

Vol. 7 No. 1 April 2018
ISSN :2301-5810

JURNAL

Biotek Medisiana Indonesia

The Indonesian Journal of Biotechnology Medicine

Polimorfisme *Adrenergic Receptor Beta-3 (Adrb3)* Pada Derajat Obesitas Penderita Diabetes Melitus di Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor
(Tati Febrianti, Dwi Febriyana, Ni Ketut Susilarini, Asri Werdha Sari, Uly Alfi Nikmah)

Teknologi Citra Medis *Digital Subtraction Angiography (DSA)* untuk Diagnostik dan Therapy Intervensi Penyakit Pembuluh Darah
(Ida Susanti, Frans)

Multidrug-Resistant Tuberculosis (MDR-TB) : Incidence Rate in Palembang City South Sumatra, Indonesia
(Suryadi Tjekyan, Emma Novita, Zata Ismah)

Pengaruh Prototipe Enkapsulasi Berbasis Alginat Terhadap Viabilitas dan Stabilitas Sel Punca Mesenkim
(Rilianawati, Sarah Imanissa, Arifah Zahra, Subintoro, Ahmad Safari, Elrade Rofaani)

Efek Jenis Pekerjaan, Usia dan Gender Terhadap Kerusakan DNA Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medis
(Darlina, Tur R, Teja K, Wiwin M, Yanti L)

Pengaruh Atorvastatin 40 Mg Dalam Menurunkan Kadar Kolesterol pada Penderita Hiperkolesterolemia
(Emma Novita, Zata Ismah)

Disain Senyawa Sintetik Berbasis Lipopeptida Sebagai Penghantar Material Genetik ke Dalam Sel Mamalia
(Tarwadi, Sabar Pambudi, Alfani Danny Arbianto, Heni Rachmawati, Rahmana Emran Kartasasmita, Sukmadjaja Asyarie)

Optimalisasi Pewarnaan Giemsa Pada Apusan Darah Tipis Parasit Rodensia *Plasmodium berghei* Untuk Mendukung Pengembangan Vaksin Malaria Iradiasi
(Mukh Syaifudin, Teja Kisnanto, Indah Irma)

Terakreditasi Nomor : 702/Akred/P2MI-LIPI/10/2015

Puslitbang Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan

Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan
Kementerian Kesehatan RI

Jl . Percetakan Negara No.23 – JAKARTA 10560

JURNAL BIOTEK MEDISIANA INDONESIA
(The Indonesian Journal of Biotechnology Medicine)
Volume 7. No. 1 April 2018

DAFTAR ISI

Polimorfisme <i>Adrenergic Receptor Beta-3 (Adrb3)</i> Pada Derajat Obesitas Penderita Diabetes Melitus di Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor <i>Tati Febrianti, Dwi Febriyana, Ni Ketut Susilarini, Asri Werdha Sari, Uly Alfi Nikmah</i>	1-8
Teknologi Citra Medis <i>Digital Subtraction Angiography (DSA)</i> untuk Diagnostik dan Therapy Intervensi Penyakit Pembuluh Darah <i>Ida Susanti, Frans Dani</i>	9-19
Multidrug-Resistant Tuberculosis (MDR-TB) : Incidence Rate in Palembang City South Sumatra, Indonesia <i>Suryadi Tjeykan, Emma Novita, Zata Ismah</i>	21-27
Pengaruh Prototipe Enkapsulasi Berbasis Alginat Terhadap Viabilitas dan Stabilitas Sel Punca Mesenkim <i>Rilianawati, Sarah Imanissa, Arifah Zahra, Subintoro, Ahmad Safari, Elrade Rofaani</i>	29-44
Efek Jenis Pekerjaan, Usia dan Gender Terhadap Kerusakan DNA Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medis <i>Darlina, Tur R, Teja K, Wiwin M, Yanti L</i>	45-55
Pengaruh Atorvastatin 40 Mg Dalam Menurunkan Kadar Kolesterol Pada Penderita Hiperkolesterolemia <i>Emma Novita, Zata Ismah</i>	57-66
Disain Senyawa Sintetik Berbasis Lipopeptida Sebagai Penghantar Material Genetik ke Dalam Sel Mamalia <i>Tarwadi, Sabar Pambudi, Alfan Danny Arbianto, Heni Rachmawati, Rahmana Emran Kartasmita, Sukmadjaja Asyarie</i>	67-81
Optimalisasi Pewarnaan Giemsa Pada Apusan Darah Tipis Parasit Rodensia <i>Plasmodium berghei</i> Untuk Mendukung Pengembangan Vaksin Malaria Iradiasi <i>Mukh Syaifudin, Teja Kisnanto, Indah Irma</i>	83-91

Efek Jenis Pekerjaan, Usia dan Gender Terhadap Kerusakan DNA Sel Limfosit Pekerja Radiasi Medis

Darlina, Tur R, Teja K, Wiwin M, Yanti L.

