

ISSN : 2477-0345

PROSIDING
Seminar Nasional Keselamatan,
Kesehatan, Lingkungan dan
Pengembangan Teknologi Nuklir I

Tema:

“Peranan Litbang Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi
dalam Pemanfaatan Iptek Nuklir untuk Kesejahteraan”

Kawasan Nuklir Pasar Jum,at - Jakarta
25 Agustus 2015

Diselenggarakan oleh:



PTKMR-BATAN



KEMENKES-RI



Dep. Fisika - ITB



FKM - UI

PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
JAKARTA

Diterbitkan pada
Nopember 2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas karunia yang diberikan kepada Panitia Penyelenggara, sehingga dapat diselesaikannya penyusunan Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir I dengan tema **“Peranan Litbang Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi dalam Pemanfaatan Iptek Nuklir untuk Kesejahteraan**, pada bulan Nopember 2015.

Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir kali ini dihadiri oleh 3 (tiga) pembicara tamu yaitu Mr. S. Somanesan dari Senior Principal Radiation Physicist, Departement of Nuclear Medicine & PET, Singapura General Hospital, Prince Jackson, Ph.D dari Diagnostic Imaging Physicist, Peter MacCallum Cancer Center, dan Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto dari Fisika, Institut Teknologi Bandung. Sebanyak 23 makalah dipresentasikan dalam Sidang Paralel dan 25 makalah dalam sidang Poster. Berdasarkan hasil presentasi dan kriteria penilaian Tim Editor, makalah yang dapat diterbitkan sebanyak 46 makalah yang terdiri dari Kelompok Keselamatan 25 makalah, Kesehatan 13 makalah dan Lingkungan 8 makalah.

Dalam menyelenggarakan seminar ini Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - BATAN bekerjasama dengan Kementerian Kesehatan RI, Departemen Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung dan Fakultas Kesehatan Masyarakat - Universitas Indonesia.

Semoga penerbitan Prosiding ini bermanfaat sebagai media untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dan pengembangan di bidang keselamatan, kesehatan, lingkungan dan pengembangan teknologi nuklir serta sebagai bahan acuan dan informasi dalam melakukan kegiatan pengembangan dan penelitian di bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Prosiding ini, kami mengucapkan terima kasih.

Jakarta, Nopember 2015

Panitia Penyelenggara
dan Tim Editor

SAMBUTAN

KEPALA PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Salam sejahtera bagi kita semua.

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, saya menyambut gembira atas penerbitan Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir I oleh Tim Editor dan Panitia Penyelenggara.



Melalui penerbitan ini, saya berharap Prosiding ini dapat dengan mudah dipahami oleh para pemerhati iptek nuklir di bidang teknologi keselamatan dan metrologi radiasi. Selain itu, saya juga berharap agar tulisan dan kajian ilmiah dalam Prosiding ini, yang merupakan output (luaran) dari para pejabat fungsional di BATAN dan pemerhati masalah keselamatan, kesehatan, lingkungan dalam pengembangan teknologi nuklir ini dapat menjadi acuan bagi para mahasiswa, guru, dosen, dan pembimbing, dan ilmuwan di luar BATAN, sehingga output kegiatan BATAN ini dapat dimanfaatkan dan dirasakan oleh masyarakat.

Akhirnya, saya berharap bahwa keberadaan Prosiding ini tidak sebatas memperkaya khasanah pengetahuan kita, namun juga dapat menjadi pedoman bagi PTKMR untuk mewujudkan visi BATAN, Unggul di Tingkat Regional. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Tim Editor dan Panitia Penyelenggara yang telah mencurahkan tenaga dan pikirannya, serta kepada seluruh pihak yang telah mendukung penerbitan Prosiding ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, Nopember 2015

Kepala PTKMR,


Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc. 

**SUSUNAN TIM PENGARAH DAN EDITOR
SEMINAR NASIONAL
KESELAMATAN, KESEHATAN, LINGKUNGAN DAN
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR**

SUSUNAN TIM PENGARAH

Ketua :

Dr. Ir. Ferhat Aziz, M.Sc.

(Deputi Bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir)

Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.

(Kepala PTKMR – BATAN)

SUSUNAN TIM EDITOR DAN PENILAI MAKALAH

Ketua :

Drs. Mukhlis Akhadi, APU. (BATAN)

Wakil Ketua :

Drs. Bunawas, APU. (BATAN)

Anggota :

Drs. Nurman Rajagukguk (BATAN)

Dr. Mukh Syaifudin (BATAN)

dr. Fadil Nazir, Sp.KN. (BATAN)

Dr. Eko Pudjadi (BATAN)

Dra. Rini Heroe Oetami, MT. (BATAN)

Prof. Fatma Lestari, Ph.D (FKM-UI)

Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto (ITB-Bandung)

dr. Gani Witono, Sp. Rad. (KEMENKES-RI)

PANITIA PENYELENGGARA

Ketua : Wiwin Mailana, M.Farm., **Wakil Ketua :** Fendinugroho, S.ST., **Sekretaris :** Dian Puji Raharti, A.Md., **Bendahara :** Kristina Dwi Purwanti, **Seksi Persidangan:** Setyo Rini, SE., Wahyudi, S.ST., Teja Kisnanto, A.Md., Viria Agesti Suvifan, Indri Trisianti, **Seksi Perlengkapan dan Dokumentasi :** Eka Djatnika Nugraha, A.Md., Prasetya Widodo, A.Md., Itong Mulyana, **Seksi Konsumsi :** Helfi Yuliaty, A.Md., Eni Suswantini, A.Md. (SK. Kepala BATAN No. 67/KA/III/2015 tanggal 4 Maret 2015).

