

ISSN 1858-3601



batan

**Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir
Bandung, 3 Desember 2015**

PROSIDING

50 Tahun Reaktor TRIGA Bandung

**Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
Jl. Tamansari No. 71 Telp. 022-2503997 Fax. 022-2504081 Bandung 40132**



batan

**Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir
Bandung, 3 Desember 2015**

PROSIDING

50 Tahun Reaktor TRIGA Bandung

Penyunting:

Prof. Dr. Ir. Rochim Suratman	(ITB)
Dr. Ir. Priyono Soetikno	(ITB)
Dr. Ir. Abdurachim	(ITB)
Dr. Ir. Nathanael Panagung Tandian, M.Sc	(ITB)
Dr. Ir. Toto Hardianto	(ITB)
Prof. Dr. Daryono Hadi Tjahyono	(ITB)
Dr. rer.nat. Iwan Hastiawan, MS	(UNPAD)
Abdul Waris, M.Eng, Ph.D	(ITB)
Drs. Dani Gustaman Syarif, M.Eng	(BATAN)
Dra. Azmairit Aziz	(BATAN)
Dra. Rini Heroe Oetami, MT	(BATAN)
Dr. Dwi Irwanto, M.Si	(ITB)
Syeilendra Pramuditya, M.Eng, Ph.D	(ITB)
Jooned Hendrarsakti Ph.D	(ITB)
Dr. Willy Adriansyah, ST	(ITB)
Dr. Eng Raden Dadan Ramdan, ST	(ITB)
Dr. Eng Asep Ridwan Setiawan, ST	(ITB)

**Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

Jl. Tamansari No. 71 Telp. 022-2503997 Fax. 022-2504081 Bandung 40132

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T. yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta ridhonya, sehingga **Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2015** dengan tema seminar “**50 Tahun Reaktor TRIGA 2000 Bandung**” dapat diterbitkan. Prosiding ini sebagai dokumen yang memuat karya tulis ilmiah para peneliti di lingkungan BATAN, perguruan tinggi dan lembaga litbang lainnya yang telah mengikuti Seminar Nasional tersebut.

Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir pada tanggal 3 Desember 2015 diselenggarakan oleh Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) BATAN Bandung bekerjasama dengan Pusat Penelitian Energi Baru dan Terbarukan (PPEBT) ITB bertempat di Aula Timur ITB Bandung.

Dalam seminar ini disajikan 69 buah karya makalah berupa kajian, hasil penelitian, pengembangan dan pengkajian dari berbagai lembaga seperti Badan Tenaga Nuklir Nasional, Institut Teknologi Bandung, Universitas Gajah Mada, Universitas Jendral Ahmad Yani. Adapun satuan kerja di lingkungan BATAN yang berpartisipasi adalah PTKMR, PAIR, PRFN, PSTA, PSTBM, PKSEN dan PTRR. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2015 juga menampilkan pembicara pleno Prof. Dr. Ir. Djarot Sulistio Wisnubroto (Kepala BATAN), Dr. Muhammad Dimiyati dari Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Ristek, Kemenristekdikti, Dr. Retno Gumilang Dewi, mewakili Tim Pusat Pengkajian Energi ITB dan Prasetyo Basuki, M.Sc Kepala Sub Bidang Akuntansi Bahan Nuklir dan Perencanaan Dekomisioning, PSTNT.

Setelah melewati proses penyuntingan, di dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2015 ini, sebanyak 59 buah karya tulis ilmiah dicantumkan sebagai makalah lengkap dan 4 buah dalam bentuk abstrak yang diklasifikasikan dalam topik industri, energi, lingkungan, dan kesehatan. Semoga Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2015 ini bermanfaat sebagai sumber informasi untuk memacu kegiatan penelitian dan pengembangan sains dan teknologi nuklir di Indonesia, dan kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Prosiding ini, kami ucapkan terima kasih.

Bandung, Maret 2016

Penyunting

DAFTAR ISI

	Halaman
1. Kata Pengantar	i
2. Sambutan Kepala PSTNT BATAN Bandung	ii
3. SK Panitia	iii
4. Daftar Isi	iv
 MAKALAH SIDANG PLENO	
5. MASA DEPAN REAKTOR BANDUNG DAN PROGRAM REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL Oleh: <i>Djarot Sulistio Wisnubroto</i>	1
6. RENCANA STRATEGIS KEMENTERIAN RISET UNTUK NUKLIR Oleh: <i>Muhammad Dimiyati</i>	16
7. ENERGI NUKLIR DALAM PERSPEKTIF PEMBANGUNAN RENDAH KARBON SEKTOR ENERGI DI INDONESIA Oleh: <i>Retno Gumilang Dewi</i>	17
8. PENGOPERASIAN KEMBALI REAKTOR TRIGA 2000 DENGAN MENGGUNAKAN BATANG KENDALI REAKTOR TRIGA 2000 TANPA BAHAN BAKAR (BKRTTB): KOMISIONING DAN PENGUJIAN OPERASI Oleh: <i>Prasetyo Basuki</i>	36
 MAKALAH POSTER	
INDUSTRI	
9. PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA YANG BERASAL DARI SUMBER ^{60}Co TERHADAP PEMBENTUKAN GALUR-GALUR MUTAN KEDELAI UMUR GENJAH Oleh: <i>Arwin</i>	45
10. RADIOGRAFI SINAR-X PADA PELAT <i>FLANGE</i> PENYAMBUNG PIPA DENGAN METODE SWSI Oleh: <i>Djoli Soembogo</i>	52
11. RADIOGRAFI Co-60 PADA <i>FRAME HEAD</i> Oleh: <i>Djoli Soembogo, Harun Al Rasyid R, dan Namad Sianta</i>	57
12. PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP PENAMPILAN BUAH MANGGA (<i>Mangifera indica</i> L.) VARIETAS GEDONG Oleh: <i>Hadian Iman Sasmita, Murni Indarwatmi, dan Indah Arastuti Nasution</i>	62
13. PENGAMATAN SIFAT AGRONOMIS DAN MUTU SERAT PADA GALUR MUTAN HARAPAN TANAMAN KAPAS DI BALI Oleh: <i>Lilik Harsanti</i>	69
14. PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP PERTUMBUHAN VARIETAS KEDELAI (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) Oleh: <i>Lilik Harsanti, Yulidar, dan Titik Sundari</i>	76
15. OPTIMASI DAN PENYUSUNAN NERACA BAHAN PELINDIAN MONASIT MEMAKAI H_2SO_4 Oleh: <i>M. V. Purwani dan Suyanti</i>	82

