



UNUD

PROSIDING NASIONAL

ISSN : 1411 - 4771



SIMPOSIUM FISIKA NASIONAL XXVII (SFN 2014)

“Fisika Dalam Kehidupan Sehari - hari”



UNIVERSITAS UDAYANA

Bali - Indonesia, 16 - 17 Oktober 2014

Organized by:



UNUD

Sponsored by :

Supported by :



ISSN : 1411-4771
Diterbitkan : 19 Maret 2015

PROSIDING
SIMPOSIUM FISIKA NASIONAL XXVII
HIMPUNAN FISIKA INDONESIA

16-17 Oktober 2014
Universitas Udayana
Denpasar Bali

Tim Editor :

Dr. Wayan Gede Suharta
Ni Nyoman Rupiasih, Ph.D.
Dr. Hery Suyanto

Cover Design : I Ketut Putra, M.Si.

Hak cipta yang dilindungi Undang-undang

Hak Penerbitan pada : Universitas Udayana

Dicetak oleh : Jonggrang Printing

d.a : Jl. Tukad Batanghari 42e, Panjer, Denpasar, Bali
Phone: (0361)8755999

**PANITIA SEMINAR FISIKA NASIONAL (SFN) XXVII
THE 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THEORETICAL
AND APPLIED PHYSICS (ICTAP)**

Pelindung : Prof. Dr. dr. Ketut Suastika, Sp.PD-KEMD (Rektor UNUD)
Penanggung Jawab : Ir. A.A. Gde Raka Dalam, M.Sc (Hons) (Dekan FMIPA UNUD)
Penasehat : Prof. Dr. Mitra Djamal (Ketua HFI)
Dr. Kuwat Triyana (Wakil Ketua HFI)
Drs. I Made Satria Wibawa, M.Si (PD I FMIPA UNUD)
Drs. Nyoman Widana, M.Si (PD II FMIPA UNUD)
I.B. Suryatika, S.Si, M.S.i (PD III FMIPA UNUD)
Ir. H. S. Poniman, M.Si (Kajur Fisika FMIPA UNUD)
Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T (Ketua HFI Bali)

Ketua : Ni Nyoman Rupiasih, S.Si, M.Si, Ph.D
Wakil Ketua : Dr. Drs. A. A. Ngurah Gunawan, MT
Dr. Drs. I Wayan Gede Suharta, M.Si

Sekretaris : Supardi, S.Si, M.Si
Bendahara : Nyoman Wendri, S.Si.,M.Si

PerlengkapandanTransportasi :

I Ketut Putra, S.Si., M.Si. (Koordinator).
I Ketut Sukarasa, S.Si., M.Si
Komang Ngurah Suarbawa, S.Si.,M.Si.

Konsumsi :

Dra.I Gusti Agung Ayu Ratnawati, M.Si (Koordinator)
Dra. Ni Nyoman Ratini, M.Si

Acara :

Gusti Ngurah Sutapa, S.Si., M.Si (Koordinator)
I Made Yuliara, S.Si., M.T

Pubdedok :

I Gusti Agung Putra Adnyana, S.Si., M.Si (Koordinator)
I Gusti Agung Widagda, S.Si., M.Kom

Sidang :

Ir. Putu Suardana, M.Si (Koordinator)
Drs. Ida Bagus Alit Paramarta, M.Si
Drs. I Nengah Simpan, M.Si
I Nengah Artawan, S.Si., M.Si
Ir. Ida Bagus Sujana Manuaba, M.Sc

Sekretariat :

Drs. Made Sumadiyasa, M.Si (Koordinator)
Ni Luh Putu Trisnawati, S.Si., M.Si

Penggalian Dana :

Ni Komang Tri Suandayani. S.Si.,M.Si (Koordinator)
Ir. Windaryoto, M.Si.
Ir. Winardi Tjahyo Baskoro, MT.
I Gde Antha Kasmawan, S.Si., M.Si

KATA PENGANTAR

Simposium Fisika Nasional (SFN) XXVII adalah kegiatan tahunan Himpunan Fisika Indonesia (HFI) yang diselenggarakan bersamaan dengan *The 4th International Conference on Theoretical and Applied Physics 2014* (ICTAP 2014) di Universitas Udayana pada tanggal 16-17 Oktober 2014, Denpasar-Bali. Panitia Penyelenggara Simposium kali ini adalah HFI Pusat bekerjasama dengan HFI Cabang Bali. Adapun tema khusus yang diusung pada Simposium kali ini adalah “Fisika Untuk Kehidupan Sehari-hari”.

Penyelenggaraan SFN ini diisi dengan penyajian 5 makalah undangan serta 136 makalah paralel yang terbagi dalam 9 Kelompok Fisika yaitu Fisika Teori dan Komputasi, Material Maju dan nano teknologi, Biofisika dan Medis, Geofisika, Astrofisika, Instrumentasi, Laser dan Optoelektronika, Fisika Energi dan Lingkungan, dan Fisika Pendidikan. Makalah undangan pertama disampaikan oleh Prof. Hermawan K. Dipojono, Ph.D. dari Ditjen DIKTI dengan judul “*Computational Materials Design for Future Development of Sustainable Energy*” dan makalah undangan kedua oleh Prof. Dr. Bambang Widiyatmoko dari Pusat Penelitian Fisika LIPI dengan judul “*Stabilisasi Frekuensi Laser Diode dan Potensi Aplikasi Dalam Membangkitkan mm-Wave*”. Makalah undangan ketiga disampaikan oleh Prof. Dr. Halmar Halide dari Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin dengan judul “*Penggunaan El Nino Southern Oscillation (Enso) Untuk Prediksi Bencana Alam – Dimana Posisi Kita ?*”. Makalah undangan keempat disampaikan oleh Prof. Dr. Bobby Eka Gunara dari Jurusan Fisika, FMIPA Institut Teknologi Bandung dengan judul “*Recent Developments In 4D Black Hole Physics*”. Makalah undangan terakhir oleh Dr. Hery Suyanto dari Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Udayana dengan judul “*Aplikasi Laser Pada Konsep Dasar Teori Fisika*”. Selain itu, telah dilaksanakan pula rapat Pleno anggota HFI sebagai cara rutin dan wajib dalam setiap penyelenggaraan Simposium Fisika Nasional.

Peserta Simposium yang hadir terdiri atas para fisikawan baik anggota maupun bukan anggota HFI yang berasal dari sejumlah Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta (Universitas Negeri Makassar, FKIP UHAMKA Jakarta, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, PPs Unsyiah, Pusat Penelitian Fisika LIPI, Universitas Syiah Kuala, IPB Bogor, UIN Maliki Malang, Universitas Negeri Jakarta, Universitas Negeri Semarang, ITB, Universitas Muhammadiyah Makassar, STKIP Singkawang, Universitas Udayana (UNUD), SMA Negeri 1 Mamasa, UNSRI, Universitas Andalas, LAPAN, Universitas Brawijaya, Universitas Pattimura, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Universitas Negeri Medan, Universitas Advent Indonesia, Universitas Riau, Universitas Sumatera Utara, Universitas Hasanuddin, PT. Astra Honda Motor, Universitas Negeri Surabaya (UNESA), UGM, Parahyangan Catholic University, Politeknik Negeri Banjarmasin, STKIP Singkawang, Universitas Negeri Malang, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-Badan Tenaga Nuklir Nasional, Unpad, Institut Teknologi Indonesia, Universitas PGRI Semarang, Universitas Gunadarma, Universitas Jenderal Soedirman, Universitas Palangka Raya, UIN Malang, Universitas Syiah Kuala, ITS, Universitas Pendidikan Ganesha, Universitas Negeri Semarang, Politeknik Negeri Bandung, Universitas Khairun, Universitas Cenderawasih Jayapura, Universitas Jenderal Soedirman, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Pelita Harapan, dan Universitas Mataram).

Akhirnya, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan serta ketidaksempurnaan pada Prosiding ini serta berharap semoga Prosiding Simposium Fisika Nasional XXVII dapat memberikan manfaat serta kontribusi yang berarti bagi dunia ilmu pengetahuan umumnya dan bagi ilmu Fisika khususnya.

Denpasar, 19 Maret 2015

Tim Editor

**JADWAL ACARA SIMPOSIUM FISIKA NASIONAL 2014
(SFN XXVII) 17 Oktober 2014
DENPASAR BALI**

WAKTU	ACARA	RUANG
7.00 - 8.00	Registrasi	Gedung Pasca Sarjana
8.00 - 8.45	Pembukaan	Aula Pasca Sarjana
8.45 - 9.00	Istirahat	Gedung Pasa Sarjana
9.00 - 12.15	Pleno : 1. Hermawan Kresno Dipojono (ITB) 2. Bambang Widiyatmoko (LIPI) 3. Halmar Halide (UNHAS) 4. Bobby Eka Gunara (ITB) 5. Hery Suyanto (UNUD)	Aula Pasca Sarjana
12.15 - 13.00	Ishoma/Pertemuan Fisikawati	Gedung Pasca Sarjana
13.00 - 16.00	Sesi Paralel	Gedung Pasca Sarjana dan Gedung Fakultas Pertanian

DAFTAR ISI

	Halaman
PEMBICARA UTAMA	
PU-1	xiv
PU-2	xv
PU-3	xvi
PU-4	xvii
PU-5	xviii
ASTROFISIKA	
A 101	1-10
A 102	11-17
FISIKA TEORI	
FT 101	18-23
FT 102	24-27
FISIKA ENERGI DAN LINGKUNGAN	
FL 101	28-32
FL 102	33-43
FL 103	44-47
FL 104	48-52
FL 105	53-56
FL 106	57-62
FL 107	63-69
FL 108	70-76
FL 109	77-83
FL 110	84-89
FL 111	90-98

FL 112	Konveksi Rayleigh Benard Melalui Pengamatan Kecepatan Gerak Molekul Air dan Jari-Jari Konveksi, <i>Vistarani Arini Tiwow, Yusril Yusuf</i>	99-103
--------	--	--------

