

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-TIO₂-C SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK ZAT WARNA 223
Oleh: *Agus Salim Afrozi, Nida Farihah, Auring Rachminisari*
30. ANALISIS MOLEKULER PROFIL PROTEIN DAN DNA POLIMORFISME KAPANG *TRICHODERMA HARZIANUM* YANG DIIRADIASI SINAR GAMMA 231
Oleh: *Dadang Sudrajat, Nana Mulyana, Tri Retno. D.L., dan Rika Heriyani*
31. PEMILIHAN MATERIAL PADA REDESAIN KONVEYOR HOT CELL LABORATORIUM RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA DI PTRR BATAN 240
Oleh: *Diandono Kuntjoro Yoga, Syefudin Ichwan dan Aceu Turyana*
32. TROUBLESHOOTING ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE (EDXRF) EPSILON 5 246
Oleh: *Dyah Kumala Sari, Diah Dwiana Lestiani, Syukria Kurniawati, Natalia Adventini*
33. KOMPARASI PERHITUNGAN DALAM PENENTUAN RADIOAKTIVITAS ¹⁵³Sm DENGAN SPEKTROMETRI GAMMA 255
Oleh: *Indah Kusmartini, Dyah Kumala Sari, Syukria Kurniawati, Diah Dwiana Lestiani*
34. ANALISIS METALOGRAFI SPESIMEN MINI UJI TARIK PELAT ALMG2 HASIL PEMOTONGAN TEKNIK *SHEAR CUTTING* 261
Oleh: *Maman Kartaman A dan Sungkono*
35. IN-VITRO CONSERVATION OF GINGER MUTANT LINES ON DIFFERENT STRENGTH OF MS MEDIUM WITH 2,4-D 268
Oleh: *Marina Yuniawati and Nur Laela Wahyuni Meilawati*
36. TEKNIK DEKONVOLUSI UNTUK ANALISIS *OVERLAPPING SPECTRUM* PADA EDXRF MINIPAL 4 274
Oleh: *Natalia Adventini, Woro YNS, Syukria Kurniawati dan Endah Damastuti*
37. PENGUKURAN FLUKS NEUTRON ²⁴¹AmBe dan ²⁵²Cf DENGAN BSS DAN DETEKTOR SINTILASI LiI(Eu) 279
Oleh: *Nazaroh dan Rasito*
38. REKAYASA PERMUKAAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN ARC PLASMA SINTERING 288
Oleh: *Rohmad Salam, Arbi Dimiyati, Ade Mardiyadi*
39. KERAGAAN MUTAN PADI LOKAL PADA EKOSISTEM DATARAN TINGGI 293
Oleh: *Sherly Rahayu, A.K. Dewi, D. Wirnas dan H. Aswidinnoor*
40. UJI STABILITAS 10 GALUR MUTAN HARAPAN SORGUM HASIL IRRADIASI SINAR GAMMA DI BEBERAPA LOKASI 305
Oleh: *Sihono, Wijaya M. Indriatama dan Soeranto Human*
41. IMPROVEMENT OF FITTING RADIOTRACER - RESIDENCE TIME DISTRIBUTION CURVE USING CONVOLUTION INTEGRAL METHOD 314
Oleh: *Sugiharto*
42. KILAS BALIK KEJADIAN KEGAGALAN PENGGUNAAN PRODUK IR-192 UNTUK RADIOGRAFI INDUSTRI DI KUTAI KERTANEGARA 322
Oleh: *Suhaedi Muhammad*

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 Muhayatun 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

GENETIC POLYMORPHISM IN DNA BASE EXCISION REPAIR GENE *XRCC1* AMONG MEDICAL RADIATION WORKERS

Harry Nugroho Eko Surniyantoro, Yanti Lusiyanti, Wiwin Mailana, Devita Tetriana

Center for Technology of Safety and Radiation Metrology, National Nuclear Energy Agency of Indonesia,
Jakarta, Indonesia
Jl. Lebak Bulus raya 49, Jakarta, 12440