16.	RANCANG BANGUN TIMBANGAN MASSA MATERIAL PADATAN PADA <i>BELT CONVEYOR</i> DENGAN TEKNIK SERAPAN RADIASI GAMMA Oleh: Rony Djokorayono, Indarzah Masbatin Putra, dan Usep Setia Gunawan	91
17.	UJI ANALISIS KANDUNGAN NUTRISI BIJI TERHADAP 10 GALUR MUTAN HARAPAN SORGUM HASIL MUTASI RADIASI Oleh: Sihono	96
18.	REDUKSI TORIUM DAN PEMBUATAN KONSENTRAT LOGAM TANAH JARANG HASIL PELINDIAN PASIR MONASIT Oleh: Suyanti dan M. V. Purwani	101
19.	PENGARUH PIROPILIT TERHADAP BAHAN ANODA BATERAI BERBASIS GRAFIT Oleh: Yustinus Purwamargapratala dan Jadigia Ginting	110

ENERGI

20.	ANALISIS KORELASI DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON DAN SUHU REAKTOR KARTINI DENGAN HTR-10 SEBAGAI DATA AWAL SIMULATOR HIBRID RDE Oleh: Anni Nuril Hidayati, Syarip, dan Abdul Waris	114
21.	KARAKTERISTIK, KODE DAN STANDAR BETON UNTUK KONSTRUKSI PLTN Oleh: Dharu Dewi	122
22.	PREDIKSI PARAMETER TERMOHIDROLIK FLUIDA PENDINGIN DI DALAM KANAL PELAT DENGAN PROGRAM HEAT-HYD Oleh: Fatchatul Baiyinah, Sudjatmi K.S., dan Putranto Ilham Yazid	130
23.	TITIK KRITIS KONVERSI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG MENJADI REAKTOR TRIGA BERBAHAN BAKAR PELAT Oleh: Henry P. Rahardjo dan V. Indriati Sri Wardhani	137
24.	ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB TERTUNDANYA PENYELESAIAN PEMBANGUNAN PLTN Oleh: Imam Bastori dan Rr. Arum Puni Rijanti	143
25.	KAJIAN KESESUAIAN TATA RUANG PEMBANGUNAN REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL (RDE) Oleh: Moch. Djoko Birmano	150
26.	METODE KALKULASI PARTISIPASI NASIONAL DALAM PEMBANGUNAN PLTN Oleh: Mochamad Nasrullah dan Arief Tris Yuliyanto	158
27.	TEKNIK KALIBRASI KANAL PEMANTAU SUHU REAKTOR TRIGA 2000 Oleh: Nanda Nagara	166
28.	PERHITUNGAN PENURUNAN EMISI SO ₂ PADA SEKTOR KELISTRIKAN DENGAN MENGGUNAKAN PERENCANAAN KELISTRIKAN OPSI NUKLIR Oleh: Rizki Firmansyah Setya Budi dan Wiku Lulus Widodo	167
29.	DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON PADA TANGKI REAKTOR TRIGA BANDUNG Oleh: Sudjatmi K. A., P. I. Yazid, Reinaldy Nazar, dan Fatchatul B.	174