Pusat Teknologi Keselamatan, Metrologi dan Radiasi
Badan Tenaga Nuklir Nasional

Abstract

Exposure to radiation sources from diagnostic devices in the working area is generally low doses, which although it has no direct impact but long-term effects need to be investigated. This study aims to evaluate the effects of occupation type, duration of work, age, and gender to the DNA damage of workers. Samples used were blood lymphocyte cells of 29 exposed and 9 administrative workers as control. DNA damage was analysed using an alkali comet method. The result of the research showed that the parameters of comet test were slightly higher for medical radiation workers than that to control, as well as female medical workers compare to male, but not significantly different. Nor does the influence of work or age on damage to the DNA of the lymphocyte cells of the worker. So it can be concluded the type of work, duration of work, age, and gender have no influence on the damage DNA of exposed occupational group.

Key words; Comet alkali methods, DNA damage, Ionizing radiation, Lymphocyte,

Abstrak

Paparan sumber radiasi dari alat diagnostik di lingkungan kerja umumnya merupakan dosis rendah. Walaupun tidak memiliki dampak langsung tetapi efek jangka panjangnya perlu diteliti. Untuk itu penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh jenis pekerjaan, lama bekerja, umur, dan gender terhadap kerusakan DNA pekerja. Sampel yang digunakan adalah sel limfosit darah 29 pekerja medis yang terpajan radiasi dan 9 pekerja administrasi. Kerusakan DNA diuji dengan menggunakan metode komet alkali. Hasil penelitian diperoleh parameter hasil uji komet sedikit lebih tinggi pada pekerja radiasi medis dibanding kontrol demikian pula pekerja medis wanita terhadap pria, tetapi tidak berbeda secara signifikan. Demikian pula tidak ada pengaruh masa kerja maupun usia terhadap kerusakan DNA sel limfosit pekerja. Dengan demikian dapat disimpulkan jenis pekerjaan, lama bekerja, umur, dan gender tidak berpengaruh terhadap kerusakan DNA pekerja radiasi medis.

Kata kunci: limfosit, kerusakan DNA, radiasi pengion, metode komet alkali.

Pendahuluan

Penggunaan radiasi di bidang medis, dapat menyebabkan staf karyawan terkena paparan radiasi pengion di tempat kerja terlepas dari perangkat proteksi penggunaan radiasi¹⁻³. Radiasi pengion memiliki beberapa karakteristik yang unik sebagai agen mutagenik dan karsinogenik karena kemampuannya untuk mendeposit energi dalam sel dan sehingga tidak ada keraguan tentang risiko yang disebabkan paparan radiasi pengion dosis tinggi pada kesehatan manusia². Sehingga diperlukan

peraturan pemerintah untuk melindungi pekerja maupun pasien Di Indonesia, peraturan tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-x dan Intervensional diatur oleh Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 tahun 2011 diperkuat dengan Perka Bapeten No. 04 tahun 2013 tentang dan nilai batas dosis bagi pekerja radiasi yang ditetapkan untuk diperbolehkan bagi pekerja hingga 20 mSv/tahun⁴.

Paparan sumber radiasi dari alat diagnostik di lingkungan kerja umumnya merupakan dosis rendah. Meskipun dosis ini tidak memiliki dampak langsung terhadap kesehatan manusia tetapi efek jangka panjang mereka terhadap efek biologis perlu diteliti untuk mengetahui efek dari paparan dosis rendah pada individu yang pekerjaan terkena paparan radiasi³.

Target paparan radiasi yang paling penting dalam sel adalah asam deoksiribonukleat (DNA). Hal ini disebabkan DNA merupakan target paling melimpah, sinar gamma dapat diserap langsung oleh DNA akan mengionisasi dua nukleobasa dan gula, menghasilkan kerusakan untai DNA tunggal dan ganda (tindakan langsung)⁵. Selain itu sinar gamma dapat mengionisasi molekul air, menghasilkan elektron cepat berinteraksi dengan molekul air mengakibatkan pembentukan ion radikal, yang memberi efek merusak pada DNA (tindakan tidak langsung). Tindakan tidak langsung ini bertanggung jawab untuk 60-70% dari kerusakan DNA akibat paparan sinar X maupun gamma⁶. Dengan demikian perlu dilakukan prediksi kerusakan DNA akibat paparan radiasi pada pekerja yang terpapar. Perubahan DNA dapat diperiksa di sel limfosit darah tepi dengan menggunakan teknik sitogenetik

Sel limfosit merupakan sel yang paling sensitif terhadap radiasi sehingga mudah mengalami kerusakan pada DNA-nya. Dengan demikian sel limfosit merupakan sel yang paling umum digunakan untuk memprediksi dosis radiasi pengion yang diterima seseorang berdasarkan perubahan materi biologis dalam tubuh. Salah satu teknik sitogenetik untuk mengukur kerusakan DNA dalam sel adalah Uji komet.

