

612.01448
sul
2 9j

**ANALISIS PEMAPARAN RADIASI TERHADAP PROFIL HEMATOLOGI
PEKERJA RADIASI DIVISI RADIOLOGI RUMAH SAKIT DR. KARIADI
SEMARANG**



TESIS

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S2
Program Studi**

Magister Kesehatan Lingkungan

EDDI SUHAEDI SULAEMAN

NIM. E.4.B 001030

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2003**

TESIS

ANALISIS PEMAPARAN RADIASI TERHADAP PROFILE
HEMATOLOGI PEKERJA RADIASI DIVISI RADIOLOGI RUMAH SAKIT
DR. KARIADI SEMARANG

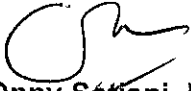
disusun oleh

EDDI SUHAEDI SULAEMAN
NIM.E.4B.001030

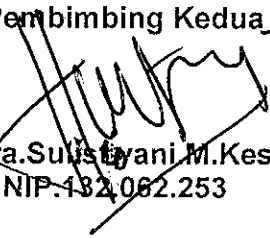
telah dipertahankan didepan Tim Penguji
tanggal 19 Desember 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Menyetujui
Komisi Pembimbing

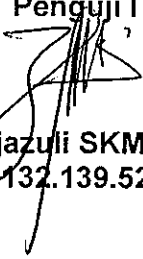
Pembimbing Utama


dr. Onny Setiani Ph.D
NIP.131.958.807

Pembimbing Kedua


Dra. Sulistyani M.Kes
NIP.132.062.253

Penguji I


Nurjazuli SKM.M.Kes
NIP.132.139.521

Penguji II


dr. Eko Kuntjoro Sp.Rad
NIP.140.068.865



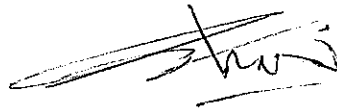
Mengetahui
Ketua Program Studi
Magister Kesehatan Lingkungan

dr. Onny Setiani Ph.D
NIP.131.958.807

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penelitian maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Desember 2003



EDDI SUHAEDI SULAEMAN
NIM. E4B 001030

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Eddi Suhaedi Sulaeman
Tempat Tanggal Lahir : Sumedang, 15 September 1950
Alamat : Jl. Gemah Jaya I/ Kav 6 A.
Telp : (024) 673 5353 , 6719686

Pengalaman Bekerja :

1. Guru tidak tetap KPA Negeri 1, Jakarta. (1971 - 1975)
2. Guru tidak tetap KPAA Negeri 3 Jakarta (1975 -1981)
3. Dosen tidak tetap ATRO / ATEM Dep.Kes RI Jakarta. (1976 -1978)
4. P.N.S. Departemen Kesehatan RI, Jakarta Staf
Direktorat Instalasi Kesehatan (1976 - 1978)
5. Kanwil DEP.KES Prop.Jateng , Semarang (1978 -1983)
6. Dosen tidak tetap ATRO Dep.Kes RI ,Semarang, (1986 - Sekarang)
7. Dosen Tetap ATEM Widya Husada Semarang (1997 - sekarang)
8. RSUP Dr.Kariadi, Semarang (1978 – Sekarang)

SERTIFIKAT KEAHLIAN PROFESI :

1. Izin Instalatir Pesawat Sinar- X, BATAN Jakarta (1977)
2. Analitical Instrument Bausch & Lomb, Singapore (1978)
3. Electro Medizin ,Fa. SIEMENS GMBh, Germany (1982)
4. X-Ray Machine ,by Fa SIEMENS , Germany (1982)
5. Laboratory Equipment Eppendorf, Germany (1982)
6. Mekanik Diesel Machine Lisensi Deutz, Surabaya (1981)
7. RadioTerapi Equipment ;Cobalt 60, BATAN, Jakarta. (1998)
8. (Institut.of Nuclear Medical Oncology Lahore), Pakistan. (1999).
9. Program.Computer.Office.Wahana.Computer., Semarang. (2002).

Pendidikan :

1. Sekolah Rakyat, Lulus tahun ,1962
2. Sekolah Menengah Pertama , Lulus Tahun 1966
3. Sekolah Teknologi Menengah Listrik, Lulus tahun 1969
4. ATRO Dep.Kes, Jakarta ,D III, Lulus tahun 1976.
5. IKIP Bandung, Akta Mengajar III, Izasah tahun 1991
6. IKIP Semarang / UNNES – Teknik Elektro / S 1. Lulus 1997.
7. UNDIP, Pasca Sarjana, / S 2,
Magister Kesehatan Lingkungan. Lulus 19-12-2003

Judul Thesis : Analisis pemaparan radiasi terhadap profil hematologi
pekerja radiasi Divisi Radiologi Rumah Sakit Dokter Kariadi
Semarang.

Semarang, September 2003.

Eddi Suhaedi Sulaeman

PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
SEPTEMBER - 2003.

ABSTRAK

EDDI SUHAEDI SULAEMAN

**ANALISIS PEMAPARAN RADIASI TERHADAP PROFIL HEMATOLOGI
PEKERJA RADIASI DI DIVISI RADIOLOGI RUMAH SAKIT DR.KARIADI
SEMARANG.**

xv + 105 halaman ,15 tabel, 9 gambar, 50 lampiran

Meningkatnya permintaan masyarakat akan pelayanan radiasi telah direspon oleh Rumah Sakit Dr.Kariadi Semarang, dengan menambah peralatan medis canggih berupa peralatan radiologi untuk diagnostik maupun terapi. Diperlukan pengetahuan dan keterampilan khusus untuk menjaga keselamatan pekerja radiasi dan juga pasien dari paparan radiasi yang membahayakan sistim peredaran darah rutin (*hematologi*) khususnya sel darah putih (*Leukosit*) yang sangat sensitif terhadap efek biologi radiasi pengion yang akan menimbulkan perubahan biologik pada jaringan berupa aksi langsung yang akan merusak pada makro molekul biologik dan aksi tidak langsung melalui DNA yang berakibat pada keturunan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui adanya perbedaan efek biologis akibat radiasi pengion terhadap pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung dengan jumlah sampel darah dari 62 orang, masing-masing 31 orang pekerja radiasi kontak langsung dan 31 orang pekerja radiasi non kontak langsung terdiri dari pemeriksaan hematologi rutin (*kadar Hb, trombosit, dan Leukosit*) serta penelitian pada Hitung Jenis sel darah putih total (*Leukosit total*) yang terdiri dari : Jumlah *eosinofil, basofil, batang, segmen, limfosit, dan monosit*