30. ANALISIS METODE INTERPOLASI B-SPLINE PADA DATA MEDAN MAGNET SIKLOTRON 178
Oleh: *Taufik, Kurnia Wibowo, dan Suprpto*

KESEHATAN

31. PENERAPAN PROGRAM PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI DI PSTNT 183
Oleh: *Afida Ikawati, Novitri Kesnawanti, Ade Suherman, Zainal Arifin, dan Rezky Anggakusuma*
32. TINJAUAN STRUKTUR KIMIA KUERSETIN BERTANDA TEKNESIUM-99m SEBAGAI RADIOFARMAKA PENCITRA TUMOR 184
Oleh: *Asriandi Muhammad Kautsar, Eva Maria Widyasari, dan Maula Eka Sriyani*
33. STUDI AWAL PEMISAHAN RADIOISOTOP TERBIUM-161 (¹⁶¹Tb) DARI Matriks Gd/Tb MENGGUNAKAN RESIN PENUKAR ION 191
Oleh: *Azmairit Aziz*
34. KOMPARASI HASIL ANALISIS SPEKTRUM GAMMA MENGGUNAKAN BATAN BANDUNG NAA *UTILITY* DENGAN PERANGKAT LUNAK KOMERSIAL GENIE-2000 199
Oleh: *Diah Dwiana Lestiani, Syukria Kurniawati, Woro Yatu Niken Syahfitri, Natalia Adventini*
35. PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI RADIOISOTOP ⁴⁶ScCl₃ HASIL IRADIASI BAHAN SASARAN SKANDIUM OKSIDA ALAM 207
Oleh: *Duyeh Setiawan dan Riri Anggraeni*
36. ANALISIS FISIKO-KIMIA DAN BIODISTRIBUSI SKANDIUM-46 BLEOMYCIN 214
Oleh: *Duyeh Setiawan, Azmairit Aziz, M. Basit, Nana S., Titin S.M., Yanuar S., dan Iswahyudi*
37. UJI TOKSISITAS SENYAWA BERTANDA ^{99m}Tc-KANAMISIN SEBAGAI SEDIAAN DIAGNOSIS INFEKSI 220
Oleh: *Iim Halimah, Eva Maria Widyasari, Iswahyudi, Ahmad Sidik, Ihutma Meliana Simanjorang, dan Aang Hanafiah Ws*
38. STUDI AWAL EKSPRESI γ H2AX DAN MIKRO NUKLEUS PADA PEKERJA RADIASI 226
Oleh: *Jin Kurnia dan Yanti Lusiyanti*
39. PENGARUH KALSIMUM KARBONAT TERHADAP PROFIL FARMAKOKINETIK DARI RADIOFARMAKA ^{99m}Tc-CTMP PADA TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus*) *STOCK Sprague Dawley* 231
Oleh: *Isa Mahendra, Teguh Hafiz A.W., Isti Daruwati, Iswahyudi, dan Ahmad Sidik*
40. PENGUJIAN KELAYAKAN PARAMETER MEDAN GAYA PADA PROGRAM CHEMBIO3D 11.0 UNTUK DISAIN MOLEKULER SENYAWA KOMPLEKS RADIOFARMAKA ^{99m}Tc 236
Oleh: *Maiyesni*
41. STUDI AWAL DAMPAK RADIASI TERHADAP KESEHATAN DAN FISIK PENDUDUK DI DAERAH DENGAN TINGKAT RADIASI ALAM TINGGI DI DESA BOTTENG, MAMUJU, SULAWESI BARAT 245
Oleh: *Nastiati Rahajeng, Sofiati Purnami, Viria Agesti Sufivan, Mukh. Syaifudin*

42. PEMISAHAN TEKNESIUM-99m DARI MOLYBDENUM-99 BERBASIS ELEKTROKIMIA DENGAN ELEKTROLIT ASAM OKSALAT 253
Oleh: **Muhamad Basit Febrian dan Titin Sri Mulyati**
43. TINJAUAN STRUKTUR KIMIA 2-DEOKSIGLUKOSA BERTANDA TEKNESIUM-99m DENGAN DTPA SEBAGAI *BIFUNCTIONAL AGENT* UNTUK RADIOFARMAKA PENCITRA TUMOR 261
Oleh: **Nunik Utari Nurwulandari, Eva Maria Widyasari, dan Maula Eka Sriyani**
44. PENGARUH PEMBERIAN ANTIBIOTIK SIPROFLOKSASIN DAN AMOKSISILIN PADA EFEKTIVITAS RADIOFARMAKA ^{99m}Tc-SIPROFLOKSASIN UNTUK PENYIDIK INFEKSI 268
Oleh: **Rizky Juwita Sugiharti, Im Halimah dan Maula Eka Sriyani**
45. KAJIAN DOSIS RADIASI BAGI PETUGAS KEAHLIAN PADA FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA 274
Oleh: **Suhaedi Muhammad, Rr. Djarwanti R.P.S., dan Farida Tusafariah**
46. KAJIAN KONTAMINASI CESIUM-137 DI FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA 285
Oleh: **Suhaedi Muhammad, dan Rr. Djarwanti R.P.S.**
47. EVALUASI UNJUK KERJA *RADIO-TLC SCANNER* 290
Oleh: **Teguh Hafiz A. Wibawa dan Eva Maria Widyasari**
48. KOMPARASI METODE PENENTUAN KEMURNIAN RADIOKIMIA DARI ^{99m}Tc-RADIOFARMAKA MENGGUNAKAN *RADIO-TLC SCANNER* DAN *SINGLE CHANNEL ANALYZER* 296
Oleh: **Teguh Hafiz A. Wibawa, Eva M. Widyasari, Witri Nuraeni, Epy Isabela, Nanny Kartini, Isti Daruwati, dan M. Basit Febrian**
49. KERENTANAN TERHADAP MALARIA PADA DUA *STRAIN* MENCIT (*SWISS WEBSTER* DAN *BALB/C*) YANG DIVAKSINASI DENGAN *PLASMODIUM BERGHEI* RADIASI DILIHAT DARI KADAR LEUKOSIT, LIMFOSIT DAN PARASITEMIA 303
Oleh: **Tur Rahardjo, Darlina, Syukri Rhamdani Teja Kisananto, dan Siti Nurhayati**
50. PROFIL KIMIA DARAH KELINCI SETELAH PEMBERIAN KANAMISIN BERTANDA TEKNESIUM-99m 309
Oleh: **Witri Nuraeni, Eva Maria W., Im Halimah, Iswahyudi, Rukruk Rukayah**
51. EKSPRESI *MAJOR VAULT PROTEIN* (MVP) DAN Akt SEBAGAI FAKTOR PENANDA RESPON RADIOKEMOTERAPI 315
Oleh: **Wiwin Mailana, Maksun Radji, Mukh. Syaifudin, Iin Kurnia, Budiningsih Siregar, dan Setiawan Soetopo**
52. OPTIMASI PARAMETER PENGUKURAN SPEKTROMETER EDXRF MINIPAL 4 UNTUK ANALISIS UNSUR MAKRO PADA BAHAN PANGAN 323
Oleh: **Woro Yatu Niken Syahfitri, Endah Damastuti, Syukria Kurniawati, dan Diah Dwiana Lestiani**
53. EKSPRESI MIKRONUKLEI PASCA IRRADIASI SINAR-X PADA LAKI-LAKI DAN PEREMPUAN 330
Oleh: **Yanti Lusiyanti, Viria A. S., Sofiati Purnami, dan Masnelly Lubis**
54. PENENTUAN ELEKTROLIT PENDUKUNG DALAM PEMISAHAN TEKNESIUM-99m DARI MOLIBDENUM MELALUI TEKNIK ELEKTRODEPOSISI MENGGUNAKAN ELEKTRODE PLATINA 335
Oleh: **Yanuar Setiadi, M. Basit Febrian, dan Titin Sri Mulyati**