Uji Komet merupakan metode visual yang sederhana, cepat dan sensitif untuk mengukur dan menganalisa kerusakan DNA. Uji komet alkaline dilaporkan dapat

mendeteksi kerusakan DNA pada limit dosis radiasi hingga 0.6 cGy⁷ Teknik ini dilakukan pada level individual sel dan hanya membutuhkan jumlah sel yang sedikit pada setiap sampel⁸. Uji komet merupakan metode elektroforesis yang mengestimasi kerusakan dengan mengukur migrasi fragmen DNA. Berdasarkan profil DNA dari hasil pencitraan uji komet maka DNA ekor komet (*% tail DNA*) dan Momen ekor komet (*tail moment*) merupakan parameter yang umum digunakan dalam menganalisa kerusakan DNA⁹⁻¹¹. Pada penelitian ini dilakukan uji komet pada sel limfosit darah tepi pekerja radiasi medis dengan bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis pekerjaan, lama bekerja, umur, dan gender terhadap kerusakan DNA pekerja.

Metodologi

Subyek penelitian dan desain.

Subyek penelitian adalah 29 staf dari Unit Radiologi dan Unit Angiografi Rumah Sakit di Jakarta yang terdiri dari dokter, perawat, dan teknisi yang merupakan kelompok pekerja yang secara kontinyu terpapar radiasi. Sampel diambil selama shift kerja yang dipilih secara acak. Masa kerja para anggota staf adalah 4 sampai 48 tahun. Kelompok kontrol adalah 9 karyawan yang tidak terpajan dengan mayoritas adalah pekerja administrasi. Semua peserta relawan anonim dan diinformasikan tentang tujuan dari penelitian. Mereka diminta untuk mengisi kuesioner untuk mendapatkan informasi yang diperlukan tentang jenis kelamin, usia, kebiasaan merokok, deskripsi yang tepat dari pekerjaan mereka, penggunaan obat-obatan terapeutik, paparan diagnostik sinar-X dan setiap pengujian kedokteran nuklir. Karakteristik dari kontrol dan kelompok terkena ditunjukkan pada Tabel 1.

Sampel darah

Sampel darah terdiri dari 3 ml darah utuh dari setiap donor diambil dengan menggunakan *venepunctur* dan ditampung dalam tabung heparin.

Uji kerusakan DNA

Sel limfosit diisolasi dari sampel darah dengan metode sentrifugasi gradien menggunakan histopak 1077. Sel dicuci tiga kali dengan *Posfat Buffer Saline* (PBS) kemudian pelet diresuspensi dengan 1 ml RPMI. Viabilitas sel limfosit dihitung dengan *tryphan blue* dengan menggunakan hemositometer. Sekitar 10^4 sel per 100 μ l medium diambil dari setiap sampel.

Uji kerusakan DNA pada sel limfosit dilakukan dengan uji komet dibawah kondisi basa⁶ 10 mikroliter (μ l) sampel di campur dengan 150 μ l larutan *agarose low melting point* (LMP) 0,5%. Sebanyak 70 μ l campuran ditetaskan pada gelas preparat yang telah dilapisi agarose didiamkan selama 10 menit pada suhu 5°C. Setelah membeku dilapisi kembali dengan agarose LMP 0,5%. Preparat diinkubasi dalam larutan lisis (1.5 M NaCl; 100 mM EDTA-1Na; 10 mM Tris-HCl, pH 10; 1% Triton X-100, and 10% DMSO, pH 10) selama 1 jam pada suhu 5°C. Preparat kemudian dipindahkan ke dalam larutan Alkali (1 mM EDTA and 300 mM NaOH, pH >13) dan inkubasi selama 20 menit pada suhu

5°C. Kemudian dengan menggunakan larutan yang sama dilakukan elektroforesis selama 20 menit pada 25 V dan 300 mA (0,8 V/cm). Setelah elektroforesis sampel gelas preparat dicuci sebanyak 3 kali dengan bufer netral (400 mM Tris-Cl, pH 7.4) selama 5 menit untuk satu kali pencucian. Sampel diwarnai dengan EtBr 1%

Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop fluorescen Nikon yang dilengkapi dengan filter 515 – 560 nm. Komet diamati pada 50 sel dari setiap perlakuan menggunakan *a digital imaging system*. Sel yang bertumpuk tidak bisa dihitung. Citra komet dianalisa menggunakan CASP software. CASPLab dikembangkan menggunakan FOX library (<http://www.fox-toolkit.org/>) sehingga dapat dijalankan pada hampir seluruh sistem operasi komputer baik Windows maupun Linux. CASPLab dapat diunduh pada situs <http://casplab.com>¹²