Jenis penelitian yang dilakukan adalah *Eksplanatory Reasearch* dengan pendekatan *Cross sectional*, pertanyaan berupa *questioner* tertulis dan wawancara kepada responden, untuk menguji perbedaan digunakan *t-tes* sedangkan untuk menganalisa lama kontak dengan sumber radiasi digunakan uji korelasi Rank Spearman.

Hasil penelitian dari *hematologi* rutin dan Hitung Jenis *Leukosit* pekerja radiasi : Kadar hemoglobin pekerja radiasi kontak langsung : 22 orang (70,97 %) normal dan 9 responden (29,03%) tidak normal, pekerja radiasi non kontak langsung: 27orang (87,10%) normal dan 4 responden(12,90%) tidak normal. Jumlah *leukosit* petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung 62 responden (100%) normal.

Jumlah *trombosit* petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung 58 responden (94%) normal, sedangkan sisanya 4 orang (6,0%) tidak normal dari kelompok pekerja radiasi non kontak langsung. Hasil Kadar hitung jenis *leukosit* : Jumlah *eosinofil* pekerja radiasi 49 responden (79%) normal, sisanya terdiri dari : 9 petugas radiasi kontak langsung (15%) tidak normal dan 4 orang (6%) petugas radiasi non kontak langsung tidak normal. Jumlah *batang* pekerja radiasi 57 responden (92%) normal, sisanya terdiri dari : 4 petugas radiasi kontak langsung (6%) tidak normal dan 1 orang (2%) petugas radiasi non kontak langsung tidak normal. Jumlah *basofil* pekerja radiasi 55 responden (89%) normal, sisanya terdiri dari : 7 petugas radiasi kontak langsung (11%) tidak normal, petugas radiasi non kontak langsung seluruhnya normal. Jumlah *limfosit* pekerja radiasi 56 responden (90%) normal, sisanya terdiri dari : 4 petugas radiasi kontak langsung (6%) tidak normal dan 1 orang (2%) petugas radiasi non kontak langsung tidak normal. Jumlah *monosit* pekerja radiasi 49 responden (79%) normal, sisanya terdiri dari : 6 petugas radiasi kontak langsung (9%) tidak normal dan 7 orang (12%) petugas radiasi non kontak langsung tidak normal.

Hasil analisis statistik untuk parameter : *hemoglobin, trombosit, leukosit, limfosit, monosit, dan eosinofil*, pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung dengan $p = 0,05$ terdapat perbedaan yang signifikan dari pengaruh bahaya radiasi lingkungan di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang selama waktu penelitian berlangsung.

Saran : Pemakaian alat pelindung diri (APD) apron, film badge perlu lebih diperhatikan. Tambahan extra makanan seperti telur, kacang hijau dan vitamin lainnya perlu diadakan guna mempertahankan kondisi sehat. Bagi petugas dengan status gizi sedang dan buruk, serta Hb < standard hematologi agar mendapatkan pengobatan seperlunya.

Key words :

Paparan radiasi, profil hematologi, pekerja radiasi

Kepustakaan : 49 buku, terbitan (1978 – 2002)

ABSTRACT

EDDI SUHAEDI SULAEMAN,

The Analysis of radiation exposure to haematology profile of the Radiation Workers of the Radiology Division at Dr.Kariadi Hospital, Semarang.

xv + 105 PAGES ,15 TABLES, 9 FIGURE ,50 ENCLOSER

In responding to the community demand for radiological services at Dr.Kariadi Hospital, the hospital has increases with modern radiological equipment, both for diagnostic and therapeutic services. To ensure quality radiation services ,special knowledge and skill are required to protect the safety of both the radiation workers and the patients from hazardous radiation exposure for routin blood circulation or haematology, especially white blood cells (leucocyte) which are very sensitive to wards biological change in the muscle, in the form of direct action which may destroy macro biological molecule and indirect action through DNA which effect the descendants of the radiation workers. This research also to determine the difference of haematology profile and different count of leucocyte while operation of the x-ray machine at Dr.Kariadi Hospital. Therefore it is necessary to conduct research which is expected to be used as an initial reference of the routin check-up of haematology workers.

The method used is explanatory research with cross-sectional approach, and written questionnaires as well as interviews of the respondents. The amount of samples is 62 person from radiological division, 31 person of radiation workers as contact with radiation source as : radiologist, radiographers, engineer, and physicist the other is not direct contact with radiation source as : nurse, administration and servant. The amount of sample choose by using a free Random with real categories of samples. To a test differences t-test with $p - value = 0,05$ used while analysis of contact the radiation source, correlation test of Rank Spearman.

There was significant correlation between the time of radiation exposure and different count of total leucocyte, eosinophyl, segment, monocyte, and lymphocyte. Observation during the research period (June 2002 until Nopember 2003, reveals that on 90% occation, the aprons were not used by the radiation workers eventhough aprons were available in each radiation treatment rooms.

Based on the result of this research it can be concluded that it seem there is a significant differences of haematological profile between direct contact radiation workers and not direct contact radiation workers.

Key Words : radiation exposure, profile of haematology, radiation workers.

