

ISSN 1858-3601



**Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017
Bandung, 14 November 2017**

PROSIDING

**Peran Sains dan Teknologi Nuklir dalam Percepatan
Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa**

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

ISSN 1858-3601



**Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017
Bandung, 14 November 2017**

PROSIDING

**Peran Sains dan Teknologi Nuklir dalam Percepatan
Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa**

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

ISSN 1858-3601



**Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017
Bandung, 14 November 2017**

PROSIDING

**Peran Sains dan Teknologi Nuklir dalam Percepatan
Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa**

Penyunting:

Drs. Duyeh Setiawan, MT	(BATAN)
Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng.	(BATAN)
Prof. Dr. Muhayatun, MT	(BATAN)
Dr. Hussein S. Kartamihardja, M.Kes., Sp.Kn	(UNPAD)
Prof. Dr. Ir. Rochim Supratman	(ITB)
Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, M.Sc.	(BATAN)
Prof. Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek	(ITB)
Abdul Waris, M.Eng., Ph.D.	(ITB)
Dr. Alan Maulana, MT	(BATAN)
Dr. Hasnia Aliyah	(UIN SGD)
Ir. Sudjatmi Kustituantini Soedjadi, MT	(BATAN)
Dra. Rini Heroe Oetami, MT	(BATAN)
Koswara, S.Kom.	(BATAN)

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



KEPUTUSAN
KEPALA PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR TERAPAN
NOMOR : 4626/SNT/IX/2017

TENTANG

PANITIA SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR TAHUN 2017
PADA TANGGAL 14 NOVEMBER 2017

- Menimbang : bahwa dalam rangka menyebarluaskan hasil litbang yang menunjang pemanfaatan Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan dalam pengembangan dan pengelolaan potensi nasional, maka dipandang perlu menyelenggarakan Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir.
- Mengingat :
1. Peraturan Kepala BATAN Nomor : 14 Tahun 2013;
2. Peraturan Kepala BATAN Nomor : 21 Tahun 2014;
3. Keputusan Kepala BATAN Nomor: 52/KA/III/2017;
4. Keputusan Kepala BATAN Nomor: 54/KA/III/2017;
5. DIPA Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan Tahun 2017.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : PANITIA SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI NUKLIR 2017 PADA TANGGAL 14 NOVEMBER 2017.
- KESATU : Mencabut Surat Keputusan Kepala Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan Nomor: 2326/SNT/IV/2017 tanggal 25 April 2017, tentang Panitia Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir Tahun 2017 Pada Tanggal 15 Agustus 2017
- KEDUA : Membentuk Panitia Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir dan mengangkat pegawai yang nama-namanya tersebut pada lajur 2, dalam jabatan sebagaimana tersebut pada lajur 3, daftar lampiran keputusan ini.
- KETIGA : Dalam melaksanakan tugasnya Panitia bertanggung jawab kepada Kepala Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan.
- KEEMPAT : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal 04 September 2017 .sampai dengan selesai pelaksanaan Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir, dengan ketentuan apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini akan diadakan perbaikan seperlunya.

Ditetapkan di Bandung
pada tanggal 11 September 2017

KEPALA,

DR. JUPITER SITORUS PANE, M.Sc.
NIP: 19600511 198502 1 001



LAMPIRAN
SURAT KEPUTUSAN
NOMOR : 4626/SNT/IX/2017
Tanggal: 11 September 2017

NO	NAMA	JABATAN	KETERANGAN
1.	2.	3.	4.
1.	Deputi Bidang SATN	Pengarah	BATAN
2.	Dr. Jupiter Sitorus Pane, M.Sc.	Penanggung Jawab	BATAN
REVIEWER			
3.	Drs. Duyeh Setiawan, MT.	Ketua	BATAN
4.	Dr. Dani Gustaman Syarif, M.Eng.	Anggota	BATAN
5.	Prof. Dr. Muhayatun, MT.	Anggota	BATAN
6.	Dr. Hussein. S. Kartamihardja, M.Kes,Sp.Kn	Anggota	UNPAD
7.	Prof. Dr. Ir.Rochim Supratman	Anggota	ITB
8.	Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, M. Sc.	Anggota	BATAN
9.	Prof. Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek.	Anggota	ITB
10.	Abdul Waris, M.Eng., Ph.D.	Anggota	ITB
11.	Dr. Alan Maulana, MT.	Anggota	BATAN
12.	Dr. Hasnia Aliyah	Anggota	UIN SGD
13.	Ir. Sudjatmi Kustituantini Soedjadi, MT	Anggota	BATAN

14.	Dra. Rini Heroe Oetami, MT.		Anggota	BATAN
15.	Koswara, S.Kom		Anggota	BATAN
Tim Prosiding				
16.	Dra. Azmairit Azis		Ketua	BATAN
17.	Muhamad Basit Febrian , M.Si		Anggota	BATAN
18.	Eva Maria Widyasari, M.Si		Anggota	BATAN
19.	Rizky Juwita Sugiharti, M.Pharm, Apt.		Anggota	BATAN
20.	Afida Ikawati, MT		Anggota	BATAN
21.	Yustika Kurniati, MT		Anggota	BATAN
22.	Haryo Seno, M.Si.		Anggota	BATAN
Tim Pelaksana				
23.	dr. Rudi Gunawan, Sp.KN		Ketua	BATAN
24.	Santiko Tri Sulaksono, M.Si.		Wakil Ketua	BATAN
25.	Yofi Ike Pratiwi, A.Md		Sekretaris	BATAN
26.	Supartini Parmis, SAB		Bendahara	BATAN
27.	Veri Trisnawan, A.Md.		Seksi Dana	BATAN
28.	Yayat Supriyatna, A.Md		Seksi Persidangan	BATAN
29.	dr. Prabandhini Wardhani		Anggota	BATAN
30.	Nailatussaadah, M.Si		Anggota	BATAN
31.	Mega Ardhya Garini, SAP		Anggota	BATAN
32.	Prasetyo Basuki, M.Si		Anggota	BATAN
33.	Woro Yatu Niken Syahfitri, S.Si		Anggota	BATAN

34.	Fuji Octa Indah Suciati, A.Md.		Seksi Kesekretariatan	BATAN
35.	Syukria Kurniawati, M.Sc		Anggota	BATAN
36.	Heni		Anggota	BATAN
37.	Ratnasih		Konsumsi	BATAN
38.	Rina Yuliyani		Seksi Acara	BATAN
39.	Avi Pradana Yulianti, A.Md		Anggota	BATAN
40.	Asep Yana Mulyana, SH.		Seksi Perlengkapan	BATAN
41.	Bahtiar Imanudin, S.ST.		Anggota	BATAN
42.	Dadang Fachrudin		Anggota	BATAN
43.	Setyo Purnomo, S.ST		Seksi Publikasi dan Website	BATAN
44.	Harry Mukhrivan, A.Md.Kep		Anggota	BATAN
45.	Danang Supriyanto, A.Md.		Anggota	BATAN
46.	Dra. Arie Widowati, MT.		Seksi Dokumentasi	BATAN
47.	Permana Dewa		Anggota	BATAN
48.	Dian Siswa, SAP		Seksi Keamanan	BATAN

KEPALA,



DR. JUPITER SITORUS PANE, M.Sc.
NIP. 19600511 198502 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah S.W.T. karena atas ridhoNya, sehingga **Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017** dengan tema seminar “Peran Sains dan Teknologi Nuklir dalam Percepatan Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa” dapat diterbitkan. Prosiding ini memuat karya tulis ilmiah yang telah disampaikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 oleh para peneliti yang ada di lingkungan Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), di luar PSTNT-BATAN dan lembaga litbang lainnya di luar BATAN.

Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 diselenggarakan pada tanggal 14 November 2017 oleh PSTNT-BATAN yang bertempat di Aula Emas-PSTNT, Jl. Tamansari No. 71 Bandung. Pada seminar ini disajikan 77 buah karya tulis ilmiah berupa makalah hasil penelitian dan pengembangan serta pengkajian dari Badan Tenaga Nuklir Nasional, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Universitas Jendral Ahmad Yani. Adapun satuan kerja di lingkungan BATAN yang ikut berpartisipasi sebagai pemakalah adalah Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA), Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM), Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir (PKSEN), Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka (PTRR), Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN), Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) dan Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR).

Selain itu, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 juga menampilkan empat pembicara utama yaitu Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto (Kepala BATAN), Prof. Dr. Zaki Su’ud dari Fisika Nuklir dan Biofisika – Institut Teknologi Bandung, Dr. A. Hussein S. Kartamihardja, SpKN, MHKes. dari Fakultas Kedokteran - Universitas Padjadjaran/ RSUP Dr. Hasan Sadikin dan Dr. Muhamed G.A.H. Belal dari *International Atomic Energy Agency* (IAEA).

Setelah melewati proses penyuntingan, sebanyak 67 buah karya tulis ilmiah dicantumkan sebagai makalah lengkap di dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 yang diklasifikasikan dalam topik energi, industri, kesehatan dan lingkungan. Semoga Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 ini dapat bermanfaat sebagai sumber informasi untuk kemajuan penelitian dan pengembangan sains dan teknologi nuklir di Indonesia.

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

Bandung, April 2018

Penyunting

SAMBUTAN KEPALA PSTNT – BATAN

Segala puji kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas rahmatNya Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 dengan tema “Peran Sains dan Teknologi Nuklir dalam Percepatan Kesejahteraan Menuju Kemandirian Bangsa” dapat diterbitkan. Prosiding ini memuat karya tulis ilmiah yang telah disampaikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 yang diselenggarakan pada tanggal 14 November 2017 oleh Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) – BATAN, Bandung. Seminar ini dilaksanakan dalam rangka menyebarluaskan hasil penelitian dan pengembangan serta pemanfaatan iptek nuklir. Melalui seminar ini diharapkan hasil penelitian dan pengembangan iptek nuklir yang sudah dilakukan dapat dimasyarakatkan.

Karya tulis ilmiah dalam prosiding ini ditulis oleh para peneliti baik yang berada di lingkungan PSTNT-BATAN, di luar PSTNT-BATAN, maupun di luar BATAN meliputi penelitian dan pengembangan di bidang energi, industri, kesehatan dan lingkungan. Di samping itu, prosiding ini juga memuat makalah yang dipresentasikan oleh empat pembicara utama yaitu tentang: Indonesia sebagai *Nuclear Technology Provider*; PLTN Generasi Lanjut dan Prospeknya bagi Indonesia; Prospek dan Tantangan Pemanfaatan Iptek Nuklir di Bidang Kesehatan; dan *Safety Analysis for Design and Operational Activities – a User Experience of The IAEA Safety Standards*.

Untuk itu, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pembicara utama, seluruh pemakalah seminar, undangan, panitia penyelenggara seminar dan semua yang telah berpartisipasi dalam menyukseskan penyelenggaraan Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017. Dengan telah terbitnya prosiding ini, kami juga mengucapkan terima kasih kepada Tim Penerbitan Prosiding dan semua pihak yang telah membantu sehingga Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2017 dapat diterbitkan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Besar harapan kami semoga Prosiding ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, April 2018

Kepala Pusat Sains dan Teknologi
Nuklir Terapan – BATAN

Dr. Jupiter Sitorus Pane, MSc

DAFTAR ISI

	Halaman
1. Kata Pengantar	i
2. Sambutan Kepala PSTNT BATAN Bandung	ii
3. Daftar Isi	iii
 MAKALAH SIDANG PLENO	
4. INDONESIA SEBAGAI <i>NUCLEAR TECHNOLOGY PROVIDER</i> Oleh: <i>Djarot Sulistio Wisnubroto (BATAN)</i>	1
5. PLTN GENERASI LANJUT DAN PROSPEKSNYA BAGI INDONESIA Oleh: <i>Zaki Su'ud (ITB)</i>	13
6. PROSPEK DAN TANTANGAN PEMANFAATAN IPTEK NUKLIR DI BIDANG KESEHATAN Oleh: <i>A. Hussein S. Kartamihardja (UNPAD)</i>	48
7. SAFETY ANALYSIS FOR DESIGN AND OPERATIONAL ACTIVITIES – A USER EXPERIENCE OF THE IAEA SAFETY STANDARDS Oleh: <i>Dr. Muhamed G.A.H. Belal (IAEA)</i>	66
 MAKALAH POSTER	
ENERGI	
8. PERHITUNGAN FLUKS NEUTRON PADA <i>BEAMPORT</i> REAKTOR TRIGA 2000 MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MCNP5 Oleh: <i>Alan Maulana, Epung Saepul Bahrum dan Prasetyo Basuki</i>	67
9. RANCANGAN SISTEM KONSOL KENDALI REAKTOR TRIGA-2000 BAHAN BAKAR TIPE PELAT PSTNT-BATAN BANDUNG Oleh: <i>Anang Susanto, Eko Priyono dan Kurnia Wibowo</i>	73
10. APLIKASI PERALATAN <i>ARC PLASMA SINTERING</i> DALAM SINTESIS PADUAN-ODS BERBASIS Fe-Cr UNTUK MATERIAL STRUKTUR REAKTOR Oleh: <i>Bandriyana dan Arbi Dimiyati</i>	85
11. MENENTUKAN DISTRIBUSI SUHU PEMANAS DAN SUHU PENDINGIN UNTUK ALIRAN ALAMIAH SUB-BULUH VERTIKAL SEGITIGA MENGGUNAKAN NANOFLUIDA ZRO ₂ SEBAGAI FLUIDA KERJA Oleh: <i>Budy Darmono</i>	92
12. ALIH TEKNOLOGI UNTUK PROGRAM PEMBANGUNAN PLTN DI INDONESIA Oleh: <i>Dharu Dewi</i>	97
13. PEMBUATAN PROGRAM LADDER UNTUK SISTEM PENGATUR BATANG KENDALI REAKTOR TRIGA-2000 BAHAN BAKAR TIPE PELAT PSTNT-BATAN BANDUNG BERBASIS PLC Oleh: <i>Eko Priyono, Vika Arwida F dan Fajar Sidik Permana</i>	108
14. STUDI PENDAHULUAN: UPAYA PEMENUHAN PERKA BAPETEN NOMOR 5 TAHUN 2012 SEHUBUNGAN DENGAN KONVERSI REAKTOR TRIGA PELAT BANDUNG Oleh: <i>Enung Nurlia, Ketut Kamajaya, dan Nia Ratnaningsih</i>	118