ABSTRAK

POLIMORFISME GEN PERBAIKAN PEMOTONGAN BASA DNA *XRCC1* PADA PEKERJA RADIASI MEDIS. Kerusakan DNA disebabkan faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen utama adalah Reactive Oxygen Species (ROS), sedangkan faktor eksogen adalah lingkungan seperti ultra violet, radiasi pengion dan bahan kimia. Salah satu jalur perbaikan DNA yang rusak, sistem perbaikan eksisi dasar (BER), memainkan peran dalam tubuh manusia untuk menjaga integritas DNA, mencegah kanker dan kerusakan DNA. BER terlibat perbaikan basa teroksidasi dan kerusakan DNA untai tunggal setelah terpapar oleh ROS, termasuk radiasi pengion. X-rays Repair Cross-Complementing Group 1 (*XRCC1*) adalah gen yang memegang peranan penting dalam BER dan perbaikan DNA baik kerusakan untai tunggal maupun untai ganda. Individu dengan polimorfisme gen *XRCC1* exon 10 (Arg399Gln) dan membawa varian alel 399Gln memiliki risiko kerusakan DNA lebih besar daripada wildtype, 399Arg. Penelitian ini bertujuan untuk menguji frekuensi genotip polimorfisme nukleotida tunggal (SNPs) gen *XRCC1* exon 10 pada petugas radiasi medis. Penelitian ini melibatkan 77 sampel dari beberapa rumah sakit di Indonesia. Uji genotip polimorfisme gen *XRCC1* ekson 10 dilakukan dengan menggunakan teknik Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP). Individu pembawa *XRCC1* 399Gln (alel A) memiliki frekuensi lebih rendah daripada yang membawa wildtype 399Arg (0,39 vs 0,61). Hasil ini menunjukkan bahwa 39% pekerja radiasi medis memiliki risiko berkurangnya efisiensi perbaikan kerusakan DNA dan dapat mempengaruhi risiko kanker. Radiasi pengion menginduksi berbagai jenis kerusakan pada DNA dan membutuhkan beberapa jalur perbaikan untuk memulihkan integritas genomik. Gen penting lainnya, terutama untuk perbaikan double-strand DNA juga berperan dan harus diselidiki lebih lanjut. Polimorfisme yang menyebabkan perbaikan DNA yang tidak efisien juga terkait dengan reaksi akhir terhadap radioterapi.

Keywords: Kerusakan DNA, *XRCC1*, Polimorfisme genetik, perbaikan DNA, Pekerja radiasi medis

ABSTRACT

GENETIC POLYMORPHISM IN DNA BASE EXCISION REPAIR GENE *XRCC1* AMONG MEDICAL RADIATION WORKERS. DNA damage can be caused by endogenous and exogenous factors. The main endogenous factor is Reactive Oxygen Species (ROS), whereas exogenous factors are environmental factors: ultra violet rays, ionizing radiation and chemicals. One of damaged DNA repair pathways, base excision repair system (BER), plays an important role to maintain DNA integrity, prevent cancer and DNA damage. BER is involved in the repairment of oxidized bases and single strand breaks DNA after exposure by ROS, including ionizing radiation. X-rays Repair Cross-Complementing Group 1 (*XRCC1*) is a gene that plays an important role in BER and DNA repair both single strand break and double strand breaks. Individuals with *XRCC1* exon 10 (Arg399Gln) gene polymorphisms and carrying 399Gln allele variants have a greater risk of DNA damage than their wildtype, 399Arg. This study was aimed to examine the genotype frequencies of single nucleotide polymorphisms (SNPs) of *XRCC1* exon 10 among medical radiation workers. This study involved 77 samples from hospitals in Indonesia. Genotyping of *XRCC1* exon 10 gene polymorphism was performed using PCR-RFLP. Individuals with a *XRCC1* 399Gln (A allele) had a lower frequency than wildtype of 399Arg (0.39 vs. 0.61). The results indicated that 39% of medical radiation workers had a risk of repair efficiency of DNA damage and might influence an individual's

risk of cancer. Ionizing radiation induces many types of damage to DNA, requiring multiple repair pathways to restore genomic integrity. Other important genes, especially for DNA double-strand break repair, might also play a role and should be further investigated. Polymorphisms leading to inefficient DNA repair might also be associated with late reactions to radiotherapy.