LINGKUNGAN

55. PERUBAHAN TRITIUM ALAM ATMOSFER DI INDONESIA PASCA ERA PERCOBAAN BOM NUKLIR TAHUN 1960-AN 341
Oleh: **Bungkus Pratikno dan Satrio**
56. PENGUJIAN UNJUK KERJA SMOKE STAIN REFLECTOMETER EEL43M DAN M43D DALAM PENGUKURAN BLACK CARBON SAMPEL LINGKUNGAN 346
Oleh: **Djoko Prakoso Dwi Atmodjo, Indah Kusmartini, dan Syukria Kurniawati**
57. PENGARUH EFEK SCATTERING PENGGUNAAN INSERTED SAMPLE HOLDER PADA EDXRF EPSILON5 352
Oleh: **Dyah Kumala Sari, Diah Dwiana Lestiani, Djoko Prakoso Dwi Atmodjo, dan Natalia Adventini**
58. DESAIN DATABASE PADA RADIATION AND METEOROLOGICAL MONITORING ANALYSIS SYSTEM (RAMONA) 360
Oleh: **Faisal Prasetya Pangestu, I Putu Susila, dan Istofa**
59. PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DAN CAIR DI BATAN – BANDUNG TAHUN 2015 371
Oleh: **Haryo Seno, Suhulman, Widanda, dan Dikdik S. P.**
60. RANCANG BANGUN PERANGKAT PEMANTAU RADIASI BERBASIS PIN PHOTODIODE DENGAN KONEKTIVITAS WI-FI 372
Oleh: **I Putu Susila, Istofa, dan Gina Kusuma**
61. ESTIMASI KETIDAKPASTIAN KONSENTRASI PM_{2,5} DAN PM₁₀ DALAM CUPLIKAN PARTIKULAT UDARA AMBIEN 378
Oleh: **Indah Kusmartini, Djoko Prakoso D.A., Syukria Kurniawati, Endah Damastuti, dan Diah Dwiana L.**
62. ESTIMASI NILAI BATAS LEPASAN (NBL) REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG 387
Oleh: **Juni Chussetijowati dan Rini Heroe Oetami**
63. EVALUASI KALIBRASI INTERNAL MIKROPIPET VOLUMETRIK SEBAGAI IMPLEMENTASI JAMINAN MUTU LABORATORIUM PENGUJIAN 394
Oleh: **Natalia Adventini, Indah Kusmartini, Woro Yaru Niken Syahfitri, dan Syukria Kurniawati**
64. ISOTOP DEUTERIUM, ¹⁸O DAN ¹³CO₂ DALAM SAMPEL AIR DAN GAS PANAS BUMI UNGARAN 402
Oleh: **Neneng Laksmiingpuri, Rasi Prasetio, dan Nurfadhlina**
65. STUDI GENESIS AIR TANAH DAERAH UNGARAN BERDASARKAN KANDUNGAN ISOTOP ALAM ¹⁸O DAN ²H 407
Oleh: **Rasi Prasetio, Satrio, dan Nurfadhlina**
66. PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF REFLEKTOR TRIGA MARK II – BANDUNG 411
Oleh: **Rini Heroe Oetami, Sigit Nugroho Pamungkas, Tri Cahyo Laksono, Soleh Sofyan, dan Jangkung Wiratmo**
67. KARAKTERISASI SAMPEL UJI BANDING MARIKS LINGKUNGAN 417
Oleh: **Syukria Kurniawati, Diah Dwiana Lestiani, Natalia Adventini, Indah Kusmartini dan Woro Yatu Niken Syahfitri**

68.	PENGGUNAAN MODEL MATEMATIS SEDERHANA PADA PENENTUAN SUMBER SEDIMEN BERDASARKAN KANDUNGAN UNSUR GEOKIMIA Zn DAN Fe Oleh: <i>Tommy Hutabarat</i>	427
69.	DISTRIBUSI RADIONUKLIDA ALAM DALAM SEDIMEN PADA DAERAH TANGKAPAN AIR, STUDI KASUS: SUB DAS CIBERANG – BANTEN Oleh: <i>Tommy Hutabarat</i>	434
70.	PENGUKURAN KONDUKTIVITAS TERMAL BATA <i>INCINERATOR</i> BATAN BANDUNG Oleh: <i>V. Indriati Sri Wardhani dan Henky Poedjo Rahardjo</i>	442
71.	DELIGNIFIKASI SUBSTRAT KAYU JATI PUTIH DENGAN FUNGI <i>Phanerochaete chrysosporium</i> UNTUK MENINGKATKAN SERAPAN Pb DAN Cd DI DALAM MEDIUM CAIR Oleh: <i>Nana Mulyana, Tri Retno Dyah Larasati, Tamzil Las, dan Anita Rostianti</i>	447
	Daftar Peserta	448