15.	NEUTRON FLUX DISTRIBUTION CALCULATION AT CIP OF PLATE TYPE FUEL ELEMENT TRIGA 2000 REACTOR Oleh: <i>Epung Saepul Bahrum and Prasetyo Basuki</i>	124
16.	KORELASI HASIL ANALISIS GAYA BERAT DAN KELURUSAN STRUKTUR GEOLOGI DI TAPAK RDE SERPONG Oleh: <i>Hadi Suntoko, Sriyana dan Siti Alimah</i>	131
17.	ANALISIS TEGANGAN PIPA SISTEM PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PELAT BANDUNG Oleh: <i>Henky Poedjo Rahardjo, V.Indriati Sri Wardhani</i>	138
18.	KAJIAN TEKNIS PERHITUNGAN NEUTRONIK KONVERSI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG KE ELEMEN BAKAR TIPE PELAT Oleh: <i>K. Kamajaya, Jupiter S.P., dan P. Ilham Yazid</i>	145
19.	PEMBUATAN PERANGKAT UJI DETEKTOR FISSION CHAMBER UNTUK REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG Oleh: <i>Koswara dan Pardi</i>	150
20.	KAJIAN SIMULATIF DAN EKSPERIMENTAL FASILITAS IRRADIASI ALTERNATIF DI TERAS TRIGA 2000 PENGGANTI LAZY SUSAN Oleh: <i>Prasetyo Basuki, M. Basit Febrian, Wawan Handiaga, Pardi, Yayat Supriatna</i>	160
21.	PENGGANTIAN RESIN PENUKAR ION SISTEM PURIFIKASI KOLAM PENYIMPANAN ELEMEN BAKAR BEKAS (FAK01) RSG-GAS Oleh: <i>Purwadi dan Sutrisno</i>	166
22.	ANALISIS KELAYAKAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI ENERGI NUKLIR Oleh: <i>Rizki Firmansyah Setya Budi, Wiku Lulus Widodo, dan Arief Tris Yuliyanto</i>	172
23.	PERHITUNGAN KEMUNGKINAN SEBARAN EMISI NUKLIDA REAKTOR TRIGA PELAT PADA KONDISI SATU BAHAN BAKAR MELELEH Oleh: <i>Sudjatmi K.A., Prasetyo, Haryo Seno, Surian Pinem</i>	180
24.	ANALISIS NEUTRONIK DUMMY ALUMINIUM DI TERAS REAKTOR RSG-GAS Oleh: <i>Sutrisno, Purwadi</i>	186
25.	ANALISA PELUANG HEMAT ENERGI MELALUI RETROFIT PEMAKAIAN REFRIGERANT PENDINGIN UDARA MC-22 SEBAGAI PENGGANTI R-22 PADA GEDUNG PSTBM – BATAN Oleh: <i>Suyatno, Yana MK, dan Sairun</i>	193
26.	PENGGANTIAN BATANG KENDALI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG DARI TIPE FFCR MENJADI BKRTTBB Oleh: <i>Koswara, Wawan H, Teguh S., Yayat S.</i>	201
27.	PREDIKSI PENGGUNAAN POMPA EXISTING UNTUK PENDINGIN PRIMER REAKTOR TRIGA PELAT Oleh: <i>V.Indriati Sri Wardhani, Henky PR, K.Kamajaya, Sudjatmi K Alfa, Reinaldy Nazar</i>	210
28.	ANALISIS KEEKONOMIAN PLTN SMR KLT40S UNTUK WILAYAH TERISOLASI DI INDONESIA Oleh: <i>Wiku Lulus Widodo</i>	215

INDUSTRI

29.	SINTESIS DAN KARAKTERISASI NI-TIO ₂ -C SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK ZAT WARNA Oleh: <i>Agus Salim Afrozi, Nida Farihah, Auring Rachminisari</i>	223
30.	ANALISIS MOLEKULER PROFIL PROTEIN DAN DNA POLIMORFISME KAPANG <i>TRICHODERMA HARZIANUM</i> YANG DIIRADIASI SINAR GAMMA Oleh: <i>Dadang Sudrajat, Nana Mulyana, Tri Retno. D.L., dan Rika Heriyani</i>	231
31.	PEMILIHAN MATERIAL PADA REDESAIN KONVEYOR HOT CELL LABORATORIUM RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA DI PTRR BATAN Oleh: <i>Diandono Kuntjoro Yoga, Syefudin Ichwan dan Aceu Turyana</i>	240
32.	TROUBLESHOOTING ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE (EDXRF) EPSILON 5 Oleh: <i>Dyah Kumala Sari, Diah Dwiana Lestiani, Syukria Kurniawati, Natalia Adventini</i>	246
33.	KOMPARASI PERHITUNGAN DALAM PENENTUAN RADIOAKTIVITAS ¹⁵³ Sm DENGAN SPEKTROMETRI GAMMA Oleh: <i>Indah Kusmartini, Dyah Kumala Sari, Syukria Kurniawati, Diah Dwiana Lestiani</i>	255
34.	ANALISIS METALOGRAFI SPESIMEN MINI UJI TARIK PELAT ALMG2 HASIL PEMOTONGAN TEKNIK <i>SHEAR CUTTING</i> Oleh: <i>Maman Kartaman A dan Sungkono</i>	261
35.	IN-VITRO CONSERVATION OF GINGER MUTANT LINES ON DIFFERENT STRENGTH OF MS MEDIUM WITH 2,4-D Oleh: <i>Marina Yuniawati and Nur Laela Wahyuni Meilawati</i>	268
36.	TEKNIK DEKONVOLUSI UNTUK ANALISIS <i>OVERLAPPING SPECTRUM</i> PADA EDXRF MINIPAL 4 Oleh: <i>Natalia Adventini, Woro YNS, Syukria Kurniawati dan Endah Damastuti</i>	274
37.	PENGUKURAN FLUKS NEUTRON ²⁴¹ AmBe dan ²⁵² Cf DENGAN BSS DAN DETEKTOR SINTILASI LiI(Eu) Oleh: <i>Nazaroh dan Rasito</i>	279
38.	REKAYASA PERMUKAAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN ARC PLASMA SINTERING Oleh: <i>Rohmad Salam, Arbi Dimiyati, Ade Mardiyadi</i>	288
39.	KERAGAAN MUTAN PADI LOKAL PADA EKOSISTEM DATARAN TINGGI Oleh: <i>Sherly Rahayu, A.K. Dewi, D. Wirnas dan H. Aswidinnoor</i>	293
40.	UJI STABILITAS 10 GALUR MUTAN HARAPAN SORGUM HASIL IRRADIASI SINAR GAMMA DI BEBERAPA LOKASI Oleh: <i>Sihono, Wijaya M. Indriatama dan Soeranto Human</i>	305
41.	IMPROVEMENT OF FITTING RADIOTRACER - RESIDENCE TIME DISTRIBUTION CURVE USING CONVOLUTION INTEGRAL METHOD Oleh: <i>Sugiharto</i>	314
42.	KILAS BALIK KEJADIAN KEGAGALAN PENGGUNAAN PRODUK IR-192 UNTUK RADIOGRAFI INDUSTRI DI KUTAI KERTANEGARA Oleh: <i>Suhaedi Muhammad</i>	322

43. PENENTUAN KAPASITAS TUKAR ANION RESIN BIO RAD AG 4-X4 UNTUK PEMURNIAN RADIOISOTOP IODIUM-131(¹³¹I) DENGAN METODE KROMATOGRAFI KOLOM 328
Oleh: *Titin Sri Mulyati, Duyeh Setiawan*
44. SCAN ON GASOLINE FRACTIONATION COLUMN TO CONTROL PRODUCTION FLOW USING Co-60 333
Oleh: *Wibisono, Bayu Azmi*
45. SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZrO₂ DENGAN METODE SOL-GEL MENGGUNAKAN AMILUM SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK APLIKASI NANOFLUIDA 338
Oleh: *Arie Hardian, Fathnisa Ihsannurika Hasnah, Dani Gustaman Syarif dan Senadi Budiman*