Keywords: DNA damage, XRCC1, Genetic polymorphism, DNA repair, Medical radiation workers

1. INTRODUCTION

The role of ionizing radiation on the human body, especially against DNA damage is very important to be investigated, because humans cannot escape from exposure to ionizing radiation in their daily activities. During this time, the use of ionizing radiation on diagnostic and treatment devices has been widely used. This contributes to the radiation dose in the population [1]. The most affected population group is radiation workers in hospitals that are consistently exposed to low doses of ionizing radiation.

Radiation exposure consists of two types, high doses and low doses. High doses of radiation exposure are generally known to have an effect, including cancer induction. While exposure to low-dose radiation is still less clear [2]. Exposure to ionizing radiation to the human body causes many adverse effects, especially in cellular DNA. This DNA damage through various means and to overcome it required the action of DNA repair enzymes to maintain the integrity of DNA. Thus, DNA repair enzymes play an important role in maintaining genomic integrity and various DNA functional damage [3-5].

DNA damage can be caused by endogenous and exogenous factors. The main endogenous factor is ROS whereas exogenous damage is caused by environmental factors such as ultra violet rays, ionizing radiation and chemicals. DNA repair pathways consist of 3 types, namely direct reversal repair, single strand break repair and double strand break repair systems. Single strand break repair (SSBR) is the most important DNA repair system. The SSBR consists of 3 types, namely Excision Repair (BER), Nucleotide Excision repair (NER) and Mismatch repair (MMR). BER is a simple repair system that works in cells to repair single DNA damage caused by endogenous factors, NER is a complex repair system for repairing larger areas caused by exogenous factors, whereas the MMR plays a role for Fix base pair mismatch during the postreplication process [6].

Base excision repair (BER) system, plays a very important role in the human body to maintain DNA integrity, prevent cancer and DNA damage. BER is involved in the repair of oxidized bases and single strand breaks DNA after exposure by ROS, including ionizing radiation. Both oxidized bases and Single strand break, formed by ROS, are a major cause of genetic stability and cellular viability. This will lead to faster mutation rates and increase chromosomal damage. ROS is produced from endogenous and exogenous sources, including ionizing radiation [7,8]. The BER pathway works by removing and replacing the damaged DNA base. This process begins with the release of DNA bases that are damaged specific glycosylase DNA enzymes, followed by sugarphosphate chain cutting, apurinic / apyrimidinic (AP) site cutting by endonuclease, DNA synthesis and ligation. This biochemical reaction involves the enzyme 8-oxoguanine DNA glycosylase 1 (*OGG1*), AP endonuclease 1 (*APE1* or *APEX1*), Poly (ADPribose) polymerase-1 (*PARP-1*), Polynucleotide kinase, DNA polymerase- β [9].

X-rays Repair Cross-Complementing Group 1 (*XRCC1*) has a large role in DNA repair, which is as a scaffolding protein in Base Excision Repair (BER), DNA repair of both Single-Strand Breaks Repair (SSBR) and double-strand breaks, maintaining genomic stability in human cells [10-12]. *XRCC1* protein deficiency may decrease the ability of DNA repair and lead to increased hypersensitivity to agents that damage DNA and ionizing radiations [13]. *XCRRI* gene is located on chromosome 19q13.2 and consists of 17 exons encoding 633 amino acids. There are 3 SNPs that occur in *XRCC1*, the genetic variant (C>T) in exon 6 which converts Arg to Trp (Arg194Trp), genetic variant (G>A) in exon 9 which converts Arg to His (Arg280His) and genetic variant (G>A) in exon 10 which converts Arg to Gln (Arg399Gln). All of SNPs can decrease DNA repair activity [14]. This study focused on the genetic variant Arg399Trp in exon 10.