INSTRUMENTASI

I 101	Pengembangan Sistem Instrumentasi Geophone Array Sensor Biaya Murah Untuk Eksperimen Geofisika-Seismik pada Skala Laboratorium, <i>Didik R. Santoso</i>	104-109
I 102	Desain Sistem Pengukur Tebal Profil Film Tipis Dengan Transducer LVDT, <i>Jajat Yuda Mindara, Norman Syakir, Darmawan Hidayat, Bambang Mukti Wibawa</i>	110-117
I 103	Rancang Bangun Sistem Wireless Monitoring Temperatur dan Level pada Tangki Ganda Berbasis Zigbee, <i>Robinsar Parlindungan, Lee Kwan Ronanda Hasiolan Sipangkar</i>	118-125
I 104	Perancangan dan Pembuatan Prototipe Chamber Uji Sensor POF Untuk Kelembaban Udara, <i>A.Irhamsyah, Melania S. Muntini, dan Agus M. Hatta</i> ...	126-131
I 105	Perancangan dan Pembuatan Pemanas Air Otomatis Tipe Cylindrical Parabolic Collector (Cpc) Menggunakan Sensor Temperatur Lm335 Sistem Aliran Paksa, <i>Lathif Muzakky, Farid Samsu Hananto</i>	132-136
I 106	Perancangan dan Pembuatan Lux Meter Digital Berbasis Sensor Cahaya EL7900, <i>Satriya Wibawa I Made, Hery Suyanto, Putra I Ketut</i>	137-141
I 107	SIMULASI PEMANFAATAN KINCIR ANGIN LADANG GARAM SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK, <i>Ahmad Kanzu Syauqi Firdaus, Ahmad Abtokhi</i>	142-145
I 108	Pengembangan Mechanomyogram Berbiaya Murah menggunakan Accelerometer dan Membran Mikrofon, <i>YB Gunawan Sugiarta, Robinsar Parlindungan, Dida Suhadi</i>	146-151

GEOFISIKA

G 101	Kuat Tekan Pasta Geopolimer Berbahan Dasar Lempung Dengan Menggunakan Sodium Silikat Sintesis Dari Abu Sekam Padi, <i>Agung Setiawan, Fitriyani, dan Subaer</i>	152-156
G 102	Uji Formula Brutsaert-Crawford pada Perhitungan Radiasi Gelombang Panjang Atmosfer, <i>Arsali, Octavianus Cakra Satya, dan Saipul Hamdi</i>	157-162
G 103	Potensi Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Musiman di Kota Ambon, <i>Diana Julaidy Patty</i>	163-168
G 104	Estimasi Sifat Elastis Batuan Dengan Metod Geolistrik Hambatan Jenis, <i>Lantu, D.A.Suriamihardja, M.Imran, Tri Haryanto</i>	169-174
G 105	Penyelidikan Geologi dan Geokimia di Lapangan Panasbumi Suli, Maluku Tengah, <i>Helda Andayan, Richard Rudolf Lokollo</i>	175-177
G 106	Identifikasi Curah hujan dan Angin Diurnal Luaran Model <i>Conformal Cubic Atmospheric Model-Numerical Weather Prediction (CCAM-NWP)</i> di Wilayah Indonesia, <i>Iis Sofiati, Nurzaman Adikusumah</i>	178-186
G 107	Karakteristik Air Sumber Panas Bumi Pada Daerah Manifestasi Fajar Bulan, Sumatera Selatan, <i>Erni, Frinsyah Virgo, Falisa</i>	187-190
G 108	Karakteristik Gempa Bumi Dangkal Pada Zona Sesar Sungkup Bali-Flores Back Arc Thrust Dan Sekitarnya Periode 1980-2010, <i>Irjan dan Khairul Rakhman</i>	191-196
G 109	Persamaan Aliran Air Dalam Media Berpori Sebagai Aliran Airtanah (<i>Groundwater</i>), <i>Muhammad Hamzah Syahrudin</i>	197-202
G 110	Perbandingan Peta Anomali Medan Magnetik Total, Graviti dan Resistivitas Semu pada Kawasan Rawan Longsor, Paya Ateuk Aceh Selatan, <i>Muhammad Yanis, Faisal Abdullah, Nazli Ismail</i>	203-206
G 111	Studi Pengaruh Debit Sungai Terhadap Parameter TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) Di Sub DAS Komerling Provinsi Sumatera Selatan, <i>Netty Kurniawati, Sutopo, M.Iman Iqbal</i>	207-211

G 112	Studi Penentuan Jenis Aliran Sungai Pute Kawasan Karst Rammang-Rammang Kabupaten Maros, <i>Pariabti Palloan, Nasrul Ihsan dan Vistarani Arini Tiwow</i>	212-218
G 113	Analisis Struktur Kristal Pada Tanah Di Sekitar Daerah Rammang-Rammang Kawasan Karst Maros, <i>Sulistiawaty, Muhammad Arsyah, Vistarani Arini Tiwow</i>	219-226
G 114	Estimasi Model Satu Dimensi Kecepatan Gelombang P Dan S Di Jawa Tengah Dan Timur, <i>Supardiyono dan Dzulkifli</i>	227-230
G 115	Studi Parameter Muatan Padat Tersuspensi (MPT) Pada Sungai Komerling Akibat Pengaruh Kecepatan Arus dan Debit Limpasan, <i>Sutopo, Netty Kurniawati, Rinaldi</i>	231-235
G 116	Analisis Seismic Noise Test Dengan Menggunakan Seismometer Short Period, <i>Titi Anggono, Syuhada, Nugroho Dwi Hananto, Lina Handayani</i> ...	236-240
G 117	Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Di Sekitar Candi Badut Malang Menggunakan Metode Geolistrik, <i>Wasis</i>	241-247
G 118	Studi Penjajagan Potensi Energi Surya di kawasan Yogyakarta, <i>Yusuf Suryo Utomo</i>	248-253
G 119	Struktur Perlapisan Bawah Tanah Berdasarkan Data Geolistrik dan Data Bor (N-SPT) untuk Menentukan Jenis dan Kedalaman Pondasi Daerah Distrik Abepura, Papua, <i>Virman, Jan Pieter, Putu Victoria M. Risamasu, Albert Lumbu dan Auldry F. Walukow</i>	254-261
G 120	Perbandingan Simulasi Curah Hujan Di Wilayah Indonesia Bagian Tengah Selatan Dengan Tiga <i>Host Model</i> , <i>Ina Juaeni, Bambang Siswanto, Nurzaman, Iis Sofiati</i>	262-269
G 121	G 122 Hubungan Antar Lempeng Tektonik di Laut Barat Pulau Sumatera dan Sebaran Pusat Gempabumi dan Pola Sesar, <i>Abdul Basid dan Syarifah</i>	270-280
G 122	Identifikasi Struktur Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Kelistrikan Bumi di Jalan Trans-Kalimantan yang Melalui Daerah Rawa, Kalimantan Selatan	281-286

LASER DAN OPTOELEKTRONIKA

LO 101	Perancangan Sistem Sensor Serat Optik Untuk Pengukuran Getaran Akustik, <i>Harmadi, Bayu Hadi Saputro, Wildian</i>	287-290
LO 102	Pemindaian 2D Emisi Kuantum Dot Pada Substrat Solid Dengan Mesin CNC, <i>Isnaeni, Suryadi dan Yuliati Herbani</i>	291-295
LO 103	Analisa <i>Bandwidth</i> Respon Transmisi <i>Fiber Bragg Grating</i> Menggunakan Laser Dioda, <i>Iyon Titok Sugiarto, Andi Setiono dan Bambang Widiatmoko</i>	296-299
LO 104	Uji Kemampuan Perangkat Teknik <i>Laser-Induced Plasma Spectroscopy</i> (LIPS) Komersial Untuk Analisa Unsur Organik Utama (C, H, O, N) Dalam Tanah Yang Dilanda Tsunami Setelah 10 Tahun Kejadian Tsunami, <i>Nasrullah Idris, Muliadi Ramli, Syaumi Kamal, Rinda Hedwig, Zener Sukra Lie, Kiichiro Kagawa and Koo Hendrik Kurniawan</i>	300-304
LO 105	Pengenalan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Bidang Keahlian Teknisi Instalasi Fiber Optik, <i>Tomi Budi Waluyo, Bambang Widiatmoko, Maria Margaretha Suliyanti</i>	305-309
LO 106	Analisis Signal Latar Plasma Laser dan Efeknya Dengan <i>Laser-Induced Breakdown Spectroscopy</i> (LIBS), <i>Winardi Tjahyo Baskoro</i>	310-315
LO 107	Pengembangan Microwave Sweep Generator Berbasis Mixing Dua Dioda Laser, <i>Wildan Panji Tresna, Iyon Titok Sugiarto dan Bambang Widiatmoko</i>	316-319
LO 108	Analisis Unsur Impuritas Pb, Cr dan Zn Dalam Sampel Cair Dengan Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) Melalui Metode Elektrolisis, <i>Hery Suyanto, Manuntun Manurung, Winardi Tjahyo Baskoro</i>	320-324

