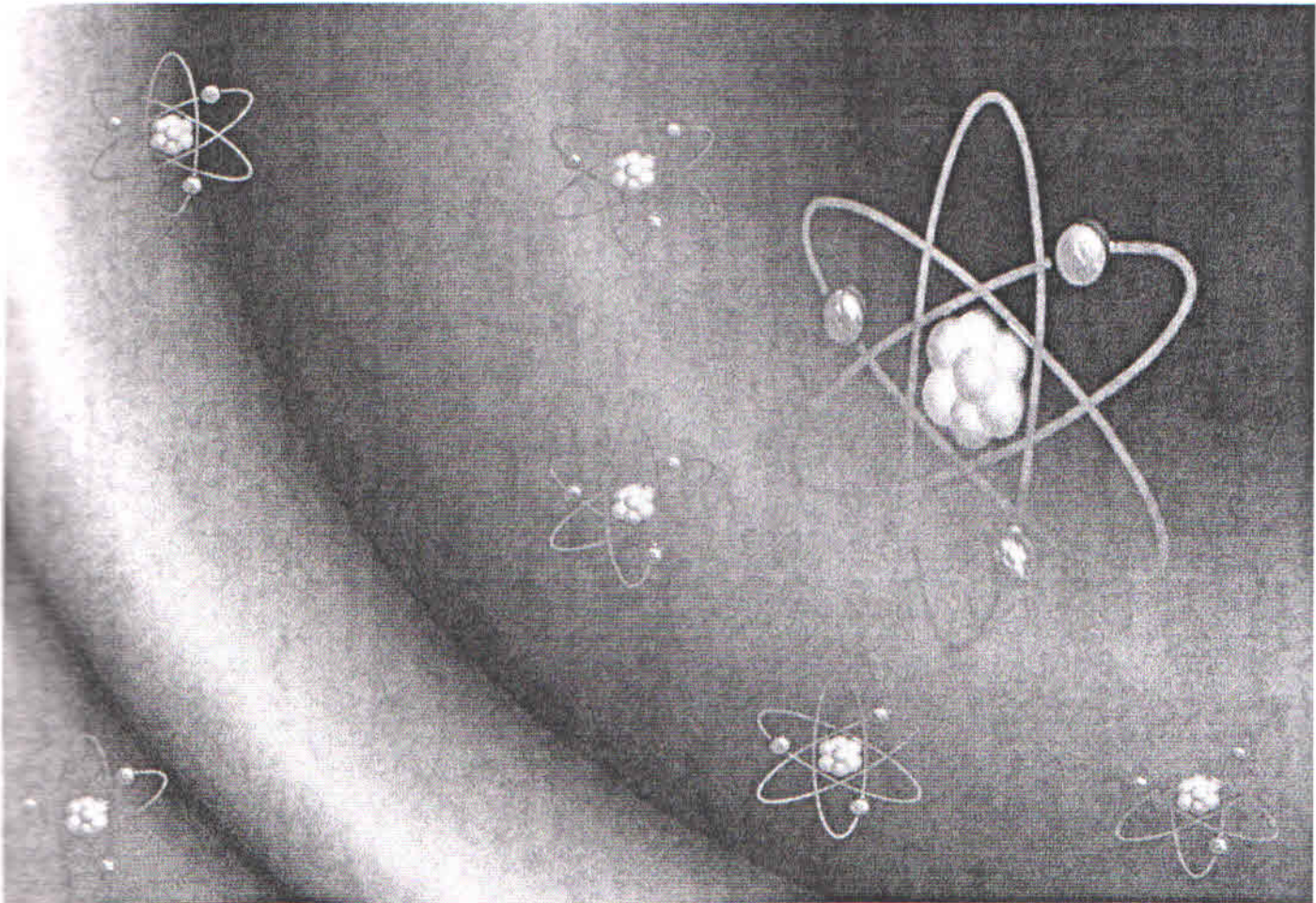


PROSIDING SEMINAR NASIONAL APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI 2018

ipisoma
2018 aplikasi isotop dan radiasi

Tema:
Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa
Jakarta, 09 Agustus 2018



Diterbitkan oleh :
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi
Badan Tenaga Nuklir Nasional
Tanggal 20 Desember 2018

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya sehingga **Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) 2018** dengan tema "Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa" dapat diterbitkan. Prosiding ini merupakan kumpulan karya ilmiah para pemakalah dari berbagai institusi/universitas dan berbagai latar belakang kepakaran yang telah dipresentasikan pada Seminar Nasional APISORA yang diselenggarakan pada tanggal 09 Agustus 2018 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR)-Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).

Seminar APISORA 2018 dihadiri oleh 245 (dua ratus empat puluh lima) peserta dan tamu undangan dari berbagai instansi pemerintah, universitas, rumah sakit, dan industri swasta di Indonesia. Pada seminar APISORA dipresentasikan sejumlah 64 (enam puluh empat) makalah yang berasal dari berbagai institusi dan universitas, yaitu 47 (empat puluh tujuh) makalah berasal dari BATAN, dan 17 (tujuh belas) makalah berasal dari lembaga lain, yaitu: LIPI, Kementerian Kelautan dan Perikanan, UIN Syarif Hidayatullah, Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Pancasila, Universitas Andalas, Universitas Sebelas Maret, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Universitas Islam Sumatera Utara, dan Universitas Bakrie. Setelah melalui seleksi oleh Dewan Editor dan Reviewer APISORA, sejumlah tiga puluh lima (tiga puluh lima) makalah dipilih untuk dimuat di Prosiding APISORA 2018.

PAIR-BATAN sebagai pihak penyelenggara seminar APISORA 2018 mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh panitia, pembicara, moderator, serta peserta pemakalah dan pendengar yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan seminar. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh dewan Editor dan Reviewer APISORA yang telah melakukan seleksi, memberikan penilaian, arahan, masukan, dan koreksi terhadap makalah-makalah yang masuk, sehingga layak untuk diterbitkan di Prosiding APISORA 2018. Ucapan terimakasih yang tak terhingga juga diucapkan kepada seluruh dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan Prosiding ini.

