



**BKS PTN-BMIPA**

**2012**

**mti**

# Prosiding

**BIDANG  
MIPA**

## SEMINAR & RAPAT TAHUNAN

BKS-PTN B Tahun 2012

BIDANG ILMU MIPA

Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri  
Wilayah Barat

*Tema :*  
*Peran MIPA dalam Pengembangan  
SDM dan SDA*

Hotel Madani Medan  
11 - 12 Mei 2012



Penyelenggara  
FMIPA  
UNIVERSITAS  
NEGERI MEDAN



Jl. Willem Iskandar, Psr V-Medan 20221

Telp. (061) 6625970 Medan

www.semirataunimed.com Email: semiratabks2012@yahoo.co.id

ISBN 978-602-9115-28-4

# PROSIDING

**SEMINAR NASIONAL DALAM RANGKA SEMIRATA  
BKS-PTN WILAYAH BARAT BIDANG MIPA  
TAHUN 2012**

Thema: Peran MIPA Dalam Peningkatan Kualitas SDM dan SDA

## **MIPA**

**Editor:**

Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D  
Drs. P. Maulim Silitonga, MS  
Dra. Martina Restuati, M.Si  
Drs. Asrin Lubis, M.Pd



**Penerbit  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Medan**

**SUSUNAN PANITIA**  
**SEMINAR DAN RAPAT TAHUNAN BADAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI**  
**NEGERI WILAYAH BARAT (SEMIRATA BKS-PTN B)**  
**BIDANG MIPA TAHUN 2012**

**Pelindung**

Prof. Dr. Ibnu Hadjar, M.Si (Rektor Unimed)  
Gatot Pujo Nugroho, ST (Plt. Gubernur Sumatera Utara)  
Drs. Rahudman Harahap, MM (Walikota Medan)

**Penasehat**

Prof. Dr. Emriadi (Ketua BKS-PTN B)  
Prof. Dr. Khairil Ansari, M.Si (PR I Unimed)  
Drs. Khairul Azmi, M.Pd (PR II Unimed)  
Prof. Dr. Biner Ambarita, M.Pd (PR III Unimed)  
Prof. Dr. Berlin Sibarani, M.Pd (PR IV Unimed)

**Penanggung jawab**

Prof. Drs. Motlan, M.Sc, P.hD (Dekan FMIPA Unimed)

**Pengarah**

Prof. Drs. Manihar Situmorang, M.Sc, P.hD  
Drs. Asrin Lubis, M.Pd  
Drs. Eidi Sihombing, MS

Ketua: Drs. P. Maulim Silitonga, MS

Ketua 1 : Dr. Marham Sitorus, M.Si

Ketua 2 : Dr. Edi Syahputra, M.Pd

Sekretaris : Alkhafi Maas Siregar, S.Si.,M.Si

Wakil Sekretaris : Juniastel Rajagukguk, S.Si.,M.Si

Bendahara : Dra. Martina Restuati, M.Si

Wakil Bendahara : Dra. Ani Sutiani, M.Si

Koordinator Sekretariat: Drs. M. Yusuf Nasution. MS

Koordinator Makalah/Prosiding :Prof. Dr. Herbert Sipahutar, M.Sc

Koordinator Persidangan : Dr. Nurdin Bukit, M.Si

Koordinator Penerima Tamu : Dra. Nerli Khaerani, M.Si

Koordinator Acara/Protokoler: Dra. Melva Silitonga, M.Si

Koordinator Informasi/Humas/Dokumentasi: Drs. Eddiyanto, Ph.D

Koordinator Transportasi, Akomodasi & Rekreasi: Drs. Rahmat Nauli, M.Si

Koordinator Dana : Purwanto, S.Si.,M.Pd

Koordinator Perlengkapan : Yon Rinaldi, S.E.,M.Si

# SEMINAR & RAPAT TAHUNAN BKS-PTN B Tahun 2012



**BIDANG ILMU MIPA**  
Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat

**FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

J. Willem Iskandar, Psr V Medan 20221 Telp. (061) 6625870 Medan  
www.semiratunimed.com Email: semiratabks2012@yahoo.co.id

## PENGANTAR DARI TIM EDITOR

Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIKATA) Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (BKS-PTN B) Bidang Ilmu MIPA yang ke 25 telah diselenggarakan oleh FMIPA Universitas Negeri Medan tanggal 11-12 Mei 2012 bertempat di Hotel Madani-Medan. Dalam SEMIKATA ini dilaksanakan 2 jenis kegiatan yaitu Seminar Nasional dan Rapat tahunan Dekan, Ketua Jurusan dan Ketua Program Studi. Seminar Nasional diberi tema: "Peran MIPA dalam Peningkatan Kualitas Sumberdaya Manusia (SDM) dan Sumber Daya Alam (SDA)" diikuti oleh sekitar 600 orang peserta yang berasal dari 18 perguruan tinggi negeri, 3 perguruan tinggi swasta dan 1 Lembaga/Badan yang berada di wilayah Indonesia bagian barat. Jumlah peserta yang menjadi pemakalah pada kegiatan SEMIKATA 2012 sebanyak 556 orang yang dikelompokkan kedalam 5 bidang yaitu bidang Matematika, Fisika, Kimia, Biologi dan bidang Pendidikan MIPA. Setelah meneliti persyaratan yang harus dipenuhi pemakalah, maka panitia menetapkan jumlah makalah yang dapat diterbitkan dalam prosiding adalah 430. Makalah-makalah tersebut disusun dalam 5 (lima) buah buku Prosiding yang diantaranya adalah Prosiding Bidang Matematika terdiri dari 53 makalah, Prosiding Bidang Fisika (68) makalah, Prosiding Bidang Kimia (83) makalah, Prosiding Bidang Biologi (100) makalah dan Prosiding Pendidikan MIPA memuat 126 makalah. Keseluruhan makalah tersebut diserahkan oleh panitia kepada Tim Editor untuk proses pengeditan.

Tim editor telah bekerja sesuai dengan ketentuan dan hanya bertugas mengedit makalah yang telah diseleksi sebelumnya oleh Panitia. Dalam hal ini, Tim editor lebih banyak mengkonsentrasikan diri dalam menyeragamkan format dan gaya penulisan makalah. Pengubahan kalimat dilakukan jika dipandang perlu tanpa mengubah maksud kalimat tersebut. Isi dan konteks pembahasan diusahakan untuk tidak diubah, dengan demikian segala konsekuensi yang mungkin timbul akibat penerbitan Prosiding ini tetap berada pada penulis makalah. Meski telah diupayakan untuk bisa tampil sebaik mungkin, namun tidak mustahil prosiding ini masih belum memuaskan semua pihak, untuk itu kami mohon maaf semoga pada kesempatan lain akan dapat diterbitkan karya ilmiah dengan bentuk dan isi yang lebih baik. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terwujudnya prosiding ini khususnya kepada para mahasiswa FMIPA Unimed yang terlibat dalam pengerjaan prosiding ini.