References : 49 Book's (1978 – 2002)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah, SWT, karena kami dapat menyelesaikan program pendidikan di Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang, berhasil dengan selamat.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya khususnya kepada yang terhormat :

1. Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, yang telah memberikan kesempatan kepada siapapun yang memenuhi persyaratan untuk meningkatkan pengetahuan IPTEK nya.
2. Dr. Gatot Suharto MMR,M.Kes, Direktur Utama Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang, beserta jajaran Direksi dan Staf, atas pemberian izin mengikuti pendidikan dan penggunaan fasilitas laboratorium untuk proses penelitian tesis..
3. dr. Onny Setiani, Ph. D. selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, selaku Pembimbing Utama, yang telah banyak membantu tenaga dan fikiran beliau didalam mengarahkan dan menyusun tesis.
4. Dra. Sulistiani M. Kes. Selaku Pembimbing Kedua , yang telah banyak membantu tenaga dan fikiran dalam menelaah tesis.
5. dr. Eko Kuntjoro Sp. Rad, Manajer Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi, yang memberikan banyak kemudahan, dan fasilitas dalam penelitian dan menyelesaikan studi ini.
6. Nurjazuli, SKM .M.Kes, Dosen Pasca Sarjana Magister Kesehatan Lingkungan,UNDIP serta Penguji Utama Tesis yang kami susun ini

7. Ir. Vivi Vira Viridianti M. Kes., Direktur Akademi Teknik Elektro Medis Widya Husada Semarang, atas dorongan untuk mengikuti pendidikan.
8. Para karyawan dan karyawan Divisi Radiologi, Divisi Laboratorium serta karyawan Perpustakaan FK.UNDIP / Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang, yang telah membantu kami pada saat penelitian.
9. Ibunda Ny.Hj. Sukarsih Sulaeman atas segala do'a dan memberikan kekuatan untuk menyelesaikan studi ini.
10. Istri dan anak – anak : Ny. Titiek, Lidya, Gery, Riyan dan Ugi yang selalu memberikan semangat, serta teman-teman seperjuangan S2-Kesling Angkatan 2001 juga Staf Administrasi Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP yang banyak membantu kami selama kuliah .

Akhirnya kepada teman – teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih atas kerjasama hingga selesainya program pendidikan Pasca Sarjana ini.

Semoga Allah SWT akan membalas segala kebaikan Bapak / Ibu semua dan berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi para akademisi dan lainnya.
Amien,

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Semarang, 22 Desember 2003

Penulis

Eddi Suhaedi Sulaeman

NIM. E.4.B.1030

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian	8
1.5. Ruang lingkup penelitian	9
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Radiasi	10
2.1.1. Radioaktivitas Lingkungan.....	11
2.1.2. Radioterapi.....	12

2.1.3.	Radio Diagnostik.....	16
2.1.4.	Satuan Dosimetri.....	20
2.1.5.	Paparan Radiasi.....	22
2.2.	Efek Biologis dari Radiasi Pengion.....	23
2.2.1.	Interaksi Radiasi dengan Materi Biologi.....	23
2.2.2.	Efek Radiasi.....	25
2.3.	Leukosit.....	37
2.3.1	Agranulosit.....	38
2.3.2	Granulosit.....	41
2.3.3	Fungsi Leukosit.....	46
2.3.4	Kelainan Leukosit.....	46
2.4.	Jumlah Normal Hematologi	49
2.5.	Trombosit	50
2.6.	Fungsi Trombosit.....	50
2.7.	Hemoglobin.....	51
2.8.	Jumlah sel darah normal.....	52
2.9.	Proteksi Radiasi.....	52
2.9.1.	Proteksi Radiasi Terhadap Pekerja Dengan Terapi Radiasi.....	53
2.9.2.	Proteksi Radiasi Terhadap Pekerja Radiodiagnostik.....	53

2.9.3. Proteksi Radiasi Terhadap Kedokteran

	Nuklir	55
2.10.	Pengawasan Kesehatan Pekerja Radiasi.....	57
2.11.	Status Gizi.....	58
2.12.	Kerangka Teori.....	60
2.13.	Kerangka Konsep.....	61
2.14.	Hipotesa.....	62
BAB 3	METODE PENELITIAN	
3.1.	Jenis Penelitian	63
3.2.	Populasi dan Sampel	63
3.3.	Variabel Penelitian	63
3.4.	Definisi Operasional	66
3.5.	Instrumen Penelitian	67
3.6.	Tempat dan Waktu Penelitian	67
3.7.	Pengumpulan Data	67
3.8.	Pengolahan dan Penyajian Data	68
3.9.	Cara Kerja	68
BAB 4	HASIL PENELITIAN	72
4.1.	Gambaran Lokasi Penelitian	72
4.2.	Gambaran Responden Penelitian	74
4.3.	Hasil – hasil penelitian	76

BAB 5	ANALISIS HASIL PENELITIAN.....	90
5.1.	Analisis Deskriptif	90
5.2.	Hasil Analisis Statistik perbedaan variabel.....	91
5.3.	Hasil analisis Statistik dengan uji Korelasi	95
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	98
	DAFTAR PUSTAKA.....	107
	RINGKASAN	110
	SUMMARY.....	115
	LAMPIRAN – LAMPIRAN	117