Hasil

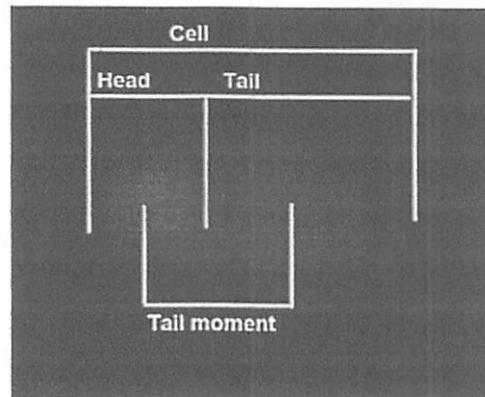
Penelitian kerusakan DNA pada sampel limfosit pekerja radiasi medis maupun kontrol dilakukan dengan menggunakan *comet assay* (uji komet) versi alkali mengikuti metode Singh yang telah dimodifikasi. Evaluasi kerusakan DNA pada sampel limfosit dilakukan pada tahun 2015 di PTKMR-BATAN.

Tabel 1. Karakteristik sampel kontrol dan pekerja radiasi

Parameter	Pekerja Radiasi Medis	Kontrol
Jumlah sampel	27	9
Usia	29-71 (<i>mean</i> 45.37)	29-47(<i>mean</i> 41.75)
Gender/Jenis	13 pria, 14 wanita	5 wanita, 4 pria
Kategori Pekerjaan	10 <i>Operator rontgen</i> 16 <i>Angiographer</i> 2 perawat 1 <i>Endoscooper</i>	Administrasi
Durasi bekerja	4 – 48 tahun (<i>mean</i> 16,72 th)	

Evaluasi kerusakan DNA dilakukan dengan menggunakan metode komet. Parameter komet yang digunakan adalah persen *tail DNA (%T DNA)* dan *Tail Moment (TM)* merupakan parameter yang umum digunakan untuk menganalisa hasil uji komet. Sekitar 50-100 sel harus dianalisa per sampel. Kedua parameter

tersebut pertama kali dikenalkan oleh Olivier dkk. pada tahun 1990¹³. Panjang TM diukur dari pusat kepala ke tengah ekor (lihat Diagram) dan persen TDNA. Evaluasi dilakukan untuk melihat pengaruh jenis pekerjaan, lama kerja, usia, dan gender pengaruhnya terhadap kerusakan DNA.

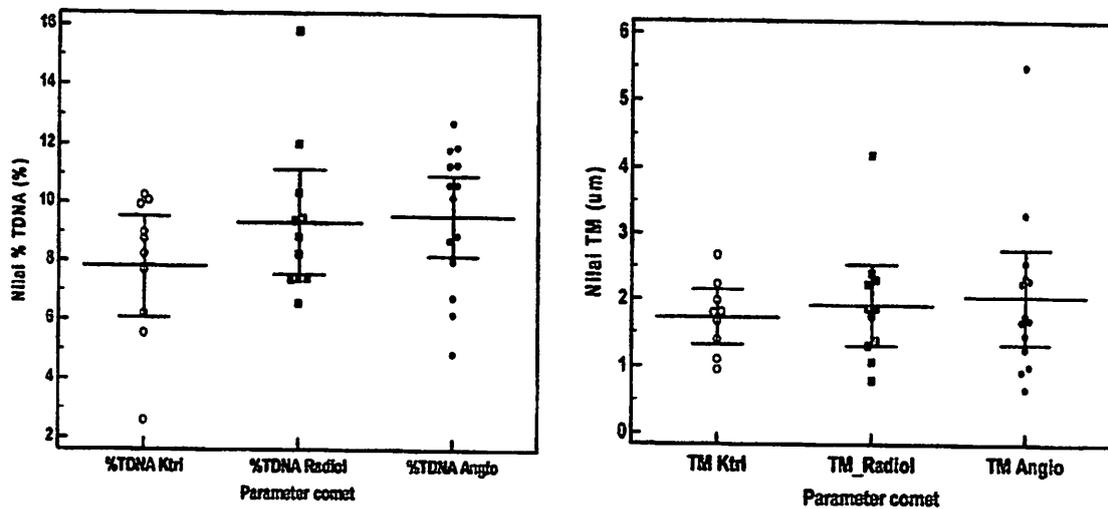


Gambar 1. Diagram visualisasi sel limfosit paska uji komet

Efek dari kategori dan lama pekerjaan pada tingkat kerusakan DNA

Evaluasi pengaruh kategori pekerjaan terhadap kerusakan DNA terhadap sampel kelompok kontrol, radiologi, dan Angiografi. Kelompok kontrol merupakan pekerja yang tidak terpapar radiasi, kelompok Radiologi merupakan pekerja pada bagian Radiologi, dan kelompok Angiografi merupakan pekerja dibagian *cathlab*. Hasil analisa uji komet diperoleh nilai rerata parameter % TDNA terendah pada kelompok kontrol dan nilai yang