MATERIAL MAJU DAN NANOTEKNOLOGI

MN 101	Pengujian Serbuk Komersial LiFePO_4 Sebagai Bahan Aktif Katoda Baterai Lithium untuk Mobil Listrik Nasional, <i>Achmad Subhan, Fadli Rohman, Titik Lestariningsih, R. Ibrahim Purawardi</i>	325-329
MN 102	Studi Komposisi Fasa dan Sifat Kemagnetan Bijih Besi <i>Magnetite</i> Aceh Besar, <i>Adi Rahwanto, Deviyani Rusdiyanti Putri dan Zulkarnain Jalil</i>	330-333
MN 103	Sintesis Superkonduktor $\text{YBa}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Dengan Variasi Unsur Y dan La, <i>I Gede Cahya Pradana, Gusti Agung Widagda, Wayan Gede Suharta</i>	334-338
MN 104	Sintesis Material Fotokatalis TiO_2 Untuk Penjernihan Air Limbah Tekstil, <i>Astuti, Sri Mulyadi, Rida Tussa'adah</i>	339-342
MN 105	Pengaruh Lama Pengendapan pada Kopresipitasi Sintesis Nano Hidroksiapatit dari Batuan Calcite Alam Druju Malang Terhadap Kristalinitas dan Kekerasannya, <i>Yudyanto, Markus Diantoro, Hartatiek, Lia Septiani</i>	343-352
MN 106	Limbah FlyAsh (Abu Terbang) Batubara PLTU Asam-asam Sebagai Bahan Campuran Bata Ringan, <i>Ninis Hadi Haryanti</i>	353-359
MN 107	Pengaruh Tekanan Pengepresan dan Temperatur Pada Hidrogen Storage Keratin dan Mg, <i>Erna Hastuti, Nova Kartika, Azizah Fi Ahliha</i>	360-364
MN 108	Karakterisasi Campuran Nano Partikel Abu Sekam Padi Dan Abu Boiler Kelapa Sawit Menjadi Nano Komposit Termoplastik HDPE, <i>Eva Marlina Ginting, Nurdin Bukit</i>	365-372
MN 109	Sintesis Zeolit Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorban Karbon Monoksida (Co) Kendaraan Bermotor, <i>Farhani Maula, Abd .Haris, Subaer</i>	373-378
MN 110	Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Polutan Anorganik Dalam Air, <i>Haryani, Muris, Subaer</i>	379-383
MN 111	Fabrikasi Lapisan Transparan dan Fleksibel Komposit Nanopartikel $\text{ZnO/Carboxymethyl Cellulose}$ (CMC), <i>Horasdia Saragih</i>	384-389
MN 112	Pengaruh Molar NaOH Terhadap Struktur Nanopartikel ZnO Dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi, <i>Hosana Robertus, Jasruddin dan Subaer</i>	390-394
MN 113	Analisis dan Karakterisasi Pembuatan Nanokomposit Karet Alam/Bentonit dengan Glysidil Metacrilate, <i>Kurnia Sembiring, Riani Sari Sembiring</i>	395-402
MN 114	Pengaruh Penambahan Abu Boiler Kelapa Sawit Dalam Meningkatkan Kekuatan Beton, <i>Karya Sinulingga dan Remi Napitupulu</i>	403-409
MN 115	Ketergantungan T_c Terhadap Medan Magnet Pada Superkonduktor Fase (Bi,Pb)-2212 Terdoping Nd, <i>Made Sumadiyasa, Putu Suardana, I Gusti Agung Putra Adnyana, Gelys Anisa Nindri</i>	410-416
MN 116	Pengaruh Penambahan CaCO_3 Terhadap Sifat Fisis Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>), <i>Asnaeni Ansar, Syamsidar. D, Armayani. M, Subaer</i>	417-421
MN 117	Identifikasi Fasa $\text{Zn}_{0,2}\text{Mg}_{0,8}\text{TiO}_3$ (ZMT) Pada Variasi Temperatur Kalsinasi Dengan Metode Pencampuran Larutan, <i>Nur Ichzan AS, Vicran Zharvan, Muhammad Saukani</i>	422-425
MN 118	Pengaruh Komposisi Agregat Zircon Terhadap Struktur Mikro Dan Daya Tahan Panas Komposit Geopolimer, <i>Nurfadilla, Subaer dan Nurhayati</i>	426-430
MN 119	Mekanisme Deposisi Film Tipis Karbon Amorf Terhidrogenasi, <i>Putut Marwoto</i>	431-437
MN 120	Studi Tentang Struktur Mikro Keramik Rekayasa <i>Silicon Carbide</i> (SiC) Berbahan Dasar Abu Sekam Padi & Grafit Pensil 2B, <i>Resky Irfanita, Jasruddin, dan Subaer</i>	438-443
MN 121	Strategi Peningkatan Industri Rotan Indonesia Melalui Produksi Serat Rotan Sebagai Filler Komposit, <i>Siti Nikmatin, Nares Nugroho, Farah Fahma</i>	444-447
MN 122	Optimalisasi Pemakaian Energi di Industri Pengecoran Besi Melalui Audit Energi, <i>Sugiyatno, Muhammad Affendi</i>	448-452

MN 123	Pembuatan dan Karakterisasi Semen Gigi Nano Zinc Oxide Eugenol, <i>Siswanto, Ardini Prihantini, dan Nurul Taufiqurrohman</i>	453-456
MN 124	Optimasi Suhu dan Waktu Sintering Dalam Penumbuhan Kristal Superkonduktor Sistem NLBCO, <i>Putu Suardana, I Gusti Agung Putra Adnyana, Wayan Gede Suharta</i>	457-461
MN 125	Komparasi Spesifikasi Zirkonia Hasil Kalsinasi ZOH Dan ZOC, <i>Tundjung Indrati Yulianti</i>	462-471
MN 126	Pengukuran Magnetisasi Zero-field-cooled dan Field-cooled Pada $La_{0,1}Ca_{0,9}MnO_3$, <i>Yohanes Edi Gunanto, Kelly Sinaga, Budhy Kurniawan, Soehardjo Poertadji, Toshio Ono, and Hidekazu Tanaka</i>	472-476
MN 127	Pengaruh Penyimpanan Terhadap Perubahan Senyawa Dan Struktur Kristal $LiB(C_2O_4)_2H_2O$, <i>Titik Lestariningsih, Ety Marty Wigayati, Christin Rina Ratri, R. Ibrahim Purawiardi</i>	477-482
MN 128	Pembuatan Senyawa Zinc Aluminat Sebagai Katalis Hetrogen Untuk Produksi Bio Diesel, <i>Erfin Y Febrianto, Righita Ferdian H, Fitrah Ulumuddin dan Joelianingsih</i>	483-488
MN 129	Bismuth Oxide Dan Peranan nya Sebagai Elektrolit Padat SOFC, <i>Erfin Y Febrianto, Agus Sukarto, Totok Sudiro</i>	489-494
MN 130	Sintesis, Struktur Dan Sifat-Sifat Polimer Anorganik Aluminasilikat (Geopolimer) Dan Potensi Aplikasinya di Indonesia, <i>Subaer Junaedi, Abdul Haris</i>	495-499

BIOFISIKA DAN MEDIS

BM 101	<i>Oral Minimal Model</i> Untuk Mendeteksi Penyakit Diabetes Tipe 2, <i>Agus Kartono dan Andari Pratiwi</i>	500-505
BM 102	Dinamika Glukosa Darah dan Insulin Menggunakan <i>Minimal Model</i> Termodifikasi Waktu Tunda, <i>Agus Kartono, Anggi Marstella Pangaribuan dan Mersi Kurniati</i>	506-510
BM 103	Respon Adaptasi <i>In-Vivo</i> Terhadap Kuantitas Leukosit Mencit (<i>Mus musculus l</i>) Pasca Radiasi Gamma Co-60, <i>Gusti Ngurah Sutapa</i>	511-517
BM 104	Pengukuran Sifat Dielektrik Lemak Pangan pada Frekuensi Rendah, <i>Chomsin Sulistya Widodo, Hari Arif Dharmawan, Sucipto, Arif Hidayat</i> ...	518-521
BM 105	Deteksi Efektifitas Bahan Antiseptik Melalui Pengukuran Tegangan Permukaan, <i>Sri Suryani, Hendra Purnomo</i>	522-527
BM 106	Efek Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Interval Waktu Pemberian Dosis Adaptasi (DA) Dengan Dosis <i>Challenges</i> (DC) Pada Kuantitas Leukosit Mencit (<i>Mus musculus L</i>), <i>Ni Luh Putu Trisnawati, Gusti Ngurah Sutapa, I Made Yuliana</i>	528-535
BM 107	Memfaatkan Limbah Biomassa Kebun dan Industri Kehutanan Menjadi Arang dan Uap-asap Cair, <i>Alamta Singarimbun, Lilik hendrajaya, Muhammad Edisar, Johny Custer</i>	536-539
BM 108	Pemanfaatan Biomagnetik Untuk Menghambat Pertumbuhan Sel Bakteri ETEC (Enterotoxigenic Escherichia coli), <i>Anak Agung Ngurah Gunawan</i> ...	540-545
BM 109	Rancang Bangun Sistem Pembangkit Gelombang Ultrasonik Sebagai Metode Alternatif Menurunkan Jumlah Bakteri E. Coli Pada Proses Penjernihan Air, <i>Komang Gde Suastika, Natalia Sri Martani, Theo Jhoni Hartanto</i>	546-552
BM 110	Penggunaan Medan Listrik Berpulsa Untuk Penonaktifan Biofilm Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Mokhamad Tirono</i>	553-558
BM 111	Transfer Muatan Pada DNA dalam Kerangka Teori Medan Gauge Dengan menggunakan Pendekatan Integral Lintas Feynman, <i>Erika Rani, Husnul Fuad Zein</i>	559-565
BM 112	Sistem Persamaan Diferensial Elektrokardiogram dengan Waktu Tunda untuk Simulasi Gelombang PQRST, <i>Suryasatriya Trihandaru</i>	566-571

BM 113	Perbandingan Dampak Polutan Asap Kendaraan Bermotor Pada Organ Mencit (Studi Kasus pada Ginjal, Paru-Paru, Hati dan Darah), <i>Unggul P. Juswono, Arinto Y. P. Wardoyo, Hasnisa, Reza Sativan, Islakhah Sofihayati, Siti Maysaroh</i>	572-577
BM 114	Pengaruh Konsentrasi Dan Temperatur Pada Transpor Ion Dalam Membran Kitosan, <i>Ni Nyoman Rupiasih, Umi Hariyani, Putu Erika Winasri, I Ketut Putra</i>	578-582
BM 115	Analisis Fisis Komposit Biofilter Berbahan Serbuk Tembakau Untuk Menangkap Radikal Bebas Asap Rokok (Usaha Meningkatkan Kualitas Asap Rokok), <i>Agus Mulyono, Itsna Bekti Rahmawati</i>	583-588