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
SAMBUTAN KEPALA PTKMR BATAN	ii
SUSUNAN TIM PENGARAH DAN EDITOR	iii
DAFTAR ISI	iv
Makalah Pleno	
1. <i>Radiation Safety issues in Nuclear Medicine</i>	A-1
Mr. S Somanesan (Senior Principal Radiation Physicist, Dept. of Nuclear Medicine & PET, Singapore General Hospital)	
2. <i>Future Directions in Computation of Personalised Radiation Dosimetry</i>	B-1
Price Jackson, Ph.D (Diagnostic Imaging Physicist, Peter MacCallum Cancer Centre)	
3. <i>Monte Carlo Simulation for Dose Assessment in Radiotherapy and Radiodiagnostic</i>	C-1
Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto (Departemen Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Bandung)	
Makalah Kelompok Keselamatan	
1. Penentuan Spektrum Neutron di Fasilitas Kalibrasi PTKMR Menggunakan <i>Bonner Sphere Spectrometer</i>	1
Rasito T., Bunawas, J.R. Dumais, dan Fendinugroho	
2. Metode Kalibrasi Dosis Ekuivalen Perorangan, <i>Hp(10)</i> Dengan Pengukuran Langsung Berkas Radiasi Cs-137 Menggunakan Detektor Standar Sekunder Dosis Ekuivalen Perorangan	9
Fendinugroho dan Nurman Rajagukguk	
3. Pengembangan Kriteria Standar Desain Bungkusan Zat Radioaktif Dalam Mendukung Pengawasan Kegiatan Pengangkutan Zat Radioaktif	15
Nanang Triagung Edi Hermawan	
4. Penentuan Parameter Dosimetri Awal Tiga Buah Pesawat Teleterapi Co-60 <i>Gamma Beam 100-80 External Beam Therapy System</i>	23
Nurman Rajagukguk dan Assef Firnando Firmansyah	
5. Metode Ekstrapolasi Efisiensi Untuk Penentuan Aktivitas Radionuklida Lu-177	30
Hermawan Candra, Gatot Wurdianto, Holnisar	

6.	Tanggapan Surveimeter Neutron Terhadap Spektrum Campuran Energi Neutron	40
	Moch. Adnan Kashougi, Johan A.E Noor, Bunawas	
7.	Penentuan Efisiensi <i>Whole Body Counter (WBC) Dual Probe</i> NaI(Tl) Pada Lima Kelompok Umur	47
	Intan Permata Putri, Chomsin S. Widodo, Bunawas	
8.	Pemantauan Radiasi Neutron dan Gamma di Fasilitas <i>Cyclotron</i> Selama Produksi Fluor-18	53
	Rosa Dian Teguh Pratiwi, Chomsin S. Widodo, Bunawas	
9.	Perancangan Sistem Otomasi Pengukuran Tebal Bahan Berbasis Arduino	60
	Nugroho Tri Sanyoto	
10.	Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir	70
	Farida Tusafariah, Rr. Djarwanti RPS., Suhaedi Muhammad, Gloria Doloressa	
11.	Kinerja Keselamatan dan Umpan Balik Pengalaman Operasi untuk Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka	78
	Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Farida Tusafariah	
12.	Pengaruh Suhu Sintesis Terhadap Respon Thermoluminesensi CaSO ₄	83
	Nunung Nuraeni, Dewi Kartikasari, Kri Yudi P.S., Eri Hiswara, Freddy Haryanto, dan Abdul Waris	
13.	Pembuatan <i>Thermoluminescence Dosimeter (TLD)</i> Serbuk CaSO ₄ : Tm Sebagai Proses Awal Produksi Disimeter Personal	89
	Mentari Firdha KP, Sutanto, Hasnel Sofyan, Eka Djatnika	
14.	Analisis Keselamatan Radiasi Fasilitas Ruang Kontener Co-60 dan Pesawat Sinar-X pada Laboratorium Kalibrasi PTKMR-BATAN Kantor Pusat	95
	Wijono dan Assef Firnando Firmansyah	
15.	Validasi Hasil Penentuan Dosis Tara Perorangan, Hp(10), untuk Sumber Radiasi Gamma Cs-137 di Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS) PTKMR-BATAN	102
	C Tuti Budiantari dan Assef Firnando Firmansyah	
16.	Perkiraan Dosis dan Distribusi Fluks Cepat dengan Simulasi Monte Carlo MCNPX pada Fantom Saat Terapi Linac 15 MV	107
	Azizah, Abdurrouf, Bunawas	
17.	Pengujian Kurva Kalibrasi Neutron Dosimeter Perorangan TLD Harshaw pada Radiasi Campuran Gamma dan Neutron	113
	Arini Saadati, Chomsin S. Widodo, Nazaroh	