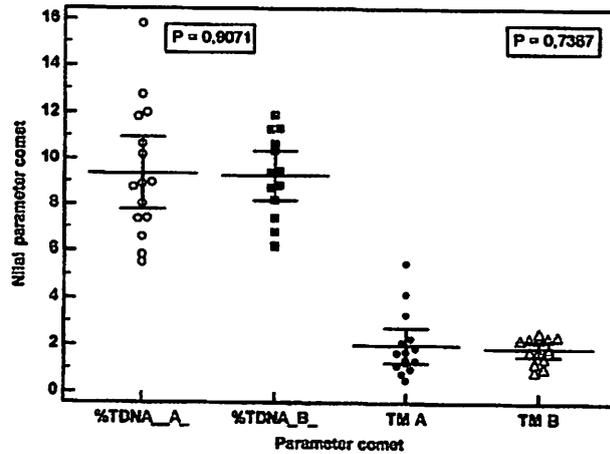
tertinggi pada sampel pekerja Angiografi demikian pula untuk nilai rerata TM (Gambar 1). Namun, ada variabilitas antara individu pada kedua kelompok (Tabel 2, Gambar. 2). Nilai rata-rata untuk TM pada kelompok kontrol bervariasi 0,94-2,66, sedangkan pada kelompok Radiologi bervariasi 0,92-4,175 demikian pula Angiografi bervariasi 0,661-5,497. Tetapi tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara ketiga kelompok sampel (Tabel 2) demikian pula pada kelompok pekerja yang terpapar radiasi.



Gambar 2. Kerusakan DNA pada sel limfosit pada staf berdasarkan kategori pekerjaan TM – tail moment; % DNA – percent of DNA in comet tail; *p<0.05 dibandingkan dengan kontrol berdasarkan uji T-test.

Berdasarkan lama kerja pada pekerja yang terpapar radiasi medis, evaluasi dikelompokkan menjadi dua yaitu di bawah dan di atas nilai tengah masa kerja (median) hasil uji komet yaitu 0-16,7 tahun (kelompok A) dan diatas 16,7 tahun (kelompok B). Dari hasil nilai rerata parameter % TDNA dan TM pekerja yang

bekerja di bawah 16,7 tahun sedikit lebih tinggi dibandingkan di atas 16,7 tahun namun tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Menunjukkan kerusakan DNA dari sel-sel darah putih pekerja yang terpapar radiasi tidak tergantung pada masa kerja.

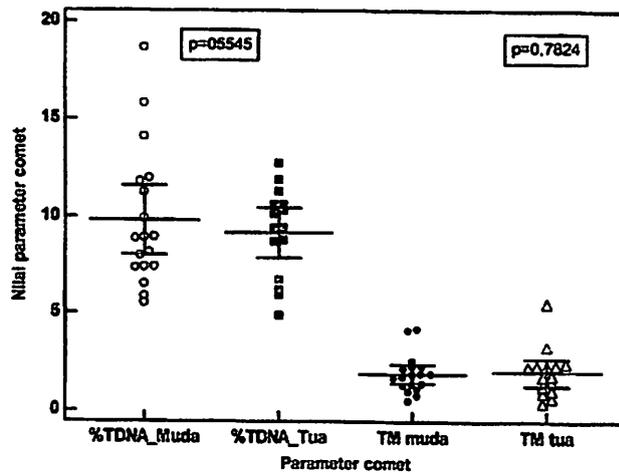


Gambar 3. Kerusakan DNA pada sel limfosit pada staf yang terpapar radiasi berdasarkan kategori lama bekerja
A= 0-16,7 tahun, B= diatas 16,7 tahun
TM – tail moment; % DNA – percent of DNA in comet tail; *p<0.05 berdasarkan uji T-test.

Pengaruh usia pada tingkat kerusakan DNA dalam kelompok kontrol dan terkena

Evaluasi pengaruh usia pada tingkat kerusakan DNA dikelompokkan berdasarkan usia dibawah nilai tengah usia pekerja (median) yaitu 29 – 45,6 tahun

(kelompok junior) dan diatas > 45,6 tahun (kelompok senior). Rerata nilai % TDNA kelompok junior sedikit lebih tinggi tetapi nilai TM nya lebih rendah dibandingkan kelompok senior. Hasil uji t test menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan diantara kedua kelompok tersebut pada kedua parameter