Akhir kata, kami mengharapkan semoga prosiding ini dapat memberi manfaat sebesar-besarnya bagi kita semua dan untuk pengembangan kualitas Sumberdaya Manusia (SDM) dan pengelolaan Sumber Daya Alam (SDA) di negara kita di masa yang akan datang.

Medan, Mei 2012  
Tim Editor.

**SEMINAR &  
RAPAT TAHUNAN  
BKS-PTN B Tahun 2012**



**BIDANG ILMU MIPA**

**Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat**

**FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar, Psr V Medan 20221 Telp. (061) 6625970 Medan

www.semirataunimed.com Email: semiratabks2012@yahoo.co.id

**KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA  
SEMINAR DAN RAPAT TAHUNAN BADAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI NEGERI  
WILAYAH BARAT (SEMIRATA BKS-PTN B) BIDANG MIPA TAHUN 2012**

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmatNya Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIRATA) Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (BKS-PTN B) Bidang Ilmu MIPA yang ke 25 dapat kita laksanakan pada hari ini. SEMIRATA ini berlangsung tanggal 11-12 Mei 2012 yang diselenggarakan oleh FMIPA Universitas Negeri Medan bertempat di Hotel Madani-Medan. Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan **SELAMAT DATANG DI KOTA MEDAN** kepada seluruh peserta rapat tahunan, baik pimpinan Fakultas, Jurusan /Program Studi serta para peserta seminar nasional bidang MIPA.

Adalah suatu kehormatan bagi FMIPA Universitas Negeri Medan yang telah diberi kepercayaan sebagai penyelenggara SEMIRATA tahun ini dengan tema: "Peran MIPA dalam Peningkatan Sumberdaya Manusia (SDM) dan Sumber Daya Alam (SDA)". SEMIRATA tahun ini diikuti oleh sekitar 600 orang peserta yang berasal dari 18 perguruan tinggi negeri, 3 perguruan tinggi swasta dan 1 Lembaga/Badan yang berada di wilayah Indonesia bagian barat. Untuk membuka wawasan kita tentang tema SEMIRATA tahun ini, maka kegiatan diawali dengan penyajian makalah utama yang disajikan oleh dua orang *keynote speaker* yaitu Prof.Dr.Syawal Gultom,MPd (Kepala Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Penjaminan Mutu Pendidikan Kemdikbud RI) dan Prof.Dr.Chairil Anwar (Dosen Jurusan Kimia/ Dekan FMIPA UGM). Selanjutnya, dilakukan seminar paralel yang membahas sebanyak 556 makalah hasil-hasil penelitian yang dikelompokkan dalam 5 bidang, yang diantaranya bidang **Matematika (71)**, **Fisika (78)**, **Kimia (117)**, **Biologi (126)** dan **Pendidikan MIPA (164)**. Makalah yang memenuhi syarat untuk penerbitan telah disusun dalam bentuk Prosiding dan telah dapat diperoleh peserta pada akhir kegiatan ini. Rapat tahunan Dekan dan Ketua Jurusan/Ketua Program Studi akan membahas situasi terkini dalam bidang pendidikan serta menyusun program BKS-PTN B Bidang MIPA yang dapat meningkatkan kualitas SDM dan pengelolaan SDA di masa mendatang. Untuk menikmati keindahan alam Sumatera Utara, kepada peserta kami tawarkan Paket Tour Parapat /Danau Toba yang akan diadakan pada hari Minggu tanggal 13 Mei 2012.

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya pada bapak Ptl.Gubernur Sumatera Utara, Rektor Universitas Negeri Medan, Ketua BKS-PTN B Bidang MIPA dan pihak sponsor PT.Multi Teknindo Infotronika yang telah memberi dukungan dana sehingga SEMIRATA ini dapat terlaksana. Sebagai ketua panitia pelaksana,saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh personil kepanitiaan yang telah bekerja keras, sehingga kegiatan ini dapat diselenggarakan.

Jika masih terdapat kekurangan dalam hal pelayanan maupun penyelenggaraan kegiatan ini, maka kami lebih dahulu mohon maaf yang sebesar-besarnya. Akhirnya, kami mengucapkan selamat mengikuti kegiatan SEMIRATA 2012 di Universitas Negeri Medan,semoga kegiatan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 11 Mei 2012  
Ketua Panitia,

Drs.Pasar Maulim Silitonga,MS

---

**SEMIRATA BKS-PTN B MIPA 2012**

*Hotel Madani-Universitas Negeri Medan 11-12 Mei 2012*

**SEMINAR &  
RAPAT TAHUNAN  
BKS-PTN B Tahun 2012**



**BIDANG ILMU MIPA**  
Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat

**FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar, Psr V Medan 20221 Telp. (061) 8625970 Medan  
www.semirataunimed.com Email: semiratabks2012@yahoo.co.id

**KATA SAMBUTAN KETUA BKS-PTN B BIDANG MIPA  
PADA SEMINAR DAN RAPAT TAHUNAN BADAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI NEGERI  
WILAYAH BARAT (SEMIRATA BKS-PTN B)  
BIDANG MIPA TAHUN 2012**

**Assalamualaikum Wr. Wb.**

Puji dan syukur marilah senantiasa kita panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Kuasa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya kita dapat mengikuti suatu kegiatan akademik Seminar Nasional dan Rapat Tahunan BKS PTN Bidang MIPA yang diselenggarakan di Fakultas MIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED) Medan. Kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta seminar dan peserta rapat tahunan, baik Dekan maupun Ketua Jurusan/Program Studi. Semoga kegiatan ini memberikan dampak positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya bidang MIPA dan aplikasinya. Kegiatan ini juga merupakan suatu wadah bagi pimpinan jurusan/fakultas untuk saling bertukar pengalaman dalam pengelolaan jurusan/fakultas.