18	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Termal pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Fatimah Kunti Hentihu, Johan A.E. Noor, Bunawas	124
19	Respon Film Gafchromic XR-QA2 Terhadap Radiasi Sumber Beta Sr-90, Kr-85, dan Pm-147 Nurul Hidayah, Chomsin S. Widodo, Bunawas	130
20	Respon Thermoluminescent Dosimeter BARC Terhadap Medan Radiasi Campuran Beta Gamma Riza Rahma, Chomsin S. Widodo, Nazaroh	137
21	Perkiraan Laju Dosis Neutron Termal dan Epitermal di Fasilitas Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Neutron PTKMR-BATAN dengan Aktivitasi Keping Indium Nur Khasanah, Chomsin S. Widodo, Bunawas	143
22	Penentuan Dosis Serap Air Berkas Elektron Energi Nomonal 6 MeV Menggunakan Fantom "Air Padat" RW3 dan Fantom Air Sri Inang Sunaryati dan Nurman Rajagukguk	149
23	Perkiraan Distribusi Dosis Ekuivalen Foton Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Dengan Target Abdomen Adiar Febriantoko, Johan A.E. Noor, Hasnel Sofyan	156
24	Penentuan Dosis Fotoneutron Pada Pasien Terapi Linac 15 MV Menggunakan TLD-600H dan TLD-100H Muhammad Ibadurrohman, Johan A.E. Noor, Hasnel Sofyan	161
25	Penentuan Calibration Setting Dose Calibrator Capintec CRC-7BT Untuk F-18 Sarjono, Eko Pramono, Holnisar, Gatot Wurdianto	167

Makalah Kelompok Kesehatan

1.	Faktor Koreksi Solid Water Phantom terhadap Water Phantom pada Dosimetri Absolut Berkas Elektron Pesawat Linac Robert Janssen Stevenly, Wahyu Setia Budi dan Choirul Anam	172
2.	Reduksi Noise pada Citra CT Scan Hasil Rekonstruksi Metode Filtered Back-Projection (FBP) menggunakan Filter Wiener dan Median Choirul Anam, Freddy Haryanto, Rena Widita, Idam Arif, Geoff Dougherty	179
3.	γ -H2AX dan Potensinya untuk Biomarker Prediksi Toksisitas Radiasi pada Radioterapi Iin Kurnia, Yanti Lusiyanti	188
4.	Perbandingan Kepadatan Parasit dan Eritrosit pada Dua Strain Mencit Pasca Infeksi <i>Plasmodium berghei</i> Stadium Eritrositik Iradiasi Teja Kisananto, Darlina, Septiana, Tur Rahardjo, dan Siti Nurhayati	195

5.	Daya Infeksi <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Fraksinasi Dengan Laju Dosis Tinggi Pada Sel Darah Mencit Siti Nurhayati, Hartati Mahmudah dan Mukh Syaifudin	205
6.	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Epithermal Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Nur Weni, Johan A. E. Noor, Bunawas	215
7.	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Cepat Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Dyah Fathonah Septiani, Johan A. E. Noor, Bunawas	221
8.	Penentuan Kadar Hormon Insulin Teknik Dengan Teknik <i>Immunoradiometric assay</i> dan Gula Darah Pada Sampel Darah Terduga <i>Diabetes Melitus</i> Kristina Dwi Purwanti, Fadil Nazir, Wiwin Mailana, Sri Insani Wahyu W	229
9	Penilaian Kadar hC-Peptide dan Gula Darah Sewaktu pada Pasien Terduga <i>Diabetes Melitus</i> Sri Insani WW, Fadil Nazir, Wiwin Mailana, dan Kristina Dwi P	238
10	Studi Efek Radiasi Akibat Paparan Medik Yanti Lusiyanti dan Darlina	246
11	Pemeriksaan <i>Prostatic Acid Phosphatase (PAP)</i> dan <i>Prostate Spesific Antigen (PSA)</i> Sebagai Penanda Metastasis pada Pasien Kanker Prostat Wiwin Mailana, Kristina Dwi Purwanti, Sri Insani WW, Prasetya Widodo	258
12	Respon Interferon Gamma Terhadap <i>Plasmodium falciparum</i> Radiasi pada Kultur Sel Limfosit Manusia Darlina dan Siti Nurhayati	265
13	Pengaruh Adjuvant Addavax Terhadap Histopatologi Hati dan Limpa Mencit Pasca Imunisasi Berulang dan Uji Tantang dengan <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Gamma Stadium Eritrositik Tur Rahardjo, Siti Nurhayati, dan Dwi Ramadhani	273

Makalah Kelompok Lingkungan

1.	Kajian terhadap Pelaksanaan Pemantauan Tingkat Radiasi Daerah Kerja di Fasilitas Radiasi PTKMR-BATAN B.Y. Eko Budi Jumpeno dan Eagnes Ekaranti	282
2.	Studi Awal Kurva Kalibrasi untuk Biodosimetri Dosis Tinggi dengan Teknik <i>Premature Chromosome Condensation (PCC)</i> Sofiati Purnami, Yanti Lusiyanti dan Dwi Ramadhani	290
3.	Penentuan radioaktivitas ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{232}Th , ^{238}U dan ^{40}K dalam Bahan Pangan di Desa Botteng, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat Ceiga Nuzulia Sofyaningtyas, Eko Pudjadi, Wahyudi, Elistina	297

4.	Pengembangan Sistem Pemantauan ^{137}Cs di Tanah dengan Metode Monitor Mobile (Carborne Monitoring) dalam Mode Statis dan Dinamis	303
	Pramudya Ainul Fathonah, Chomsin S. Widodo, Syarbaini	
5.	Faktor Transfer Cs-137 dari Tanah ke Terong (<i>Solanum melongena</i>)	309
	Leli Nirwani dan Wahyudi	
6.	Laju Dosis dan Tingkat Radioaktivitas ^{40}K , ^{226}Ra dan ^{232}Th dalam Sampel Tanah di Pulau Kundur- Provinsi Kepulauan Riau	315
	Wahyudi, Muji Wiyono, Kusdiana dan Dadong Iskandar	
7.	Pemantauan Radioaktivitas Dalam Air Hujan Periode 2014	325
	Leli Nirwani, R Buchari, Wahyudi dan Muji Wiyono	
8.	Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Zebrafish (<i>Danio rerio</i>) Stadium Larva di PTKMR-BATAN	333
	Fatihah Dinul Qoyyimah, Yorienta Sasaerila, Tur Rahardjo, Devita Tetriana	