FISIKA PENDIDIKAN

FP 101	Pengaruh Pemberian Tes Berstruktur Dalam Model Pembelajaran <i>Problem Solving</i> Terhadap Kemampuan Berpikir Sistematis Siswa Di SMAN 72 Jakarta, <i>Acep Galing Kusdiwelirawan, Martin</i>	589-593
FP 102	Pengaruh Pendekatan Multiple Intelligences Melalui Model Pembelajaran Inquiry Terhadap Kemampuan Memecahkan Masalah Fisika Peserta Didik Kelas X di SMAN 2 Sungguminasa Gowa, <i>Aliasyahraeni, Hartono Bancong, Dian Pramana Putra</i>	594-597
FP 103	Penerapan Pendekatan Multiple Intelligences Melalui Model Pembelajaran Inquiry Terhadap Sikap dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas VIII Di SMP Negeri 3 Sungguminasa, <i>Aminah Ahmad, Hartono Bancong, Dian Pramana Putra</i>	598-602
FP 105	Perbandingan Metode Demonstrasi Dan Metode Eksperimen Terhadap Aktivitas Dan Hasil Belajar Fisika Kelas X SMAN 1 Tellu Siattinge, <i>Ary Utary nur, Elwinda Dwi Pratiwi, Muhammad Arsyad</i>	603-607
FP 106	Pengembangan Quis Maker Berbasis Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Kreativitas Bagi Calon Guru Fisika, <i>Dewi Purwati</i>	608-611
FP 107	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berorientasi Multi Representasi dalam Mereduksi Kesalahan Prakonsepsi Fisika Peserta Didik Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Majene, <i>Dewi Sartika, Muris</i>	612-618
FP 108	Analisis Proses Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Berdasarkan <i>Thinking Style</i> dan <i>Multiple Intelligences</i> Pada Praktikum Fisika Modern di Universitas Muhammadiyah Makassar, <i>Dian Pramana Putra, Hartono Bancong</i>	619-623
FP 109	Penerapan Strategi Literasi Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Wawasan Konsep Dasar Fisika Mahasiswa Program Studi Fisika UIN Sunan Gunung Djati Bandung, <i>Chaerul Rochman</i>	624-628
FP 110	Pengembangan Model Pembelajaran Fisika Umum Berbasis Pendidikan Karakter Di Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Unimed, <i>Derlina, Tri Harsono, Sabani</i>	629-635
FP 111	Kepraktisan Prototipe Media Tepat Guna Dalam Pembelajaran Fisika Di SMA, <i>Edi Supriana, Mohamad Nur</i>	636-646
FP 112	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika SMA Menggunakan Pendekatan Ilmiah (<i>Scientific</i>) Untuk Kurikulum 2013, <i>Elwinda Dwi Pratiwi, Ary Utary Nur, Kaharuddin</i>	647-654
FP 113	Peranan Metode Pembelajaran Partisipatif Terhadap Minat Dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI IPA SMA Negeri 8 Maros, <i>Emi Hardyanti, Jasruddin, Muh.Tawil</i>	655-660
FP 114	Pembelajaran Fisika Berbasis Praktikum : Komposisi Gaya, <i>Handrika utami, Hendra, Eka Murdani</i>	661-664
FP 115	Pengembangan Paket Tutorial Teori Kuantum Cahaya Berbasis Penyelesaian Eksplisit untuk Meningkatkan Kemampuan <i>Problem Solving</i> Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UM, <i>Hartatiek, Supriyono Koes Handayanto, Yudyanto</i>	665-671

FP 116	Model Pembelajaran Reciprocal Teaching Setting Kooperatif Pada Mata Kuliah Termodinamika di Universitas Muhammadiyah Makassar, <i>Hartono Bancong, Dian Pramana Putra</i>	672-676
FP 117	Pengaruh Metode Praktikum Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas VIII Di SMPN 2 Kota Tangerang, <i>Imas Ratna Ermawaty, Wahyu Dian Laksanawati, Oktarina Heriyani</i>	677-683
FP 118	Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Terpadu Model Shared Di Sekolah Menengah Pertama (SMP), <i>Irma Sakti, Subaer, Nasrul</i>	684-689
FP 119	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Peningkatan Capaian Kompetensi Fisika Umum II Prodi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Medan, <i>Jurubahasa Sinuraya, Sehat Simatupang, dan Ida Wahyuni</i>	690-701
FP 120	Membangun Metode Belajar Untuk Generasi Abad 21 Pada Materi Fisika SMA, <i>Masita Husen, Hartono Bancong</i>	702-706
FP 121	Pengaruh Model Pembelajaran Langsung dengan Metode Bervariasi Terhadap Kemampuan Berpikir Logis dan Pemahaman Konsep Fisika Pada Peserta Didik Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Galesong Utara, <i>Muhammad Taqwin, Muhammad Tawil, Ahmad Yani</i>	707-714
FP 122	Pengaruh Model Pembelajaran dan Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar IPA Peserta Didik Kelas VII SMP Negeri 30 Makassar, <i>Mutahharah Hasyim, Ahmad Yani, Aisyah</i>	715-719
FP 123	Profil Kompetensi <i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i> (TPCK) Guru Fisika Pada Pokok Bahasan Gelombang di SMA, <i>Nurul Kusuma Wardani, Meili Yanti, Hartono B.</i>	720-726
FP 124	Pembelajaran Fisika Berbantuan <i>Maple 13</i> (Untuk Mendukung Proses Pembelajaran Sains Sesuai Tuntutan Kurikulum 2013), <i>Oriza Stepanus, Horasdia Saragih</i>	727-731
FP 125	Pengembangan Model Pembelajaran Langsung Inovatif Berbantuan Media Simulasi PHET Untuk Melatih Penggunaan Metode Ilmiah Mahasiswa Calon Guru Pada Materi Listrik Dinamis, <i>Pendi Sinulingga, Theo Jhoni Hartanto</i>	732-739
FP 126	Model Heuristik Vee dalam Pembelajaran Fisika untuk Mengembangkan Enam Dimensi Sains di SMA, <i>I Wayan Suastra</i>	740-748
FP 127	Mengembangkan Keterampilan Generik dan Nilai Karakter Melalui Pembelajaran Fisika, <i>Ketut Suma</i>	749-757
FP 128	Pengaruh Model Pembelajaran Novick terhadap Motivasi Belajar dan Pemahaman Konsep Fisika Peserta SMAN 5 Makassar, <i>Ria Ristiani, Sidin ALi dan Nurhayati</i>	758-765
FP 129	Identifikasi Peserta Didik Berdasarkan Aspek Sikap (<i>Attitude</i>) terhadap Fisika dan Hubungannya dengan Hasil Belajar Fisika Berdasarkan Instrumen CLASS (<i>the Colorado Learning Attitudes about Science Survey</i>) di Kelas IX SMP PGRI Bontonompo, <i>Riskawati, Nur Ungki Sari, Sitti Rahma Yunus</i> ...	766-769
FP 130	Penggunaan Multimedia Interaktif Materi Arus dan Tegangan Listrik Bolak-Balik Berorientasi Peta Kompetensi Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) di Provinsi Maluku Utara, <i>Saprudin</i>	770-774
FP 131	Desain Model Pembelajaran Multiple Representation Menggunakan Desain Slide PowerPoint Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa Calon Guru IPA (Kajian Teoritis), <i>Sitti Rahma Yunus</i>	775-780
FP 132	Eksplorasi Kemampuan Pemecahan Masalah Dalam Topik Kinematika Bagi Mahasiswa Calon Guru, <i>Sondang R Manurung</i>	781-787
FP 133	Analisis Hasil Belajar Fisika Menggunakan Model Pembelajaran Kooperatif dan Metode Ceramah Pada Siswa Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Palangkaraya Tahun 2013/1014, <i>Suhartono, Titik Utami, Ariawanti</i>	788-796
FP 134	Improving Student's Scientific Abilities by Using Guided Inquiry Laboratory, <i>Supriyono, Madlazim and M.N.R. Jauhariyah</i>	797-803

FP 135	Pengembangan Media Tutorial Berbasis Web untuk Pemecahan Masalah dalam Fisika, <i>Syamsuriwal, Ahmad Yani, Subaer</i>	804-811
FP 136	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Kombinasi Model Pembelajaran Langsung dan Model Pembelajaran Kooperatif yang Diimplementasikan Melalui Kegiatan Eksperimen pada Materi Kalor Untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa, <i>Theo Jhoni Hartanto</i>	812-821
FP 137	Pengaruh Penggunaan Strategi Pembelajaran Peningkatan Kemampuan Berpikir (SPPKB) Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa, <i>Tri Isti Hartini, Tasman Abbas, Fidyanti Mafikasari</i>	822-827
FP 138	Kesulitan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah Fisika, <i>Joko Siswanto, dan Joko Saefan</i>	828-830
FP 139	Membangkitkan Kecakapan Hidup (<i>Life Skills</i>) Siswa melalui Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat (STM) pada Topik Hukum Hooke., <i>A.Halim dan Angria Milda</i>	831-834

Computational Materials Design for Future Development of Sustainable Energy

Hermawan Kresno Dipojono¹, Mohammad Kemal Agusta,
Viny Veronika Tanuwijaya, Hasna Afifah, Andam Deatama Refino,
Muhammad Naufal Lintangpradipto, Listra Yehezkiel Ginting

¹Engineering Physics, Faculty of Industrial Technology, Institut Teknologi Bandung

* E-mail: dipojono@tf.itb.ac.id

Abstract

Advanced material researches have been conducted extensively to solve world's energy problems for over the last few decades. While traditional top-down approach is commonly used to observe characteristics of synthesized materials, computational simulation studies complement experimental data by providing better understanding of physical phenomenon in atomic scale. This bottom-up approach plays an important role in exploring the interactions of particles underlying novel materials as well as predicting their properties. Some of our works in computational material design field involves studies of advanced materials to improve renewable energy technology performances. In our recent study, Poly(Ethylene Oxide)/ Lithium-Montmorillonitenanocomposite is chosen as it holds potential to replace conventional electrolyte for lithium-polymer battery application. Physical properties of PEO/Li-MMT have been investigated using both Density Functional Theory and Molecular Dynamics Simulation and the result is in good agreement with experimental results. In addition to researches on materials for energy storage, we also design materials for energy production such as fuel cell as it promises environmentally-friendly renewable energy source. Titanium Dioxide doped with 3d transition metal is proposed as photocatalytic water splitting for hydrogen fuel production. Meanwhile, hydrazine (N₂H₄) reaction with OH⁻ as the key reaction in direct hydrazine fuel cell (DHFC) technology is also thoroughly investigated.

Keywords : computational material design, advanced material, sustainable energy, lithium-polymer battery, fuel-cell

Stabilisasi Frekuensi Laser Diode dan Potensi Aplikasi Dalam Membangkitkan mm-Wave

Bambang Widiyatmoko

Group THz-Photonics, Pusat Penelitian Fisika- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Gd 442, Komplek PUSPIPTEK, Setu, Tangerang Selatan 15314, Banten.

E-mail: bamb039@lipi.go.id

Abstrak

Aplikasi laser dioda sangat luas dalam berbagai bidang baik dengan memanfaatkan daya yang dihasilkan maupun dari kestabilan frekuensi. Aplikasi dengan menggunakan daya yang dihasilkan telah merambah dari bidang rumah tangga seperti CD player, DVD maupun kamera, bidang komunikasi fiber optik sebagai pumping fiber amplifier maupun bidang kesehatan. Disisi lain aplikasi dengan memanfaatkan laser sebagai oscilator atau dari kestabilan frekuensi banyak didalam komunikasi dimana dalam aplikasi ini memerlukan beberapa teknik stabilisasi frekuensi laser. Dalam makalah ini akan mereview teknik stabilisasi laser menggunakan serapan gas dan aplikasi laser dioda untuk membangkitkan gelombang mikro. Stabilisasi frekuensi dari laser diode telah dilakukan dengan mengunci kegarisserapan dari isotop 13 gas Acetylene ($^{13}\text{C}_2\text{H}_2$). Garis serapan dari gas dicari dengan menscan frekuensi laser antar suhu 15°C sampai 30°C dan pada ranger ini diperoleh 4 line yaitu P9, P8, P7 dan P6. Evaluasi kestabilan dilakukan dengan mengukur perbandingan error signal dan mengukur fluktuasi frekuensi laser menggunakan pencacah frekuensi optis. Diketahui bahwa stabilitasnya mencapai dibawah 0.8 MHz untuk jangka waktu lebih dari 6 jam. Studi awal pembangkitan frekuensi dengan laser dioda juga telah dilakukan yang mampu menghasilkan signal dalam range 1 MHz-10 GHz. Keterbatasan frekuensi ini hanya dibatasi oleh kemampuan photodetektor yang digunakan dalam percobaan. Dari percobaan ini memberikan hasil bahwa teknik ini berpotensi membangkitkan mm-wave yang stabil.