KESEHATAN

46. PENENTUAN KEMURNIAN RADIOKIMIA LARUTAN RADIOISOTOP TERBIUM-161 (¹⁶¹TbCl₃) HASIL PEMISAHAN DENGAN METODE KROMATOGRAFI KOLOM MENGGUNAKAN RESIN PENUKAR ION 345
Oleh: *Ade Suherman dan Azmairit Aziz*
47. PENGUKURAN AKTIVITAS ^{99m}Tc SECARA ABSOLUT DENGAN METODE KOINSIDENSI 4πe-γ 351
Oleh: *Agung Agus Budiman, Holnisar*
48. PERBANDINGAN ALAT *PARTICLE COUNTER* UNTUK KLASIFIKASI *CLEAN ROOM* KELAS-A 356
Oleh: *Amal Rezka Putra*, Maskur, Suharmadi, Yayan Tahyan, Agus Ariyanto, Adang Hardi Gunawan*
49. PENENTUAN LUARAN BERKAS RADIASI ELEKTRON LAJU DOSIS TINGGI PESAWAT PEMERCEPAT LINIER ELEKTA VERSA HD DAN VARIAN CLINAC iX 361
Oleh: *Assef Firnando Firmansyah, Sri Inang Sunaryati*
50. PENENTUAN PARAMETER PEMISAHAN RADIOISOTOP ¹⁶¹Tb DARI Matriks Gd/Tb BERBASIS RESIN PENUKAR ION 366
Oleh: *Azmairit Aziz, Ade Suherman*
51. DAMPAK KESEHATAN DALAM PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF 374
Oleh: *Moh. Cecep Cepi Hikmat, Moh. Hasroel Thayib, Dadong Iskandar*
52. EVALUASI IMUNITAS SELULAR (CD8) PADA PEKERJA RADIASI MEDIS 383
Oleh: *Darlina dan Yanti Lusiyanti*
53. PERAN SEMBILAN OBJEK PEMANTAUAN PADA SKEN HATI (LIVER SCAN) MENGGUNAKAN Tc-^{99m} SULFUR COLLOID UNTUK MEMPERTAJAM DIAGNOSTIK KELAINAN FUNGSI HATI DAN LIMPA 389
Oleh: *Fadil Nazir, Maria Evalisa*
54. GENETIC POLYMORPHISM IN DNA BASE EXCISION REPAIR GENE *XRCC1* AMONG MEDICAL RADIATION WORKERS 395
Oleh: *Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Yanti Lusiyanti, Wiwin Mailana, Devita Tetriana*

55.	PERHITUNGAN TERIMAAN DOSIS RADIASI DARI LEPASAN REAKTOR TRIGA-PELAT PADA KONDISI KECELAKAAN YANG DIPOSTULASIKAN Oleh: <i>Haryo Seno, Sudjatni K.A., Prasetyo Basuki</i>	401
56.	PELAKSANAAN PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI DI LABORATORIUM X-RD DI PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI BAHAN MAJU – BATAN Oleh: <i>Joko Nurhamid, Dodi Andrega S., Asep Nana S.</i>	410
57.	PROGRAM PROTEKSI RADIASI PADA PENGOPERASIAN REAKTOR TRIGA 2000 Oleh: <i>Rini Heroe Oetami, Dadang Supriatna, Afida Ikawati</i>	416
58.	PENGEMBANGAN PROGRAM KESIAPSIAGAAN NUKLIR DAN PENERAPANNYA DI PSTNT Oleh: <i>Rini Heroe Oetami, Dadang Supriatna, Afida Ikawati, Tri Cahyo Laksono, Haryo Seno</i>	425
59.	PEMANFAATAN BIOMARKER MIKRONUKLEI UNTUK Mendukung PROGRAM PROTEKSI RADIASI Oleh: <i>Siti Nurhayati, Mukh Syaifudin</i>	436
60.	HUBUNGAN FRAGMENT ASENTRIK KROMOSOM DAN MIKRONUKLEI PADA SEL LIMFOSIT DENGAN PAPARAN RADIASI SINAR X Oleh: <i>Sofiaty Purnami, Farhanah Assagaf, Pudji Pertiwi dan Yanti Lusiyanti</i>	443
61.	INTERAKSI OBAT DENGAN RADIOFARMAKA Oleh: <i>Rizky Juwita Sugiharti dan Isti Daruwati</i>	450
62.	PENCITRAAN DENGAN KAMERA GAMMA SPECT/CT AKUMULASI RADIOFARMAKA ^{99m} Tc-GLUTATION PADA <i>Rattus norvegicus</i> DENGAN MODEL HEWAN TUMOR YANG DIINDUKSI 7, 12-dimethylbenzanthracene Oleh: <i>Iim Halimah, Rizky Juwita Sugiharti, Isa Mahendra, Eva Maria Widyasari, Maula Eka Sriyani, Rini Shintawati, Hussein S. Kartamihardja</i>	456
63.	PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN PENGOTOR RADIOKIMIA DAN KIMIA MENGGUNAKAN RADIO-HPLC DALAM PROSES PEMBUATAN ^{99m} Tc-DTPA-KETOKONAZOL Oleh: <i>Maula Eka Sriyani, Rizky Juwita Sugiharti, Eva Maria Widyasari</i>	461
64.	PEMERIKSAAN JUMLAH LEKOSIT, LIMFOSIT DAN HITUNG JENIS SEL DARAH PEKERJA RADIASI DI RUMAH SAKIT Oleh: <i>Tur Rahardjo, Darlina, Kristina Dwi Purwanti, Siti Nurhayati</i>	466
65.	MIKRONUKLEI PADA PASIEN KANKER SERVIKS PRA DAN PASCA RADIOTERAPI Oleh: <i>Yanti Lusiyanti, Masnelly Lubis, Viria AS, Suryadi, Cahya Kurdjana, Nastiti Rahajeng</i>	472

LINGKUNGAN

66.	LONG TERM STABILITY OF COAL FLY ASH REFERENCE MATERIAL CANDIDATE Oleh: <i>Endah Damastuti, Woro Yatu Niken S., Natalia Adventini, and Muhayatur Santoso</i>	478
-----	--	-----

67.	DISTRIBUSI $Rn-222$ DALAM MATA AIR DI SEKITAR GUNUNG TAMPOMAS Oleh: <i>Neneng Laksminingpuri, Rasi Prasetio</i>	485
68.	EFISIENSI DETEKTOR HPGe UNTUK ENERGI GAMMA ^{40}K DALAM SERBUK KCL DENGAN VARIASI VOLUME MARINELLI Oleh: <i>Putu Sukmabuana, Rasito Tursinah, Suhulman, Widanda dan Poppy Intan Tjahaja</i>	490
69.	TRANSFER RADIOSTRONSIUM DARI TANAH KE TANAMAN BAYAM (<i>Amaranthus sp</i>) Oleh: <i>Putu Sukmabuana, Neneng Nur Aisyah, Juni Chussetijowati, Widanda, dan Poppy Intan Tjahaja</i>	496
70.	PENENTUAN KARAKTERISTIK SUMBER PENCEMAR DI SERPONG MENGGUNAKAN POSITIVE MATRIX FACTORIZATION Oleh: <i>Rita, Diah Dwiana Lestiani, Muhayatun Santoso</i>	503
71.	OPTIMASI BEBERAPA FAKTOR YANG BERPENGARUH DALAM PENGUKURAN AAN Oleh: <i>Syukria Kurniawati, Diah Dwiana Lestiani, Natalia Adventini, Woro Yatu Niken Syahfitri, Endah Damastuti, Indah Kusmartini</i>	510
72.	PROFIL DISTRIBUSI VERTIKAL $Pb-210$ UNSUPPORTED PADA LAPISAN TANAH DAS WADUK DARMA - KUNINGAN Oleh: <i>Tommy Hutabarat</i>	515
73.	KONSENTRASI RADON DI RUMAH PENDUDUK DI WILAYAH KALIMANTAN TIMUR Oleh: <i>Wahyudi, Eka Djatnika Nugraha, Kusdiana, Dadong Iskandar</i>	522
74.	RADIOAKTIVITAS ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{232}Th , ^{238}U dan ^{40}K DALAM BAHAN PANGAN DI DESA TAKANDEANG, KABUPATEN MAMUJU, SULAWESI BARAT Oleh: <i>Ceiga Nuzulia Sofyaningtyas, Eko Pujadi, Wahyudi dan Oktisya Devi W.</i>	529
75.	Daftar Peserta	534