STUDI AWAL EKSPRESI γ H2AX DAN MIKRO NUKLEUS PADA PEKERJA RADIASI

Iin Kurnia dan Yanti Lusiyanti

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jalan Lebak Bulus Raya no. 49 Jakarta
kurnia@batan.go.id

ABSTRAK

STUDI AWAL EKSPRESI γ H2AX DAN MIKRO NUKLEUS PADA PEKERJA RADIASI. Paparan radiasi ionik dapat berpotensi menimbulkan dampak yang merugikan pada manusia. Dampak merugikan ini diawali dengan adanya kerusakan sel pada tingkat seluler atau molekular. Kerusakan sel pada tingkat ini diantaranya dapat diamati dengan biomarker γ H2AX dan mikronukleus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan ekspresi γ H2AX dan mikronukleus pada individu yang bekerja pada latar belakang radiasi ionik. Limfosit diisolasi dari darah 12 pekerja latar belakang radiasi dan dilakukan deteksi foci γ H2AX dan mikronukleus secara paralel. Rerata foci γ H2AX dihitung dari jumlah foci pada 50 sel limfosit sedangkan mikronukleus merupakan rerata mikronukleus dari 500-1000 sel limfosit. Tidak ditemukan adanya kemaknaan secara statistik pada korelasi ataupun asosiasi antara foci dan mikronukleus ($p=0,39$), foci γ H2AX dan kelompok umur ($p=0,58$), γ H2AX dan jenis kelamin ($0,19$), mikronukleus dan kelompok umur ($0,51$) serta mikronukleus dan jenis kelamin ($0,51$). Dari data ini dapat disimpulkan bahwa baik usia ataupun jenis kelamin donor tidak mempengaruhi ekspresi biomarker γ H2AX dan mikronukleus.

Katakunci: radiasi ionik, γ H2AX, mikronukleus

ABSTRACT

THE PRELIMINARY STUDY OF γ H2AX EXPRESSION AND MICRO NUCLEUS OF THE RADIATION WORKERS. Ionizing radiation exposure can potentially cause adverse effects in humans. The adverse effects begins with damage to cells at the cellular or molecular level. Cell damage at this level of which can be observed with biomarkers γ H2AX and micronucleus. This study aims to determine the relationship γ H2AX expression and micronuclei in individuals who worked on the background radiation ionik. Lymphocyte was isolated from the blood of 12 workers and background radiation detection γ H2AX foci and micronuclei were done in parallel. The mean foci γ H2AX calculated from the number of foci in 50 lymphocytes while the micronucleus a micronucleus average of 500-1000 lymphocytes. There were no significant correlation or association between the foci and micronuclei ($p = 0,39$), foci γ H2AX and age groups ($p = 0,58$), γ H2AX and sex ($0,19$), micronucleus and age groups ($0,51$) and micronucleus and types Gender ($0,51$). From this data it can be concluded that either the age or sex of the donor did not affect the expression of biomarkers γ H2AX and micronuclei.

Keywords: ionizing radiation, γ H2AX, mirconuclei

1. PENDAHULUAN

Pajanan radiasi ionik berpotensi menimbulkan kerusakan DNA berupa *double strand break* (DSB) atau *single strand break* (SSB). Terjadinya DSB sebagai awal terjadinya ketidakstabilan genom

serta karsinogenesis [1]. γ H2AX merupakan nukleosoma dari histon (protein yang mengikat DNA) yang berperan mengatur respon terhadap kerusakan DNA yang dilanjutkan aktivasi sinyal perbaikan. Pada proses ini terjadi fosforilasi γ H2AX disekitar area DSB membentuk foci

γ H2AX. Pembentukan γ H2AX ini dapat terjadi setelah pajanan radiasi dari 1mGy dan jumlahnya meningkat seiring peningkatan dosis. Jumlah foci γ H2AX per inti sel sama dengan jumlah DSB yang terjadi pada sel [2,3].

Disamping pembentukan foci γ H2AX, efek yang terjadi pada sel akibat radiasi juga dapat diamati dengan kemunculan mikronukleus [4,5] Micronuclei (MN) dapat menjadi hasil dari kromosom acentric kecil fragmen yang tidak dimasukkan ke dalam inti selama pembelahan sel. Kemunculan MN saat sel terpapar ke berbagai agen clastogenic dan merupakan hasil dari non atau misrepaired DNA ganda istirahat untai. Karena keandalan dan reproduktifitas yang baik, uji MN juga menjadi salah satu teknik sitogenetik standar untuk pengujian toksikologi genetik pada sel manusia dan mamalia pada umumnya [6]. Uji MN ini juga merupakan alat dosimetri biologi yang tepat untuk mengevaluasi pajanan radiasi pengion baik yang berasal dari pekerjaan, kesehatan dan sengaja terkena individu dan kerentanan kanker [7-9].