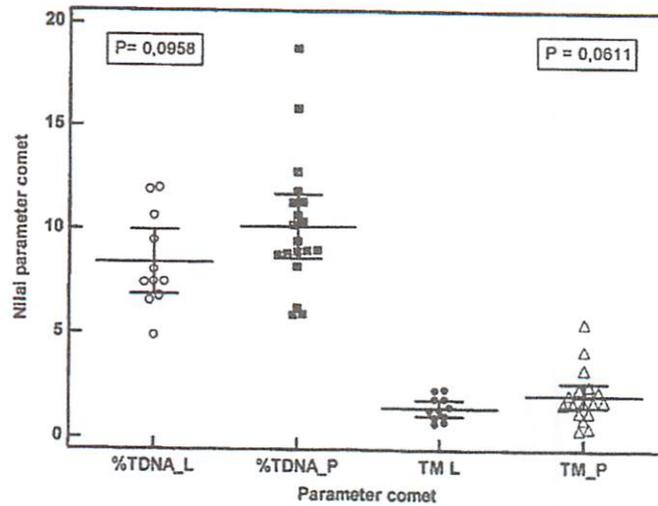


Gambar 4. Kerusakan DNA pada sel limfosit pada staf yang terpapar radiasi berdasarkan kategori usia.
Yunior = 29 – 45,6 tahun, Senior= diatas 45,6 tahun. TM – tail moment;
% DNA – percent of DNA in comet tail; *p<0.05 berdasarkan uji T-test

Pengaruh gender pada tingkat kerusakan DNA dalam kelompok terkena

Evaluasi tingkat kerusakan DNA dalam kelompok pekerja wanita dan pria menunjukkan nilai kedua parameter hasil uji komet pada kelompok wanita lebih

tinggi dibandingkan pria Hal ini menunjukkan sel limfosit wanita lebih rentan terhadap paparan radiasi. Tetapi tingkat kerusakan DNA dalam sel darah putih dari wanita terkena tidak secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki.



Gambar 3. Kerusakan DNA pada sel limfosit pada staf yang terpapar radiasi berdasarkan kategori gender.

TM – tail moment; % DNA – percent of DNA in comet tail; *p<0.05 berdasarkan uji T-test

Diskusi

Radiasi pengion dapat menginduksi transformasi sel dan menyebabkan putusnya rantai tunggal maupun ganda pada DNA dan mengakibatkan terjadinya kerusakan DNA dan mencetuskan aberasi kromosom tidak stabil dan karsinogenesis¹⁴. Radiasi gamma mempengaruhi struktur DNA secara langsung, menyebabkan untai istirahat, atau secara tidak langsung menyebabkan pembelahan molekul air dan menghasilkan radikal bebas hidroksil, radikal bebas hidroksil akan berinteraksi dengan DNA dan menyebabkan kerusakan oksidatif pada DNA lebih lanjut

menyebabkan kematian sel dalam bentuk Apoptosis atau nekrosis^{15,16}.

Aplikasi radiasi di bidang medik umumnya dibedakan atas tiga jenis, yaitu aplikasi radiologi diagnostik, aplikasi radioterapi dan aplikasi kedokteran nuklir. Aplikasi radiologi diagnostik secara umum dilakukan untuk melihat citra struktur tubuh dan fungsi organ. Dengan menggunakan pesawat sinar-X, dosis radiasi yang digunakan pada radiologi diagnostik biasanya rendah (kecuali fluoroskopi dan intervensional) dan waktu penyinaran cukup singkat (3,17–19).

Pada penelitian ini, data dosis radiasi individu tidak diinformasikan oleh Rumah sakit. Tetapi kerusakan DNA karena paparan radiasi dapat diperiksa pada limfosit manusia dengan menggunakan teknik sitogenetik⁸. Teknik Aberasi kromosom merupakan teknik sitogenetik yg sudah mapan untuk estimasi dosis tetapi mempunyai kekurangan karena pengujiannya memakan waktu relatif lama. Elektroforesis gel sel tunggal atau uji komet merupakan salah satu teknik sitogenetik yang digunakan untuk melihat kerusakan DNA dengan mengukur migrasi DNA sebagai perkiraan kerusakan DNA. Dengan uji komet alkali (pH 13), putusannya salah satu untai maupun kedua untai DNA pada posisi yang berhadapan dapat diukur. Penggunaan uji komet mempunyai kelebihan karena jumlah sel yang dibutuhkan sedikit, sensitif dalam mendeteksi tingkat kerusakan DNA dan

mampu mengukur berbagai jenis kerusakan DNA dengan menambahkan enzim spesifik lesi⁹.

Biomonitoring terhadap paparan radiasi pada individu yang terpapar menjadi sesuatu yang diperlukan untuk melihat efek genotoksik dari paparan radiasi. Tipe monitoring ini dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi awal kerusakan DNA. Obyek utama dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh paparan radiasi akibat jenis pekerjaan serta masa kerja terhadap kerusakan DNA individu. Demikian pula pengaruh usia serta gender mempengaruhi efek paparan radiasi yang diterima pekerja. Metode Komet digunakan untuk melihat deteksi awal kerusakan DNA dengan melihat perbandingan parameter TM dan % TDNA terhadap kontrol (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan rerata comet tail momen (CTM) dan rerata persen DNA dalam comet tail (% T DNA) antara beberapa kelompok sampel.