Kata kunci : stabilisasi laser dioda, Acetylene cell, mm-wave

Penggunaan El Nino Southern Oscillation (ENSO) Untuk Prediksi Bencana Alam - Dimana Posisi Kita ?

Halmar Halide

Jurusan Fisika FMIPA Unhas

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245

Email: halmar@science.unhas.ac.id

Abstrak

Bencana alam nasional telah menimbulkan korban jiwa dan harta benda yang besar. Untuk mengantisipasi kejadian tersebut secara lebih dini, para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan membutuhkan suatu sistem peringatan dini bencana. Penelitian ini menyajikan salah satu komponen sistem yang dimaksud dengan memanfaatkan fenomena ENSO untuk memprediksi suatu bencana. Ada 3 (tiga) kasus bencana alam yang ditinjau yaitu : Demam Berdarah Dengue (DBD) Thailand pada kurun waktu tahun 1958 hingga tahun 1998, putting beliung (tornado) USA pada periode tahun 1954-2012 dan kebakaran liar (wildland) USA pada kurun waktu tahun 1960 hingga tahun 2013. Model yang digunakan untuk maksud ini adalah model regresi sederhana dan teknik validasi-gulung *one-step-ahead*. Masukan model adalah nilai rata-rata tahunan indeks ENSO Niño 3.4 setahun sebelumnya sedangkan luaran model adalah jumlah kasus DBD, tornado dan kebakaran pada tahun mendatang berupa anomaly suhu muka laut (ASML) dari wilayah Nino 3.4 dari samudera Pasifik tropis. Kepiawaian *out-of-sample* prediksi (*prediction skill*) ditentukan menggunakan besaran korelasi Pearson dan kesalahan RMSE (root mean squared error). Korelasi Pearson untuk masing-masing bencana adalah 0,71 (DBD), ketiga teknik ini masing-masing adalah: 0,71 untuk DBD, -0,18 untuk tornado, dan -0,35 untuk kebakaran liar, sedangkan nilai kesalahan RMSE masing-masing bencana adalah: $4,31 \times 10^4$ kasus untuk DBD, 25 kasus untuk tornado, dan $5,57 \times 10^4$ kasus untuk kebakaran liar. Meskipun kemampuan prediksi model sederhana ini telah dapat dimanfaatkan untuk perencanaan mengelola bencana penyakit dengue secara lebih dini, namun kemampuannya untuk bencana tornado dan kebakaran liar tampaknya masih rendah. Pada masa mendatang, kelemahan memprediksi fenomena kompleks ini akan diatasi dengan penggunaan model yang lebih canggih dan penambahan masukan model yang telah terseleksi.

Kata kunci : peringatan dini bencana, kepiawaian prediksi, validasi gulung one-step-ahead, tornado, demam berdarah dengue, kebakaran liar, korelasi Pearson, kesalahan root mean square

Recent Developments In $4D$ Black Hole Physics

Bobby EkaGunara

Theoretical Physics Laboratory, THEPI FMIPA ITB and Indonesia Center For Theoretical Physics (ICTMP)

Email: bobby@fi.itb.ac.id

Abstract

In this talk we will present some new results regarding some aspects of black holes in four dimensions. In particular, we will focus on dyonic non-supersymmetric black holes in four dimensional $N=1$ supergravity coupled to chiral and vector multiplets.

Keywords : Dyon, Black Hole, Supergravity

Aplikasi Laser Pada Konsep Dasar Teori Fisika

Hery Suyanto

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Udayana
Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Denpasar, Bali
Email: hery6@yahoo.com

Abstrak

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mikroanalisis baik kualitatif maupun kuantitatif sampel padat, cair dan gas dengan cepat dan akurat. LIBS dapat juga digunakan sebagai metode riset untuk memperjelas konsep dasar teori fisika. Bila laser difokuskan pada permukaan lempengan tembaga (Cu) dalam lingkungan gas Helium (He), sebagian kecil sampel Cu (orde μg) terablasikan dan terbentuk plasma yang berisikan atom-atom netral, ion-ion, elektron dan atom-atom tereksitasi. Elektron-elektron dari atom-atom tereksitasi kembali ke keadaan dasar (*ground state*) sambil memancarkan emisi dan ditangkap oleh detektor yang kemudian ditampilkan spectra intensitas sebagai fungsi panjang gelombang. Berdasarkan nilai intensitas dari dua panjang gelombang emisi atom netral Cu I 521.8 nm dan Cu I 510.5 nm serta dari persamaan Boltzmann dapat ditentukan temperatur plasma. Hasil menunjukkan, semakin rapat partikel-partikel dalam plasma, semakin tinggi temperatur plasma. Berdasarkan tingkatan (*level*) energi dalam atom Cu, dapat dipelajari proses penyerapan (*self-absorption*) dengan cara membandingkan dua garis yang mempunyai *upper level energy* yang sama (Cu I 327.4 nm/ Cu I 324.7 nm dan Cu I 510.5 nm/ 324.7 nm). Semakin rapat partikel dalam plasma, emisi dari Cu I 324.5 nm diserap oleh elektron-elektron dalam atom Cu untuk bereksitasi ke level energi 3.817 eV yang kemudian mengemisikan panjang gelombang 510.5 nm dan sebaliknya melalui Cu I 327.4 nm. Sedangkan atom-atom He dalam gas He di sekitar sampel yang tereksitasi akan bertransisi ke keadaan metastabil dengan mengemisikan dominan ke triplet (He I 587.6 nm) dari pada ke singlet (He I 667.8 nm). Selain untuk memahami konsep dasar teori fisika, metode LIBS dapat digunakan untuk pembuatan lapisan tipis (*thin film*) dan dapat juga digunakan sebagai analisis hasil deposisi atau hasil elektrolisis. Analisis hasil elektrolisis dengan LIBS dapat mendeteksi secara kualitatif maupun kuantitatif hingga orde 5 ppm, dimana metode ini dapat menggantikan metode konvensional yaitu hanya mengetahui massa sebelum dan setelah elektrolisis dan tanpa mengetahui jenis unsure apa saja yang terdeposisi ke katoda.

Kata kunci : LIBS

Efek Radiasi Gamma Co-60 Terhadap Interval Waktu Pemberian Dosis Adaptasi (DA) Dengan Dosis Challenges (DC) Pada Kuantitas Leukosit Mencit (*Mus musculus L*)

Ni Luh Putu Trinawati¹, Gusti Ngurah Sutapa², I Made Yuliara³

¹ FMIPA Universitas Udayana, nlptrisnawati@gmail.com

² FMIPA Universitas Udayana, NGRmed@yahoo.com

³ FMIPA Universitas Udayana, Imdyuliara@gmail.com

Abstrak

Respon adaptasi adalah perubahan profil ekspresi gen akibat diinduksi radiasi dosis sangat rendah ($< 0,5$ Gy). Dimana respon adaptasi menjadi sinonim untuk radioresisten, yang dapat mengubah efektivitas biologis radiasi berikutnya dengan dosis yang lebih besar. Pada penelitian ini telah ditentukan efek radiasi gamma Co-60 terhadap interval waktu pemberian dosis adaptasi (DA) dengan dosis challenge (DC) pada kuantitas leukosit mencit (*Mus Musculus L*). Data penelitian diperoleh melalui pemeriksaan darah di laboratorium kesehatan provinsi Bali dengan metode hitung defrensial (*diff count*). Populasi dalam penelitian ini berjumlah 60 ekor mencit umur 1,5 bulan dengan jumlah sampel adalah 15 ekor sebagai kontrol dan 45 ekor diberikan perlakuan. Perlakuan adaptasi I (DA 0,1 Gy, langsung DC 1, 2 dan 3 Gy) 15 ekor, adaptasi II (DA 0,1 Gy, setelah 5 jam DC 1, 2 dan 3 Gy) 15 ekor dan adaptasi III (DA 0,1 Gy, setelah 10 jam DC 1, 2 dan 3 Gy) 15 ekor. Hasil menunjukkan bahwa secara umum semakin besar DC maka kuantitas leukosit mencit semakin menurun. Namun dengan DA 0,1 Gy sebelum DC diberikan, baik untuk perlakuan adaptasi I, II dan III menunjukkan mekanisme kuantitas leukosit mencit meningkat. Peningkatan kuantitas leukosit semakin baik akibat adanya interval waktu pemberian DA dengan DC pada adaptasi II dan III. Kelompok 1 (DC 1 Gy) pada adaptasi II meningkat 8,02% dan adaptasi III meningkat 12,67% terhadap adaptasi I, kelompok II (DC 2 Gy) pada adaptasi II meningkat 11,31% dan adaptasi III meningkat 19,32% terhadap adaptasi I dan kelompok III (DC 3 Gy) pada adaptasi II meningkat 13,96% dan adaptasi III meningkat 23,96% terhadap adaptasi I. Peningkatan kuantitas leukosit mencit terjadi akibat interval waktu pemberian DA dengan DC merupakan mekanisme peningkatan proteksi sel terhadap efek yang ditimbulkan oleh dosis radiasi yang lebih tinggi berikutnya (DC).