Besar harapan kami, bahwa prosiding ini akan memberikan manfaat bagi para pembaca, serta menjadi acuan dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi di Indonesia. Akhir kata, kami menyadari bahwa Prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan kegiatan seminar dan penerbitan Prosiding APISORA yang akan datang.

Wa'alaikumsalam warrahmatullahi wabarakatuh,

Jakarta, 20 Desember 2018
Ketua

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (APISORA) 2018

“Isotop dan Radiasi Mendukung Kemandirian Bangsa”

SUSUNAN PANITIA, DEWAN REVIEWER, DAN EDITOR PROSIDING APISORA 2018

Pengarah:

Ketua : Prof. Dr. Djarot S. Wisnubroto (Kepala BATAN)
Anggota : Prof. Dr. Ir. Efrizon Umar, MT (Deputi BATAN)
Totti Tjiptosumirat (Kepala PAIR - BATAN)

Dewan Reviewer:

Dr. Darmawan Darwis (PAIR - BATAN) Dr. Desta Wirnas, SP, M.Si (Institut Pertanian Bogor)
Dr. Paston Sidauruk (PAIR - BATAN) Dr. Boki Jeanne Tuasikal (PAIR - BATAN)
Dr. Irawan Sugoro (PAIR - BATAN) Dr. Ania Citraresmini (PAIR - BATAN)
Prof. Dr. Soeranto Human, M.Sc (PAIR - BATAN) Dr. Murni Indarwatmi (PAIR - BATAN)
Dr. Sobrizal (PAIR - BATAN) Dr. Tita Puspitasari (PAIR - BATAN)
Dr. Endang Saepudin (Universitas Indonesia) Dian Pribadi Perkasa, M.Biotech (PAIR - BATAN)

Dewan Editor:

Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Rasi Prasetyo, M.Si
Dr. Ania Citraresmini

Panitia Pelaksana:

Ketua Pelaksana : Dr. Eng. Farah Nurlidar, M.Si
Wakil Ketua : Rasi Prasetyo, M.Si
Sekretaris I : Beni Ernawan, M.Si
Sekretaris II : Ali Agus
Bendahara : Agus Darmawan, SP
Seksi Seminar : Niken Hayudanti Anggarini, M.Si
Marina Yuniawati Maryono, M.Si
Susanto, S.Si
Dewa Ketut Rai
Saroji, A.Md
Seksi Pameran : Bayu Azmi, M.Si
Anggi Nico Flatian, M.Si
Untung Sugiharto, A.Md
Seksi Promosi dan Humas : Akhmad Rasyid Syahputra, M.Si
Melisa Weno Gusthia, S.Si
Indra Mustika Pratama, A.Md
Seksi Publikasi : Bambang Sutarto, M.M
Asih Nariastuti, B.Sc
Protokol : Mubarik Achmad
Dokumentasi : Ikin Sadikin
Konsumsi : Farida Ariyanti
Kesehatan : dr. Irfany Khairunnisa
Pengamanan : Tedi Hadi Permana, A.Md

ISBN 978-979-3558-29-5

Penerbit:

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

Redaksi:

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440

Telp. 021-7690709

Fax. 021-7691607

Email: pair@batan.go.id

Cetakan pertama, Desember 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang.

**Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun
tanpa ijin tertulis dari penerbit**

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar	ii
Susunan Panitia, Dewan Reviewer, dan Editor Prosiding APISORA 2018	iii
Daftar Isi	v
Aktivitas Enzim dan Profil Serat pada Jerami Padi yang Difermentasi menggunakan <i>Aspergillus niger</i> yang Diiradiasi Gamma <i>T. Wahyono, D. P. Utomo, Nurhasni, N. Mulyana, S. N. W. Hardani dan Suharyono</i>	1-8
Profil Kecernaan <i>In Vitro</i> Tanaman Sorgum Hasil Pemuliaan dengan Mutasi Radiasi <i>T. Wahyono, S. N. W. Hardani, D. Ansori, T. Handayani, D. Priyoatmojo, Sihono, Firsoni, W. T. Sasongko, dan I. Sugoro</i>	9-18
Seleksi Mutan Padi Beras Merah Lokal Sumatera Barat Genotipe Sigah Berdasarkan Karakter Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan <i>S. Kurniawati, I. Chaniago, dan I. Suliansyah</i>	19-24
Uji Daya Hasil Lanjutan Galur-Galur Mutan Sorgum Pangan di Citayam Bogor <i>Sihono, W. M. Indriatama, dan S. Human</i>	25-31
Produktivitas Raton Pertama 45 Galur Mutan Sorgum <i>M. F. S. Ningrum, W. M. Indriatama dan H. Gustia</i>	32-40
Peningkatan Produksi Kedelai Hitam Varietas Mutiara 2 Melalui Pemberian Pupuk Organik Cair <i>T. Bachtiar, Nurrobifahmi, A. Citraresmini, A. N. Flatian, S. Slamet, dan Tarmizi</i>	41-48
Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Tanaman Kapas Varietas Karisma 1 <i>L. Harsanti dan S. Widiarsih</i>	49-53
Aktifitas Hipolipidemik Beras Hitam (<i>Oriza sativa</i> L.) Hasil Pemuliaan dengan Sinar Gamma <i>N. W. Istanti, S. Listyawati, dan Sutarno</i>	54-59
Dampak Radiasi Pengion terhadap Profil Hematologi Pekerja Radiasi di Rumah Sakit <i>T. Rahardjo, H. N. E. Surniyantoro, V. A. Sufivan, Titin Prihatini, dan Darlina</i>	60-66
Efek Radiasi Gamma Terhadap Viabilitas Bakteri <i>Brucella abortus</i> CH 09 BL <i>T. Handayani, S. M. Noor, dan F. H. Pasaribu</i>	67-72
Analisis Sitogenetik dan SNPs pada Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medik <i>Y. Lusiyanti, V. A. Sufivan, M. Lubis, Suryadi, H. N. E. Surniyantoro, S. Purnami, dan N. Rahajeng</i>	73-78
Komparasi Hasil Perhitungan Paparan Internal Uranium dan Plutonium pada Sampel Bioassay antara Metode Konvensional dengan Menggunakan Software IMBA <i>M. M. Farid dan Y. Andriani</i>	79-84