DAFTAR TABEL.	hal
Tabel 2-1 : Dosis maximum radiasi yang diperbolehkan	25
Tabel 2-2 : Keadaan yang menyebabkan Neutroponia	46
Tabel 2-3 : Nilai Normal elemen-elemen sel darah putih	48
Tabel 2-4 : Jumlah normal Hematologi	50
Tabel 2-5 : Batas ambang IMT untuk orang Indonesia	61
Tabel 4-1 : Ketenagaan Berdasarkan profesi di Rumah Sakit Dr,Kariadi Semarang tahun 2001	73
Tabel 4-2 : Ketenagaan di bagian Radioterapi tahun 2003	73
Tabel 4-3 : Ketenagaan di Bagian Radiodiagnostik dan Kedokteran Nuklir	74
Tabel 4-4 : Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin di Divisi Radiologi tahun 2003	76
Tabel 4-5 : Distribusi Responden berdasarkan usia pekerja Radiasi di Bagian radiologi tahun 2003	77
Tabel 4-6 : Distribusi Responden berdasarkan masa kerja pada Divisi Radiologi tahun 2003	78
Tabel 4-7 : Distribusi responden berdasar jenis Sumber Radiasi	79
Tabel 4-8 : Distribusi responden berdasarkan lama kontak dengan Zat radioaktif	79
Tabel 4-9 : Distribusi responden berdasarkan Kadar Hb	80
Tabel 4-10 : Distribusi responden berdasarkan jumlah leukosit	81
Tabel 4-11 : Distribusi responden berdasarkan jumlah trombosit	82

DAFTAR GAMBAR	HAL
Gambar 1 : Kerangka Teori	62
Gambar 2 : Kerangka Konsep	63
Gambar 3 : Hystogram kadar hemoglobin pekerja radiasi	85
Gambar 4 : Hystogram jumlah Leukosit pekerja radiasi	85
Gambar 5 : Hystogram jumlah trombosit pekerja radiasi	86
Gambar 6 : Hystogram jumlah eosinofil pekerja radiasi	86
Gambar 4 : Hystogram jumlah batang pekerja radiasi	87
Gambar 5 : Hystogram jumlah segmen pekerja radiasi	87
Gambar 6 : Hystogram jumlah lymposit pekerja radiasi	88
Gambar 7 : Hystogram jumlah monosit pekerja radiasi	88
Gambar 8 : Contoh ruangan Pesawat Diagnostik CT.Scann	123
Gambar 9 : Contoh ruangan Pesawat Radio Terapi	124
Gambar 10 : Alat Blood Cell Counter	125
Gambar 11 : Contoh tata ruangan pesawat CT.Scann	128

DAFTAR LAMPIRAN	HAL
Lampiran 1 : Format pemeriksaan hematologi	116
Lampiran 2 : Pemeriksaan darah rutin karyawan Divisi Radiologi	118
Lampiran 3 : Hasil pemeriksaan darah rutin Divisi Radiologi	119
Lampiran 4 : Kuesioner untuk responden	122
Lampiran 5 : Hasil perhitungan statistik SPSS	148
Lampiran 6 : Peraturan Pemerintah No.63 Tahun 2000 , tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap pemanfaatan Radiasi Pengion	150

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan kesehatan di Indonesia meliputi upaya kesehatan dan sumber dayanya diselenggarakan secara terpadu dan berkesinambungan untuk mencapai hasil yang optimal. Hal ini dipengaruhi pula dengan meningkatnya kebutuhan dan tuntutan masyarakat untuk memperoleh pelayanan kesehatan yang bermutu sehingga pembangunan kesehatan di Indonesia semakin luas dan kompleks⁽⁸⁾.

Kemajuan fasilitas pelayanan kesehatan salah satu bentuk fasilitasnya adalah penggunaan dan pemakaian sinar radiasi. Di Indonesia penggunaan radiasi di lingkungan kedokteran dimulai sejak tahun 1898 yaitu penggunaan peralatan rontgen oleh Belanda untuk kepentingan perang di Aceh dan Lombok.⁽³²⁾

Sampai tahun 2003 di Rumah Sakit maupun klinik di seluruh Indonesia terdapat lebih dari 5000 unit pesawat radiologi yang terpasang untuk keperluan pelayanan radiologi⁽²³⁾.

Pemanfaatan zat radiasi di bidang pelayanan kesehatan merupakan sumber bahaya bagi pekerja radiasi di Divisi radiologi. Efek radiasi diakibatkan oleh dua tipe penyinaran, yang pertama adalah suatu penyinaran tunggal dengan dosis radiasi yang tinggi dalam periode waktu yang pendek. Penyinaran ini disebut dengan penyinaran

akut yang bisa mengakibatkan efek-efek biologis dalam waktu pendek setelah penyinaran. Yang kedua penyinaran rendah dalam jangka waktu panjang, akibat yang akan timbul setelah beberapa tahun ⁽⁹⁾.

Pelayanan Radiologi di bidang Medik ialah pelayanan medik spesialistik yang meliputi pelayanan radiodiagnostik, radioterapi dan kedokteran nuklir (Standarisasi Pelayanan Radiology Rumah Sakit Umum Kelas A / Kelas B Pendidikan) ⁽³²⁾.

Di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang yang berdiri sejak tahun 1931 juga menggunakan peralatan radiologi yang memancarkan radiasi lingkungan. Penggunaan sinar *rontgen* untuk tujuan diagnostik dinamakan pencitraan diagnostik (*diagnostik imaging*) dengan pemeriksaan canggih yaitu : *angiography*, *digital subtraction angiography*, *ultrasonography*, kedokteran nuklir, *computer tomography*. Untuk tujuan penyembuhan dinamakan radioterapi dengan menggunakan : *photon*, *electron* energi tinggi dan zat radio aktif (*cobalt 60*, *cesium 137* dan *radium*).

Tujuan pelayanan radiologi adalah untuk meningkatkan mutu pelayanan medik di rumah sakit serta dapat mendukung kegiatan pendidikan dan penelitian ⁽³²⁾. Meningkatnya pemakaian radiasi di bidang medik, memerlukan penanganan dan pengaturan yang lebih baik, pemantauan perorangan berguna untuk memperoleh perkiraan *doses ekivalen* pada jaringan, pembuluh darah dan *doses efektif* secara keseluruhan pada pekerja radiasi, informasi ini berguna untuk

membatasi *doses radiasi* pada pekerja radiasi dan dipenuhinya sistim pembatasan doses yang direkomendasikan *ICRP (International Committee on Radiological Protection)* dan ditentukan oleh *BAPETEN* (Badan Pengawasan Tenaga Nuklir).

Kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan sumber zat radioaktif (*radio nuklida*) harus mendapatkan izin dan diawasi oleh suatu instansi yang berwenang yaitu BAPETEN, tingkat kontaminasi cemaran *radionuklida* dalam lingkungan perlu dipantau dan ditentukan secara kualitatif dan kuantitatif, untuk memperkirakan dampak radiasi lingkungan. Pemantauan radiasi dan *radioaktivitas* lingkungan perlu dilakukan secara terus menerus, karena dengan bertambah cepatnya kemajuan teknologi nuklir dan pemanfaatan sumber radiasi untuk kepentingan medik dan lainnya dimaksudkan untuk melindungi para pekerja radiasi itu sendiri.

Pemantauan secara kualitatif dengan memeriksakan kesehatan check-up rutin dan hitung jenis Leukosit, dimaksudkan kemungkinan terjadinya kontaminasi interna pekerja radiasi akibat adanya penggunaan *Cobalt 60*, *Cesium 137*, dan radium disamping penggunaan sinar-x, sedangkan pemantauan kuantitatif ialah melakukan pemantauan terhadap jumlah pekerja radiasi secara keseluruhan sesuai bidang tugas dan kewajibannya masing-masing dengan pemeriksaan personal monitoring (*Film Badge*) dan pocket dosimeter.

Para pekerja radiasi yang diperiksa adalah mereka yang karena pekerjaannya kemungkinan besar terkena kontaminasi interna, sebagai pekerja radiasi kontak langsung yaitu : radiologi, radiografer, teknisi, fisika medis, sedangkan pekerja radiasi non kontak langsung seperti perawat, administrasi di loket dan pekarya. ⁽⁹⁾. Peraturan Pemerintah No. 63 tahun 2000 tentang keselamatan dan kesehatan terhadap pemanfaatan radiasi pengion mendefinisikan pekerja radiasi adalah setiap orang yang bekerja di instalasi nuklir atau instalasi radiasi pengion yang diperkirakan menerima dosis radiasi tahunan melebihi dosis untuk masyarakat umum.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ada atau tidak adanya kelainan yang diakibatkan oleh paparan radiasi di lingkungan kerja. Selain sample darah rutin yang diperiksa juga pemeriksaan dapat menggunakan *Whole Body Counter (WBC)* yaitu pemantauan personil yang didasarkan pada evaluasi jumlah material radioaktif di seluruh tubuh atau organ-organ tertentu. ⁽³²⁾.

Dengan adanya data hasil pemeriksaan darah rutin hematologi (*trombosit, erytrosit, hemoglobin dan leukosit*) serta Hitung Jenis (*Diff Count*) *Leukosit* dari para pekerja radiasi ini lalu dibandingkan dengan nilai pemeriksaan darah rutin normal sesuai ketentuan medis.

Hasil evaluasi contoh penelitian yang menunjukkan adanya gangguan profil hematology tiap-tiap pekerja radiasi mempunyai nilai yang berbeda dan ditunjukkan melalui profil hematology masing-masing

pekerja radiasi, sehingga bila ada pekerja radiasi menerima dose maksimum dapat diketahui secepatnya dan selanjutnya dipindahkan atau diistirahatkan;

Di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang saat ini terpasang lebih dari 20 unit peralatan radiologi baik itu peralatan baru dan lama, digunakan untuk radiodiagnostik maupun untuk keperluan radioterapi, yang memancarkan sumber radiasi rendah maupun tinggi dalam waktu yang relative bersamaan saat pelayanan.

Untuk memberikan gambaran bagi para pekerja radiasi tentang kondisi kesehatannya bulan Juli 2002, dilakukanlah pengukuran sample darah rutin (hematologi) khususnya yang dipengaruhi oleh paparan *radiasi*, yaitu : Jumlah kadar Hemoglobin, Trombosit, dan Lekosit, hasil pemeriksaan darah rutin (hematologi) tersebut 90% menunjukkan normal, bila dibandingkan dengan nilai standard darah normal. Pemeriksaan dilakukan pada pekerja radiasi yang lalu sesuai ketentuan BAPETEN tentang pemeriksaan pekerja radiasi yang diakibatkan oleh paparan radiasi lingkungan yang dilakukan satu tahun sekali. ⁽⁹⁾.

Berdasarkan hasil pemeriksaan darah rutin tersebut, peneliti mengusulkan perlunya menambahkan pemeriksaan *Diff. Count* (Hitung Jenis) *Leukosit* pada pekerja radiasi. Dengan latar belakang inilah peneliti melakukan penelitian terhadap pekerja radiasi Divisi Radiologi Rumah Sakit Dokter Kariadi di Semarang, dengan membandingkan

hasil penghitungan jumlah hematologi rutin (*hemoglobin, leukosit, trombosit,*) dan Hitung Jenis (*Diff Count*) *Leukosit* tersebut dengan standard darah normal dan melengkapinya dengan profil Hematologi masing-masing pekerja radiasi. Peneliti mengharapkan hasil penelitian ini akan melengkapi penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan dan semoga bermanfaat bagi Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang.

1.2. Perumusan Masalah

Bertambahnya fasilitas peralatan radiologi berupa pesawat rontgen baru berbagai type, *Computer Tommografi Scanning* dan sumber zat radioaktif *Cobalt 60* baru, yang memancarkan tingkat radiasi tinggi di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang, memungkinkan terjadinya dampak radiasi lingkungan di sekitar Divisi Radiologi tersebut karena adanya efek pencemaran radiasi lingkungan terhadap sistem peredaran darah rutin (*hematology*) para pekerja radiasi yang sangat dipengaruhi oleh efek radiasi baik tingkat rendah maupun tinggi.