Kata kunci : Interval waktu DA dengan DC, kuantitas leukosit

Abstract

*Adaptation response is due to changes in gene expression profiles induced very low radiation doses (< 0.5 Gy). Where adaptation responses become a synonym for radioresistant, which can alter the biological effectiveness of radiation following the larger doses. In this study the effects of gamma radiation has been determine to what Co-60 to the dosing interval Adaptation (DA) with a challenge dose (DC) on leukocytes quantity of male mice (*Mus musculus L*). Data were obtained through examination of the Bali provincial health laboratory blood with count method defrensial (*diff count*). The population in this study amounted to 60 mice aged 1.5 months, the number of samples is 15 tails and 45 tails as a control treatment given. Treatment adaptation I (DA 0.1 Gy, direct DC 1, 2 and 3 Gy) 15 tail, the second adaptation (DA 0.1 Gy, after 5 hours of DC 1, 2 and 3 Gy) 15 tail and adaptation III (DA 0, 1 Gy, after 10 hours of DC 1, 2 and 3 Gy) 15 tail. The results showed that in general the greater the quantity of leukocytes DC mice decreased. But with DA 0.1 Gy given before the DC, both for treatment adaptation I, II and III indicate the mechanism of leukocyte mice increased quantity. Increasing the quantity of leukocytes is getting better due to the timing interval DA with DC on adaptation II and III. Group 1 (DC 1 Gy) at the second adaptation increased 8.02% and 12.67% increase the third adaptation of the adaptation I, group II (DC 2 Gy) on the second adaptation increased 11.31% and 19.32% increase adaptation III the adaptation I and group III (DC 3 Gy) on the second adaptation increased 13.96% and 23.96% increase the third adaptation of the adaptation I. increasing the quantity of leukocytes of mice caused by administration of DA intervals with DC is a mechanism of increased protection of cells against the effects of posed by higher radiation doses the next (DC).*

Keywords: time interval DA with DC, the quantity of leukocytes

1. PENDAHULUAN

Efek radiasi dosis rendah terhadap mekanisme sel dan molekuler menyebabkan terjadinya pergeseran tiga fenomena. Ketiga fenomena yang dimaksud adalah efek *bystander*, ketidakstabilan genom, dan respon radioadaptasi, yang merupakan bagian penting dari respon molekul, sel dan jaringan tubuh terhadap radiasi pengion [1]. Efek biologi yang terjadi pada sel yang tidak secara langsung terpapar radiasi tetapi berada berdekatan dengan sel yang teradiasi disebut sebagai efek *bystander*. Pada variasi radiasi dosis rendah, efek *bystander* dapat berupa mutasi, kerusakan kromosom, dan transformasi sel. Ketidakstabilan genom terjadi pada sel beberapa waktu kemudian setelah paparan radiasi dan berdampak pada turunan sel yang terpapar tersebut selama beberapa generasi. Berbagai kerusakan seluler meliputi aberasi kromosom, mikronuklei, mutasi dan amplifikasi gen, transformasi neoplastik dan kematian reproduktif yang tertunda akibat hilangnya kestabilan genom. Sedangkan respon adaptasi adalah perubahan profil ekspresi gen akibat diinduksi radiasi dosis sangat rendah ($< 0,5$ Gy). Perubahan ini dalam kondisi tertentu dapat memproteksi sel terhadap efek yang ditimbulkan oleh dosis radiasi yang lebih tinggi berikutnya (dosis *challenges*) [2].

Respon adaptasi adalah suatu fenomena biologi dimana resistensi terhadap radiasi diperoleh dengan pemberian satu kali atau beberapa kali radiasi awal dengan dosis yang sangat rendah, yang dapat mengubah efektivitas biologis radiasi berikutnya dengan dosis yang lebih besar [3]. Beberapa parameter yang memengaruhi tingkat respon adaptasi, seperti kisaran dosis dan laju dosis adaptasi (AD), kisaran dosis *challeng* (CD), interval AD - CD, proliferasi sel atau regulasi siklus sel, situasi *in-vitro* atau *in-vivo*, induksi pada perbaikan DNA, induksi pada ekspresi protein, tipe sel dan tahap perkembangan sel, stimulasi pada sistem imun dan disposisi genetik [4]. Salah satu parameter penting yang diamati dalam penelitian ini adalah efek radiasi gamma Co-60 terhadap interval waktu pemberian dosis adaptasi (AD) dengan dosis *challenges* (CD) pada leukosit mencit (*Mus musculus L*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mekanisme respon adaptasi

Sebuah penelitian tingkat seluler dan molekuler mendukung asumsi bahwa perbaikan DNA adalah mekanisme utama untuk induksi respon adaptasi. Dalam perkembangan efek radiasi telah ditunjukkan keberhasilan mekanisme perbaikan terhadap kerusakan *double strand breaks* DNA. Oleh karena itu *double strand breaks* DNA sudah cukup untuk menginduksi respon adaptasi dalam meningkatkan potensi proteksinya [5].

Dua kategori gen yang dapat merespon dosis adaptasi yaitu pertama, respon bersifat umum, tidak bergantung pada apakah sel menunjukkan respon adaptasi sitogenetik atau tidak. Responnya aktivasi semua gen yang berhubungan dengan sintesa protein dan inaktivasi gen yang terkait dengan metabolisme. Kedua, kelompok gen yang transkripsinya diekspresikan secara berbeda, atas dasar apakah sel akan beradaptasi atau tidak. Mekanisme pengontrolan aktivasi dan inaktivasi sejumlah gen tersebut bergantung pada, dosis, laju dosis dan jenis radiasi. Mekanisme molekuler menunjukkan perbedaan respon terhadap paparan radiasi dosis tinggi dan rendah, juga untuk LET rendah dan tinggi [1].

Beberapa parameter yang memengaruhi tingkat respon adaptasi, seperti kisaran dosis dan laju dosis adaptasi (AD), kisaran dosis *challeng* (CD), interval AD - CD, proliferasi sel atau regulasi siklus sel, situasi *in vitro* atau *in vivo*, induksi pada perbaikan DNA, induksi pada ekspresi protein, tipe sel dan tahap perkembangan sel, stimulasi pada sistem imun dan disposisi genetik. Dosis adaptasi 0,5 Gy hanya efektif jika diberikan dengan laju dosis 0,01 Gy/menit atau lebih rendah tetapi tidak pada 0,1 Gy atau lebih tinggi. Di sisi lain, dosis adaptasi 0,01 Gy menginduksi respon adaptasi ketika diberikan pada 0,2 Gy/menit tetapi tidak pada 0,05 Gy/menit. Radiasi dosis rendah (0,1 Gy) telah dapat merubah profil ekspresi gen pada sel dan jaringan hewan [6].

Respon seluler adaptasi bersifat sementara. Respon adaptasi sekali diinduksi, terhadap proliferasi limfosit manusia dapat berlangsung selama 3 siklus sel atau 2 - 3 hari. Pada sel mamalia, respon radioadaptasi dengan dosis optimum di bawah 0,01 Gy yang segera diekspresikan dalam waktu maksimal 4-6 jam setelah radiasi dan berlangsung selama lebih

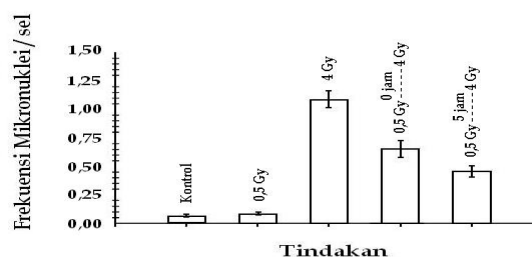
dari 20 jam. Dengan dosis lebih besar selain segera menghilangkan kondisi yang telah teradaptasi, juga tidak dapat menginduksi respon adaptasi. Ini menunjukkan adanya keterlibatan beberapa mekanisme *feedback regulatory*. Peningkatan radioresisten yang diinduksi oleh respon adaptasi hanya berlangsung untuk periode waktu yang terbatas. Respon adaptasi akan berhasil jika pengkondisian paparan radiasi dilakukan selama fase S/G₂ dari siklus sel [2].

2.2. Respon adaptasi *In-Vitro* dan *In-Vivo*

Respon adaptasi *in vitro* dapat dijelaskan pada penelitian sel limfosit manusia yang diinduksi sinar-x sebagai berikut. Sel darah yang dikultur selama 34 jam, kemudian diirradiasi dengan dosis adaptasi 0,01 Gy. Setelah empat belas jam diirradiasi kembali dengan dosis *challenge* 1,5 Gy. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah aberasi kromosom dan dibandingkan dengan jumlah aberasi kromosom pada sel yang hanya menerima dosis *challenge*. Melalui uji mikronuklei dapat diketahui kemampuan sel untuk melakukan perbaikan terhadap kerusakan patahan pada DNA akibat radiasi. Akibat induksi radiasi umumnya mikronuklei mengandung potongan kromosom yang tidak mengalami proses perbaikan. Untuk mengetahui pengaruh paparan dosis dan laju dosis rendah terhadap kemampuan sel untuk melakukan perbaikan terhadap patahan kromosom dilakukan penelitian pada sel kulit manusia.

Pada penelitian ini frekuensi mikronuklei per sel diradiasi dosis adaptasi 0,5 Gy dengan laju dosis 2,5 mGy/menit. Setelah waktu 0 jam dan 5 jam diradiasi kembali dengan dosis 4 Gy dengan laju dosis 1,8 Gy/menit. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1. Grafik menunjukkan bahwa dosis dan laju dosis rendah dapat menstimulasi sel untuk meningkatkan kemampuannya memperbaiki kerusakan kromosom, sehingga konsekuensi dari paparan radiasi berikutnya tereduksi. Variabel biologis adalah hal yang penting dalam menentukan konsekuensi paparan radiasi dan bahwa kerusakan kromosom tidak selalu proporsional terhadap dosis. Penurunan frekuensi mikronuklei menunjukkan pengurangan patahan kromosom dalam sel setelah paparan dosis *challenge*. Kerusakan yang terjadi akibat radiasi segera mengalami proses perbaikan yang berlangsung lebih

efisien. Sehingga meningkatkan efisiensi pembentukan klon, disebabkan lebih banyak sel yang tetap bertahan hidup pasca radiasi [6].



Gambar 1. Perbaikan kerusakan kromosom pada sel kulit manusia terhadap penurunan frekuensi mikronuklei/sel yang diradiasi dengan dosis adaptasi [6].