Seminar dan Rapat Tahunan Bidang Ilmu MIPA Badan Kerjasama PTN Wilayah Barat (SEMIRATA BKS-PTN B), merupakan kegiatan tahunan yang pada tahun ini dilaksanakan oleh FMIPA Universitas Negeri Medan. Kegiatan yang dilaksanakan adalah Seminar Nasional dengan Tema "Peran MIPA dalam pengembangan SDM dan SDA", dengan *keynote speaker* yang hadir adalah Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd (Kepala badan SDMP dan PMP Kemdikbud RI) dan Prof. Dr. Chairil Anwar.(Jurusan Kimia FMIPA UGM/Dekan FMIPA UGM). Dalam kegiatan ini, peserta seminar / dosen dan peneliti akan mempresentasikan hasil-hasil penelitiannya sehingga akan terjadi saling bertukar informasi sejauhmana hasil penelitian yang telah diperoleh di berbagai institusi. Peserta seminar sekitar 600 orang yang berasal dari 18 perguruan tinggi negeri, 3 perguruan tinggi swasta dan 1 Lembaga/Badan yang berada di wilayah Sumatera, Kalimantan dan Jawa. Rapat Tahunan juga dihadiri oleh Dekan FMIPA, FKIP, FST, Ketua Jurusan/Program Studi Fisika, Kimia, Biologi, Matematika dan Pendidikan MIPA. Kami selaku Ketua BKS-PTN Wilayah Barat bidang MIPA mengucapkan terimakasih yang besar-besarnya kepada seluruh personil kepanitiaan yang telah bekerja keras untuk terselenggaranya kegiatan SEMIRATA ini.

Akhir kata, dengan memohon kepada Allah SWT, semoga apa yang kita harapkan pada kegiatan Seminar dan Rapat Tahunan ini dapat terwujud dan kami mengucapkan selamat melaksanakan Seminar dan Rapat tahunan Badan Kerjasama PTN Wilayah barat bidang MIPA.

Wassalam,

Prof.Dr. Emriadi  
Ketua BKS-PTN.B Bidang MIPA

**SEMINAR &  
RAPAT TAHUNAN  
BKS-PTN B Tahun 2012**



**BIDANG ILMU MIPA**  
**Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat**

**FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar, Psr V Medan 20221 Telp. (061) 6625970 Medan  
www.semirataunimed.com Email: semiratabks2012@yahoo.co.id

**KATA SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
PADA SEMINAR DAN RAPAT TAHUNAN BADAN KERJASAMA PERGURUAN TINGGI NEGERI  
WILAYAH BARAT (SEMIKATA BKS-PTN B)  
BIDANG MIPA TAHUN 2012**

**Assalamualaikum Wr. Wb.**

Puji dan syukur marilah senantiasa kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya kita dapat hadir di tempat ini untuk mengikuti kegiatan Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIKATA) Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (BKS-PTN B) Bidang Ilmu MIPA tahun 2012 yang diselenggarakan oleh FMIPA Universitas Negeri Medan. Kami mengucapkan **Selamat datang** kepada seluruh peserta rapat tahunan, baik Dekan maupun Ketua Jurusan/ Ketua Program Studi, para peserta seminar dan hadirin sekalian.

Sebagai anggota BKS-PTN Wilayah Barat, Universitas Negeri Medan berpartisipasi aktif dalam menyelenggarakan program/ kegiatan yang dapat meningkatkan kualitas sumberdaya manusia dan pengelolaan sumber daya alam di masa yang akan datang. Pada SEMIKATA tahun ini dilakukan Seminar Nasional dengan tema "Peran MIPA dalam Pengembangan SDM dan SDA", dengan *keynote speaker* Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd (Kepala Badan SDMP dan PMP Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI) dan Prof. Dr. Chairil Anwar (Jurusan Kimia FMIPA UGM/Dekan FMIPA UGM). Dalam SEMIKATA ini juga dilakukan rapat tahunan Dekan dan Ketua Jurusan/Ketua Program Studi akan membahas berbagai program BKS-PTN B Bidang MIPA sekaligus merupakan wadah bagi Dekan, Ketua Jurusan dan Ketua Program Studi untuk saling bertukar pengalaman dalam pengelolaan Fakultas dan Jurusan di institusi masing-masing.

Rektor Universitas Negeri Medan mendukung sepenuhnya pelaksanaan SEMIKATA ini serta mengucapkan terimakasih kepada seluruh personil kepanitiaan yang telah bekerja keras, sehingga kegiatan ini dapat diselenggarakan. Saya mengharapkan semoga kegiatan ini dapat memberi manfaat positif terhadap pengembangan kualitas SDM dan pengelolaan SDA di masa yang akan datang.

Akhir kata, jika masih terdapat kekurangan dalam penyelenggaraan kegiatan ini, atas nama civitas akademika Universitas Negeri Medan, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya. Saya mengucapkan selamat mengikuti kegiatan SEMIKATA 2012, dengan memohon kepada Allah SWT, semoga apa yang kita harapkan pada kegiatan seminar dan rapat tahunan ini dapat terwujud.

**Wassalamualaikum Wr. Wb.**

Prof. Dr. Ibnu Hajar, M.Si  
Rektor Universitas Negeri Medan

## DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar dari Editor	
Kata Sambutan Ketua Panitia	
Kata Sambutan Ketua BKS-PTN B Bidang MIPA	
Kata Sambutan Rektor Universitas Negeri Medan	
<b>DAFTAR ISI</b>	
Adi Rahwanto	Pengaruh Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Dan Sic Pada Material Mgh <sub>2</sub> Untuk Aplikasi Tangki Penyimpan Hidrogen Kendaraan Fuel Cell 1 - 5
Afdal	Karakterisasi Sifat Magnetik Pasir Besi Pantai Padang Sumatera Utara 6 - 12
Afdhal Muttaqin	Pengaruh Frekuensi Pada Nilai Kapasitansi Resin Damar Mata Kucing ( <i>Shorea Javanica</i> ) 13 - 16
Akmam	Penyelidikan Reservoar panas Bumi Menggunakan metoda Geolistrik Tahanan Jenis Inversi 2-D Di Kenagarian koto Anau Kabupaten Solok 17 - 22
Ambran Hartono	Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Peningkatan jumlah Fraksi β dan Resistivitas Permukaan Film PVDF 23 - 26
Ardian Putra	Karakterisasi Porositas dan Resistivitas Campuran Serbuk Batu Apung dan Resin 27 - 32
Arif Budiman	Aplikasi metode Geolistrik Tahanan Jenis konfigurasi Schlumberger Dalam Pendugaan lapisan Akuifer (Jorong Koto Sawah Kanagarian Ujung kecamatan lembah Malintang Kabupaten Pasaman Barat) 33 - 37
Arif Ismul Hadi	Interpretasi Sebaran air Tanah- Dalam Berdasarkan Data Geolistrik Tahanan Jenis di Kabupaten Jepara Jawa Tengah 38 - 44
Astuti	Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Ukuran Nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Menggunakan <i>Template</i> PEG-4000 45 - 50
Azizahwati	pengembangan media rangkaian dasar aplikasi transistor bipolar 51 - 56
Bisman Perangin-angin	Analisa Parameter Fluoresensi Dari Spektrum Fluoresensi Untuk Menentukan Kemurnian Minyak Nilam 57 - 61
Boni Pahlanop Lapanpc	Pembuatan Sumber Radioaktif Dari Isotop Hg Dan Na Menggunakan Metode Aktivasi Neutron Dari Sumber mCi RaBe 62 - 67
Bukhari	kajian tentang pandu gelombang papah ( <i>slab</i> ) dielektrik moda <i>transver magnetic</i> (tm) dengan metode bagi dua 68 - 72
Dahyunir Dahlan	Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Cu <sub>2</sub> O (Cuprous oxide) di atas substrat Ito (Indium Tin Oxide) Dengan Metode Metode Elektrodeposisi 73 - 77
Dewi Wulandari	Pengaruh Variasi x dan lama Waktu Aniling Terhadap Suhu Kritis Bahan 78 - 85
Dian Milvita	penentuan akumulasi radiofarmaka tc-99m mdp pada pasien kanker prostat 86 - 92
Didik Kurniawan	Sistem Informasi Berbasis Layanan Pesan Singkat (SMS Gateway) Pada Komponen Organisasi Perguruan Tinggi (Studi Kasus : Universitas Lampung) 93 - 97
Dwi Puryanti	Scattering Parameter Komposit Ferit Nikel-Kobalt-Zink Karet Alam Termoplastik 98 - 101
Erna Frida	Analisis Morfologi Dan Ketahanan Impak <i>Blending</i> Polipropilena,Karet Alam SIR-20 Dan Serbuk Ban Bekas 102 - 108