Analisis Profil Sel Darah Merah dari Implantasi <i>Demineralized Freeze-Dried Bone Xenograft</i> Steril Iradiasi Gamma pada Tulang Kalvaria Tikus <i>F. Amelia, B. Abbas, D. Darwis, S. Estuningsih, dan D. Noviana</i>	85-94
Penentuan Kadar <i>Kurkumin</i> dari beberapa Tanaman <i>Curcuma</i> Setelah Diiradiasi Gamma <i>Susanto dan E. K. Winarno</i>	95-101
Korelasi Paparan Radiasi Pengion terhadap Kadar Hematokrit, Trombosit, dan Eritrosit Pekerja Radiasi <i>H. N. E. Surniyantoro dan T. Rahardjo</i>	102-108
Sintesis Kitosan Berat Molekul Rendah Menggunakan Hidrogen Peroksida dan Iradiasi Sinar Gamma <i>N. Nuryanthi, A.R. Syahputra, D.S. Pangerteni, S. Susilawati, T. Puspitasari, dan D. Darwis</i>	109-113
Estimasi Laju Sedimentasi Menggunakan Isotop Alam $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ di S. Cisemeut – Lebak – Banten <i>N. Suhartini dan B. Aliyanta</i>	114-119
Pengaruh Sebaran Normal Dosis Radiasi Personil pada Zona Quartil Atas terhadap Nilai Pembatas Dosis <i>S. Muhammad</i>	120-125
Distribusi Radioisotop Radon-222 dalam Gas Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat <i>N. Laksminingpuri, R. Prasetyo, dan Nurfadhlini</i>	126-131
Disain Sistem Iradiasi dengan Cobalt-60 untuk Disinfeksi Air dalam Budidaya Udang <i>N. F. Gusmawati, D. Soembogo, A. A. Lubis, dan E. Supriyono</i>	132-141
Optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka <i>Rr. D. R. Pipin Soedjarwo*, F. Priyadi, D. Setiaji, dan Rohmansyur</i>	142-147
Evaluasi Radioaktivitas Gross Beta, TDS, dan pH pada Air Tanah di Kawasan Nuklir Pasar Jumat (KNPJ) dan Sekitar <i>N. H. Anggarini, M. Stefanus, T. Hud, dan L. Rixon</i>	148-155
Study the Response of TLD-Barc Against X-Ray and Photon and Algorithm for Evaluation of Hp(10) <i>Nazaroh, R. Syaifudin, C. T. Budiantari, dan A. S. Pradhan</i>	156-162
Pengukuran Laju Paparan Radiasi dan Potensi Paparan Radiasi Sumber Iradiator Gamma Merah Putih <i>T. Ardiyati dan Kasmudin</i>	163-169
Studi Unjuk Kerja Keselamatan Mekanik dan Radiasi pada Peralatan Radiografi Model 880 Delta dan Tech Ops 660 B <i>B. Y. E. B. Jumpeno dan M. Rangkuti</i>	170-176
Studi Respon TLD-700 [LiF:Mg, Ti] Terhadap Gamma (^{137}Cs) dan Beta [^{147}Pm , ^{85}Kr dan ^{90}Sr] <i>Nazaroh, Pardi, dan C. T. Budiantari</i>	177-185

Early Study on Radiographic Examination of Soft Alloy Casting Material using Digital Fluoroscopy <i>Sugiharto, Y. Kriswandono, Wibisono, Kushartono, H. A. Ramadhany, D. Soembogo, N. Sianta, and S. B. Santoso</i>	186-194
Evaluation of Mixing Level of Continuous Single Phase Pipe Flow using Basic radiotracer Models <i>Sugiharto</i>	195-202
Verifikasi Penentuan Laju Dosis Serap Air Berkas Foton 6 MV Pesawat Tomoterapi Hi Art antara PTKMR dan RSCM <i>A. F. Firmaniyah, N. Rajagukguk, Nuruddin, W. E. Wibowo, dan P. Cheah</i>	203-207
Penentuan Efisiensi dan Faktor Koreksi Absorpsi untuk Pengukuran Radioaktivitas Beta Total Menggunakan Kalium Klorida (KCl) <i>L. Rixson dan M. Stefanus</i>	208-14
Measurement of Metal Thickness using X-Ray Computed Radiography <i>B. Azmi, H. A. Ramadhany, and F. R. Ningsih</i>	215-220
Analisis Pengurangan Emisi Karbon dengan Opsi PLTN Pengganti PLTU untuk Wilayah Nusa Tenggara Barat <i>W. L. Widodo</i>	221-228
Kajian Kebijakan Strategis dalam Pengelolaan Iradiator pada Era PP Tarif Baru <i>Y. Garini dan H. Wahyuningrum</i>	229-235
Scan Absorption Column in Industrial Process <i>Wibisono, B. Azmi, F. R. Ningsih, dan M. Stefanus</i>	236-240
Scan Reference Performed on Quench Tower using Co-60 <i>Wibisono</i>	241-247

KORELASI PAPARAN RADIASI PENGION TERHADAP KADAR HEMATOKRIT, TROMBOSIT, DAN ERITROSIT PEKERJA RADIASI

Correlation of Ionizing Radiation Exposure to Hematocrit, Platelets, and Erythrocytes Levels of Radiation Workers

Harry Nugroho Eko Surniyantoro* dan Tur Rahardjo

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan 12440, Indonesia.