Kelompok sampel	CTM			% T DNA		
	Kisaran	Mean±SD	p	Kisaran	Mean±SD	p
Kontrol	2,58-10,24	1,73±0,51	P = 0,5806	0,94-2,66	7,81±2,43	P = 0,1852
Radiologi	6,53-15,79	1,92±0,91	P = 0,4098	0,78-4,17	9,33±2,65	P = 0,0956
Angiografi	4,85-12,75	2,04±1,18		0,66-5,49	9,56±3,67	
Radiologi	6,53-15,79	1,92±0,91	P = 0,7634	0,78-4,17	9,33±2,65	P = 0,8264
Angiografi	4,85-12,75	2,04±1,18	0,66-5,49	9,56±3,67		
Pekerja radiasi < 45 tahun	5,52—18,75	1,87±0,98	P = 0,7824	0,52-4,17	9,82±3,54	P = 0,5455
Pekerja radiasi > 45 tahun	4,86-12,75	1,97±1,20	0,41-5,49	9,18±2,33		
Terpapar < 16,7 tahun	5,52-18,75	1,99±1,36	P = 0,9071	0,52-5,44	9,36±2,85	P = 0,7367
Terpapar > 16,7 tahun	6,18-11,91	1,86±0,55		0,91-2,55	9,26±1,81	
Pekerja radiasi wanita	5,84-18,75	2,09±1,21	P=0,063	0,41-5,49	10,14±4,39	P = 0,0958
Pekerja radiasi pria	4,85-12,01	1,55±0,57		0,66-2,35	8,39±2,31	

Dari hasil analisa rerata parameter menunjukkan tidak adanya perbedaan

kerusakan DNA yang signifikan antara sel limfosit dengan pekerja yang terpajan

radiasi dibandingkan pekerja yang tidak terpajan (kontrol). Demikian pula antara pekerja di bagian Radiologi dengan bagian Angiografi. Hal ini menunjukkan dosis paparan yang diterima pekerja semuanya ada dalam batas dosis radiasi tahunan yang diijinkan. Paparan semacam ini diterima sebagai paparan dosis rendah. Kurangnya signifikansi dapat dikaitkan dengan kesulitan dalam menemukan efek dalam situasi dosis rendah, dan pada jumlah subjek yang diselidiki yang relatif sedikit. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Bortolotto dkk²⁰. Pada penelitian lain dimana kelompok kontrol merupakan pegawai administrasi yang tidak pernah terpapar radiasi, menunjukkan terjadi perbedaan kerusakan DNA yang signifikan antara pekerja yang terpapar radiasi dengan kontrol¹⁶. Pada penelitian kami kelompok kontrol terdiri dari pegawai administrasi dan perawat yang tidak terpapar radiasi.

Berdasarkan lama kerja pada pekerja medis yang terpapar radiasi, kami membagi masa kerja di bawah nilai median (0-16,7 tahun) dan di atas median (>16,7 tahun). Hasil analisa uji komet pada parameter %TDNA dan TM tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada kedua kelompok sampel tersebut. Dari hasil penelitian ini menunjukkan masa kerja tidak berpengaruh terhadap kerusakan DNA sel limfosit yang dievaluasi dengan uji komet. Hasil penelitian Dobrzynska yang membandingkan hasil uji komet pada pekerja radiasi medis dengan masa kerja dibawah 10 dan diatas 10 tahun menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang signifikan²¹.

Pada penelitian Martinez dkk yang melakukan penelitian uji komet pada pekerja medis sebelum dan setelah bekerja, menunjukkan adanya peningkatan fragmentasi DNA yang signifikan setelah hari kerja bagi mereka yang memiliki status paparan radiasi kerja bila dibandingkan dengan pegawai

administratif yang tidak terpapar²². Karyawan yang terpapar dari Departemen Radiologi, Nuklir dan Radioterapi fragmentasi DNA meningkat setelah bekerja dibandingkan sebelumnya. Dosis paparan radiasi bulanan pada karyawan yang bekerja di Departemen Kedokteran Nuklir dan Radioterapi lebih tinggi dibandingkan dengan Radiologi. Hasil uji komet dari kedua departemen menunjukkan panjang ekor komet yang lebih panjang daripada Radiologi. menunjukkan adanya korelasi positif antara dosis radiasi bulanan dan panjang migrasi ekor DNA. Demikian pula adanya korelasi positif sebelum dan sesudah hari kerja dan panjang migrasi DNA²². Hal ini menunjukkan bahwa uji komet mengevaluasi kerusakan DNA terutama pada paparan yang baru terjadi, seperti beberapa menit sampai jam. Hal ini kemungkinan mayoritas kerusakan DNA akan baik kembali terjadi dalam menit atau jam setelah radiasi²³. Tetapi bila kerusakan DNA tidak bisa baik atau perbaikan tidak tepat. Baik mutasi maupun perbaikan DNA yang tidak tepat diduga sebagai indikator awal risiko kanker^{14,24}

Pada penelitian ini dievaluasi pula pengaruh usia serta gender terhadap kerusakan DNA pada pekerja yang terpapar radiasi. Kelompok usia pekerja dibagi menjadi dua yaitu dibawah dan diatas nilai median usia para pekerja (45 tahun). Hasil penelitian menunjukkan secara statistik tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada diantara kedua kelompok tersebut baik pada parameter % TDNA maupun TM. Hasil evaluasi kedua parameter komet pada pengaruh gender terhadap kerusakan DNA pekerja radiasi menunjukkan kelompok pekerja wanita lebih tinggi dibandingkan pria. Tetapi dari hasil analisa statistik tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada nilai rerata kedua parameter komet.