SNPs are the most common polymorphisms in humans with a frequency $\geq 1\%$ in the population. SNPs that occur in DNA repair genes result in decreased DNA repair ability, increased mutation rate and cancer risk [15]. SNPs that occur in the *XRCC1* exon 10 gene produced 2 allele variants, namely 399 Arg and 399Gln. 399Gln alleles can be a risk factor for head and neck cancer, lung adenocarcinoma [16], breast cancer in African Americans [17], stomach, colon and esophagus [18,19]. The aim of the study was to examine the genotype frequencies of single nucleotide polymorphisms (SNPs) of *XRCC1* exon 10 among medical radiation workers.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Blood samples processing

Blood samples were obtained from 77 (39 male and 38 female, mean age 37.44 ± 11.65) radiation workers at several hospitals in Indonesia. Genomic DNA was purified from lymphocytes extracted from whole blood using the QIAamp DNA Kit (Qiagen) according to the manufacturer’s instructions. The obtained DNA was stored at -20°C until used. An informed consent was obtained from each subject at the start of this study.

2.2. PCR-RFLP genotyping assays

Genotyping of *XRCC1* exon 10 gene polymorphism was performed using Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP), as described previously by Andreassi *et al.* [20] with the forward primer was 5'-AGTAGTCTGCTGGCTCTGG-3' and the reverse primer 5'-TCTCCCTTGGTCTCCAACCT-3'. The PCR reactions were carried out with a denaturation of 95°C for 3 minutes, followed by 30 cycles of 15 s at 95°C , 15 s at 60°C and 15 s at 72°C and finally 1 minute at 72°C . Following amplification, PCR products were digested using 10 U of restriction enzyme *MspI* (BioLabs, Inc.) for 16 h at 37°C , and electrophoresed on a 3% agarose gel. The wild type GG genotype for codon 399 was determined by the presence of two bands at 269 and 133 bp, the mutant heterozygous GA genotype was determined by the presence of three bands at 402, 269 and 133 bp, while the mutant homozygous AA genotype was

determined by the presence of the uncut 402 bp band (indicative of the absence of the *MspI* cutting site).

2.3. Statistical Analysis

The statistical analysis of the data was conducted with SPSS version 16.0 for windows. Data was expressed as mean \pm SD. Characteristics of the subjects were analyzed by Mann-Whitney U test. Genotype and allele frequencies were showed on frequencies distribution table.

3. RESULT AND DISCUSSION

In this study, a single nucleotide polymorphisms (SNPs) of *XRCC1* gene Arg399Gln was investigated. The genotype analysis of this SNPs of *XRCC1* gene, for medical radiation workers from several hospitals in Indonesia was performed using PCR-RFLP method. The characteristic of subjects according to age and gender data was displayed at Table 1.

Table 1. Characteristics of subjects

Character	Subjects	<i>p</i> value
Gender		
a. Male	39	0.909
b. Female	38	
Age	37.44 ± 11.65	0.527

Note: Data was reported as mean values \pm SD, the mean difference is significant if *p* value < 0.05

This study was used 77 samples which consisted of 39 male and 38 female. Statistically, the characteristics of age and gender did not show any differences among the subjects.

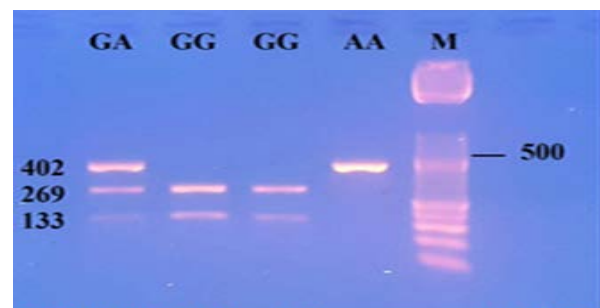


Figure 2. Results of genotyping for Arg399Gln polymorphism of *XRCC1* gene on 3% electrophoresed gel. GG (wildtype), GA (mutant heterozygous), AA (mutant homozygous), M (DNA ladder 100 bp).