*E-mail korespondensi: harry_nes@batan.go.id

ABSTRAK

Efek radiasi terhadap tubuh manusia bergantung pada jumlah dosis yang diberikan, frekuensi pemberian dosis radiasi (akut atau bertahap), serta sensitivitas organ/sel. Jaringan darah pada manusia merupakan sistem penting yang sensitif terhadap paparan radiasi pengion. Adanya gangguan produksi sel darah sangat mengganggu sistem metabolisme dan fungsi darah sebagai transporter utama dalam tubuh manusia sehingga diperlukan kajian mengenai efek radiasi pengion terhadap sistem darah manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi antara dosis radiasi dan lama kerja terhadap kadar hematokrit, platelets dan eritrosit pekerja radiasi. Penelitian dilakukan terhadap 57 orang pekerja radiasi di beberapa Rumah Sakit di Indonesia. Sampel darah sebanyak 3 mL diuji kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit menggunakan alat Hematologi analizer ABX Micros 60. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar hematokrit, trombosit, eritrosit, lama kerja dan dosis paparan berturut-turut sebesar $43,32 \pm 4,07\%$; $288,3 \pm 66,45 \times 10^3/\text{mm}^3$; $6,28 \pm 1,65 \times 10^6/\text{mm}^3$; $18,32 \pm 9,12$ tahun dan $0,87 \pm 0,62$ mSv. Uji korelasi menggunakan korelasi-regresi linier menunjukkan korelasi negatif antara lama kerja dengan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit, walaupun tidak signifikan ($P > 0,05$), sedangkan korelasi antara dosis paparan dengan kadar hematokrit dan trombosit menunjukkan korelasi positif, sedangkan dengan kadar eritrosit menunjukkan korelasi negatif ($P > 0,05$). Adanya korelasi negatif tersebut dapat disebabkan karena pengaruh paparan radiasi pengion terhadap sel darah yang mengakibatkan menurunnya kemampuan sistem hematopoietik dalam tubuh untuk memproduksi sel darah dan trombosit. Korelasi negatif terhadap lama kerja selain dipengaruhi oleh akumulasi paparan juga dipengaruhi oleh usia. Semakin tua usia seseorang maka kemampuan sistem hematopoietik tubuh akan berkurang dan menurunkan produksi sel darah.

Kata kunci: radiasi pengion, hematokrit, trombosit, eritrosit, dosis ekuivalen, lama kerja, pekerja radiasi

ABSTRACT

The effect of radiation on the human body depends on the irradiation doses, frequency of radiation doses administration (acute or gradual), and also the sensitivity of the organ/cell. Blood systems are very sensitive to ionizing radiation. The disruption of a blood production is very necessary to the metabolic system and blood functions as a main transporter in the human body. This study was aimed to examine the correlation between radiation dose and years of employment to the hematocrit, platelets and erythrocytes levels of radiation workers. The study was conducted on 57 radiation workers in several hospitals in Indonesia. The blood samples (3 mL) was collected and the levels of hematocrit, platelets and erythrocytes were analyzed using ABX Micros 60 hematology analyzer. The results showed that the mean hematocrit, platelets, erythrocytes levels, years of employment and radiation doses were $43,32 \pm 4,07\%$; $288,3 \pm 66,45 \times 10^3 / \text{mm}^3$; $6,28 \pm 1,65 \times 10^6 / \text{mm}^3$; $18,32 \pm 9,12$ years and $0,87 \pm 0,62$ mSv, respectively. The test used linear correlation-regression which showed a negative correlation between years of employment and hematocrit, platelets and erythrocytes levels, although it was not significant ($P > 0,05$). The correlation between radiation dose and hematocrit and platelet levels showed positive, while erythrocyte levels showed a negative correlation ($P > 0,05$). The negative correlation can be due to the affects of ionizing radiation to the functions of the hematopoietic system in the body to produce cells and platelets. Negative correlation to the years of employment can be affected by the accumulation of dose and age. The increased of age in human will decrease the hematopoietic system ability and decrease the blood cells production.

Keywords: ionizing radiation, hematocrit, platelets, erythrocytes, equivalent doses, years of employment, radiation workers

PENDAHULUAN

Efek radiasi terhadap tubuh manusia bergantung pada jumlah dosis yang diberikan, frekuensi pemberian dosis radiasi (akut atau

bertahap), serta sensitivitas organ/sel terhadap radiasi. Hal ini menyebabkan munculnya efek yang berbeda-beda terhadap paparan radiasi. Paparan yang berlebihan dapat menyebabkan kematian sel

berupa apoptosis dan kegagalan mitosis. Sel tubuh yang mengalami apoptosis lebih mudah terinduksi dan lebih cepat mengalami kematian hanya dalam beberapa jam setelah terpapar radiasi, misalnya pada sel hematopoietik dan sel kanker, sedangkan kegagalan mitosis terjadi umumnya setelah dilakukan radioterapi terutama pada jenis kanker padat [1,2].

Radiasi pengion dosis rendah yang banyak digunakan di rumah sakit terutama untuk terapi pasien kanker. Alat-alat seperti *CT-scan*, kamera gamma, unit brakhiterapi, *doses calibrator*, *positron emission tomography* (PET), *linear accelerators* (LINAC) merupakan alat-alat yang memancarkan gamma dan sinar X serta memberi risiko bagi kesehatan penggunaannya [3]. Radiasi pengion yang dipancarkan oleh alat-alat tersebut dapat menyebabkan kerusakan sel melalui pemutusan ikatan kimia molekul dan merusak DNA dengan memproduksi radikal bebas yang dapat menginisiasi terjadinya apoptosis (kematian) sel [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Surniyantoro *et al.* menunjukkan adanya pengaruh radiasi pengion terhadap kerusakan DNA dengan biomarker mikronukleus pada limfosit sel darah tepi [5-7].

Paparan radiasi pengion jangka panjang dapat mempengaruhi aktivitas pembelahan sel, terutama pada jaringan yang sensitif seperti sumsum tulang, kulit dan organ gastrointestinal. Gangguan pada sumsum tulang akan mengganggu produksi sel darah, sehingga fungsi penting darah sebagai transporter oksigen dan pertahanan terhadap virus dan bakteri terganggu. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ismail dan Jaafar (2011) menunjukkan bahwa perubahan fungsi darah akibat radiasi pengion dipengaruhi oleh lama paparan (lama kerja) dan dosis efektif. Penelitian yang dilakukan oleh Ismail dan Jaafar menggunakan sampel darah non pekerja radiasi yang diberi perlakuan radiasi dari sumber Radium (^{226}Ra) dengan dosis antara 10-41 μSv , sedangkan pada penelitian kami, sampel yang digunakan adalah darah pekerja radiasi yang menerima paparan radiasi antara 0,12-2,86 mSv [8-10].