Pada studi *in vivo*, variasi dosis adaptasi seluruh tubuh yang diberikan lebih besar dari studi *in vitro*. Pada *in vivo*, dosis awal 0,02 Gy telah memberikan efek nyata pada induksi malformasi fetus yang disebabkan oleh dosis *challenge* sebesar 2 Gy. Dosis adaptasi 0,1 Gy, dan interval waktu 4 jam kemudian kembali diradiasi dosis *challenge* 2 Gy sudah cukup untuk menimbulkan respon adaptasi *in vivo*. Hasilnya adalah kelompok yang diradiasi dengan tanpa dosis adaptasi, terdapat perbedaan nyata dalam malformasi dan kematian tertunda tetapi tidak terhadap berat badan atau malformasi skeletal. Perbedaan ini mungkin dikarenakan proses dari efek yang diamati terjadi pada tahapan embriogenesis yang berbeda. Terdapat tiga proses utama yang perlu diperhatikan dalam resiko kanker terhadap respon adaptasi diinduksi oleh radiasi dosis rendah, yaitu perbaikan DNA, apoptosis dan fungsi sel imun, dan respon tersebut juga mempunyai pengaruh pada risiko radiasi *in vivo* [7].

3. METODOLOGI

3.1. Peralatan dan bahan

Untuk meradiasi mencit digunakan pesawat Teleterapi Co-60 FCC 8000F milik instansi Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah Denpasar. Jumlah mencit 60 ekor pada umur 37 hari, 15 ekor sebagai kontrol, 15 ekor untuk adaptasi I, 15 ekor untuk adaptasi II dan 15 ekor untuk adaptasi III. Proses persiapan sampel dalam bentuk pengambilan darah mencit dan pemeriksaan darah dilakukan di UPT

Balai Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Bali, dengan peralatan utama hemositometer yang dilengkapi kamar hitung dan mikroskop. Agar sampel darah tetap encer digunakan tambahan larutan *truk* dan EDTA (*Ethylene Diamine Tetra Aceticacid*).

3.2. Persiapan penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan dilakukan pengelompokan mencit berdasarkan perlakuan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Mencit dipelihara sejak lahir dan ditempatkan secara berkelompok (empat ekor per kandang) dalam kandang berukuran $30 \times 20 \times 10 \text{ cm}^3$ yang terbuat dari bahan plastik dan ditutup dengan kawat kasa halus. Makanan dalam bentuk pellet komersial dan minum air secara berlebih (*ad libitum*). Kebutuhan makanan dan minuman diperiksa setiap 3 kali sehari, yaitu pagi, siang, dan sore hari.

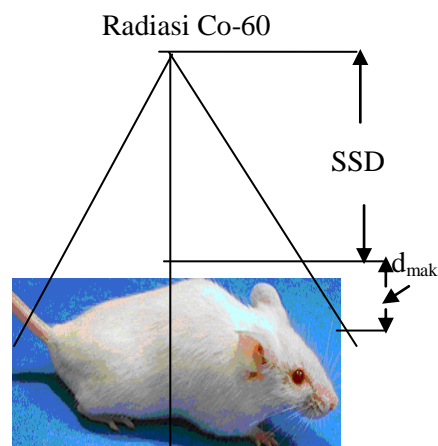
Tabel 1. Pengelompokan Mencit Berdasarkan Perlakuan

No.	Kelompok	Jumlah Mencit (ekor)	Dosis radiasi (Gy)		Interval waktu (Jam)
			DA	DC	
1.	Kontrol	15	-	-	-
2.	Adaptasi I	15			
		5	0,1	1	-
		5	0,1	2	-
3.	Adaptasi II	15			
		5	0,1	1	5
		5	0,1	2	5
4.	Adaptasi III	15			
		5	0,1	1	10
		5	0,1	2	10
		5	0,1	3	10

2.3. Proses radiasi

Proses radiasi dilakukan dalam tiga tahap yaitu, adaptasi I dengan memberikan dosis adaptasi 0,1 Gy dan langsung diberi dosis *challenges* 1,2, dan 3Gy, adaptasi II dengan memberikan dosis adaptasi 0,1 Gy dan interval waktu (jeda) 5 jam kemudian diberi dosis *challenges* 1,2, dan 3Gy. Selanjutnya adaptasi III dengan dosis

adaptasi 0,1 Gy dan interval waktu 10 jam kemudian diberi dosis *challenges* 1,2, dan 3Gy. Lebih lanjut perlakuan pemberian dosis radiasi ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi penyinaran dengan SSD (*source to surface distance*) 80 cm pada permukaan 2 cm dari dasar kotak (luas lapangan penyinaran $20 \times 20 \text{ cm}$). Dosis radiasi dihitung pada kedalaman 0,5 cm, seperti ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 2. Kondisi penyinaran dengan SSD konstan

3.3. Proses pengambilan darah

Teknik pengambilan sampel darah pada hewan bervariasi. Volume darah yang diperlukan untuk pemeriksaan leukosit hanya sedikit, darah dapat diambil melalui memotong ujung ekor, vena ekor dan jari kaki. Dalam penelitian ini pengambilan darah dipilih dengan pemotongan ekor. Karena pengambilan darah dari vena ekor sulit dilakukan karena memerlukan jarum *intradermal* yang sangat kecil sekali. Seringkali dengan jarum yang sangat kecil, darah dalam jarum menggumpal sebelum diperoleh cukup banyak darah. Pengambilan darah melalui pemotongan jari kaki, kaki harus dalam keadaan bersih sekali agar sample darah tidak terkontaminasi kotoran dan jari tidak terinfeksi [8]. Kemudian darah ditetaskan diatas kaca objek. Perhitungan jumlah leukosit dilakukan di instansi UPT Balai Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Bali [9].

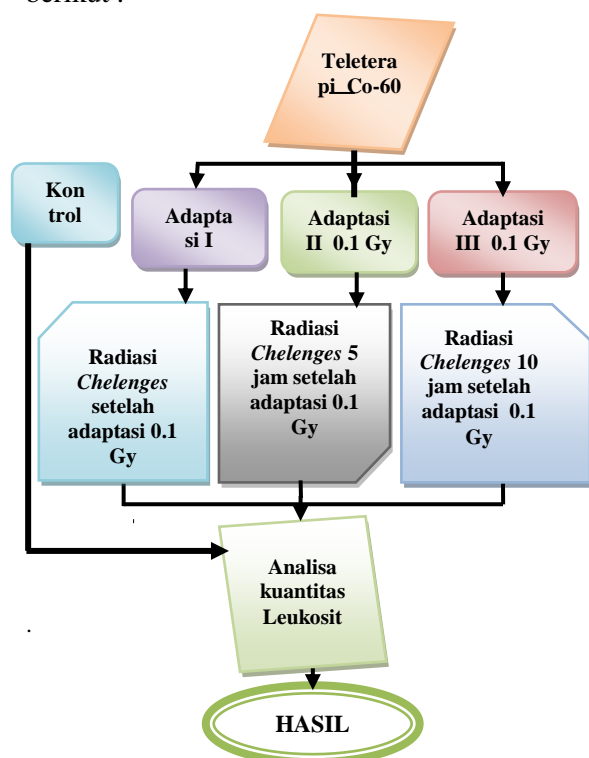
3.4. Analisa data

Data jumlah leukosit di analisa untuk mengetahui perubahan jumlah leukosit antara kontrol dan perlakuan. Kemudian dilanjutkan dengan analisa Anava atau Anova (*analysis of*

variance). Anova lebih dikenal dengan Uji-F (Fisher Test), untuk melihat perbedaan secara signifikan atau tidak signifikan jumlah leukosit antara kontrol dan perlakuan. Pengujian Anova menggunakan program SPSS (Statistical product and Service Solutions). Salah satu program yang digunakan adalah SPSS for Windows versi 14 [10].

3.5. Diagram blok penelitian

Pelaksanaan penelitian dapat digambarkan dengan diagram blok penelitian sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Blok Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuantitas leukosit mencit rata-rata untuk kontrol dan perlakuan adaptasi I, adaptasi II dan adaptasi III ditunjukkan pada Tabel 2. berikut :

Tabel 2. Kuantitas leukosit rata-rata sebelum dan sesudah diradiasi Co-60

No	Kuantitas Leukosit Rata-Rata ($10^3/\mu\text{L}$)				
	Kontrol	Dosis Radiasi (Gy)	Perlakuan I	Perlakuan II	Perlakuan III
1.	$9,652 \pm 0,344$	1,1	$6.683 \pm 0,019$	$5.744 \pm 0,127$	$4.676 \pm 0,096$
2.	$9,646 \pm 0,511$	2,1	$7.456 \pm 0,087$	$6.834 \pm 0,016$	$6.028 \pm 0,016$
3.	$9,682 \pm 0,229$	3,1	$7.905 \pm 0,011$	$7.511 \pm 0,024$	$6.996 \pm 0,042$

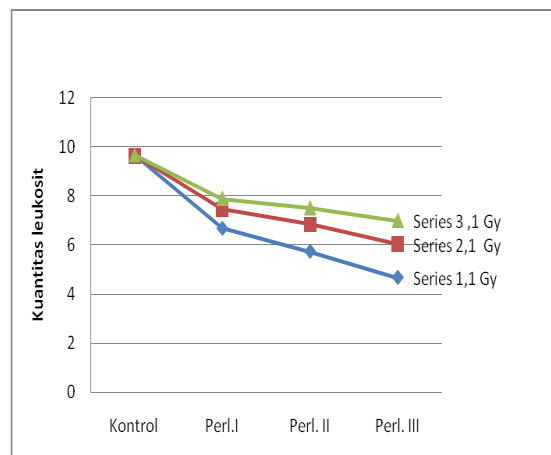
Keterangan :

Adaptasi I = DA 0,1 Gy dan langsung diberi DC 1, 2 dan 3 Gy

Adaptasi II = DA 0,1 Gy interval waktu 5 jam diberi DC 1, 2 dan 3 Gy

Adaptasi III = DA 0,1 Gy interval waktu 10 jam diberi DC 1, 2 dan 3 Gy.

Dari data diatas dapat dibuat grafik antara perlakuan terhadap kuantitas leukosit seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kuantitas leukosit mencit pasca radiasi gamma Co-60

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuantitas leukosit mencit kontrol $9,66 \times 10^3/\mu\text{L}$, yang tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian lain, yang berkisar $5 - 11 \times 10^3/\mu\text{L}$ [11]. Grafik untuk kontrol, adaptasi I, II dan III dipresentasikan kedalam Gambar 4, tampak secara umum untuk adaptasi I, II dan III kuantitas leukosit menurun terhadap perlakuan dan meningkat dengan bertambahnya dosis radiasi yang diberikan pada mencit. Apabila dibandingkan dengan grafik adaptasi I, grafik adaptasi II untuk semua dosis radiasi menunjukkan kenaikan kuantitas leukosit dan selanjutnya grafik adaptasi III menunjukkan kenaikan kuantitas leukosit yang lebih tinggi. Dapat dilihat bahwa DA 0.1 Gy telah mengakibatkan perubahan respon adaptasi terhadap radiasi secara spontan, dan perubahan meningkat bila mencit diberi waktu istirahat 5 jam dan 10 jam setelah DA 0.1 Gy. Kemungkinan kerusakan sel akibat dosis adaptasi diperbaiki melalui proses pemulihan (recovery). Dengan meningkatnya kuantitas leukosit akibat adanya interval waktu pemberian DA dengan DC dapat mengurangi efek seperti kelelahan, perubahan sel darah

tepi, demam (apabila daerah otak yang mendapat radiasi), sakit kepala, pusing, mual, muntah, diare hingga kebotakan pasca radiasi gamma Co-60.