Eva Marlina Ginting	Analisis XRD Keramik Berpori Berbasis Clay Dan Kaolin Serta Tempurung Kelapa	109 -	116
Gita Sastria	Pengenalan Karakter Tulisan Tangan Menggunakan Metode Learning Vector Machine Berbasis Fuzzy Clustering	117 -	124
Gunawati	Moda Tm Pandu Gelombang Rectangular Dengan Persamaan Maxwell-Harmuth	125 -	129
Hadi	Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Pada Peningkatan Prediksi Viskositas Cairan	130 -	134
Harmadi	Aplikasi Speckle Imaging (Pencitraan Spekel) Untuk Pendeteksian Dental Plaque Biofilm	135 -	142
Harman Amir	Studi Sifat Magnetik Pencemaran Jalan Raya di Kota Padang Menggunakan Metode Isothermal Remanent Magnetization (IRM)	143 -	148
Hidayati	Analisis Struktur Pandu Gelombang Ridge Devais Fotonik	149 -	152
Irhamni	Studi Awal Pemanfaatan Batu Kapur Lhoknga Sebagai Bahan Baku Material Dental Gypsum	153 -	159
Juandi M,	Penyelidikan Pola Sebaran Limbah Deterjen Bawah Permukaan Tanah Dengan Aplikasi Geolistrik	160 -	167
Juniastel Rajagukguk	Karakteristik Listrik Arus Searah (DC) Heterostruktur Sumur Kuantum Tunggal (SQW) Selaput Tipis ZnS/ZnSe dengan Metode Evaporasi Termal	168 -	174
Kerista Tarigan	Proses Permeabilisasi Non-Thermal Dengan Metode Imbas Medan Elektrik	175 -	182
Lazuardi U	Self Heated Sensor PTC Sebagai Detektor Sudut Vektor Aliran Udara	183 -	187
M. Syukri	Aspek Teoritik Pembangkitan Gelombang Ekstrim Tidak Pecah Dengan Menggunakan Soliton Atas Latar Berhingga	188 -	194
Mahrizal	Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Udara Oleh Kendaraan Bermotor Di Kota Padang	195 -	200
Makmur Sirait	Sintesis dan Karakterisasi Sifat Optik Nnopartikel ZnS Dengan Metode Kopesipitasi	201 -	205
Meqorry Yusfi	Rancang Bangun Spin Coater Menggunakan Motor DC Brushless Dari Hardisk Bekas Dengan Tambahan Penampil Kecepatan	206 -	211
Minarni	Pengembangan Filter Udara Untuk Debu	212 -	217
Muh.Ishak Jumarang	Studi Hidrodinamika Perairan Estuari Sungai Kapuas Kalimantan Barat	218 -	224
Muhammad Sahal	Pembuatan media rangkaian dasar mosfet Sebagai Pengendali Motor	225 -	228
Mursal	Pengaruh tekanan reaksi terhadap karakteristik lapisan tipis A-sige:h yang dideposisi dengan teknik pecvd dan hwc-pecvd	229 -	234
Nasrullah Idris	Studi Awal Teknik Laser-Induced Plasma Spectroscopy Sebagai Alat Inspeksi Bahan Bangunan Untuk Mitigasi Bencana	235 -	239
Nazli Ismail	Karakteristik Sinyal gelombang Very low Frequency (VLF) kawasan Banda Aceh	240 -	244
Nurdin Bukit	Sifat mekanik dan Morfologi Campuran Nano Partikel Zeolit Alam dan Polipropilena dengan kompatibeliser Polipropilena-Maleaic Anhydride	245 -	251