Dalam rangka mencari biososimeter yang ideal dalam kondisi kedaruratan nuklir dan korelasi antara beberapa biososimeter untuk tahap awal maka perlu dilakukan penelitian untuk mencari sejauh mana hubungan ekspresi γ H2AX dan mikronukleus pada orang normal sebagai studi awal untuk mengetahui ekspresi γ H2AX dan mikronukleus akibat paparan radiasi

2. TATA KERJA

a. Sampel

Dua belas sampel darah berasal dari volunteer yang bekerja pada Pusat Teknologi dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR-BATAN)

b. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan pada laboratorium Sitogenetik PTKMR-BATAN, Agustus 2015.

c. Pemeriksaan Biomarker γ H2AX

Sampel darah dari darah intravena volunteer diisolasi dengan prosedur standard untuk memperoleh limfosit murni. Limfosit ditetaskan pada kaca slide, difiksasi dengan formaldehid 2% selama 5 menit, dan difiksasi Triton-X 0,25% dalam PBS selama 5 menit dan dengan larutan BSA 1% dalam PBS selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan antibodi pertama γ H2AX dalam BSA 1% selama 15 menit dan ditambahkan antibody 1 (γ H2AX) selama 45 menit di atas moist chamber. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan BSA 3 x 5 menit, inkubasi antibody ke 2

selama 30 menit, pencucian PBS 3 x 15 menit, kering angin dan mounting dengan entellan. Pengamatan terhadap gamma γ H2AX dengan mikroskop flouresen perbesaran 100x . Untuk penghitungan gamma γ H2AX, mencari rerata jumlah foci atau kelompok foci gamma γ H2AX dalam 100 sel. Apabila jumlah H2AX yang dijumpai stabil sampai jumlah 100 sel maka cukup dihitung 50 sel [10].

d. Pemeriksaan Mikronukleus

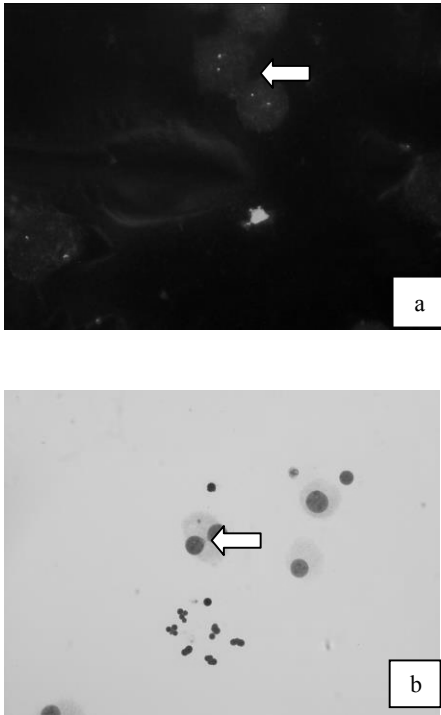
Sampel darah volunteer kemudian dibiakan dalam media pertumbuhan yang terdiri dari 4,5 ml RPMI (Roswell Park Memorial Institute) yang sudah dilengkapi dengan HEPES dan L-Glutamin, 15% Fetal Bovine Serum, 0,1 ml Penicillin Streptomycin, 0,5 ml darah dan 0,1 ml Phytohaemagglutinin (PHA). Tabung ditutup dan disimpan dalam inkubator dengan gas CO₂ suhu 37 °C. Pada 44 jam setelah penambahan PHA ditambahkan sitochalasin B dengan variasi konsentrasi 4,5 μ g/mL. Setelah inkubasi 72 jam tabung disentrifus dengan kecepatan 800 rpm selama 10 menit. Pada endapan darah ditambahkan 6 ml KCL 0,075 M 4°C dan disentrifus 800 rpm 8 menit. Selanjutnya endapan ditambahkan 5 ml larutan fixative (metanol : asam asetat = 10 : 1) yang dicampur dengan ringer solutions dengan perbandingan 1 : 1 kemudian disentrifus 800 rpm 8 menit. Pada endapan ditambahkan 5 ml larutan Carnoy dan disentrifus 800 rpm 8 menit. Diulangi langkah penambahan larutan Carnoy dan disentrifuse sampai diperoleh supernatan yang jernih dan endapan limfosit berwarna putih. Pembuatan preparat dan pewarnaan dengan Giemsa. Sebelum pembuatan preparat, tabung disentrifus kecepatan 800 rpm selama 8 menit dan supernatan dibuang hingga tersisa kira-kira 1 cm endapan dengan supernatan dan diaduk perlahan dengan pipet. Diambil sebanyak 40 μ L endapan limfosit kemudian ditetaskan di atas gelas objek dan dikeringkan pada suhu ruang. Selanjutnya diwarnai dengan Giemsa 4% selama 10 menit dan ditutup dengan cover glass dan entellan. Preparat diamati dibawah mikroskop dengan dimulai dengan perbesaran 20x , 40x hingga perbesaran 100x. Penghitungan dilakukan terhadap 500-1000 sel binukleat, dan dilakukan pencatatan terhadap frekuensi mikronukleusnya [11].

e. Analisis Statistik

Dilakukan uji normalitas data dengan Uji Kolmogorov Smirnov, asosiasi antara H2AX dan MN dengan Uji Korelasi, H2AX dan MN dengan jenis kelamin, dan umur dengan Uji Kruskal Wallis.