4.1. Persentase Peningkatan Kuantitas Leukosit

Persentase peningkatan kuantitas leukosit dapat ditentukan dengan persamaan

$$\bar{x} = \frac{\sum x_j}{n} \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (2) \text{ dengan}$$

:

\bar{x} = rata-rata jumlah leukosit kontrol (sebelum diradiasi)

x_i = jumlah leukosit ke-i sebelum diradiasi

\bar{y} = rata-rata jumlah leukosit setelah diradiasi

y_j = jumlah leukosit ke-j setelah diradiasi

n = jumlah sampel

Setelah mendapatkan rata-rata, maka dapat diperoleh perubahan leukosit tiap dosis dengan persamaan:

$$z = \bar{y} - \bar{x} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

z = perubahan/selisih leukosit tiap dosis radiasi

Persentase peningkatan leukosit :

$$\% = \frac{z}{\bar{x}} \times 100\% \quad (4)$$

Persentase kuantitas leukosit tiap dosis radiasi untuk interval waktu pemberian DA dengan DC dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. Persentase kuantitas leukosit untuk variasi dosis radiasi Co-60

No	Dosis Radiasi	Persentase kuantitas leukosit (%)		
1.	1,1	69,23	77,25	81,90
2.	2,1	59,54	70,85	77,86
3.	3,1	48,30	62,26	72,26

Perbandingan persentase peningkatan kuantitas leukosit akibat interval waktu pemberian DA dengan DC pada adaptasi II dan III untuk masing-masing kelompok dosis terhadap adaptasi I, dapat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan persentase perubahan leukosit akibat interval waktu pemberian DA dengan DC.

No.	Dosis Radiasi (Gy)	Persentase kuantitas leukosit (%)	
		Adaptasi II	Adaptasi III
1.	1.1	8.02	12.67
2.	2.1	11.31	19.32
3.	3.1	13.96	23.96

Ketiga perlakuan pada Tabel 3. menunjukkan persentase kuantitas leukosit terhadap kontrol menurun dengan bertambahnya dosis radiasi. Penurunan jumlah leukosit total dalam sirkulasi akibat radiasi disebabkan oleh terjadinya kerusakan system hemotopetik [12]. Radiasi menyebabkan penghambatan atau penghentian proses hemopoiesis, yang menyebabkan penyediaan sel-sel darah berkurang dan terjadi penurunan jumlah leukosit dalam darah. Disebutkan bahwa dosis 2 – 10 Gy merupakan lingkup kerusakan hemopoetik (sindrom sumsum tulang), dengan gejala yaitu menurunnya jumlah leukosit total (*leucopenia*) [13]. Dengan demikian, radiasi akan menurunkan jumlah sel darah yang bergantung pada radiosensitivitas dan harapan hidup sel [14]. Interaksi radiasi dengan sel mamalia dapat menginduksi sejumlah besar kerusakan DNA, seperti *single strand breaks* (SSB), *double strand breaks* (DSB), berbagai jenis kerusakan basa, ikatan silang (*cross links*) DNA, dan kombinasi lokal semua kerusakan tersebut. Kerusakan DNA ini menyebabkan terjadinya mutasi, abrasi kromosom dan perubahan aktivitas, maupun kematian sel [5].

Pemberian dosis rendah (DA) sebelum DC dan adanya interval waktu pemberian DA dengan DC pada Tabel 4. menunjukan peningkatan persentase kuantitas leukosit. Semakin lama interval waktu yang diberikan antara DA dengan DC, semakin meningkat persentase kuantitas leukositnya. Pemberian dosis rendah (0.1 Gy) ternyata merangsang sel untuk meningkatkan kemampuannya memperbaiki kerusakan, dan meningkatkan daya tahan sel terhadap radiasi yang lebih besar berikutnya. Respon adaptasi adalah suatu fenomena biologi, peningkatan resistensi terhadap radiasi diperoleh dengan pemberian satu kali atau beberapa kali radiasi awal dengan dosis yang sangat rendah. Dalam medan radiasi, respon adaptasi menjadi radioresisten, yang dapat mengubah efektivitas biologis radiasi berikutnya dengan dosis yang

lebih besar [10]. Radiasi dosis rendah telah terbukti dapat meningkatkan kemampuan sel normal manusia, termasuk sel *bystander* (sel yang tidak terpapar radiasi), untuk melakukan perbaikan kromosom dan juga menginduksi terjadinya kematian melalui apoptosis (3). Semakin lama interval waktu antara DA dengan DC, memberikan respon peningkatan kuantitas leukosit semakin besar. Ini memberikan kesempatan berlangsungnya respon resistensi sel terhadap radiasi yang lebih besar berikutnya [9]. Dari temuan ini diperoleh informasi bahwa interval waktu antara pemberian DA dengan DC menentukan respon leukosit. Respon yang sama dimungkinkan dapat terjadi pada organ ataupun jaringan lain. Pada adaptasi II dan adaptasi III dengan interval waktu 5 dan 10 jam, hasil efek adaptasinya telah dapat dideteksi, yakni meningkatkan kuantitas leukosit. Temuan ini mendukung hasil penelitian yang menyatakan bahwa respon leukosit akan dapat diamati 4 jam setelah pemberian DA [15].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian terhadap 60 ekor mencit dengan perlakuan DA 0,1 Gy, selanjutnya diberikan jeda waktu 5 dan 10 jam kemudian perlakuan DC 1, 2 dan 3 Gy, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kuantitas leukosit kontrol rata-rata dalam darah mencit yang berumur 1,5 – 2 bulan adalah $9,66 \times 10^3/\mu\text{l}$.
- Kuantitas leukosit terendah terjadi pada perlakuan adaptasi I dengan persentase penurunan hingga 30,77%, 40,46% dan 51,70% dibandingkan dengan kuantitas leukosit kontrol.
- Dengan adanya interval waktu pemberian DA dengan DC 5 jam pada perlakuan II menunjukkan peningkatan persentase kuantitas leukosit berturut-turut 8,02%, 11,31% dan 13,96% terhadap adaptasi I
- Pada perlakuan III dengan jeda waktu 10 jam memberikan peningkatan persentase kuantitas leukosit yang lebih baik hingga 12,67%, 19,32% dan 23,96% terhadap adaptasi I.
- Peningkatan kuantitas leukosit dapat mengurangi efek radiasi seperti kelelahan, perubahan sel darah tepi, demam (apabila daerah otak yang mendapat radiasi), sakit

kepala, pusing, mual, muntah, diare hingga kebutakan pasca radiasi gamma Co-60.

5.2. Saran

Untuk mendapatkan informasi yang lengkap terhadap efek radiasi gamma Co-60 terhadap interval waktu pemberian DA dengan DC pada kuantitas leukosit mencit, maka penelitian ini perlu dilanjutkan terhadap komponen leukositnya. Dimana hitung absolut komponen leukosit dapat dijadikan sebagai indikator atau dosimeter biologis terhadap efek yang ditimbulkan oleh radiasi gamma CO-60.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali yang telah memberikan dana untuk kegiatan penelitian melalui Bantuan Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) 2014, yang terdaftar pada Daftar Isian Pelaksana Kegiatan (DIPA) BLU Unud No. 023.04.2.415253/2014.

7. PUSTAKA

- A.L. Brooks, Paradigm Shifts in Radiation Biology: Their Impact on Intervention for Radiation Induced, *Journal of Radiation Research*, 164, 454-461 (2005).
- Z. Alatas, Efek Bystander Akibat Radiasi Pengion, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, 2004.
- R.Okazaki, A.Ootsuyama and T.Norimura, Radioadaptive Response for Protection against Radiation-Induced Teratogenesis, *Journal of Radiation Research*, 163, 266-270 (2005).
- C.Streffer, Adaptive Response, A Universal Phenomenon for Radiological Protection, *Proceedings of 11th International Congress of The International Radiation Protection Association*, 2005.
- R. Susworo, *Radioterapi*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 2007.
- R.E.J. Mitchel and D.R. Boreham, Radiation Protection in the World of Modern Radiobiology : Time for A New Approach, *Proceedings of 10th International Congress of The International Radiation Protection Association*, 2000.

7. E.J Broome, D.L Brown and R.E.J Mitchel, Dose Response for Adaptaion to Low Doses of ^{60}Co γ and ^3H - β -particle Radiation in Normal Human Fibroblast, *Journal of Radiation Research*, 158, 181-186 (2002).
8. N.S. Darmawan, *Pengantar Patologi Klinik Veteriner*, Universitas Udayana Bali, 2002.
9. Depkes, R. I., *Petunjuk Pemeriksaan Laboratorium Puskesmas*, Pusat Laboratorium Kesehatan Ditjen Binkesmas, 1991.
10. Riduwan dan Sunarto, *Pengantar Statistik Untuk Penelitian Lengkap dengan Aplikasi SPSS 14*, Penerbit Alfa Beta Bandung, 2009.
11. Harahap, N.S., *Pengaruh Aktivitas Fisik Maksimal Terhadap Jumlah dan Hitung Jenis Leukosit pada Mencit (Mus Musculus L) Jantan*, Universitas Sumatera Utara, E-Respository, 2008.
12. P Y. Desprez, *Adaptive Response and Breast Cancer*, .S. Army Medical Research and Materiel Command, San Francisco, CA 94115-1925, 2011.
13. A.T Natarajan, Recent Development In The Assesment Of Chromosomal Damag, *Int. Journal Radiation Biology*, 66, 615-624 (1994).
14. J. Thacker, Radiation-Induced Mutation In Mammalian Cells At Low Doses And Dose Rates, *Advances in Radiation Biology*, 16, 77-124 (1992).
15. I. Djan, S. Solajic, M. Djan, N. Vucinic and D. Popovic, Radiobiological effects of multiple vs. single low-dose pre-irradiation, *Contemp Oncol (Pozn) Serbia*, 18 (4), 230–233 (2014).