Based on Figure 1, GG genotype (wild type) was showed with 269+133 bp fragment length, GA genotype with 402+269+133 bp, AA genotype with 402 bp. Overall, the variant allele frequencies were 0.61 for *XRCC1* 399Arg (G allele) and 0.39 for *XRCC1* 399Gln (A allele). All the genotypes distributions were in Hardy-Weinberg equilibrium. Several reports indicate that the variant alleles of the repair polymorphisms examined may truly affect DNA repair function. The Single Nucleotide Polymorphism (SNPs) in the *XRCC1* exon 10 gene resulted in the substitution of a base nitrogen number 28152, Guanine (G) to Adenine (A) at codon number 399, is resulting in amino acid conversion from Arginine (CGG) into Glutamine (CAG). This polymorphism is in the BRCT domain which is very important to bind PARP-1. PARP-1 will quickly bind the Single- Strand Breaks (SSBs) and will be activated soon. Activation of PARP-1 will increase DNA protein accumulation in damaged DNA. This polymorphism given will decrease the interaction of PARP-1, so DNA repair proteins can't work properly [21].

Table 2. Genotype frequencies of *XRCC1* gene polymorphism

	n	Subjects n=77 (%)
Genotype Codominant		
GG	31	40.26
GA	32	41.56
AA	14	18.18
Dominant		
GG	31	40.26
GA+AA	46	59.74
Recessive		
GG+GA	63	81.82
AA	14	18.18
Allele		
G	94	61.04
A	60	38.96

Several previous studies have shown different results. Norjmaa *et al.* reported that patients with Arg/Gln (mutant heterozygous) and Gln/Gln (mutant homozygous) genotypes are at greater risk of Myelodysplastic Syndrome (MDS) than patients with Arg/Arg (normal) genotypes [22]. Arg399Gln genotype carrier variants have higher levels of DNA adducts [23], greater risk of ionizing sensitivity [13] and DNA damage associated with smoking habits [24-26]. A meta-analysis study in the Asian population shows that patients with

399Gln alleles have a higher risk of breast cancer (OR = 1.54, 95% CI: 1.18-2.01) [27].

The radiation workers in this study, such as radiographers, X-ray machine operators and radiologists worked in installations using low-dose ionizing radiation sources. These results in susceptibility to DNA damage due to exposure to ionizing radiation, especially DNA repair gene. Ionizing radiation is the one that has high energy and is able to release ions that can break covalent bonds, which in turn can damage the structure of human DNA. Another result is the emergence of ROS that can oxidize proteins and lipids, and induce the formation of Single-Strand Breaks (SSBs). All such damage can cause cell death [28]. Ionizing radiation includes X-rays, gamma rays, alpha, beta and neutron particles. The radiation dose is measured by the amount of radiation absorbed by 1 kg of tissue in Gray (Gy) [29].

The Nuclear Energy Regulatory Agency of Indonesia arrange the average effective dose limit value for radiation workers is 20 mSv per year averaged over 5 years. It means that doses accumulated for 5 years should not exceed 100 mSv. The average equivalent dose for eyepieces is 20 mSv per year, the average equivalent dose for skin is 500 mSv per year and the equivalent dose for the hand or foot is 500 mSv per year [30].

4. CONCLUSION

Individuals carrying a *XRCC1* 399Gln (A allele) had lower frequency than 399Arg (0.39 vs. 0.61). Our results suggested that 39% of medical radiation workers had a risk of repair efficiency of DNA damage and might influence an individual's risk of cancer. Ionizing radiation induces many types of damage to DNA, requiring multiple repair pathways to restore genomics integrity. Other important genes/pathways, especially those for DNA double-strand break repair, might also play a role and should be further investigated. Furthermore, polymorphisms leading to inefficient DNA repair might also be associated with late reactions to radiotherapy.

5. ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their gratitude to all of our colleagues at the Center for Technology of Safety and Radiation Metrology, the National Nuclear Energy Agency of Indonesia who have supported this study.