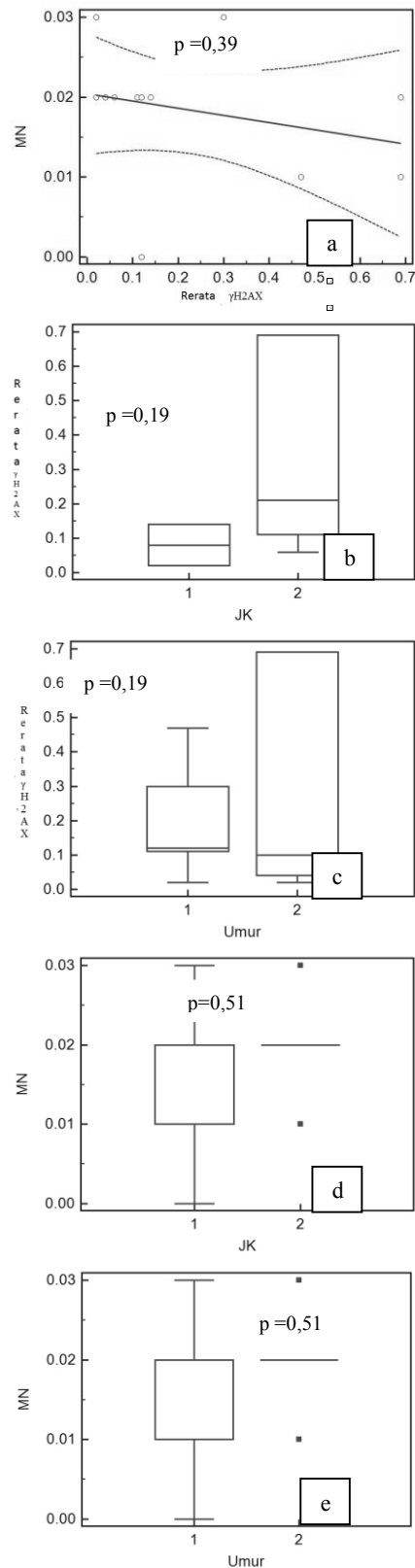
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka hubungan ekspresi γ -H2AX dan mikro nukleus dari limposit individu yang bekerja pada latar radiasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Ekspresi Foci γ H2AX dan mikronukleus pada limposit

Ekspresi foci H2AX berwarna hijau cemerlang dapat terlihat pada sel limposit (Gambar 1a) dan mikronukleus berupa binukleat pada (Gambar 1b). Dengan adanya pembentukan foci berarti terjadi kerusakan DNA double strand break. Foci H2AX ini juga dapat terbentuk pada sel normal dengan range tertentu. Diketahui bahwa histon H2AX dapat mengalami fosforilasi pada tempat terjadinya DSB yang tidak bersifat letal. Fosforilasi ini membentuk foci beberapa megabase kromatin yang dekat dengan posisi DSB. Ini dapat terjadi secara spontan, insidental atau karena perlakuan tertentu. Foci dengan jumlah yang kecil dapat terbentuk secara spontan, seperti yang diamati pada kultur sel mencit dan disimpulkan bahwa pembentukan foci dalam jumlah kecil juga sebagai bagian dari proses metabolisme. Disisi lain foci juga terkait dengan terbentuknya 1 DSB disekitar foci juga dikaitkan dengan proses perbaikan DNA dan penyusunan kembali kromatin [12,13].



Gambar 2. Asosiasi antara γ H2AX dengan MN(a), jenis kelamin (b) dan umur (c), serta asosiasi antara MN dengan JK (jenis kelamin)(d) dan umur (e)

Mikronukleus (MN) terbentuk akibat adanya patahan kromosom yang bergabung pada saat pembelahan sel yang kemudian dilapisi oleh membran inti dan terletak dalam sitoplasma di luar inti sel [5].

Pada gambar 2a. walaupun tidak bermakna secara statistik $p=0.39$, terlihat adanya tendensi penurunan jumlah MN seiring peningkatan jumlah foci H2AX. Kemungkinan ini terkait dengan berkurangnya daya repair kerusakan DNA double strand break sehingga berpotensi menginisiasi terjadinya kerusakan kromosom sehingga terbentuk fragmen kromatid yang mengalami kerusakan. Dua fenomena dasar yang mengarah pada pembentukan MN dalam sel mitosis adalah kerusakan kromosom dan disfungsi aparat mitosis. MN terbentuk dari kromosom atau fragmen acentrik kromatid dan seluruh kromosom atau kromatid yang tertinggal dalam anafase dan yang tersisa di luar inti sel pada saat telofase [14,15], dan tidak dapat pindah ke kutub, karena mereka terlepas dari gelendong mitosis [16,17]. Selain mekanisme fundamental, beberapa MN mungkin memiliki asal mereka di fragmen yang rusak pada saat terbentuk jembatan pada fase anafase bagian siklus pembelahan sel, dan terbentuk karena penyusunan ulang kromosom seperti kromatid disentrik, kromosom cincin yang bercampur atau penyatuan kromatid [18,19].

Pada gambar 2b,c,d,e, tidak diperoleh kemaknaan statistik pada asosiasi antara H2AX dan MN, dengan umur, dan jenis kelamin. Sejumlah penelitian mengemukakan ekspresi H2AX akan meningkat seiring peningkatan umur, serta jumlah foci pada laki laki lebih besar dibanding perempuan. Pada penelitian Garm et., al., [20], ada tendensi penurunan jumlah foci H2AX seiring dengan peningkatan usia. Penyempurnaan di masa datang dari penelitian awal ini adalah usia sampel penelitian yang perbedaan relative tidak begitu jauh sehingga belum bias dibahas hubungan antara ekspresi H2AX sebagai biomarker DNA DSB dengan faktor usia.

Sedangkan pada mikronukleus jumlah MN terbentuk pada perempuan cenderung lebih besar dibanding laki laki. Hasil ini sesuai dengan penelitian [21,22] yang menyatakan faktor kromosom X pada perempuan dapat menjadi faktor yang membuat rerata MN pada perempuan lebih besar dibanding pada laki laki.