Nurmalita	Pengaruh dopan pb terhadap fraksi volume Kristal superkonduktor b(p)scco-2212 { the effect of pb dopant on the volume fraction of b(p)scco-2212 superconducting crystal }	252 - 257
Pintor Simamora	Preparasi dan Karakterisasi Material Gelas Hasil Polimerisasi Kondensasi	258 - 263
Rahmat Rasyid	Karakterisasi Potensiometer 5 KQ Sebagai Sensor Sudut	264 - 266
Rahmatsyah	Pola Penentuan Parameter Kerusakan Terumbu Karang di Daerah Sibolga	267 - 280
Refrizon	Perbandingan Nilai Peak Ground Acceleration kota Bengkulu Dengan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis Dan Metode Kanai	281 - 285
Rita Juliani	Pola Penyebaran Emisi Gas dari Limbah Industri di Kota Medan dengan Menggunakan Model Estimasi Dispersi Atmosferis	286 - 297
Satwiko S	Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Sistem pembangkit Listrik Hybrid (Tenaga Angin dan Tenaga Matahari) Di FMIPA UNJ	298 - 301
Simon Sembiring	Preliminary Study on X-Ray Diffraction Characteristic of Forsterite (Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> ) Ceramics derived From Rice Husk Silica	302 - 306
Sri Mulyadi	Pengaruh Penambahan TBA (Tepung Bulu Ayam) terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Plastik Polipropilene Bekas Campuran Tapioka	307 - 310
Supardi	Lintasan Orbit Partikel Dalam Potensial Kratzer	311 - 312
Susilawati	Pemodelan dan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga	313 - 321
Sutrisno	Karakterisasi Lapisan Borida Pada Besi S45C	322 - 325
Teguh Budi Prayetno	The Symmetry of the One-Dimensional Burger Equation	326 - 330
Togi Tampubolon	Identifikasi dan hubungan indeks vegetasi dan Suhu permukaan Menggunakan Citra Satelit landsat Di wilayah pesisir Langkat, Sumatera Utara	331 - 337
Tulus Ikhsan Nasution	Sensor Aseton Dari Kitosan Untuk Diagnosa Diabetes Melalui Napas di Masa Depan	338 - 344
Wildian	Rancang Bangun alat Ukur Tinggi Badan Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dengan Sensor Ultra Sonik Ping	345 - 350
Zulfalina	Pengujian Mekanik pada Beberapa Jenis Bambu setelah Proses Pengasapan	351 - 356
Zulhendri Kamus	Pengembangan Light Dependet resistor dan Pegas untuk Sensor Getaran	357 - 360
Maryati Doloksaribu	Karakterisasi Sifat Mekanik Keramik Porselin Alumina Sebagai Bahan isolator Listrik	361 - 365
Rahmondia	PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING 'ONLINE' OUTPUT MODUL PV POLIKRISTALIN HOORAY BERBASIS $\mu$ C ATMEGA8535	366 - 371
Jorena	Sintesis Dan Karakterisasi Keramik Borosilikat Berbasis Silika Sekam Padi Dengan Metode Sol-Gel	372 - 378
Tulus Ikhsan Nasution	Pendeteksian Kualitas Air Dengan Biosensor Dan Penganalisaannya Menggunakan Sistem Daq $\square$	379 - 384
Nurdin Siregar	Pembuatan dan karakterisasi nanopartikel zno dengan Metode solgel berdasarkan variasi PH	385 - 390
Iwantono	Penumbuhan <i>Gold Nanorods</i> Pada Indium Timah Oksida (Ito) Dengan Metode Mediasi Pembentukan	391 - 397

## PERBANDINGAN NILAI PEAK GROUND ACCELERATION KOTA BENGKULU DENGAN METODE PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS DAN METODE KANAI

Refrizon<sup>1</sup>, Suwarsono<sup>1</sup>, Nanang Sugianto<sup>2</sup> dan Andri Nurrahman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staff Fisika Fmipa Universitas Bengkulu

<sup>2</sup>Alumni Fisika Fmipa Universitas Bengkulu

Email: [mrefrizon@yahoo.com](mailto:mrefrizon@yahoo.com) No HP: 081278772236

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian perbandingan Percepatan Getaran Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*) batuan Kota Bengkulu, dengan menggunakan metode empiris PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) berdasarkan data kejadian gempa bumi yang dirasakan di Kota Bengkulu selama 40 tahun (tahun 1970-2010) serta dengan melalui pengukuran periode dominan menggunakan *Digital Portable Seismograph* yang dilengkapi sensor DS-4A dan TDL-303 yang dilanjutkan dengan menggunakan Metode Kanai. Pengukuran dilakukan di setiap jenis batuan Kota Bengkulu berdasarkan Peta Geologi Lembar Bengkulu. Hasil penelitian adalah nilai PGA dengan menggunakan metode empiris PSHA dari 315 gal sampai 350 gal, sedangkan dengan pengukuran periode dominan diperoleh 196 gal sampai 926 gal. Pengukuran PGA melalui periode dominan memberikan nilai yang menunjukkan kondisi lokal batuan sehingga resiko akibat getaran dan mitigasi terhadap bangunan yang didirikan akan pada suatu titik dapat terencana semakin tepat.

**Kata kunci:** gempa bumi, percepatan getaran tanah maksimum, metode empiris PSHA, *Digital Portable Seismograph*

### ABSTRACT

Comparative studies has been performed Peak Ground Acceleration (PGA) for the rock of Bengkulu city, using empirical methods Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) based on data from earthquakes were felt in Bengkulu city for 40 years (1970-2010) and to perform measurements using the Portable Digital Seismograph which has two kind of sensors, TDL-303 and DS-4A, followed by using the method of Kanai. Measurements were made at every kind of rock in the city of Bengkulu on Geological Map Sheet Bengkulu. Based on the results of research conducted, the PGA by using PSHA from 315 gals to 350 gals, whereas the measurements of period was obtained 196 gals to 926 gals. The measurement of the PGA through the period will provide true value and indicate the local conditions so that the rocks due to vibration and mitigating risks to the building will be more precisely established.

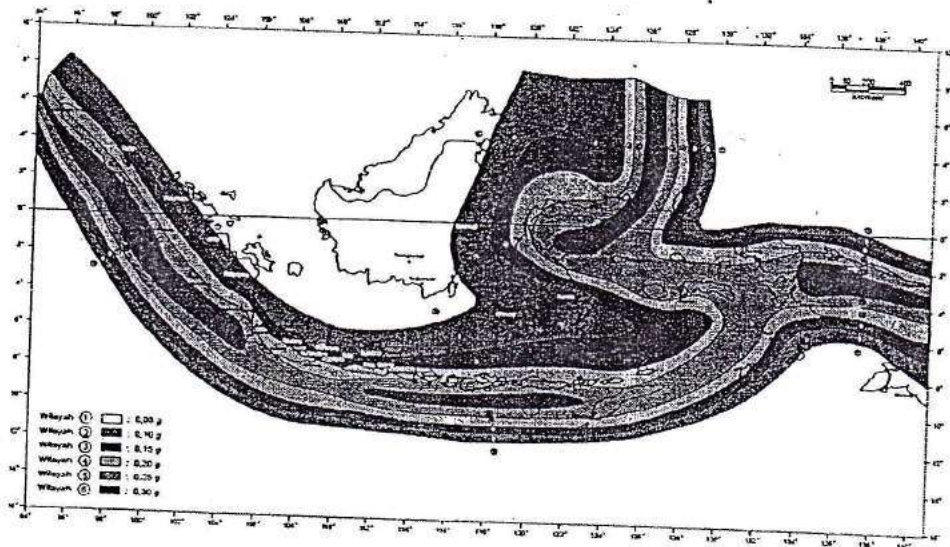
**Key words:** earthquake, Peak Ground Acceleration, PSHA empirical method, Portable Digital Seismograph

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak di perbatasan tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik. Pulau Sumatera termasuk pulau yang dipengaruhi gerakan subduksi lempeng Indo-Australia terhadap Eurasia. Lempeng Indo-Australia menghunjam 60 mm pertahun ke arah Lempeng Eurasia (Ihsan, 2008). Pergerakan lempeng ini yang mengakibatkan terakumulasinya energi karena bertambahnya *stress* dan *strain* pada batuan. *Stress* dan *strain* dapat mengakibatkan *fracture* atau patahan pada batuan (Magetsari, 1996). Pada saat terjadi patahan, terlepaslah energi secara tiba-tiba. Pelepasan energi ini menghasilkan gempa bumi. Getaran gempa bumi merambat di batuan berupa gelombang gempa yang salah satu parameter getarannya adalah percepatan getaran tanah. Percepatan getaran tanah yaitu nilai percepatan getaran tanah pada suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempa bumi tertentu, dinyatakan dengan satuan g (percepatan gravitasi) atau gal dengan  $1g = 10 \text{ m/s}^2 = 1.000 \text{ cm/s}^2 = 1.000 \text{ gal}$ . Percepatan getaran tanah yang paling besar (*Peak Ground Acceleration, PGA*) adalah percepatan getaran terbesar yang terjadi akibat getaran suatu gempa bumi.