Berdasarkan latar belakang tersebut dirumuskan masalah sebagai berikut: "Adakah perbedaan jumlah hitung jenis (*Diff count*) *leukosit* dan *hematology* rutin antara petugas radiasi kontak langsung dengan petugas radiasi non kontak langsung akibat paparan radiasi lingkungan pada pekerja radiasi di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang ?".

1.3. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui perbedaan jumlah hematologi rutin (trombosit- hemoglobin, dan leukosit) serta hitung jenis (*Diff Count*) leukosit akibat paparan radiasi lingkungan pada pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang.

2. Tujuan Khusus

- a. Menghitung kadar *Hemoglobin* pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi.
- b. Menghitung jumlah *eritrosit* pekerja radiasi kontak langsung dan kontak di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi.
- c. Menghitung jumlah *trombosit* pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung di Divisi radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi
- d. Menghitung jumlah *leukosit* pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi.
- e. Mengukur jumlah hitung jenis (*Diff count*) leukosit pada petugas radiasi Rumah Sakit Dr. Kariadi.

- e. Menghitung jumlah *eritrosit* pekerja radiasi kontak langsung dan kontak di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi.
- f. Menghitung jumlah : *basofil, eosinofil, segmen, limfosit, dan monosit* petugas radiasi kontak langsung dan non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.
- g. Mendeskripsikan profil hematology pada petugas radiasi kontak langsung dan non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.
- h. Menganalisa perbedaan jumlah : *trombosit, leukosit, eritrosit, hemaglobin* dan (*Diff count*) *leukosit* pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung dengan *standar normal hematology*.
- i. Menganalisa perbedaan profil hematology (*hemoglobin, trombosit, leukosit,)* pada pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi tentang hubungan paparan radiasi terhadap profil hematology bagi pekerja radiasi.
- b. Memberikan saran kepada Manager Divisi Radiologi tentang perlunya penggantian petugas / sistim shift pekerja radiasi yang teratur.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

- a. Ruang lingkup materi penelitian yang dilakukan terbatas pada perhitungan hematologi, para pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung Di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr.Kariadi.
- b. Lingkup keilmuan penelitian ini termasuk lingkup keilmuan kesehatan lingkungan khususnya kesehatan kerja.
- c. Lingkup metoda penelitian ini termasuk *observation research*, metoda yang digunakan adalah survei dengan pendekatan *Cross-Sectional*.
- d. Lingkup sasaran dalam penelitian ini adalah pekerja radiasi di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.
- e. Lingkup lokasi penelitian ini adalah di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.
- f. Lingkup waktu penelitian ini dilaksanakan bulan Juni 2003 – Nopember 2003.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi

Radiasi secara umum adalah suatu bentuk pemindahan energi dengan cara pemancaran dari sumbernya baik dalam bentuk gelombang elektromagnetik maupun partikel radionuklida. Radiasi dapat dibagi menjadi dua yaitu radiasi pengion dan radiasi bukan pengion. Radiasi pengion adalah radiasi yang dapat berinteraksi dengan materi, membangkitkan partikel-partikel bermuatan listrik (ion) yang berlawanan. ⁽⁴⁾

Radiasi pengion meliputi sinar cosmic, sinar-x, radiasi yang dipancarkan oleh bahan radioaktif (α , β , sinar γ dan lain-lain) serta sebagian sinar ultra violet. ⁽⁴⁾ Radiasi bukan pengion adalah jenis radiasi yang tidak mampu mengionisasi materi lainnya, contohnya adalah cahaya matahari. Radiasi pengion dibagi menjadi dua bagian yaitu radiasi dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan radiasi dalam bentuk partikel. Radiasi ionisasi dari sumber alami yaitu bahan radioaktif dalam bumi, radiasi sinar kosmik dari angkasa luar dan deposit radio nuklida pada tubuh manusia. Radiasi ionisasi buatan adalah radiasi yang dibuat manusia untuk berbagai kegunaan manusia dibidang industri, pertanian, kedokteran dan lain-lain.

2.2 Radio Aktivitas Lingkungan

Radioaktivitas lingkungan menurut asalnya ada 2 macam, yaitu :

1. Radioaktivitas alam
2. Radioaktivitas buatan

Radioaktivitas alam sudah ada sejak terbentuknya bumi dan alam semesta ini. Radioaktivitas alam ini dapat berasal dari dalam bumi dan dari luar bumi, yaitu:

- a. Radiasi dari nuklida primordial
- b. Radiasi sinar kosmis

Radioaktivitas buatan timbul karena dibuat manusia, antara lain yang berasal dari hasil pembelahan (fisi), reaksi inti, dan debu-debu radioaktif dari hasil ledakan bom nuklir.

Reaksi inti yang menghasilkan nuklida-nuklida baru sebagai sumber radioaktivitas buatan dapat terjadi melalui jalan pembelahan (reaksi fisi) atau melalui jalan penggabungan (reaksi fusi). Reaksi fusi pada saat ini masih dalam pengembangan sehingga belum banyak digunakan secara luas, sedangkan reaksi fisi pada saat ini sudah banyak dilakukan. ⁽⁴⁸⁾

2.2.1 Pencemaran Radioaktivitas Lingkungan ⁽⁴⁸⁾

Pencemaran radioaktivitas lingkungan, baik yang melalui udara maupun melalui air, pada akhirnya akan dapat mencemari manusia. Oleh karena itu masalah pengaturan dan pengawasan radioaktivitas lingkungan perlu dilaksanakan dengan baik. Untuk

dapat mengetahui masalah pencemaran radioaktivitas lingkungan, terlebih dahulu harus diketahui kemungkinan sumber-sumber pencemaran radioaktivitas lingkungan. Kemungkinan sumber pencemaran itu antara lain dapat berasal dari: ⁽⁴⁸⁾