PENGARUH IRADIASI GAMMA TERHADAP ZEBRAFISH (*Danio rerio*) STADIUM LARVA

Fatihah Dinul Qoyyimah¹, Yorianta Sasaerila¹, Tur Rahardjo², Devita Tetriana²

¹Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al Azhar Indonesia

²Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
email: fatihah_uai@yahoo.com

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI GAMMA TERHADAP ZEBRAFISH (*Danio rerio*) STADIUM LARVA. Zebrafish (*Danio rerio*) merupakan ikan yang berasal dari Asia Selatan dan Pasifik. Ikan ini berpotensi sebagai organisme model untuk mempelajari berbagai macam penyakit. Salah satu penyakit saat ini adalah kanker. Paparan radiasi sinar gamma secara langsung merupakan salah satu penyebab penyakit ini. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma terhadap Zebrafish stadium larva. Tahapan yang dilakukan ada empat, yaitu perkembangbiakan Zebrafish dengan perbandingan 1:1, lalu pemberian iradiasi gamma dengan dosis yang berbeda. Tahap ketiga adalah pengamatan larva selama satu bulan. Terakhir adalah analisa hasil pengamatan. Hasil iradiasi dengan dosis tinggi menurunkan daya tahan hidup Zebrafish. Perilaku tidak normal terjadi pada ikan yang berdosisi tinggi. Iradiasi juga mempengaruhi morfologi Zebrafish.

Kata kunci: *Danio rerio*, organisme model, iradiasi gamma, dosis.

ABSTRACT

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON ZEBRAFISH (*Danio rerio*) LARVAE. Zebrafish (*Danio rerio*) is a fish originating from South Asia and the Pacific. This fish has the potential as a model organism for studying various diseases. One of the current disease is cancer. Exposure to gamma radiation directly is one of the causes of this disease. This study was conducted to determine the effect of gamma irradiation on the zebrafish larva. Steps being taken there are four, namely breeding zebrafish with a ratio of 1: 1, then the provision of gamma irradiation with different doses. The third phase is the observation of larvae for a month. Lastly is the analysis of the observations. Irradiated with high doses of survival decrease Zebrafish. Abnormal behavior occur at high doses of fish. Irradiation also affect the morphology of Zebrafish.

Keyword: *Danio rerio*, model organism, gamma rays, dose.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam hayati melimpah. Sumber daya alam ini merupakan modal untuk meningkatkan taraf hidup, kemakmuran, dan kesejahteraan masyarakat. Salah satu potensi dari sumber daya alam hayati Indonesia adalah perikanan. Aneka ragam jenis ikan Indonesia memiliki nilai ekonomis serta ilmiah tinggi. Oleh karena itu, perikanan Indonesia harus dikelola dengan maksimal sehingga dapat membantu dalam pembangunan nasional [1]. Salah satu jenis ikan yang berpotensi memiliki nilai ekonomi

tinggi adalah Zebrafish. Zebrafish merupakan jenis ikan air tawar yang berasal dari Asia Selatan dan Pasifik [2]. Ikan ini dapat hidup di alam pada suhu 18-28°C serta pH 6,5-8 [3]. Permasalahan yang biasa ditemukan pada budidaya ikan ini adalah keterbatasan ketersediaan benih yang berkualitas [4]. Potensi lain dari Zebrafish adalah sebagai organisme model [2].

Organisme model yang sering digunakan para peneliti untuk mempelajari penyakit beserta mekanismenya, diantaranya *Drosophila*, *Caenorhabditis elegans*, tikus, dan primate. Namun penelitian terbaru menunjukkan bahwa Zebrafish dapat berfungsi sebagai organisme model. Hal

tersebut disebabkan tingkat reproduksi yang tinggi, perkembangan embrio di luar rahim sehingga mudah dimanipulasi, embrio memiliki kulit yang transparan, perkembangan embrio berlangsung cepat, usia dewasa relatif cepat yaitu 3-4 bulan, serta ukuran tubuh dewasa hanya sekitar 2-3 cm sehingga memudahkan dalam pemeliharannya [2].

Zebrafish mulai digunakan sebagai model penelitian sejak 8 tahun yang lalu. Penelitian dilakukan untuk pendekatan genetik terhadap hewan vertebrata. Hal ini dilakukan agar pengetahuan mengenai penyakit semakin luas [5]. Zebrafish dapat digunakan sebagai model untuk mempelajari neurogenesis. Selain itu dapat pula digunakan untuk menganalisis genetiknya. Hal ini karena telur yang transparan serta perkembangannya secara eksternal, sehingga dapat pula dilakukan manipulasi genetik [6].

Keuntungan dari penggunaan Zebrafish sebagai hewan uji adalah, biaya untuk pemeliharaan tidak terlalu besar, karena ukuran tubuh dewasa hanya mencapai 3cm. Perkembangbiakan yang dilakukan dapat menghasilkan anakan yang banyak, sekitar 200 ekor [7]. Ikan ini juga pemakan segala (omnivora) seperti jentik nyamuk, kutu air, dan pelet [8].

Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma terhadap Zebrafish stadium larva. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi yang diharapkan dapat menjadi pengetahuan mengenai pengaruh iradiasi gamma terhadap daya tahan hidup, morfologi, dan perilaku Zebrafish.