PEMERIKSAAN JUMLAH LEKOSIT, LIMFOSIT DAN HITUNG JENIS SEL DARAH PEKERJA RADIASI DI RUMAH SAKIT

Tur Rahardjo, Darlina, Kristina Dwi Purwanti, dan Siti Nurhayati

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

ABSTRAK

PEMERIKSAAN JUMLAH LEUKOSIT, LIMFOSIT DAN HITUNG JENIS SEL DARAH PEKERJA RADIASI DI RUMAH SAKIT. Aspek keselamatan dan kesehatan pekerja radiasi, perlu dilakukan secara periodik terhadap penerimaan dosis radiasi yang diterima pekerja sebagai konsekuensi pekerjaan. Pemantauan kesehatan pekerja radiasi akibat paparan radiasi salah satunya dapat dilakukan pada pemeriksaan system haemopoitik khususnya sel darah putih yang sangat sensitive terhadap efek radiasi dan dapat dijadikan indikator adanya kerusakan tubuh akibat pajanan radiasi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui adanya perbedaan efek biologis akibat radiasi pengion terhadap sistim hemopoitik pekerja radiasi dan non pekerja radiasi sebagai kontrol. Sebanyak 3 ml darah dari 39 orang (masing-masing 24 orang pekerja radiasi dan 15 orang sebagai control) diambil dengan menggunakan syringe kemudian dimasukkan ke dalam tabung EDTA kemudian dikocok perlahan agar tidak menggumpal. Darah tersebut diperiksa jumlah sel leukosit, limfosit dan hitung jenis sel darah dengan menggunakan peralatan ABX Micros 60 dengan prosedur standar. Uji T digunakan untuk mengetahui perbedaan signifikan antar pekerja radiasi dengan non pekerja radiasi, sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah leukosit, limfosit dan hitung jenis sel darah pekerja radiasi tidak mengalami penurunan dan masih dalam batas normal dan hasil uji statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$).

Katakunci: pekerja radiasi, jumlah leukosit, paparan radiasi

ABSTRACT

EXAMINATION OF NUMBER OF LEUKOSIT, LIMFOSITES AND TYPES OF BLOOD CELLS OF RADIATION WORKERS IN HOSPITALS. Aspects of safety and health of radiation workers, need to be done periodically to assess radiation dose received by workers as a consequence of work. Monitoring of radiation workers due to radiation exposure one can be done by examination of haemopoitic system especially white blood cells that are very sensitive to radiation and can be used as damage indicator to the body due to radiation exposure. The purpose of this research is to know the difference of biological effect of ionizing radiation on hemopoitic system of radiation workers and non-radiation workers as control. A total of 3 ml of blood from 39 individuals, (consist of 24 radiation workers and 15 people as controls) were taken using syringe and then put into the EDTA tube then shaken slowly to avoid clumping. The blood is checked for the number of leukocyte cells, lymphocytes and arithmetic type of blood cells using ABX Micros 60 equipment according to standard procedure. T test is used to find out whether there are statistically significant differences between radiation workers and non-radiation workers, as a control. The results showed that the number of leukocytes, lymphocytes and arithmetic blood cell counts of radiation workers did not decrease and still within normal limits and the results of the statistic test showed no significant difference ($p > 0.05$).

Keywords: radiation workers, leukocyte count, radiation exposure

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi nuklir untuk kesejahteraan manusia telah merambah ke berbagai bidang kehidupan seperti kesehatan, industri, riset kebumihutan, energi pangan dan pertanian. Seiring perkembangan teknologi nuklir tersebut, maka sangat dibutuhkan metode, teknik dan atau uji yang handal guna menentukan besarnya dosis radiasi yang diterima seseorang sehingga menjamin keselamatan para pengguna dan masyarakat pemakai lainnya [1].

Di bagian radiologi terdapat beberapa tenaga kerja yang bertugas mengoperasikan peralatan sinar – X yang selanjutnya disebut *Radiografer* atau Pekerja Radiasi dengan tugas dan tanggung jawab yang telah ditetapkan maka seorang pekerja radiasi/*Radiografer* harus mendapat perlindungan atas kesehatan dan keselamatan kerja baik sebelum mulai bekerja, saat bekerja maupun setelah selesai bekerja, mengingat pekerjaan seorang pekerja radiasi berhubungan dengan sinar – X yang mempunyai karakteristik dapat menimbulkan efek deterministik (kerusakan jaringan) maupun genetik [2,3].

Radiasi dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan ionisasi pada sel-sel tubuh manusia. Sifat dan tingkat kegawatan pengaruh radiasi ini tergantung pada dosis yang diterima sel jaringan tersebut. Sel sumsum tulang termasuk sel yang aktif berproliferasi sehingga sel sumsum tulang termasuk sel yang rentan terhadap kerusakan akibat paparan radiasi pengion, telah diketahui bahwa radiasi taraf rendah, yaitu 0,25 Gy, sudah dapat menyebabkan perubahan pada organ penyusun darah, yaitu terhentinya pembentukan sel-sel darah (hematopoiesis) dengan akibat terjadinya perubahan-perubahan baik oleh kerusakan langsung pada jaringan hemopoitik maupun karena pengaruh mekanisme neurohormonal.[4]

Darah merupakan bagian penting dalam sistem sirkulasi tubuh. Darah terdiri atas dua bagian, yaitu bagian cair (plasma darah) dan sel darah. Sel darah meliputi eritrosit, leukosit, dan trombosit. Leukosit berfungsi sebagai sistem imunisasi tubuh. Eritrosit bersama hemoglobin berfungsi dalam oksigenasi jaringan dan trombosit berperan dalam sistem pembekuan darah. Sel darah ini diproduksi di dalam sumsum tulang. Radiosensitivitas dari berbagai jenis sel darah ini bervariasi, sel yang paling sensitif adalah sel limfosit dan sel yang paling resisten adalah sel eritrosit [5,6].