1. Penambahan, pengolahan dan proses kimia bahan nuklir
2. Proses pengkayaan dan fabrikasi bahan bakar nuklir
3. Operasi reaktor nuklir
4. Reprocessing bahan bakar
5. Pengelolaan limbah radioaktif
6. Proses pembuatan radionuklida
7. Penggunaan radioisotop di bidang riset, industri dan kedokteran
8. Proses dekontaminasi dan dekomisioning suatu fasilitas nuklir
9. Akselerator
10. Pemakaian bahan bakar fosil
11. Percobaan dan ledakan bom atom
12. Daur pencemaran radioaktivitas lingkungan

2.2.2. Radioterapi

Radioterapi adalah sistim pengobatan dengan menggunakan sinar radioaktif bisa photon, elektron dan zat radioaktif lainnya seperti : Cobalt 60, Cesium 137 dan Radium. ⁽⁴⁾

Sangat efektif didalam pengobatan penyakit tumor dan kanker yang mempunyai sifat tumbuh cepat dan *infiltrif*, metastasis ke

kelenjar getah bening regional, metastasis organ jauh, *total body irradiation*.

Sumber radiasi terapi berasal dari pesawat yang memancarkan radiasi yang berupa sinar-x dan isotop. Radiasi digunakan untuk tujuan terapi secara tertentu dan zat radioaktif secara terbungkus yang digunakan untuk *teleterapi* dan *brachyterapi*. Potensi bahaya radiasi yang mungkin terjadi pada fasilitas radioterapi jauh lebih besar dari fasilitas radiodiagnostik. Fasilitas-fasilitas radioterapi sebagai peralatan penunjang medik adalah sebagai berikut :⁽²¹⁾

2.1. Pesawat Terapi Sinar-x

Pada prinsipnya pesawat sinar-x untuk diagnostik sama dengan untuk radioterapi, namun ada beberapa perbedaan teknis.

Pesawat Sinar-x untuk keperluan Radioterapi dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu :

1. Pesawat Radioterapi dengan tegangan rendah, tegangan sekitar 10 – 150 kV, untuk terapi kanker kulit, atau tumor permukaan.
2. Pesawat Radioterapi dengan tegangan *Ortho (Ortho Voltage / Deep Therapy)*; Tegangan sekitar 150 kV - < 1 MV dengan kondisi 150 kV – 400 kV, untuk terapi kanker yang letaknya dibawah permukaan kulit atau semi deep.

2.2. Teleterapi LINAC

Merupakan pengembangan dari pesawat sinar-x *Ortho Voltage* (tegangan $< 1 \text{ M}$).

Sedangkan Linac mempunyai tegangan $> 1 \text{ MV}$ yang disebut *Super Voltage Terapi*.

2.3. Terapi Gamma

Pesawat Teleterapi yang menggunakan sumber tertutup dan zat radioaktif seperti Co-60 (Teleterapi Co 60) dan Cs-137 (Teleterapi Cs-137).

2.4. Brachyterapi

Terapi dengan menggunakan radio isotop yang kontak langsung dengan tubuh pasien yang dilakukan secara manual (Brachyterapi mutakhir).

Beberapa sumber zat radioaktif yang memancarkan sinar Gamma digunakan pada alat Brachyterapi antara lain :

d.1. Radium (Ra-26)

Sumber ini mempunyai waktu paruh yang lama (1622 tahun) sehingga aktivitas sumber tetap hingga beberapa generasi. Disamping itu radium mempunyai energi proton yang sangat besar. Hal ini memerlukan penahan radiasi (*shielding*), yang sangat tebal.

d.2. Radon (Rn 222)

Sumber ini mempunyai waktu paruh 383 hari. Meluruh dengan partikel α , membentuk unsur lain dan dikenal sebagai turunan Radon yang radioaktif.

d.3. Cesium (Cs – 137) dan Cobalt (Co – 60)

Cs – 137 mempunyai energi gamma 0,66 MeV dengan waktu paruh 30 tahun sedangkan sumber Co – 60 mempunyai dua energi gamma 1,17 dan 1,33 MeV dengan waktu paruh 5,4 tahun.

d.4. Tantalum (Ta – 182)

Mempunyai waktu paruh 115 hari dengan energi gamma 0,05 – 1,24 MeV.

d.5. Iridium (Ir – 192)

Mempunyai energi gamma 1,13 – 1,062 MeV dengan waktu paruh 74 hari.

d.6. Gold atau Aurum (Au – 198) dan Iodine (I-125)

Au – 198 mempunyai energi gamma 0,41 MeV dengan waktu paruh 2,7 hari dan I – 125 mempunyai energi gamma 0,035 MeV dengan waktu paruh 60 hari.

d.7. Strontium (Sr – 90)

Mempunyai energi beta 2,27 MeV dengan waktu paruh 28 tahun. Aktivitas Sr- 90 sangat kecil dibandingkan aktivitas sumber lain.

2.2.3. Radiodiagnostik

Radiologi diagnostik dimaksudkan sebagai pemanfaatan berkas radiasi eksterna (pesawat sinar X) yang digunakan untuk menghasilkan suatu gambar (image) untuk tujuan mendiagnosa, memisahkan maupun mengevaluasi bagian dari suatu penyakit atau kondisi *patologi*.⁽²⁰⁾

Pemanfaatan pesawat sinar X untuk diagnostik secara tepat meliputi disain ruangan, pemasangan dan pengoperasian sesuai dengan spesifikasi keselamatan alat. Perlengkapan proteksi radiasi, keselamatan operasional, proteksi pasien dan uji kepatuhan (compliance test)

3.1.Sinar – X

Sinar – X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya dan sinar ultraviolet. Tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar – X bersifat heterogen, panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar – X dengan sinat elektromagnetik lainnya juga terletak pada panjang gelombang, dimana panjang gelombang sinar – X sangat pendek yaitu hanya $1 / 10.000$ panjang gelombang cahaya yang kelihatan. Sinar – X mempunyai panjang gelombang yang pendek sehingga dapat menembus benda – benda.⁽³²⁾