Fokus penelitian ini terletak pada analisis kadar hematokrit, eritrosit dan trombosit (*platelets*) darah. Produksi eritrosit darah diatur oleh sistem eritropoietik. Sistem ini akan memproduksi eritrosit yang sudah matang yang berasal dari bentuk *immature*, yaitu eritroblast dan proeritroblast basofilik dan merupakan bentuk paling sensitif terhadap radiasi dibanding bentuk eritrosit lainnya.

Platelets atau trombosit diproduksi oleh sel trombopoietik. Sel ini akan memproduksi megakariosit pada sumsum tulang sirkulasi darah tepi. Platelets dan sel megakariosit yang belum matang sangat sensitif terhadap radiasi dan dapat menurun kadarnya pada dosis radiasi tinggi [11].

Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya efek genotoksik paparan radiasi dosis rendah terhadap DNA somatik pekerja radiasi. Beberapa penelitian berfokus pada ahli jantung intervensional yang bekerja dalam kateterisasi jantung dan terpapar pada radiasi pengion dosis rendah [12-14]. Hipotesis penelitian ini adalah semakin tinggi dosis radiasi yang diterima dan semakin lama paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi dapat menurunkan kadar hematokrit, eritrosit dan trombosit (*platelets*) darah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi antara dosis radiasi dan lama kerja terhadap kadar hematokrit, *platelets* dan eritrosit pekerja radiasi.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Etik penelitian didapatkan dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia No LB.02.01/5.2.KE.079/2017. Subyek penelitian meliputi 57 orang pekerja radiasi di beberapa rumah sakit yang bekerja pada instalasi Radiologi (Radiolog, Radiografer, Teknisi, dan Fisika Medis). Bahan yang digunakan adalah vacutainer-EDTA, reagen diluent-M, lyse-M, rinse-M. Alat uji yang digunakan adalah *Hematology analyzer* ABX Micros 60.

Tata Kerja

Sebanyak 3 mL darah diambil dari masing-masing pekerja radiasi menggunakan syringe. Darah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam vacutainer yang berisi anti-koagulan (EDTA) kemudian diinversi perlahan-lahan agar tidak menggumpal. Darah dalam vacutainer yang telah tercampur antikoagulan EDTA tersebut diperiksa dengan menggunakan alat *Hematology analyzer* ABX Micros 60 sesuai standar laboratorium, meliputi pemeriksaan kadar hematokrit, trombosit/*platelets* dan eritrosit. Korelasi antara lama paparan (lama kerja) dan dosis ekuivalen dengan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit darah diuji dengan analisis regresi linier. Korelasi signifikan ditunjukkan dengan nilai $P < 0,05$.

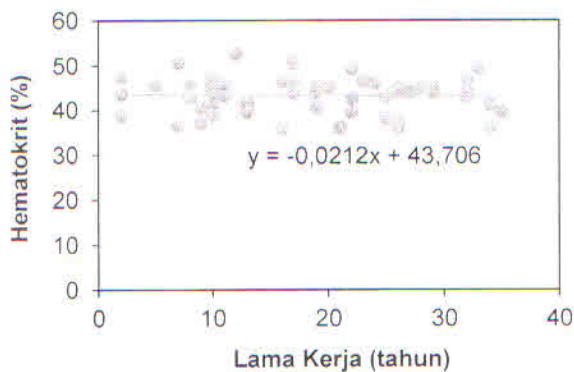
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kadar hematokrit, trombosit, eritrosit, lama kerja dan dosis paparan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah hematokrit, trombosit, eritrosit, lama kerja dan dosis radiasi pekerja radiasi

Parameter	Rerata±SD	Rentang Nilai
Hematokrit (%)	43,32 ± 4,07	35,9-52,6
Trombosit ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	288,3 ± 66,45	143-538
Eritrosit ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	6,28 ± 1,65	3,88-12,2
Lama Kerja (tahun)	18,32±9,12	2-35
Dosis Paparan (mSv)	0,87±0,62	0,12-2,86

Korelasi antara lama kerja dengan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit ditunjukkan pada Gambar 1-3, sedangkan korelasi antara dosis paparan dengan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit ditunjukkan pada Gambar 4-6. Korelasi antara lama kerja dengan kadar hematokrit menunjukkan korelasi negatif walaupun tidak signifikan ($P=0,725$). Setiap kenaikan masa kerja 1 tahun akan menurunkan kadar hematokrit sebesar 0,0212%.

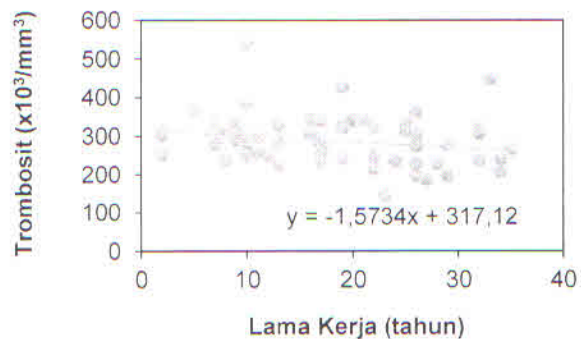


Gambar 1. Korelasi lama kerja dengan kadar hematokrit ($P=0,725$)

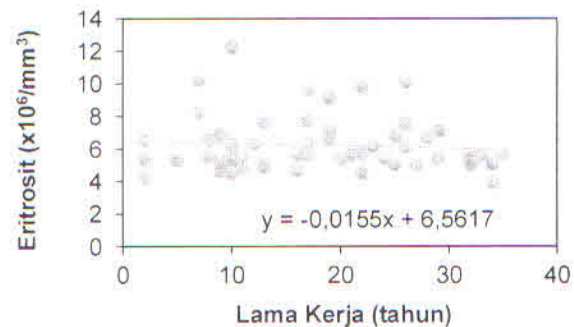
Korelasi antara lama kerja dengan kadar trombosit menunjukkan korelasi negatif ($P=0,107$). Setiap kenaikan masa kerja 1 tahun akan menurunkan kadar trombosit sebesar $1,57 \times 10^3/\text{mm}^3$. Korelasi antara lama kerja dengan kadar eritrosit menunjukkan korelasi negatif. Setiap kenaikan masa kerja 1 tahun akan menurunkan kadar eritrosit sebesar $0,016 \times 10^6/\text{mm}^3$.