Sistem hematopoietik adalah salah satu sistem yang paling radiosensitif karena sel fungsionalnya mengangkut oksigen ke dalam darah, sistem

kekebalan melawan virus, bakteri, dan lain-lain. [7]. Sindrom hemopoitik umumnya ditandai dengan terjadinya trombositopenia, granulositopenia, dan limfositopenia merupakan penurunan jumlah limfosit dimana sel limfosit sangat sensitif terhadap radiasi dan akibat induksi radiasi dapat terjadi penurunan jumlah dalam waktu 1 sampai 3 jam setelah terpapar radiasi juga menyebabkan menurunnya jumlah leukosit, trombosit, dan eritrosit. Kekurangan sel darah putih dapat memicu infeksi dan kekurangan trombosit dapat menyebabkan tidak terkontrol perdarahan dari jaringan tubuh. Limfositopenia merupakan gejala klinik yang paling cepat dan mudah terdeteksi karena dalam darah perifer limfosit akan mencapai titik terendah lebih awal dibanding dengan sel lainnya. Dan sel darah merah kurang sensitif terhadap radiasi, namun jika sudah terjadi penurunan berarti sudah beresiko besar terjadi gangguan kesehatan baik efek stokastik maupun efek deterministik [8].

Mengacu pada hasil-hasil penelitian efek hemopoitik dapat dijadikan suatu metode pengkajian efek radiasi pengion terhadap manusia, yang selanjutnya dapat dijadikan sebagai metode penentuan kriteria dan jenis penanganan pada pekerja radiasi. *Check-up* kesehatan pada pekerja radiasi yang umum diamati dalam laboratorium adalah pemeriksaan sistem hemopoitik yang terdiri dari pemeriksaan hemoglobin (Hb), hitung leukosit, limfosit, trombosit, hematokrit, dan eritrosit. Tujuan Penelitian untuk mengetahui perbedaan jumlah leukosit, limfosit absolut, serta hitung jenis (Diff Count) leukosit akibat paparan radiasi lingkungan pada pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung di Divisi Radiologi di Rumah Sakit.

2. BAHAN DAN TATA KERJA

2.1 Etik Penelitian

Etik penelitian diperoleh dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia No LB.02.01/5.2.KE.079/2017.

2.2. Objek Penelitian

Sebanyak 39 orang masing-masing: 24 pekerja radiasi kontak langsung dan 15 pekerja radiasi non kontak. Pekerja radiasi kontak langsung terdiri dari Radiolog, *Radiografer*, Teknisi, dan Fisika Medis, sedangkan pekerja radiasi non kontak langsung terdiri dari pekerja administrasi. Darah diambil sebanyak 3 ml dengan menggunakan *syringe* dan dimasukkan ke dalam tabung yang berisi

antikoagulan (EDTA) kemudian dikocok perlahan-lahan agar tidak menggumpal.

2.3. Pemeriksaan Hematologi Darah Pekerja Radiasi

Darah dalam tabung yang telah tercampur antikoagulan EDTA tersebut diperiksa kadar hemoglobin, jumlah sel leukosit, limfosit dan hitung jenis sel darah dengan menggunakan alat ABX Micros 60, dengan menggunakan reagen yang terdiri dari Miniclicon LMG, Minilyse LMG, Minidil LMG. Hasil pemeriksaan setiap parameter disajikan dalam masing-masing tabel secara terpisah karena lingkup nilainya berbeda-beda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi latar belakang untuk semua individu dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3. Di antara semua pekerja radiasi (n

= 39), sebagian besar adalah laki-laki sebanyak 32 orang (82%) dan perempuan sebanyak 7 orang (18%). Pada Tabel 1 persentase distribusi jenis kelamin responden pekerja radiasi sebagian besar adalah laki-laki sebanyak 22 orang (91,7%) dan perempuan sebanyak 2 orang (8,3%), non pekerja radiasi sebagai kontrol (n = 15) persentase distribusi laki-laki sebanyak 10 orang (66,7%) dan perempuan 5 orang (33,3%). Persentase distribusi berdasarkan umur responden sebagian besar dari kelompok umur 50 tahun sebanyak 26 Orang (66,7%) dan kelompok 33-49 tahun sebanyak 13 orang. Umur pekerja radiasi sebanyak 15 orang (62,5%) adalah berumur lebih dari 50 tahun, 9 orang 37,5% berumur 33 – 49 tahun. Dalam kategori non pekerja radiasi (n = 15) sebanyak 11 orang (73,3%) berasal dari kelompok usia (>50 tahun). Pekerja yang tidak terpajan berasal dari profesi lain, adalah pekerja administrasi. Semua pekerja yang terpajan radiasi dan pekerja radiasi yang tidak terpajan berasal dari satu rumah sakit.

Tabel 1. Persentase Distribusi Responden berdasarkan jenis kelamin dan umur pada pekerja radiasi dengan non pekerja radiasi

Jenis Kelamin			Non Pekerja Radiasi (kontrol) (n=15)		
Pekerja Radiasi (n=24)			Non Pekerja Radiasi (kontrol) (n=15)		
Jenis Kelamin	Jumlah (orang)	Persentase (%)	Jenis Kelamin	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Laki-laki	22	91,7	Laki-laki	10	66,7
Perempuan	2	8,3	Perempuan	5	33,3
Jumlah	24	100	Jumlah	15	100
Umur Pekerja					
Umur 33 – 49 th	9	37,5	Umur 31 – 49 th	4	26,7
Umur > 50 th	15	62,5	Umur > 50 th	11	73,3
Jumlah	24	100	Jumlah	15	100

Berdasarkan masa kerja pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja non kontak langsung, responden terbanyak mempunyai masa kerja >21 tahun sebanyak 25 orang (64%), untuk masa kerja 11-20 tahun sebanyak 3 orang (7,7%), dan masa kerja 1-10 tahun sebanyak 11 orang (28,2%). Dari Tabel 2 diketahui sebagian besar responden mempunyai jumlah leukosit, limfosit absolut, dan limfosit normal sebanyak 39 orang (100%) dan untuk jumlah eosinofil normal sebanyak 20 orang (84%), sisanya 4 orang tidak normal (16%), untuk jumlah basofil normal sebanyak 23 Otang (95,8%) dan 1 orang (4,2%) tidak normal, jumlah monosit sebanyak(91,%) normal dan 2 orang (8,4%) tidak normal, untuk jenis sel segmen sebanyak 23 orang (95,8%) normal dan 1 orang (4,2%) tidak normal. Kolom yang diberi label sebagai "rendah" menunjukkan parameter di bawah kisaran normal, kolom yang diberi label sebagai "tinggi"

menunjukkan rata-rata parameter di atas rentang normal.

Perbandingan berdasarkan uji T pada Tabel 3 dilakukan untuk mengetahui parameter leukosit, limfosit absolut, eosinofil, basofil, limfosit, monosit, dan segmen antara pekerja radiasi (PR) dengan non pekerja radiasi (kontrol). Deskriptif uji T menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada nilai rerata jenis pemeriksaan.

Darah adalah cairan yang ada pada manusia sebagai alat transportasi berfungsi untuk mengirimkan zat-zat dan oksigen yang dibutuhkan oleh jaringan tubuh, mengangkut bahan-bahan kimia hasil metabolisme, dan juga sebagai pertahanan tubuh terhadap virus atau bakteri. Telah diketahui bahwa radiasi taraf rendah sudah dapat menyebabkan perubahan pada organ penyusun darah, yaitu terhentinya pembentukan sel-sel darah (hemotopoesis) dengan akibat terjadinya

perubahan-perubahan baik oleh kerusakan langsung pada jaringan hemopoitik maupun karena pengaruh mekanisme neurohormonal [9].