II. TINJAUAN PUSTAKA

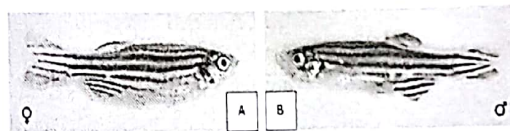
Zebrafish (*Danio rerio*)

Zebrafish (*D. rerio*) merupakan hewan yang termasuk pada Filum Chordata, Kelas Actinopterygii, Ordo Cypriniformes, Famili Cyprinidae, dan Genus *Danio* [9]. Ukuran tubuh Zebrafish dewasa berkisar antara 4-5 cm. Betina memiliki ukuran tubuh lebih besar dan bulat, serta warna lebih kusam dari jantan (Gambar 1) [10]. Zebrafish memiliki tubuh

dengan garis-garis longitudinal yang memanjang sampai sirip ekor dengan warna biru dan emas. Ikan ini memiliki daya tahan yang tinggi dan fekunditas banyak [11].

Ikan ini dapat memproduksi telur sebanyak 300-500 butir [12]. Telur tersebut menetas 20-48 jam setelah breeding dilakukan. Telur bersifat tidak merekat (*non adhesive*). Masa larva pada ikan ini dapat bertahan hidup tanpa diberi makan selama 3-4 hari. Hal ini disebabkan ikan memiliki kuning telur sebagai makanannya. Telur dengan warna transparan dan selang reproduksi yang pendek, menyebabkan ikan ini banyak digunakan sebagai hewan uji dalam penelitian toksikologi [13].

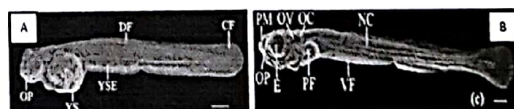
Pembenihan pada Zebrafish dilakukan dengan penyiapan sarana pemijahan terlebih dahulu, calon induk diseleksi, pemijahan, penetasan telur, pemeliharaan larva, perawatan benih, dan perawatan induk setelah pemijahan dan panen.



Gambar 1. Morfologi Zebrafish (A) betina, (B) jantan

(Sumber: <http://www.eb.tuebingen.mpg.de/research/departments/genetics/alumni/sex-determination-kellee-siegfried.html>)

Zebrafish mengalami masa larva selama satu bulan. Masa ini dimulai setelah telur menetas [13]. Pada gambar 2A merupakan morfologi Zebrafish saat berumur 2 hari setelah fertilisasi. Gambar 2B adalah morfologi Zebrafish pada hari ke-7 setelah fertilisasi [14].

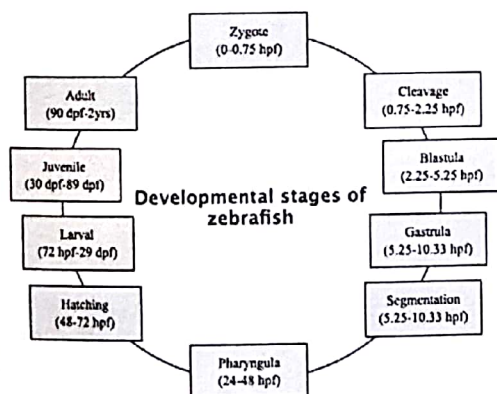


Gambar 2. Morfologi Zebrafish 2 hari setelah fertilisasi sudah terbentuk *olfactory pit* (OP), *yolk sac* (YS), *dorsal fin* (DF), *caudal fin* (CF) (A), dan 7 hari setelah fertilisasi sudah terbentuk *protruding mouth* (PM), *eye cornea* (E), *otic vesicle* (OV), *otic capsule* (OC), *pectoral fin* (PF), *ventral fin* (VF), dan *notochord* (NC) (B) [14].

Siklus Hidup Zebrafish

Tahap perkembangan Zebrafish dari zigot menuju dewasa (Gambar 3), diantaranya zigot atau telur yang matang terbentuk setelah selesainya tahapan awal siklus sel zigotik. Pembelahan terjadi secara cepat dan bersamaan. Pada tahap blastula terjadi siklus sel metasynchronous dengan cepat. Pada tahap ini menyebabkan terbukanya jalan untuk pemanjangan, asynchronous pada transisi midblastula dan epiboly. Tahap selanjutnya adalah segmentasi, pertama-tama dari alur somatik membentuk dan membuat batasan, yang menciptakan batasan antara somit satu dan kedua, lengkung primordia faringeal dan pembentukan neuromer, terbentuk organogenesis primer dan pergerakan awal serta ekor muncul [15].

Tahapan selanjutnya adalah faringula, yaitu tahapan filotopik pada embrio, bentuk tubuh melurus dari bentuk awalnya yang mengelilingi kuning telur. Pada tahap ini sirkulasi, pigmentasi, dan sirip mulai terbentuk. Penetasan merupakan tahapan yang menunjukkan bahwa telah selesainya morfogenesis primer pada sistem organ, pembentukan tulang rawan pada kepala dan sirip pectoral, penetasan terjadi secara asynchronously antar individu. Larva merupakan tahapan Zebrafish setelah menetasnya telur. Pada tahap ini Zebrafish memiliki kantung renang yang mulai mengembang, mencari makan dan memiliki perilaku aktif menghindari. Tahap terakhir adalah tahap dewasa [15].



Gambar 3. Siklus hidup Zebrafish [15].