Kota Bengkulu terletak di Pulau Sumatera merupakan daerah dengan kejadian gempa yang cukup besar. Gempa tektonik yang hiposenternya relatif dekat, sehingga intensitasnya terasa kuat di Bengkulu tercatat 3-5 kali setiap bulannya. Gempa besar ( $M \geq 7$  SR), yang akhir-akhir ini terjadi di Propinsi Bengkulu tercatat tahun 2000 (7,3 SR) dan tahun 2007 (7,9 SR). Gempa-gempa tersebut diikuti oleh gempa susulan. Propinsi Bengkulu juga merupakan daerah dengan tingkat bahaya gempa yang besar (zona merah) akibat diapit oleh jalur subduksi lempeng Indo-Australia dan patahan semangko.

Berdasarkan peraturan pendirian bangunan, SNI no 1726 tahun 2002, Bengkulu berada pada kisaran nilai PGA sebesar 0,03g – 0,3g (Gambar 1). Nilai PGA ini perlu dikaji kembali, karena akhir-akhir ini gempa bumi di Bengkulu dirasakan semakin sering terjadi serta memiliki magnitudo yang cukup besar seperti tahun 2000 dan 2007. Beberapa peneliti akhir-akhir ini memberikan nilai PGA yang berbeda dari SNI no 1726 tahun 2002, diantaranya Aldiamar menempatkan Pulau Sumatera pada 0,02g – 0,65g (Aldiamar, 2009). Nilai PGA ini memiliki bentangan 10,53% lebih tinggi dari SNI 2002.



Gambar 1. Kisaran nilai PGA Indonesia

Perkembangan program analisis gempa, yang salah satunya metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) tahun 2007 yaitu PSHA-07-USGS terus mengalami penyempurnaan dibandingkan dengan program sejenis sebelumnya. PSHA-07-USGS menggunakan fungsi atenuasi yang berbeda untuk setiap jenis gempa serta menggunakan pemodelan sumber gempa 3D yang sebelumnya menggunakan pemodelan 2D. Demikian juga dengan penentuan PGA yang dikontrol dengan pengukuran frekwensi dominan batuan permukaan, yaitu metode Kanai, sehingga hasil PGA yang diperoleh mencerminkan nilai di batuan perhitungannya, untuk dapat diketahui perbedaan hasil keduanya.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan dua metode. Pertama, data gempa adalah gempa yang episenter gempanya berada pada jarak  $\pm 500$  km dari pusat kota Bengkulu ( $0^{\circ}30'$  LU -  $8^{\circ}30'$  LS dan  $98^{\circ}$ BT sampai dengan  $107^{\circ}$ BT), magnitude gempa lebih besar atau sama dengan 5 SR ( $M \geq 5$ ), peristiwa gempa 40 tahun (1970-2010) dan kedalaman 300km. Kedua, pengukuran nilai periode dominan secara langsung di lapangan dengan seismometer digital (DS-4A *Feedback Short-Period Seismometer*) yang dilengkapi dengan seismograf (TDL-303S *Digital Portable Seismograph*), berpedoman pada peta geologi lembar Bengkulu.

PSHA memberikan keluaran berupa tingkat probabilitas tentang gambaran yang lebih detail perhitungan analisis gempa. Metode PSHA memerlukan empat tahapan proses, yaitu identifikasi dan karakterisasi sumber gempa, karakterisasi korelasi perulangan kejadian gempa (*recurrence relationship*), *ground motion* yang dihasilkan oleh gempa dan perhitungan untuk mendapatkan parameter probabilitas dalam selang waktu tertentu. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode probabilistik total memperhitungkan adanya ketidakpastian dari parameternya.

Teorema probabilitas total ini didasarkan atas konsep probabilitas dengan mengambil asumsi bahwa harga kekuatan gempa ( $M$ ) dan jarak hiposenter ( $R$ ) sebagai variabel acak bebas yang menerus (*continuous independent random variable*). Teori ini mempunyai bentuk sebagai berikut:

Dimana:

- = fungsi probabilitas dari magnitudo
- = fungsi probabilitas dari jarak ke sumber dan panjang sumber gempa.
- = probabilitas berkondisi intensitas  $I$  yang sama atau lebih besar dari  $I$  di suatu lokasi dengan kekuatan  $M$  dan jarak  $R$ .

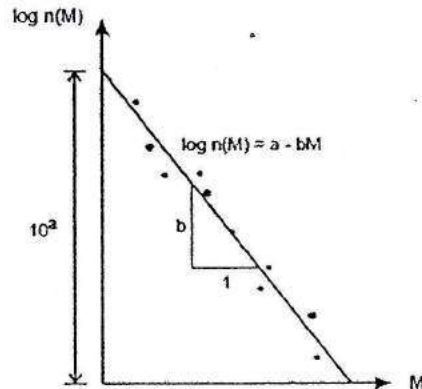
Nilai intensitas  $I$  untuk kekuatan gempa  $M$  dan jarak sumber ke lokasi  $R$  ditentukan berdasarkan rumusan atenuasi yang dipakai. Tingkat kejadian rata-rata tahunan (disebut juga sebagai resiko tahunan rata-rata) dari gempa yang mempunyai besaran (*magnitude*) sama dengan atau lebih besar dari  $M$  pada suatu daerah sumber gempa, mempunyai hubungan sebagai berikut (Gutenberg and Richter, 1958 dalam Aldiamar, 2009):

$$\log n(M) = a - bM$$

Dimana :

$n(M)$  = tingkat kejadian tahunan rata-rata

$10^a$  = tingkat kejadian tahunan untuk gempa dengan magnitudo lebih besar dari  $M$ ,  
 $b$  = konstanta kemungkinan-relatif besar kecilnya magnitudo gempa yang terjadi  
 Secara spesifik  $b$  adalah parameter seismisitas yang menggambarkan karakteristik tektonik atau kegempaan suatu daerah, sedangkan  $a$  adalah parameter seismisitas yang menerangkan karakteristik data pengamatan. Konstanta  $a$  dan  $b$  diperoleh dengan membuat plot grafik hubungan antara  $M$  dengan logaritma dari jumlah gempa yang mempunyai magnitudo lebih besar atau sama dengan  $M$  ( $\log n(M)$ ).