Pada beberapa penelitian sebelumnya dilaporkan adanya indikasi efek gender pada tingkat kerusakan DNA Single strand

- treated cancer patients using the alkaline comet assay. *Coll Antropol.* 2007;31(3):837-45.
11. Olive PL, Durand RE. Heterogeneity in DNA damage using the comet assay. *Cytom Part A.* 2005;66(1):1-8.
 12. González JE, Romero I, Barquinero JF, García O. Automatic analysis of silver-stained comets by CellProfiler software. *Mutat Res / Genet Toxicol Environ Mutagen.* 2012;748(4113):60-4.
 13. Lee E, Oh E, Lee J, Sul D, Lee J. Use of the tail moment of the lymphocytes to evaluate DNA damage in human biomonitoring studies. *Toxicol Sci.* 2004;81(1):121-32.
 14. Lomax ME, Folkes LK, O'Neill P. Biological consequences of radiation-induced DNA damage: Relevance to radiotherapy. *Clin Oncol.* 2013;25(10):578-85.
 15. Cao J, Zhang J, Wang Y, Du LQ, Xu C, Wang Q, et al. Cytogenetic abnormalities in lymphocytes from victims exposed to cobalt-60 radiation. *Int J Mol Sci.* 2013;14(9):17525-35.
 16. Bouraoui S, Mougou S, Drira A, Tabka F, Bouali N, Mrizek N, et al. A cytogenetic approach to the effects of low levels of ionizing radiation (IR) on the exposed Tunisian hospital workers. *Int J Occup Med Environ Health.* 2013;26(1):144-54.
 17. Martínez A, Mathew C, Carlos A. SF. An assessment of immediate DNA damage to occupationally exposed workers to low dose ionizing radiation by using the comet assay. *Rev Investig Clin.* 2010;62(1):23-30.
 18. Navarro MT, Vañó E, Nogueira S, Batista WO. Radiation Risks and the Importance of Radiological Protection in Interventional Cardiology: A Systematic Review. *Rev Bras Cardiol Invasiva [Internet].* 2014;22(1):87-98
 19. Zakeri F, Hirobe T, Noghabi KA. Biological effects of low-dose ionizing radiation exposure on interventional cardiologists. *Occup Med (Chic Ill).* 2010;109(10):464-9.
 20. I. Bortolottoa,; A. P. S. Brumb; L. M. Souzaab,; C. Trindadeb ; T. N. Guechevab; F. M. Luizb; A. L. L. Paula-Ramosb; A. R. Consigliaa. DNA damage evaluation in a nursing team occupationally exposed to ionizing radiation. *Brazilian J Radiat Sci.* 2015;1(3):1-21.
 21. Dobrzynska MM, Pachocki KA, Gajowik A, Radzikowska J, Sackiewicz A. The effect occupational exposure to ionizing radiation on the DNA damage in peripheral blood leukocytes of nuclear medicine personnel. *J Occup Health.* 2014;56(5):379-86.
 22. Martínez A, Coleman M, Romero-Talamás CA, Frías S. An assessment of immediate DNA damage to occupationally exposed workers to low dose ionizing radiation by using the comet assay. *Rev Investig Clin.* 2010;62(1):23-30.
 23. Valverde M, Rojas E. Environmental and occupational biomonitoring using the Comet assay. *Mutat Res - Rev Mutat Res.* 2009;681(1):93-109.
 24. Brooks AL, Dauer LT. Advances in radiation biology: Effect on nuclear medicine. *Semin Nucl Med.* 2014;44(3):179-86.
 25. Garm C, Moreno-villanueva M, Stevnsner T. Age and gender effects on DNA strand break repair in peripheral blood mononuclear cells. *Aging Cell.* 2013;12(October 2012):58-66.
 26. Rodrigues R, Fernanda M, Jardim C, Marcelo J, Castro D. Genotoxicity and DNA Repair Indicative in Blood Cells after Occupational Exposure to Ionizing Radiation. *Int Arch Med Sect Lab Med.* 2016;9(121):1-13.
 27. M Krisch, Bonassi S, Herceg Z, Hirvonen A. Gender-related differences in response to mutagens and carcinogens. *Mutagenesis.* 2010;25(3):213-21.
 28. Fenech M, Bonassi S. The effect of age, gender, diet and lifestyle on DNA damage measured using micronucleus frequency in human peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis.* 2011;26(1):43-9.