Korelasi antara dosis dengan kadar hematokrit menunjukkan korelasi positif walaupun

tidak signifikan ($P=0,663$). Setiap kenaikan dosis 1 mSv akan meningkatkan kadar hematokrit sebesar 0,39%. Korelasi antara dosis dengan kadar trombosit menunjukkan korelasi positif ($P=0,08$). Setiap kenaikan dosis 1 mSv akan meningkatkan kadar trombosit sebesar $25,253 \times 10^3/\text{mm}^3$. Korelasi antara dosis dengan kadar eritrosit menunjukkan korelasi negatif. Setiap kenaikan dosis 1 mSv akan menurunkan kadar eritrosit sebesar $0,17 \times 10^6/\text{mm}^3$ ($P=0,641$).

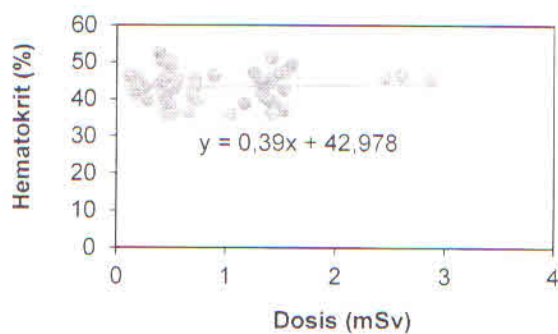


Gambar 2. Korelasi lama kerja dengan kadar trombosit ($P=0,107$)

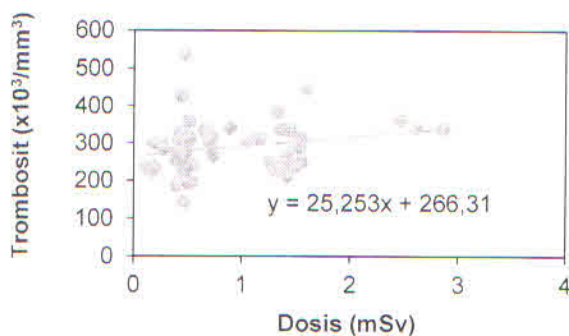


Gambar 3. Korelasi lama kerja dengan kadar eritrosit ($P=0,526$)

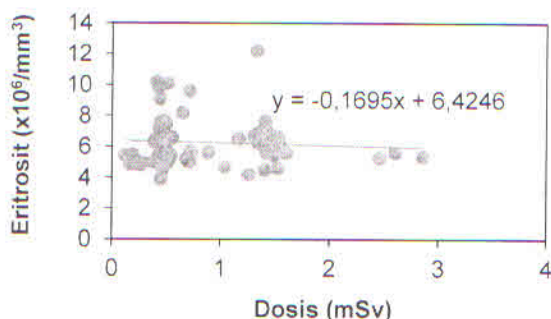
Hematopoiesis adalah salah satu sistem tubuh yang paling kompleks baik dalam struktur maupun dalam berbagai fungsinya. Sistem ini termasuk sumsum tulang, organ pembentuk darah utama, dan sel-sel fungsional matang yang beredar di dalam darah kapal. Rentang nilai normal hematologi bervariasi pada bayi, anak-anak dan remaja, umumnya lebih tinggi saat lahir dan selama beberapa tahun kemudian jumlahnya akan menurun.



Gambar 4. Korelasi dosis dengan kadar hematokrit ($P=0,663$)



Gambar 5. Korelasi dosis dengan kadar trombosit ($P=0,08$)



Gambar 6. Korelasi dosis dengan kadar eritrosit ($P=0,641$)

Hematokrit menunjukkan persentase sel darah merah terhadap volum darah total. Trombosit atau platelets merupakan elemen terkecil darah yang berperan dalam proses pembekuan darah. Eritrosit berperan untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh dan sebaliknya, mengangkut kembali CO_2 dari jaringan ke paru-paru. Seluruh produksi komponen sel darah tersebut dilaksanakan oleh sistem hematopoietik tubuh.

Sistem hematopoietik sangat sensitif terhadap radiasi, terutama lama kerja dan dosis paparan radiasi. Hasil penelitian menunjukkan

penurunan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit darah seiring dengan bertambahnya lama kerja. Hal ini menunjukkan ada keterkaitan antara paparan radiasi pengion terhadap produksi sel darah. Semakin lama masa kerja seseorang akan menyebabkan terakumulasinya dosis radiasi dalam tubuh. Penelitian sebelumnya oleh Shahid *et al.* (2014) juga menunjukkan penurunan kadar hematokrit dan trombosit berturut-turut sebesar 2,4% dan $37,78 \times 10^9/\text{L}$ terhadap kenaikan dosis sebesar 1 mSv [15]. Akumulasi dosis bukan satu-satunya faktor yang dapat menurunkan kadar hematokrit maupun komponen darah yang lain. Bertambahnya usia pekerja radiasi juga dapat menurunkan kemampuan sel hematopoietik untuk memproduksi sel darah.