III. TATA KERJA

Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan mulai dari tanggal 18 Agustus - 20 September 2014. Kegiatan dilakukan selama 5 hari dalam seminggu dimulai dari pukul 07.30 - 12.30.

Alat dan Bahan

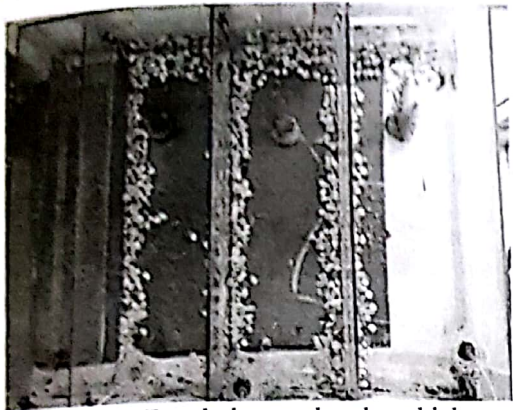
Alat yang digunakan adalah 4 buah akuarium, selang untuk membersihkan akuarium, jaring penangkap ikan, thermometer ruangan, pH meter, lux meter, botol sampel air, vial untuk melakukan iradiasi, dan ruangan untuk melakukan radiasi. Bahan yang diperlukan yaitu zebrafish berumur 6 dan 7 hari serta pakan ikan.

Metode Kegiatan

Metode yang dilakukan terdiri atas 4 tahapan yaitu pemantauan perkembangbiakan Zebrafish, pemberian iradiasi gamma, pengamatan daya tahan hidup, morfologi, serta perilaku, dan analisa hasil pengamatan. Penjelasan dari tahapan tersebut adalah:

Perkembangbiakan Zebrafish

Perkembangbiakan dilakukan dalam akuarium (Gambar 4) dengan induk yang digunakan adalah induk yang sudah dewasa, yaitu sekitar 6-7 bulan dengan panjang badan 4-5 cm. Perkembangbiakan dilakukan dengan 4 ekor jantan dan 4 ekor betina. Sehari setelah perkawinan, seluruh induk dipisahkan dari tempat perkawinan. Hal ini dilakukan agar telur tidak dimakan oleh induk. Kolam perkembangbiakan diamati setiap hari sampai telur menetas. Pada hari keenam dan ketujuh setelah fertilisasi dilakukan iradiasi terhadap Zebrafish.



Gambar 4. Foto kolam perkembangbiakan Zebrafish dari bagian atas (foto pribadi).

Pemberian Iradiasi Gamma

Iradiasi gamma dilakukan dengan menggunakan fasilitas IRPASENA di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Dosis yang diberikan adalah 0 Gy, 10 Gy, 20 Gy, 40 Gy, dan 80 Gy. Individu yang digunakan dari setiap dosis berjumlah 10 individu. Iradiasi dilakukan pada waktu yang berbeda. Iradiasi 10 Gy dan 20 Gy diberikan pada hari ke-6 setelah fertilisasi, sedangkan untuk 40 Gy dan 80 Gy diberikan pada hari ke-7 setelah fertilisasi. Pemaparan dilakukan secara bersamaan terhadap 10 ekor Zebrafish dalam suatu wadah tertutup (Gambar 5).



Gambar 5 Tempat peletakkan Zebrafish saat iradiasi (foto pribadi).

Pengamatan terhadap Daya Tahan Hidup, Perilaku, dan Morfologi

Pengamatan dilakukan setelah pemberian iradiasi gamma selama 4 minggu pada kolam pemeliharaan. Tiga parameter yang diamati adalah daya tahan hidup, perilaku, dan morfologi ikan. Pengamatan daya tahan hidup dilakukan dengan

menghitung jumlah ikan setiap hari. Perilaku ikan diamati dengan melihat keaktifan dari ikan. Morfologi diamati dengan menggunakan mikroskop ketika terdapat ikan yang mati, kecuali dosis 0 Gy karena berperan sebagai kontrol.

Analisa Hasil Pengamatan

Analisa daya tahan hidup Zebrafish dilakukan dengan menghitung jumlah individu setiap harinya dan dibandingkan dengan kontrol (0 Gy). Analisa morfologi dilakukan dengan membandingkan foto hasil mikroskop terhadap kontrol (0 Gy) dan terhadap referensi yang ada. Analisa perilaku dilakukan dengan melakukan pengamatan setiap hari dan membandingkannya dengan referensi yang ada.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Tahan Hidup

Pemberian radiasi dalam dosis berlebih akan memberikan dampak buruk pada tubuh. Iradiasi pada anakan Zebrafish berdampak pada daya tahan hidupnya, seperti yang terlihat pada Tabel 2. Jumlah anakan pada kontrol (0 Gy) di minggu pertama sampai minggu keempat tetap sama, yaitu 10 anakan. Pada pemberian dosis 10 Gy terlihat bahwa jumlah anakan menurun di minggu ke-2 menjadi 5 anakan. Namun jumlah ini tetap konstan sampai minggu ke-4. Iradiasi dengan dosis 20 Gy pada anakan ikan zebra menunjukkan penurunan setiap minggunya. Pada minggu ke-3 semua anakan mati. Pemberian radiasi dengan dosis 40 Gy dan 80 Gy menunjukkan bahwa di minggu pertama seluruh anakan mati.

Tabel 1. Hasil pengamatan daya tahan hidup Zebrafish (*Danio rerio*) setelah iradiasi (Gy) selama 4 minggu.