Gambar 2. Penyebaran Magnitudo terhadap  $\log n(M)$  (Aldiamar, 2009).  
 Secara grafis  $b$  dapat ditentukan dengan hubungan:

Semakin besar harga  $b$  menunjukkan tingkat aktivitas kegempaan yang semakin tinggi.

Perhitungan PGA dengan PSHA dilakukan dengan menggunakan program PSHA-07-USGS. Keluaran PSHA adalah nilai PGA dengan grid  $0,1^\circ$  yang diakibatkan oleh gempa pada periode 40 tahun. Setelah itu membuat peta kontur PGA dan peta formasi geologi Kota Bengkulu dari P3G tahun 1992 dengan program ArcView GIS 3.3.

Perhitungan nilai PGA dengan pengukuran langsung di lapangan dimulai dengan menentukan posisi titik pengukuran untuk setiap jenis batuan geologi. Pengukuran tersebut untuk mendapatkan periode dominan getaran dengan seismometer. Setelah diperoleh periode dominan getaran tanah, percepatan getaran tanah oleh seluruh kejadian gempa dihitung dengan persamaan Kanai, yaitu:

(Brotopuspito, 2006)

dengan:

$T_g$  = periode dominan di titik pengukuran (sekon)

$M_s$  = Magnitudo gempa (mm)

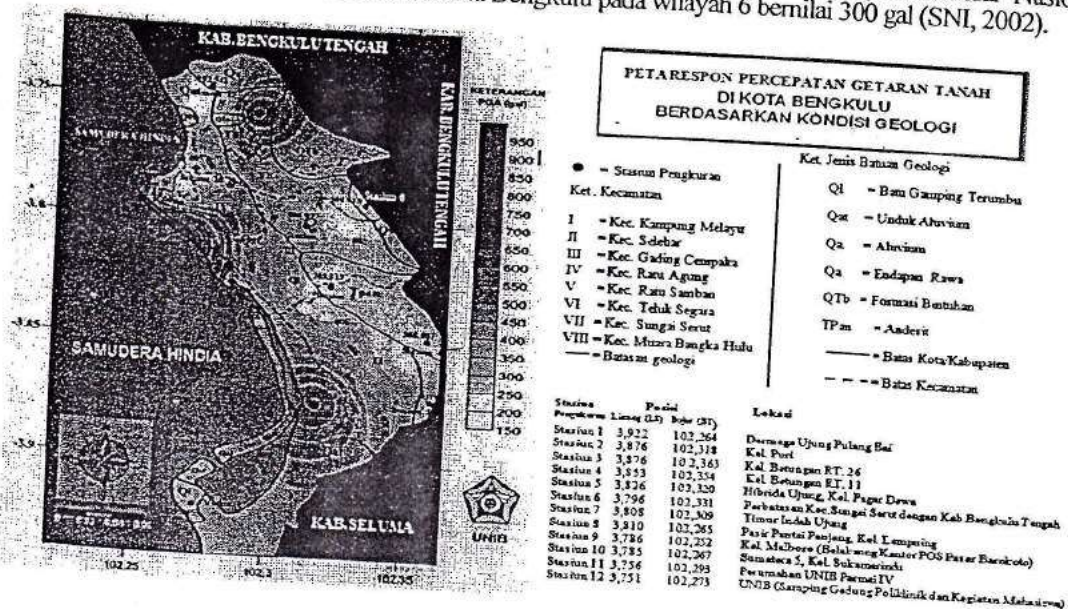
$R$  = jarak hiposenter (km)

Perhitungan ini dilakukan setelah menentukan jarak hiposenter untuk mendapatkan nilai percepatan getaran tanah pada semua kejadian gempa dan nilai terbesar dari seluruh kejadian gempa adalah nilai PGA. Perhitungan percepatan getaran tanah dilakukan pada semua stasiun pengukuran dengan menyesuaikan posisi (lintang dan bujur) dan nilai periode dominan tiap-tiap stasiun pengukuran. Hasil perhitungan PGA ditampilkan dengan peta kontur PGA terhadap peta geologi Bengkulu dengan menggunakan Arc View GIS 9.3. Selanjutnya kedua hasil PGA baik dengan PSHA maupun dengan pengukuran dianalisis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil keluaran dari PSHA-07-USGS untuk PGA Kota Bengkulu adalah antara 315gal sampai 350 gal dengan bentangan nilai 35gal (Gambar 3). Nilai PGA menurun dari barat daya ke arah timur laut, sehingga nilai PGA sama dari arah barat laut ke arah tenggara. Kemiringan nilai PGA yang sama mengikuti posisi Pulau Sumatera. Sumber gempa yang berpengaruh dominan adalah sumber gempa subduksi karena geometrinya lebih besar, panjang 750 km dan lebar 100 km. Sedangkan gempa patahan hanya memiliki panjang 70 km. Nilai perulangan gempa pada zona subduksi,  $b = 0,97$  dan  $a = 5,35$ , lebih besar daripada

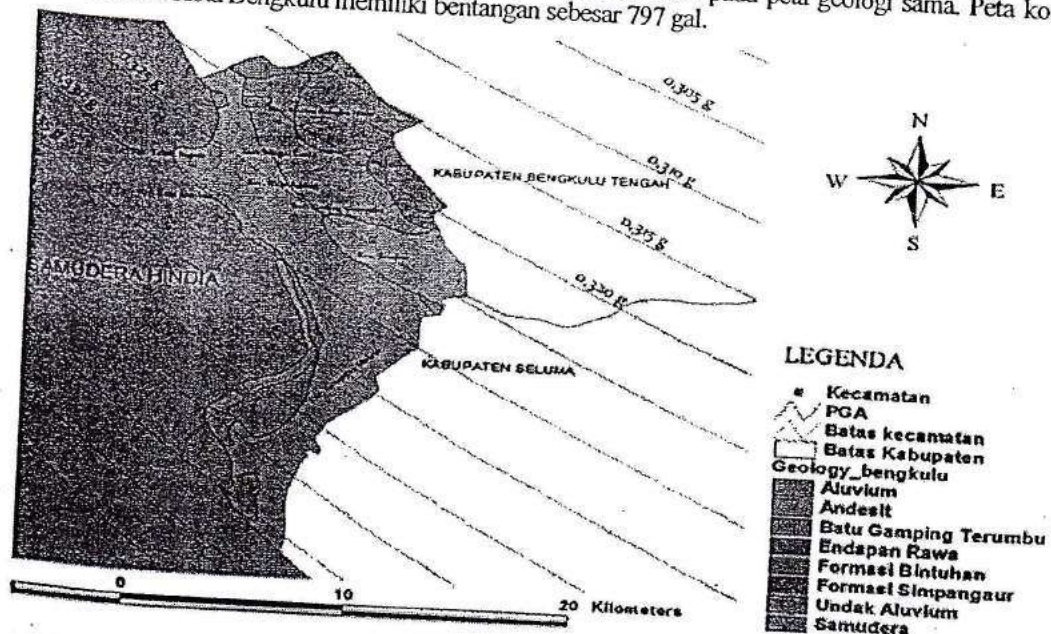
zona patahan  $b = 0,682$  dan  $a = 1,571$ . PGA yang diperoleh ini lebih besar daripada Standar Nasional Indonesia (SNI) no 1726 tahun 2002 untuk Kota Bengkulu pada wilayah 6 bernilai 300 gal (SNI, 2002).