4. KESIMPULAN

Usia ataupun jenis kelamin donor tidak mempengaruhi ekspresi biomarker γ H2AX dan mikronukleus.

5. TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional tahun anggaran 2015. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih pada seluruh pihak yang membantu proses penelitian ini di laboratorium.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. M., HANSCHIED, H., GASSEN, D.,BIKO, J., MEINEKE, V., CHRISTOPH REINERS, C., and SCHERTHAN, H, In Vivo Formation of γ -H2AX and 53BP1 DNA Repair Foci in Blood Cells After Radioiodine Therapy of Differentiated Thyroid Cancer, *J Nucl Med* 2010; 51:1318–1325.
2. RODRIGUE, A., LAFRANCE M., GAUTHIER, M.C., MCDONALD, D., HENDZEL, M., WEST SC., JASIN, M., MASSON J.Y.. Interplay between human DNA repair proteins at a unique double-strand break in vivo. *EMBO J* 2006;25:222-31.
3. ROGAKOU, E.P., PILCH, D.R., ORR, A.H., IVANOVA, V.S, BONNER, W.M., DNA double-stranded breaks induce histone H2AX phosphorylation on serine 139. *J Biol Chem* 1998;273:5858-68.
4. BERTHO, J. M., ROY, L., SOUIDI, M. et al. 2008 New biological Indicators to evaluate and Monitor radiation-induced damage: an accident case Report. *Radiat. Res.*,2008; 169, 543–550.
5. FENECH, J. AND MORLEY, A. A. Measurement of micronuclei in lymphocytes. *Mutat. Res.*, 1985 147, 29–36.
6. FENECH, M. Cytokinesis-block micronucleus assay evolves into a “cytome” assay of chromosomal instability, mitotic dysfunction and cell death. *Mutat. Res.*,2006; 600, 58–66.
7. THIERENS, H., VRAL, A. AND DE RIDDER, L. A cytogenetic study of radiological workers: effect of age, smoking and radiation burden on the micronucleus frequency. *Mutat. Res.*, 1996;360, 75–82.
8. THIERENS, H., VRAL, A., DE RIDDER, L., TOUIL, N., KIRSCH-VOLDERS, M., LAMBERT, V. AND LAURENT, C. Scoring of different cytogenetic endpoints after in vitro low dose c-exposure: interlaboratory comparison for biomonitoring of radiological workers. *Int. J. Radiat. Biol.*,1999; 75, 23–34.
9. THIERENS, H., VRAL, A., BARBE, M. et al. A cytogenetic study of nuclear power plant workers using the micronucleus-centromere assay. *Mutat. Res.*, 1999;445, 105–111.
10. CHOLPON S,D., INES, E., ASTRID, K, EIKE,

- W., LUITPOLD, V. D, MICHAEL, F., AND BÜLENT, P., Radiosensitivity in breast cancer assessed by the histone γ -H2AX and 53BP1 foci, *Radiation Oncology* 2013, 8:98
11. IAEA. *Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies*. Vienna (2011)
 12. ROGAKOU, E.P., PILCH D.R., ORR AH., IVANOVA, V.S., BONNER, W.M., DNA double-stranded breaks induce histone H2AX phosphorylation on serine 139. *J Biol Chem* 1998;273:5858–5868.
 13. SEDELNIKOVA, O.A., PILCH, D.R., REDON, C., BONNER W.M., Histone H2AX in DNA damage and repair. *Cancer Biol Ther* 2003;2:233–235.
 14. BEKKER J.S., LUKAS C, KITAGAWA R., et al. Spatial organization of the mammalian genome surveillance machinery in response to DNA strand breaks. *J Cell Biol*. 2006;173:195–206.
 15. KEOGH, M.C., KIM J.A., DOWNEY M., et al. A phosphatase complex that dephosphorylates gammaH2AX regulates DNA damage checkpoint recovery. *Nature*. 2006;439:497–501.
 16. FORD, J.H. AND CORRELL, A.T., Chromosome errors at mitotic anaphase. *Genome*, 1992;35, 702–705.
 17. FALCK, G.C.M., CATALAN, J. AND NORPPA, H. Nature of anaphase laggards and micronuclei in female cytokinesis-blocked lymphocytes. *Mutagenesis*, 2002;17, 111–117.
 18. Cimini, D., Fioravanti, D., Salmon, E.D. and Degrossi, F. Merotelic kinetochore orientation versus chromosome mono-orientation in the origin of lagging chromosomes in human primary cells. *J. Cell Sci.*, 2002 115, 507–515.
 19. SAUNDERS, W.S., SHUSTER, M., HUANG, X., GHARAIBEH, B., ENYENIHI, A.H., PETERSEN, I. AND GOLLIN, S.M. Chromosomal instability and cytoskeletal defects in oral cancer cells. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2000; 97, 303–308.
 20. GARM, C., VILLANUEVA, M.M., BURKLE, A., PETERSEN, I., BOHR, V.A., CHRISTENSEN, K., STEVNSNER, E. Age and gender effects on DNA strand break repair in peripheral blood mononuclear cells, *Aging Cell* 2013; 12:58–66.
 21. BUKVIC, N., GENTILE, M., SUSCA, F., FANELLI, M., SERIO, G., BUONADONNA, L., CAPRUSO, A. AND GUANTI, G. Sex chromosome loss, micronuclei, sister chromatid exchange and aging: a study including 16 centenarians. *Mutat. Res.*, 2001; 498, 159–167.
 22. FENECH, M. AND MORLEY, A. The effect of donor age on spontaneous and induced micronuclei. *Mutat. Res.*, 1985;148, 99–105.