6. REFERENCES

1. UNSCEAR, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation, New York 1982
2. BRENNER, D.J., DOLL, R., GOODHEAD, D.T., HALL, E.J., LAND, C.E., LITTLE, J.B., LUBIN, J.H., PRESTON, D.L., PRESTON, R.J., PUSKIN, J.S., RON, E., SACHS, R.K., SAMET, J.M., SETLOW, R.B., ZAIDER, M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc.Natl.Acad.Sci.* 100 (24)(2003) 13761–6.
3. HOEIJMAKERS, J.H. Genome maintenance mechanisms for preventing cancer. *Nature*, 411 (6835)(2001) 366–74.
4. BERWICK, M., VINEIS, P.J., Markers of DNA repair and susceptibility to cancer in humans: an epidemiologic review. *Natl. Cancer Inst.*, 92 (11)(2000) 874–897.
5. FRIEDBERG, E.C. DNA damage and repair. *Nature*. 421 (6921)(2003) 436–40.
6. WOOD, R.D., MITCHELL, M., SGOUROS, J. and LINDAHL, T., Human DNA repair genes. *Science*. 291 (5507)(2001) 1284–89.
7. HU, Z., MA, H., CHEN, F., WEI, Q. and SHEN, H. XRCC1 polymorphisms and cancer risk: a meta-analysis of 38 case-control studies. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 14 (7)(2005) 1810–8.
8. SCHNEIDER, J., CLASSEN, V. and HELMIG, S., XRCC1 polymorphism and lung cancer risk. *Expert.Rev.Mol.Diagn.*, 8 (6)(2008) 761–80.
9. NORJMAA, B., TULGAA, K. and SAITOH, T., Base Excision Repair Pathway and Polymorphisms of XRCC1 Gene. *J.Mol.Pathol.Epidemiol.*, 1 (1)(2016) 1–4.
10. ARSONS, J.L. and DIANOV, G.L., Co-ordination of base excision repair and genome stability. *DNA Repair.* 12 (5)(2013) 326–33.
11. AUDEBERT M., SALLES, B., CALSOU, P., Involvement of poly(ADP-ribose) polymerase-1 and XRCC1/DNA ligase III in an alternative route for DNA double-strand breaks rejoining. *J.Biol.Chem.*, 279 (53)(2004) 55117–26.
12. THOMPSON, L.H. and WEST, M.G., XRCC1 keeps DNA from getting stranded. *Mutat.Res.*, 459 (1)(2000) 11–18.
13. HU, J.J., SMITH, T.R., MILLER, M.S., MOHRENWEISER, H.W., GOLDEN, A., CASE, L.D., Amino acid substitution variants of APE1 and XRCC1 genes associated with ionizing radiation sensitivity. *Carcinogenesis*. 22 (6)(2001) 917–22.
14. STERPONE, S. and COZZI, R., Influence of XRCC1 Genetic Polymorphisms on Ionizing Radiation-Induced DNA Damage and Repair. *J.Nucleic Acids.*, 2010 (2010) 1–6.
15. OCHIAI, H. Single-Base Pair Genome Editing in Human Cells by Using Site-Specific Endonucleases. *Int.J.Mol.Sci.*, 16 (9)(2015) 21128–37.
16. DIVINE, K.K., GILLILAND, F.D., CROWELL, R.E., Stidley CA, Bocklage TJ, Cook DL, Belinsky SA. The XRCC1 399 glutamine allele is a risk factor for adenocarcinoma of the lung. *Mutat.Res.* 461 (4)(2001) 273–78.
17. DUELL, E.J., MILIKAN, R.C., PITTMAN, G.S., WINKEL, S., LUNN, R.M., TSE, C.K., EATON, A., MOHRENWEISER, H.W., NEWMAN, B., BELL, D.A., Polymorphisms in the DNA repair gene XRCC1 and breast cancer. *Cancer Epidemiol.Biomarkers. Prev.*, 10 (3)(2001) 217–222.
18. MATEUCA, R.A., ROELANTS, M., IAMARCOVAL, G., AKA, P.V., GODDERIS, L., TREMP, A., BONASSI, S., FENECH, M., BERGE-LEFRANCH, J.L., KIRSCH-VOLDERS, M., hOGG1³²⁶, XRCC1³⁹⁹ and XRCC3²⁴¹ polymorphisms influence micronucleus frequencies in human lymphocytes in vivo. *Mutagenesis.*, 23(1)(2008) 35–41.
19. WENG, H., WENG, Z., LU, Y., NAKAYAMA, K., Effects of cigarette smoking, XRCC1 genetic polymorphisms, and age on basal DNA damage in human blood mononuclear cells. *Mutat. Res.*, 679 (1–2)(2009) 59–64.
20. ANDREASSI, M.G., FOFFA, I., MANFREDI, S., BOTTO, N., CIOPPA, A., PICANO, E., Genetic polymorphisms in XRCC1, OGG1, APE1 and XRCC3 DNA repair genes, ionizing radiation exposure and chromosomal DNA damage in interventional cardiologists. *Mutat.Res.*, 666(1–2)(2009) 57–63.
21. SEIBOLD, P., SCHMEZER, P., BEHRENS, S., MICHAILIDOU, K., BOLLA, M.K. *et al.* A polymorphism in the base excision repair gene PARP2 is associated with differential prognosis by chemotherapy among postmenopausal breast cancer patients. *BMC Cancer*. 15(978)(2015) 1–11.
22. NORJMAA, B., SAITOH, T., KASAMATSU, T., MINATO, Y., MURAKAMI, H., XRCC1 Arg194Trp and XRCC1 Arg399Gln Polymorphisms Affect