Gambar 3. PGA Kota Bengkulu berdasarkan PSHA

Dengan adanya struktur geologi batu gamping terumbu yang relatif lebih lunak maka pendirian bangunan diharapkan menjauhi pesisir pantai dan lebih ke arah timur. Tinjauan terhadap kerusakan bangunan akibat dua gempa besar tahun 2000 dan 2007. Tinjauan geologi secara umum kota Bengkulu bahwa arah ke timur memiliki batuan yang lebih kuat, hal ini sesuai dengan akibat gempa pada bangunan lebih sedikit terjadi kerusakan karena batuan dasar andesit.

Pengukuran langsung dengan seismometer dilakukan untuk mendapatkan periode dominan getaran suatu batuan. Periode dominan diperlukan untuk perhitungan dalam persamaan Kanai. Hasil perhitungan untuk setiap jenis batuan memiliki nilai PGA mulai dari 129 gal sampai 926 gal (Gambar 4). Nilai PGA yang diperoleh ini tergantung pada kondisi batuan permukaan tempat melakukan pengukuran, sehingga nilai PGA setiap titik pengamatan akan bervariasi walaupun pada batuan dasar pada peta geologi sama. Peta kontur sebaran nilai PGA Kota Bengkulu memiliki bentangan sebesar 797 gal.



Gambar 4. Hasil perhitungan PGA melalui pengukuran periode dominan

Berdasarkan tabel perbandingan percepatan getaran tanah dengan skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI) dan mengacu pada peta nilai PGA disetiap stasiun pengukuran, nilai PGA Kota Bengkulu berada pada tiga skala MMI yaitu pada skala VIII, IX dan X. Nilai PGA menginformasikan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bencana gempa bumi, sehingga digunakan sebagai nilai PGA minimum yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin keamanan struktur bangunan. Peraturan pemerintah dalam SNI 03-1726-2002 dibuat berdasarkan perhitungan umum dan Kota Bengkulu memiliki nilai percepatan puncak batuan dasar 300 gal. Nilai PGA untuk muka tanah dikoreksi untuk tanah keras menjadi 330 gal, tanah sedang 360 gal dan tanah lunak 380 gal (SNI, 2007).

Nilai PGA yang disampaikan dalam SNI adalah secara umum, di mana untuk Kota Bengkulu 300 gal. Nilai PGA pada suatu titik akan dipengaruhi oleh kondisi batuan permukaan, sehingga nilainya akan bervariasi secara horizontal. Penghitungan PGA dengan PSHA mempertimbangkan berbagai faktor besaran gempa bumi sebagai input dan keluaran nilai PGA dalam rentang  $0,1^\circ$  sehingga lebih detail. Nilai PGA dengan PSHA memiliki bentangan dari 315 gal sampai 350 gal, sehingga memberikan koreksi terhadap nilai PGA dan memperhalus nilai PGA di setiap titik dengan bentangan 35 gal. Sementara perhitungan PGA dengan pengukuran periode dominan, menghasilkan PGA kota Bengkulu 129 gal sampai 926 gal dengan bentangan sebesar 797 gal. Periode dominan dipengaruhi oleh batuan di permukaan, sehingga menjadi bervariasi sesuai dengan kondisi lokal batuan. Bentangan nilai PGA ini berada pada kisaran nilai SNI atau sedikit perbedaan.

Pengamatan terhadap akibat gempa bumi tahun 2000 maupun tahun 2007 memperlihatkan bahwa yang mengalami kerusakan terparah adalah daerah Kuala Ratu Samban, Selbear dan Gading Cempaka, sehingga sesuai dengan nilai PGA di daerah tersebut sebesar pada kisaran 600 gal sampai 900 gal. Dalam konversi ke skala MMI termasuk ke dalam skala X.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Penentuan nilai PGA dengan menggunakan PSHA, dapat menghasilkan nilai yang lebih detail dan mengoreksi nilai PGA dalam SNI, sehingga penentuan kekuatan struktur bangunan dengan mengacu kepada perhitungan dengan PSHA dapat dipertimbangkan demi tingkat keselamatan yang lebih baik terhadap getaran gempa bumi. Daerah dengan kondisi permukaan lokal yang spesifik harus dengan menggunakan pengukuran langsung untuk mendapatkan nilai periode dominan, sehingga diperoleh nilai PGA yang bersifat lokal juga untuk titik tersebut. Pengukuran langsung pada suatu titik memberikan hasil yang lebih tinggi dalam skala MMI satu tingkat untuk permukaan yang relatif lebih lunak dan satu tingkat dibawah SNI untuk permukaan yang keras.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh staf BMKG Wilayah II Kepahiang Provinsi Bengkulu, khususnya Bapak Dadang Permana, S.Si., M.P. atas bantuan dan peralatan yang telah dipinjamkan untuk penyelesaian penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ihsan, M. 2008. *Analisis Ketahanan Gempa*. [http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=percepatan%20getaran%20tanah&source=\(diakses 9 November 2011\)](http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=percepatan%20getaran%20tanah&source=(diakses%209%20November%202011))
- SNI, Standar Nasional Indonesia. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- SNI, Standar Nasional Indonesia. 2007. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2007)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Brotopuspito, K. S., dkk. 2006. *Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Hutapea, B.M dan Imanuel, M. 2009. *Analisis Hazard Gempa dan Usulan Ground Motion pada Batuan Dasar untuk Kota Jakarta*. Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil. Vol. 16 No. 3 Desember 2009. Jakarta
- Aldiamar, F. 2009. *Analisis Resiko Gempa di Batuan Dasar*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Vol. 26 No 3 Desember 2009. Bandung