Hasil uji korelasi antara dosis radiasi dengan kadar hematokrit dan trombosit menunjukkan hubungan positif, sedangkan korelasi negatif terdapat antara dosis dengan kadar eritrosit. Penjelasan yang ilmiah adalah adanya rangsangan seperti hipoksia karena radiasi pengion. Rangsangan ini menyebabkan pelepasan erythropoietin dari ginjal mengarah ke produksi sel darah merah. Selanjutnya, rangsangan menuju ke sumsum tulang menyebabkan produksi sel darah yang lebih tinggi. Peningkatan ini sebagai akibat dari mekanisme kompensasi yang dimulai di sumsum tulang. Kadar eritrosit tidak meningkat karena hemolisis sel darah merah sebagai akibat dari paparan radiasi pengion. Radiasi pengion menyebabkan apoptosis pada homeopati sel induk, yang menghambat penyediaan sel matang ke dalam aliran darah [16].

Kecepatan penurunan kadar paling cepat terjadi pada sel darah putih dalam waktu 24 jam paska paparan radiasi pengion, sedangkan trombosit menurun secara bertahap dan dalam waktu lama [17,18]. Hal ini dikuatkan oleh penelitian dari Caciari *et al.* (2012) yang menunjukkan bahwa rata-rata total sel darah putih secara signifikan menurun pada pekerja yang terpapar dibandingkan dengan kontrol [19].

Pada pekerja yang menerima paparan dosis yang sangat rendah, dosis total yang diperlukan untuk merusak jaringan mencapai nilai yang sangat tinggi, sehingga proses hemopoiesis akan terus berjalan walaupun kadar komponen darah mengalami penurunan [20]. Di sisi lain, sebuah studi oleh Sanzari *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kerusakan akibat paparan radiasi pengion menyebabkan penurunan jumlah sel darah yang signifikan tergantung dosis yang diterima [21].

Namun, tubuh memiliki mekanisme toleransi yang cukup untuk mencegah kegagalan hemopoietik pada tingkat paparan radiasi dosis rendah terkait dengan tanggapan sel induk [22].

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan, yaitu terdapat batasan-batasan yang signifikan, penentuan subyek penelitian tidak dilakukan secara acak, beberapa faktor tidak dikendalikan, misalnya pola makan subyek, riwayat penyakit, aktivitas fisik, penggunaan antibiotik dan obat tertentu. Faktor-faktor tersebut dapat berpengaruh terhadap hasil pengukuran kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit darah.

KESIMPULAN

Uji korelasi menggunakan korelasi-regresi linier menunjukkan korelasi negatif antara lama kerja dengan kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit, walaupun tidak signifikan ($P > 0,05$), sedangkan korelasi antara dosis paparan dengan kadar hematokrit dan trombosit menunjukkan korelasi positif, sedangkan dengan kadar eritrosit menunjukkan korelasi negatif ($P > 0,05$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua staf dan laboran Bidang Teknik Nuklir Kedokteran dan Biologi Radiasi, Pusat Teknologi Metrologi Radiasi dan Keselamatan, Badan Tenaga Nuklir Nasional yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. Hollstein, D. Sidransky, B. Vogelstein, CC. Harris. "P53 mutations in human cancers," *Science*, vol. 253, pp. 49–53, 1991.
- [2]. Ianzini, A., Bertoldo, E. A., Kosmacek, S.L., Phillips, M. A., Mackey, "Lack of p53 function promotes radiation-induced mitotic catastrophe in mouse embryonic fibroblast cells," *Cancer Cell. Int.*, vol. 6, pp. 11, 2006.
- [3]. K. Masood, J. Zafar, Z. Tasneem, and H. Zafar, "Assessment of the occupational radiation exposure doses to workers at INMOL Pakistan (2007-11)," *Radiat. Pro. Dosimetry.*, vol. 155, pp. 110-4, 2013.
- [4]. H. Vakifahmetoglu, M. Olsson and B. Zhivotovsky, "Death through a tragedy: Mitotic catastrophe," *Cell Death Differ.*, vol. 15, pp. 1153–62, 2008.
- [5]. H. N. E. Surniyantoro, Y. Lusiyanti, T. Rahardjo, S. Nurhayati, D. Tetriana, "Association between XRCC1 exon 10 (Arg399Gln) gene polymorphism and micronucleus as a predictor of DNA damage among radiation workers," *Biodiversitas*, vol. 19, no. 5, 1676-1682, 2018
- [6]. H. N. E. Surniyantoro, Y. Lusiyanti, T. Rahardjo, D. Tetriana, S. Nurhayati, H. Date, "Polymorphism of XRCC1 Gene Exon 6 (Arg194Trp) in Relation to Micronucleus Frequencies in Hospital Radiation Workers," *Atom Indonesia*, vol. 44, no. 2, 105-111, 2018.
- [7]. H. N. E. Surniyantoro, Y. Lusiyanti, W. Mailana, D. Tetriana, "Genetic polymorphism in DNA base excision repair gene XRCC1 among medical radiation workers," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, pp. 395-400, ISSN: 1858-3601, 2018.
- [8]. T. M. Fliedner and D. H. Graessle, "Hemopoietic response to low dose-rates of ionizing radiation shows stem cell tolerance and adaptation," *Dose Response.*, vol. 10, pp. 644-63, 2012.
- [9]. O. A. Smirnova, "Environmental Radiation Effects on Mammals-A Dynamical Modeling Approach," NY, USA Springer, 2010.
- [10]. A. H. Ismail, MS. Jaafar, "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.*, vol. 69, pp. 559-66, 2011.
- [11]. J. A. Reems, N. Pineault, S. Sun, "In Vitro Megakaryocyte Production and Platelet Biogenesis: State of the Art," *Transfus Med. Rev.*, vol. 24(1), pp. 33-43, 2010.
- [12]. M. G. Andreassi, A. Cioppa, N. Botto, G. Joksic, S. Manfredi, C. Federici, "Somatic DNA damage in interventional cardiologists: a case-control study," *The FASEB j.*, vol. 19(8), pp. 998-9, 2005.
- [13]. A. Roguin, J. Goldstein and O. Bar, "Brain tumours among interventional cardiologists: a cause for alarm: Report of four new cases from two cities and a review of the literature," *EuroIntervention*, vol. 7(9), pp. 1081-86, 2012.
- [14]. L. Venneri, F. Rossi, N. Botto, M. G. Andreassi, N. Salcone, A. Emad, "Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's Biological Effects of