- Clinical Features and Prognosis of Myelodysplastic Syndromes. *Kitakanto Med. J.*, 65(1)(2015)11-19.
23. LUNN, R.M., LANGLOIS, R.G., HSIEH, L.L., THOMPSON, C.L., BELL, D.A., XRCC1 polymorphisms: effects on aflatoxin B1-DNA adducts and glycophorin A variant frequency. *Cancer Res.*, 59(11)(1999) 2557–61.
 24. DUELL, E.J., WIENCKE, J.K., CHENG, T.J., VARKONYI, A., ZUO, Z.F., ASHOK, T.D., MARK, E.J., WAIN, J.C., CHRISTIANI, D.C., KELSEY, K.T., Polymorphisms in the DNA repair genes XRCC1 and ERCC2 and biomarkers of DNA damage in human blood mononuclear cells. *Carcinogenesis.*, 21(5)(2000) 965–71.
 25. ABDEL-RAHMAN, S.Z. and EL-ZEIN, R.A., The 399Gln polymorphism in the DNA repair gene XRCC1 modulates the genotoxic response induced in human lymphocytes by the tobacco-specific nitrosamine NNK. *Cancer Lett.*, 159(1)(2000) 63–71.
 26. LEI, Y.C., HWANG, S.J., CHANG, C.C., KUO, H.W., LUO, J.C., CHANG, M.J., CHENG, T.J., Effects on sister chromatid exchange frequency of polymorphisms in DNA repair gene XRCC1 in smokers. *Mutat.Res.*, 519(1-2)(2002) 93–101.
 27. SAADAT, M., Haplotype analysis of XRCC1 (at codons 194 and 399) and susceptibility to breast cancer, a meta-analysis of the literatures. *Breast Cancer Res. Treat.*, 124(3)(2010) 785-91.
 28. SOTO, G.B., LOPEZ, R.O., MARTINEZ, A.R., *Genet.Mol.Biol.*, 38(2015) 420-432
 29. UNNE-DALY, C.F., Principles of radiotherapy and radiobiology. *Semin. Oncol.Nurs.*, 15(4)(1999) 250-59.
 30. BAPETEN, “Regulation of Head of Bapeten No. 4 Year 2013, Protection and Radiation Safety in Using Nuclear Energy”, BAPETEN, Jakarta (2013).

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