Minggu ke-	Daya Tahan Hidup (ekor)				
	0 Gy	10 Gy	20 Gy	40 Gy	80 Gy
0	10	10	10	10	10
1	10	5	9	0	0
2	10	5	4	0	0
3	10	5	0	0	0
4	10	5	0	0	0

Dari hasil yang didapat, iradiasi mempengaruhi daya tahan hidup Zebrafish. Pemberian dosis yang semakin tinggi menyebabkan ketahanan hidup ikan semakin berkurang (Tabel 1).

Perilaku

Pada Tabel 2 terlihat bahwa pergerakan semua Zebrafish pada minggu ke-0 adalah normal. Pada minggu ke-0 keaktifan ikan dengan pemberian radiasi 40 Gy dan 80 Gy berkurang. Pada Zebrafish dengan dosis 10 Gy, sejak awal iradiasi sampai pengamatan 4 minggu terlihat memiliki pergerakan yang normal. Zebrafish dengan dosis 20 Gy, keaktifan mulai berkurang di minggu ke-2 (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pengamatan perilaku Zebrafish (*Danio rerio*) setelah iradiasi (Gy) selama 4 minggu.

Minggu ke-	Perilaku				
	0 Gy	10 Gy	20 Gy	40 Gy	80 Gy
0	PN	PN	PN	KB	KB
1	PN	PN	PN	KB	KB
2	PN	PN	KB	-	-
3	PN	PN	-	-	-
4	PN	PN	-	-	-

PN = Pergerakan Normal
KB = Keaktifan Berkurang
(-) = Mati

Iradiasi juga mempengaruhi perilaku Zebrafish. Perilaku dilihat dengan keaktifan serta posisi saat berenang. Pergerakan yang tidak normal ditandai dengan berkurangnya keaktifan saat berenang dan ikan berenang pada bagian dasar kolam. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan pada Zebrafish yang dipelihara berdekatan dengan predatornya yang menunjukkan bahwa respon menyelam, tidak bergerak, serta gerakan yang tidak menentu merupakan respon cemas [16].

Morfologi

Morfologi Zebrafish dilihat dengan mikroskop ketika terdapat ikan yang mati. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan kematian akibat perlakuan pemindahan Zebrafish, jika dilihat dengan mikroskop setiap minggunya. Terlihat morfologi yang tidak normal pada Zebrafish

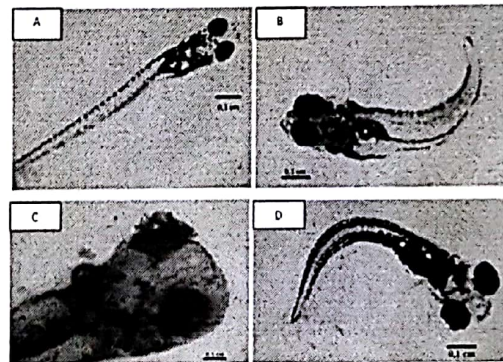
yang diberi radiasi 20 Gy, 40 Gy dan 80 Gy (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil pengamatan morfologi Zebrafish (*Danio rerio*) setelah iradiasi (Gy) selama 4 minggu.

Minggu ke-	Morfologi				
	0 Gy	10 Gy	20 Gy	40 Gy	80 Gy
0	N	N	N	TN	TN
1	N	N	TN	-	-
2	N	N	TN	-	-
3	N	N	-	-	-
4	N	N	-	-	-

N = Normal
TN = Tidak Normal
(-) = Mati

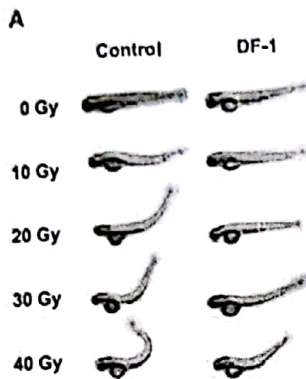
Pada minggu pertama setelah iradiasi, terdapat 1 ikan yang mati dengan dosis 20 Gy. Hasil foto yang dilakukan dibawah mikroskop, menunjukkan morfologi yang tidak normal, yaitu terjadi pembengkokan pada tubuh ikan. Pada dosis 40 Gy dan 80 Gy, semua ikan mati di minggu ke-1. Morfologi ikan dengan dosis 40 Gy, terlihat terjadi kerusakan pada bagian mata ikan, sedangkan dosis 80 Gy terlihat memiliki morfologi yang lebih bengkok daripada 20 Gy (Gambar 6).



Gambar 6. Morfologi Zebrafish di minggu pertama dengan dosis 0 Gy (A), 20 Gy (B), 40 Gy (C), dan 80 Gy (D) (foto pribadi).

Pergerakan yang tidak normal dapat diakibatkan oleh morfologi yang berubah. Hasil foto yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop menunjukkan bahwa, Zebrafish dengan dosis 20 Gy memiliki morfologi tubuh yang bengkok. Hal ini disebabkan saat fase larva sel-sel Zebrafish masih aktif membelah, sehingga radiasi menyebabkan perubahan struktur tubuh ikan. Tubuh yang bengkok menyebabkan ikan tidak

dapat berenang dengan normal. Keadaan ini juga dapat menyebabkan ikan sulit untuk mendapatkan makanannya. Zebrafish dengan dosis 40 Gy menyebabkan kerusakan pada bagian mata. Penelitian dengan meradiasi telur pada dosis 0 Gy, 10 Gy, 20 Gy, 30 Gy, dan 40 Gy menghasilkan anakan yang memiliki tubuh bengkok [17] (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil radiasi saat fase telur dengan dan tanpa DF-1 [17].