- Ionizing Radiation VII Report," *Am. heart j.*, vol. 157(1), pp. 118-24, 2009.
- [15]. S. Shahid, N. Mahmood, M. N. Chaudhry, S. Sheikh, N. Ahmad, "Assessment of impacts of hematological parameters of chronic ionizing radiation exposed workers in hospitals," *Fuuast J. Biol.* vol. 4(2), pp. 135-46, 2014.
- [16]. N. Dainiak, "Hematological consequences of exposure to ionizing radiation," *Exp. Hematol.*, vol. 30, pp. 513-28, 2002.
- [17]. C. J. Maks, X. S. Wan, J. H. Ware, A. L. Romero-Weaver, J. K. Sanzari, J. M. Wilson, "Analysis of white blood cell counts in mice after gamma- or proton-radiation exposure," *Rad. Res.*, vol. 176 (2), pp. 170-176, 2011.
- [18]. A. L. Romero-Weaver, X. S. Wan, E. S. Diffenderfer, L. Lin, AR. Kennedy, "Effect of SPE like proton or photon radiation on the kinetics of mouse peripheral blood cells and radiation biological effectiveness determinations," *Astrobiology*, vol. 13(6), pp. 570-577, 2013.
- [19]. T. Caciari, A. Capozzella, F. Tomei, H. A. Nieto, PA. Gioffrè, V. Valentini, B. Scala, G. Andreozzi, S. De sio, A. Chiqhine, G. Tomei, M. Ciarrocca, "Professional exposure to ionizing radiations in health workers and white blood cells," *Annali di igiene.*, vol. 24, pp. 465-474, 2012.
- [20]. V. Kutkov, F. Buglova, T. McKenna, "Severe deterministic effects of external exposure and intake of radioactive material: basis for emergency response criteria," *J. Rad. Protection*, vol. 31 (2), pp. 237-53, 2011.
- [21]. J. K. Sanzari, K. A. Cengel, X. S. Wan, A. Rusek, A. R. Kennedy, "Acute hematological effects in mice exposed to the expected doses, dose-rates, and energies of solar particle event-like proton radiation," *Life Sciences in Space Research (Amst)*, vol. 2, pp. 86-91, 2014.
- [22]. T. M. Flidner, D. H. Graessle, V. Meineke, LE. Feinendegen, "Hemopoietic response to low dose-rates of ionizing radiation shows stem cell tolerance and adaptation," *Dose Response*, vol. 10(4), pp. 644-63, 2012.

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

1. Pertanyaan (Suryadi (PTKMR-BATAN)):

- 1) Penjelasan korelasi lama kerja dan dosis terhadap komponen darah?

Jawaban:

- 1) Berdasarkan hasil penelitian, lama kerja berkorelasi negatif terhadap kadar komponen darah. Hal ini disebabkan karena:
- Terjadi kerusakan DNA pada jaringan hematopoietik yang memicu menurunnya kemampuan produksi sel darah.
 - Gen-gen seperti P53 → meningkat → PUMA meningkat → apoptosis → kematian sel darah.

2. Pertanyaan (Supriyanto (PAIR BATAN)):

- 1) Bagaimana mekanisme radiasi pengion dapat mempengaruhi darah?

Jawaban:

- 1) Radiasi pengion yang diterima pekerja iradiasi akan menyebabkan kerusakan dna -> proliferasi sel darah di sistem hematopoietik. Hal ini menyebabkan gen ekspresi P53 meningkat -> protein PUMA meningkat -> protein Bax/Bak aktif -> apoptosis -> kematian sel. Selain itu P53 -> P21 meningkat -> fungsi sel menurun. Hal tersebut menyebabkan produksi sel darah merah menurun. Protein P53 yang meningkat juga akan mempercepat penuaan sel. Sel yang menua akan kehilangan kemampuan untuk memproduksi sel darah.

3. Pertanyaan (Fajar Lukitowati (PAIR, BATAN)):

- 1) Mengapa terdapat perbedaan korelasi antara lama waktu iradiasi VS hematokrit dan dosis iradiasi VS hematokrit?

Jawaban:

- 1) Paparan radiasi pengion yang akan menginduksi kerusakan DNA → gen yang mengatur proliferasi sel hematopoietik tidak berfungsi optimal → produksi sel darah turun. Selain itu ada gen P53 → penuaan sel → kemampuan sel untuk berkembang menjadi sel darah merah menurun.

4. Pertanyaan (M. Muhyidin (BATAN)):

- 1) Mengapa sampel yang dipilih untuk analisis tingkat kerusakan sel pada pekerja radiasi berupa sampel darah?
- 2) Kedepan adakah rencana meneliti kerusakan organ dari pekerja radiasi di kawasan nuklir serpong yang terpapar radiasi?

Jawaban:

- 1) Karena sampel darah lebih mudah dalam proses sampling, efek negatif untuk subyek minimal, dan sesuai dengan judul penelitian, menguji kadar hematokrit, trombosit dan eritrosit.
- 2) Sangat bisa, karena target sampel masing-masing penelitian berbeda tergantung tema/judul.

5. Pertanyaan (Bony Fasius (Universitas Panca Marga Probolinggo)):

- 1) Dimana sampel diambil?
- 2) Latar belakang pendidikan apa yang serumpun dengan pendidikan dan pekerjaan sesuai judul makalah anda?
- 3) Kapan penelitian dilakukan?
- 4) Bagaimana data yang dikembangkan setelah riset?

Jawaban:

- 1) Di instansi instansi rumah sakit pemerintah di bogor, Jakarta, Tangerang, dan Bekasi
- 2) Latar belakang pendidikan kedokteran, analisis medis, radiologi dan perawat serta biologi molekuler.
- 3) Penelitian dilakukan selama 2 tahun dengan jenis penelitian kualitatif dan eksplorasi.
- 4) Data yang dikembangkan sangatlah signifikan, dijabarkan dengan akurat, teratur, komprehensif dan jelas. Sesuai metode penelitian yang mendalam.