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Responden berdasarkan persentase jumlah leukosit, limfosit, eosinofil, basofil, limfosit, monosit, dan segmen pekerja radiasi berada pada kisaran normal dan tidak normal dan pada kisaran rendah atau tinggi

Jenis pemeriksaan	Pekerja Radiasi (n=24)				Non Pekerja Radiasi (kontrol) (n=15)			
	Normal		Tidak Normal		Normal		Tidak Normal	
	%	Orang	%	Orang	%	Orang	%	Orang
Leukosit ($10^3/\text{mm}^3$)	100	24	-	-	100	15	-	-
Limfosit ($10^3/\text{mm}^3$)	100	24	-	-	100	15	-	-
Eosinofil (%)	84	20	16	4 (Tinggi)	100	15	-	-
Basofil (%)	95,8	23	4,2	1 (Tinggi)	100	15	-	-
Limfosit (%)	100	24	-	-	100	15	-	-
Monosit (%)	91,6	22	8,4	2 (Tinggi)	100	15	-	-
Segmen (%)	95,8	23	4,2	1 (Tinggi)	95,8	14	4,2	1 (Tinggi)

Tabel 3. Hasil Uji Beda antara nilai leukosit, limfosit absolut, eosinofil, basofil, limfosit, monosit, dan segmen pekerja radiasi dengan non pekerja radiasi

Jenis pemeriksaan	Pekerja Radiasi (n=24)	Non Pekerja Radiasi (kontrol) (n=15)	Nilai Normal	P(T<=t)
	Rerata \pm STD	Rerata \pm STD		
Leukosit $10^3/\text{mm}^3$	7452,91 \pm 2160,81	6344,80 \pm 1394,13	4000 – 10.000	0,0858
Limfosit $10^3/\text{mm}^3$	2487,5 \pm 866,934	2,5000 \pm 755,92	1.200 - 3.200	0,9636
Eosinofil (%)	3,6042 \pm 2,3832	3,2533 \pm 1,0426	0,6 - 4,9%	0,5946
Basofil (%)	0,6077 \pm 0,3071	0,5067 \pm 0,1624	0,2 - 1,4 5%	0,2459
Limfosit (%)	30,0375 \pm 7,1152	29,7643 \pm 5,3110	21,9 - 50,3 %	0,9016
Monosit (%)	7,3292 \pm 1,7926	6,8200 \pm 1,0975	4,2 - 9,6 %	0,3297
Segmen (%)	58,4000 \pm 9,4847	59,8800 \pm 8,6968	39,7-71,3%	0,6277

* berbeda signifikan secara statistic

Sel sumsum tulang termasuk sel yang aktif berproliferasi sehingga sel sumsum tulang termasuk sel yang rentan terhadap kerusakan akibat paparan radiasi pengion. Sistem limfopoiesis, granulocytopoiesis, dan thrombocytopoiesis adalah salah satu sel hematopoietik paling radiosensitif bagi manusia. Kerusakan sistem hematopoiesis dapat menyebabkan perdarahan dan anemia [7]. Besarnya penurunan sel darah tergantung dari besarnya dosis radiasi yang diterima, jumlah sel sumsum tulang yang terkena radiasi dan kemampuan sel sumsum tulang melakukan regenerasi [8].

Leukosit berfungsi untuk melindungi tubuh terhadap invasi benda asing, seperti bakteri dan virus. Penurunan produksi leukosit dapat menyebabkan penurunan sistem imun sehingga pasien radioterapi mudah terserang penyakit akibat infeksi, bakteri atau virus. Infeksi atau kerusakan jaringan mengakibatkan peningkatan total jumlah leukosit. Leukosit adalah salah satu limfosit yang paling sensitif terhadap radiasi pengion dan

karenanya radiasi dapat menurunkan sel darah putih dan platelet dan, sebagai hasilnya, akan ada kekebalan yang diturunkan pada virus atau bakteri. Karena limfosit sangat radiosensitif dan oleh karena itu sistem kekebalan tubuh rentan terhadap radiasi pengion [10]. Dalam sebuah penelitian ditemukan bahwa subkelompok limfosit darah perifer dipengaruhi oleh mereka yang mengoperasikan mesin sinar-X untuk waktu yang lama [11].

Hasil pemeriksaan jumlah leukosit, limfosit dan jenis sel darah baik untuk pekerja radiasi maupun non pekerja radiasi selengkapnya disajikan pada Tabel 1 sampai dengan 3. Dari hasil penelitian pada analisis jumlah leukosit, limfosit, eosinofil, basofil, limfosit, monosit, dan segmen pada kelompok pekerja radiasi dan kelompok kontrol tidak ada perbedaan yang bermakna. Untuk ($p>0,05$) pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa jumlah leukosit tidak mengalami penurunan yang signifikan dan masih dalam batas normal pada orang dewasa yaitu 4000 – 10.000 $10^3/\text{mm}^3$. Namun hasil rata-rata antara pekerja radiasi

dengan kontrol lebih tinggi pada kelompok pekerja radiasi. Meningkatnya jumlah limfosit, eosinofil dan monosit dapat digunakan sebagai indikator penderita leukemia, sedangkan penurunan jumlahnya menunjukkan gejala anemia.

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa beberapa orang mengalami kenaikan jumlah sel eosinofil, basofil, monosit dan segmen tetapi tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara pekerja radiasi dengan non pekerja radiasi. Sedangkan yang dimaksud batas tertinggi dan terendah pada Tabel 2 tersebut adalah suatu nilai tertinggi atau terendah dari kriteria normal dalam arti tidak dijumpai adanya patologis maupun kelainan sistemik ditinjau dari aspek tersebut. Batas normal jumlah sel eosinofil adalah 0,6 - 4,9 %, basofil 0,2 - 1,4%, limfosit 21,9 - 50,3 %, monosit 4,2 - 9,6 %, dan segmen 39,7 - 71,3%. Pada sel eosinofil terdapat peningkatan sebesar 16% (4 orang) pekerja radiasi, untuk sel basofil mengalami peningkatan sebesar 4,2% (1 orang) pekerja radiasi, sel monosit mengalami peningkatan sebesar 8,4% (2 orang) pekerja radiasi dan segmen mengalami peningkatan sebesar 4,2 % (1orang) pekerja radiasi dan non pekerja radiasi (kontrol) untuk segmen mengalami peningkatan sebesar 4,2 % (1orang). Kenaikan eosinofil dan basofil menunjukkan adanya infeksi parasit ataupun adanya alergi

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa jumlah leukosit, limfosit absolut dan hitung jenis sel darah pekerja radiasi masih dalam batas normal. Hasil uji statistik menunjukkan pada kelompok perlakuan bila dibandingkan dengan kontrol tidak menunjukkan perbedaan bermakna karena ($p>0,05$). Tidak dijumpai adanya indikasi penyakit akibat efek radiasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini kemungkinan karena para petugas radiasi tersebut dalam melakukan aktivitasnya sudah mengikuti ketentuan keselamatan dan kesehatan pekerja radiasi.