Pada Zebrafish dengan dosis 80 Gy terlihat memiliki morfologi yang bengkok, tetapi tidak merusak organ. Daroczi *et al* (2006) mengatakan bahwa iradiasi pada Zebrafish berumur 5 hari setelah fertilisasi menghasilkan efek neurotoksik. Jadi pada dosis ini tidak mempengaruhi organ, namun merusak saraf. Apabila saraf telah rusak maka seluruh sistem tubuh akan rusak juga.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini menunjukkan bahwa iradiasi pada Zebrafish stadium larva mempengaruhi daya tahan hidup, perilaku, dan morfologi ikan. Iradiasi dengan dosis tinggi menyebabkan penurunan daya tahan tubuh. Perubahan pergerakan saat berenang disebabkan rasa cemas serta perubahan morfologi pada ikan. Ikan yang diberi perlakuan dengan dosis 20 Gy memiliki tubuh yang bengkok. Pada 40 Gy memiliki kerusakan pada mata, sedangkan 80 Gy memiliki morfologi yang bengkok tetapi tidak merusak organ, karena menyerang saraf ikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sugianti B, Hidayat EH, Japet N, Anggraeni Y. 2014. *Daftar Pisces yang Berpotensi sebagai Spesies Asing Invasif*

di Indonesia. Jakarta: Kementrian Kelautan dan Perikanan.

- Astuti Y. 2013. Zebrafish: Si Kecil Bermanfaat Besar. <http://majalah1000guru.net/2013/10/zebrafish-kecil-manfaat-besar/> [12 November 2014].
- Lesmana SD. 2001. *Kualitas Air Untuk Ikan Hias Air Tawar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Utomo NBP, Nurjanah N, Setiawati M. 2006. Pengaruh pemberian pakan dengan kadar vitamin berbeda dan asam lemak n-3/n-6 1:2 tetap terhadap penampilan reproduksi ikan zebra betina *Brachydanio rerio* pra salin. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 5(1):31-39.
- Zon LI, Peterson RT. 2005. *In vivo* drug discovery in the Zebrafish. *Nature Reviews* (4):35-44.
- Schmidt R, Strahle U, Scholpp S. 2013. Neurogenesis in zebrafish - from embryo to adult. *Neural Development* 1-13.
- Taylor KL, Grant NJ, Temperley ND, Patton EE. 2010. Small molecule screening in zebrafish: an *in vivo* approach to identifying new chemical tools and drug leads. *Cell Communication and Signaling* 1-14.
- Pinus L, Susanto H. 2003. *Ikan Hias Air Tawar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Christine. 2010. Zebrafish (*Danio rerio*) Scientific Classification. <http://www.daniorerio.com/zebrafish-danio-rerio-scientific-classification/> [1 Oktober 2014].
- Delani AS, Deden. 2001. *Usaha Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Axelrod HR, Emmens CW, Sculthorpe D, Winkler WV, Pronek N. 1971. *Exotic Tropical Fishes*. Jersey City, NJ: TFH Publications Inc.
- Axelrod HR. 1982. *Tropical Fish*. TFH Publications Inc.
- Hendriana A. 2006. Perkembangan gonad betina ikan Zebra *Danio (Brachydanio rerio)* yang diberi pakan dengan berbagai

dosis vitamin E [Skripsi]. Bogor: Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

14. Kohli V, Elezzabi AY. 2008. Laser surgery of zebrafish (*Danio rerio*) embryos using femtosecond laser pulses: optimal parameters for exogenous material delivery, and the laser's effect on short- and long-term development. *BMC Biotechnol.* 29:7-8.
15. Hosen MJ, Vanakker OM, Willaert A, Huysseune A, Coucke P, Paepe AD. 2013. Zebrafish models for ectopic mineralization disorder: practical issues from morpholino design to post-injection observations [Review]. *Frontiers in Genetics*
16. Stewart AM, Braubach O, Spitsbergen, Gerlai R, Kalueff AV. 2014. Zebrafish models for translational neuroscience research: from tank to bedside [Review]. *Cel Press* 264-278.
17. Daroczi B, Kari G, Aleer MFM, Wolf JC, Rodeck U, Dicker AP. 2006. *In vivo* radioprotection by the fullerene nanoparticle DF-1 as assessed in a Zebrafish model. *Clin Cancer Res* 12(23):7086-7091.

TANYA JAWAB

1. Penanya: Pimanih

Pertanyaan:

- Dari hasil yang disajikan, berapa dosis efektif antara 20-40 Gray dan waktu kapan yang sangat berpengaruh?
- Dari dosis tersebut ada atau tidak tren efek perjam atau perhari? Yang paling efisien yang mana?

Jawaban:

- Dosis 10 Gray tidak memberikan efek secara nyata pada morfologi dan perilaku. Untuk keefektifan dan melihat waktu yang sangat berpengaruh perlu dilakukan pendataan secara detail, kami mendata setiap hari namun dirata-ratakan menjadi perminggu.

- Kami hanya mendata secara harian saja tidak perjam, jadi kami mengambil rata-rata setiap minggunya untuk kedepannya akan didata secara lebih detail dan membuat grafik harian.

2. Penanya: Dadong Iskandar

Pertanyaan:

- Selain perubahan pada morfologi apakah terdapat perubahan bagian dalam seperti lambung, usus, dll?

Jawaban:

- Kami hanya melihat perubahan pada bagian morfologi saja, karena pada tahap larva, ikan ini belum memiliki organ secara lengkap, jadi baru terlihat seperti tulang punggung saja.