Saran

Program pemantauan radiasi diterapkan secara rutin dan periodik pada semua pekerja radiasi dengan menggunakan dosimeter fisika dan dosimeter biologi sebagai alat pemantau. Pemantauan dilakukan setiap 3, 6 atau 12 bulan sekali, tergantung pada kondisi kerja dan dapat juga dilakukan sewaktu-waktu jika diperlukan. Pemantauan radiasi eksternal diterapkan secara rutin pada semua pekerja radiasi, dengan menggunakan dosimeter sebagai alat pemantau

dosimeter film, dosimeter termoluminesensi (TLD). Sedangkan pemantauan radiasi interna dapat dilakukan dengan dua metode *in-vivo* (langsung) dengan menggunakan alat deteksi yang cukup sensitif WBC (*whole body counter*) dan *in-vitro* (tidak langsung).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) sehingga riset ini dapat dilaksanakan sebagai Proyek Penelitian Tahunan BATAN pada tahun 2017. Penulis ucapkan terima kasih kepada Sdri. Titin Prihatin, S. K. Sukorto serta semua staf TNKBR yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. LUSIYANTI, Y.; SYAIFUDIN, M., Nuklir Mengabdikan Kemanusiaan, Buletin ALARA, Jakarta (2014).
2. JABEEN, A.; MUNIR, M.; KHALIL, A.; MASOOD, M.; AKHTER, P., Occupational exposure from external radiation used in medical practices in Pakistan by film badge dosimetry, (Radiat. Pro. Dosimetry) 140 (2010) 396-401.
3. MASOOD, K.; ZAFAR, J.; TASNEEM, Z.; ZAFAR, H., Assessment of the occupational radiation exposure doses to workers at INMOL Pakistan (2007-11) (Radiat Pro Dosimetry) 155 (2013) 110-114.
4. KHARRAMI, M.B.; RIAHI, B., Hematological Profile of Healthy Workers Exposed to Low Dose Radiation (Archives, 2) (2015) 138-141.
5. SLONANE, E., “Anatomi dan Fisiologi”, EGC, Jakarta (2013).
6. United nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR). (2012). *Biological Mechanisms of Radiation Actions At Low Doses*. Available: http://www.unscear.org/docs/reports/Biological_mechanisms_WP_12-57831.pdf.
7. SMIMOVA, O.A., “Environmental Radiation Effects on Mammals-A Dynamical Modeling Approach”, Springer, NY, USA (2010).
8. RAHARDJO, T.; NURHAYATI, S.; DARLINA; KISNANTO, T.; SYAIFUDIN, M., Study on High Natural Radiation Impacts to Peripheral Blood Cells in Population Living in Botteng Village, Mamuju, West Sulawesi

- (Proceedings 2nd International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (SERIR)) (2016).
9. ISMAILI, A.H.; JAAFAR, M.S., Interaction of low-intensity nuclear radiation dose with the human blood: Using the new technique of CR-39NTDs for an in vitro study (App. Radiat. Isot.) 69 (2011) 559-566.
 10. GODEKMERDAN, A.; OZDEN, M.; AYAR, A.; GURSU, M.F.; OZAN, A.T.; SERHATLIOGLU, S., Diminished cellular and humoral immunity in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation (Arch Med Res.) 35 (2004) 324-328.
 11. NUREDDIN, A. S.; ALATTA, N.: Effects of Long Term Exposure to Low X-Ray on the Blood Consists of Radiology Staff of Health Centers in Libya (International Journal of Information Research and Review) 03 (11) (2016) 3077-3080.

DAFTAR PESERTA

DAFTAR PESERTA SEMINAR

No.	NAMA	INSTANSI
1	Abdul Fatah	PSTNT-BATAN
2	Ade Mardiyadi	PRFN-BATAN
3	Adi Hermansyah	DLH Jabar
4	Afida Ikawati	PSTNT-BATAN
5	Agus Rakhim	PSTNT-BATAN
6	Agus Supriyanto	RSUP dr. Hasan Sadikin
7	Anisiyah	PAIR-BATAN
8	Arie Widowati	PSTNT-BATAN
9	Asep Rizaludin	Universitas Padjadjaran (UNPAD)
10	Asep Yana Mulyana	PSTNT-BATAN
11	Avi Pradana Yulianti	PSTNT-BATAN
12	Bahtiar Imanudin	PSTNT-BATAN
13	Budi Yuliani	PTBGN-BATAN
14	Dadang Fachrudin	PSTNT-BATAN
15	Dadang Supriatna	PSTNT-BATAN
16	Danang Supriyanto	PSTNT-BATAN
17	Dandung Nurhono	PSTNT-BATAN
18	Dian Siswa	PSTNT-BATAN
19	Dikdik Sidik P	PSTNT-BATAN
20	Djoko HP	PSTNT-BATAN
21	Djoli Soembogo	PAIR-BATAN
22	Maria Evalisa	PTKMR-BATAN
23	Febi Luthfiani	Institut Teknologi Bandung (ITB)
24	Fuji Octa Indah Suciati	PSTNT-BATAN
25	Gilang Fajri A.	Universitas Padjadjaran (UNPAD)
26	Harry Mukhrivan	PSTNT-BATAN
27	Heni	PSTNT-BATAN
28	Hevnisar	PTKMR-BATAN
29	Jauharul Ardi	RSUP dr. Hasan Sadikin
30	Jhon Hadearon S	Jurusan Fisika-Universitas Nasional
31	Joko Wiyanto	RSUP dr. Hasan Sadikin
32	Juariah	Balitbang Jabar
33	Juni Chussetijowati	PSTNT-BATAN
34	Kharisma PK	RSUP dr. Hasan Sadikin
35	M. Yuyus	PSTNT-BATAN
36	Mardiana Napirah	Jurusan Fisika – Institut Teknologi Bandung (ITB)
37	Masnelli Lubis	PTKMR-BATAN
38	Meutia Sari	RSUP dr. Hasan Sadikin

39	Muhamad Abidin	Universitas Padjadjaran (UNPAD)
40	Muhamad Irfan	Jurusan Fisika –Institut Teknologi Bandung (ITB)
41	N. Elly Rosilawati	RSUP dr. Hasan Sadikin
42	Nana Suyana	BHHK-BATAN
43	Nurfadhlini	PAIR-BATAN
44	Patricia Marina	RSUP dr. Hasan Sadikin
45	Permana Dewa	PSTNT-BATAN
46	Prabandhini Wardhani	PSTNT-BATAN
47	Ratnasih	PSTNT-BATAN
48	Ridwan Fauzi	P3KLL-Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
49	Rina Aprishanty	P3KLL-Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
50	Rina Yuliyani	PSTNT-BATAN
51	Rosika Kriswarini	PTBBN-BATAN
52	Rr. Djarwanti Rahayu	PTRR-BATAN
53	Rudi Gunawan	PSTNT-BATAN
54	Rustamaji	PSTNT-BATAN
55	Ryan Nur Iman	UIN Sunan Gunung Djati-Bandung
56	Setyo Purnomo	PSTNT-BATAN
57	Shauli Nur Savitri	Jurusan Farmasi-Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia
58	Sri Mulyati	Institut Teknologi Bandung (ITB)
59	Sri Mulyati Latifah	Institut Teknologi Bandung (ITB)
60	Sri Royani	Jurusan Kimia-Universitas Padjadjaran (UNPAD)
61	Suharyono	PSTNT-BATAN
62	Suryadi	PTKMR-BATAN
63	Susyati	PTKMR-BATAN
64	Tarmizi	PAIR-BATAN
65	Teguh Hafiz	PSTNT-BATAN
66	Umar Abdul Hakim A.B	Universitas Padjadjaran (UNPAD)
67	Vina Nurafiah	Jurusan Pendidikan Fisika - Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)
68	Widita Argyagani Mulyadi	Diplomasi Pertahanan-UNHAN
69	Wulan Septiani	Balai Besar Tekstil
70	Yanlinastuti	PTBBN-BATAN
71	Yasni Novi Hendri	Jurusan Fisika – Institut Teknologi Bandung (ITB)
72	Yayat Supriatna	PSTNT-BATAN
73	Yudi Setiadi	PSTNT-BATAN
74	Yulia Anggraini	Jurusan Farmasi-Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia
75	Yulidar	PAIR-BATAN