3.2.Sifat – sifat sinar X

Sinar – X mempunyai beberapa sifat fisik. Sifat fisik tersebut adalah :

a. Daya tembus

Sinar – X dapat menembus bahan dengan daya tembus sangat besar dan digunakan dalam radiografi. Semakin tinggi tegangan tabung (besarnya kV) yang digunakan, semakin besar daya tembusnya. Semakin rendah berat atom atau kepadatan suatu benda, semakin besar daya tembus sinarnya. ⁽³²⁾

b. Pertebaran

Apabila berkas sinar – X melalui suatu bahan atau sumber zat, maka berkas tersebut akan bertebaran ke segala jurusan, menimbulkan radiasi sekunder (radiasi hambur) pada bahan / zat yang dilaluinya.

c. Penyerapan

Sinar – X dalam radiografi diserap oleh bahan atau zat sesuai dengan berat atom atau kepadatan bahan / zat tersebut. Semakin tinggi kepadatannya atau diproses secara kimiawi.

d. Pendar fluor (Fluoresensi)

Sinar – X menyebabkan bahan – bahan tertentu seperti kalsium – tungstat atau zink – sulfid memancarkan cahaya (luminisensi), bila bahan tersebut dikenai radiasi sinar – X.

e. Ionisasi

Efek primer sinar – X apabila mengenai suatu bahan atau zat akan menimbulkan ionisasi partikel – partikel bahan atau zat tersebut.

f. Efek Biologi

Sinar – X akan menimbulkan perubahan – perubahan biologik pada jaringan. Perubahan tersebut dapat berupa aksi langsung yang akan menimbulkan kerusakan pada makromolekul biologik (DNA, RNA, protein, enzim) dan aksi tidak langsung (melalui DNA) yang berakibat pada keturunan.

3. 3. Pembangkitan sinar – X⁽³²⁾

Untuk pembangkitan sinar – X diperlukan sebuah tabung rontgen hampa udara dimana terdapat elektron – elektron yang diarahkan dengan kecepatan tinggi pada suatu sasaran (target). Dari proses tersebut diatas terjadi suatu keadaan dimana energi selektron sebagian besar dirubah menjadi panas (99 %) dan sebagian kecil (1 %) dirubah menjadi sinar – X.

Suatu tabung pesawat rontgen mempunyai beberapa persyaratan yaitu :

1. Mempunyai sumber elektron
2. Gaya yang mempercepat gerakan elektron
3. Lintasan elektron yang bebas dalam ruang hampa udara
4. Alat pemusat berkas listrik
5. Penghenti gerakan elektron

4. 3.4. Proses terjadinya sinar – X

Urutan proses terjadinya sinar – X adalah sebagai berikut : ⁽¹¹⁾
(32)

1. Katoda (filamen) dipanaskan (lebih dari $20000.^{\circ}\text{C}$) sampai menyala dengan mengalirkan listrik yang berasal dari transformator tegangan tinggi
2. Akibat panas, elektron – elektron dari katoda (filamen) terlepas.
3. Sewaktu dihubungkan dengan transformator tegangan tinggi, elektron – elektron akan dipercepat gerakannya menuju anoda dan dipusatkan ke alat pemusat
4. Filamen dibuat relatif negatif terhadap sasaran (target) dengan memilih potensial tinggi.
5. Awan – awan elektron mendadak dihentikan pada sasaran (target) sehingga terbentuk panas ($> 99\%$) dan sinar – X ($< 1\%$).

6. Pelindung (perisai) timah akan mencegah keluarnya sinar – X dari tabung sehingga sinar – X yang terbentuk hanya dapat keluar melalui jendela.
7. Panas yang tinggi pada sasaran (target) akibat benturan elektron disediakan oleh radiator pendingin.

2.2.4. Pengukuran Dosimetri

Dosimetri merupakan kegiatan pengukuran dosis radiasi dengan teknik pengukurannya didasarkan pada pengukuran ionisasi yang disebabkan oleh radiasi dalam gas, terutama udara. Radiasi mempunyai ukuran atau satuan untuk menunjukkan besarnya pancaran radiasi dari suatu sumber atau menunjukkan banyaknya dosis radiasi yang diberikan atau diterima oleh suatu medium yang terkena radiasi. Radiasi mempunyai satuan karena radiasi itu membawa atau mentransfer energi dan sumber radiasi yang diteruskan kepada medium atau mentransfer energi dan sumber radiasi yang diteruskan kepada medium yang menerima radiasi.

a. Pengatur Dosis Serap

Besaran doses dapat mengakibatkan ionisasi pada jaringan atau medium yang dilaluinya. Untuk mengetahui jumlah energi yang diserap oleh medium digunakan dosis serap. Dosis serap didefinisikan sebagai jumlah energi yang

diserahkan oleh radiasi atau banyaknya energi yang diserap oleh bahan persatuan massa bahan itu. Dalam sistem SI besaran dosis serap diberi satuan khusus, yaitu Gray (Gy), dimana $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.Kg}^{-1}$. Sebelum satuan SI digunakan, dosis serap diberi satuan erg / gr dan diberi nama satuan rad (radiation absorbed dose), dimana 1 rad setara dengan 100 erg / gr dan $1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$ atau $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

b. Dosis Ekuivalen

Besaran dosimetri yang digunakan yang berhubungan langsung dengan efek biologi adalah dosis ekuivalen. Besaran dosis ekuivalen lebih banyak digunakan berkaitan dengan pengaruh radiasi terhadap tubuh manusia atau sistem biologi lainnya. Dosis ekuivalen merupakan metode untuk menghitung dosis absorpsi efektif. Untuk seluruh tipe radiasi ionisasi, termasuk proton dan neutron serta sinar – X. Dalam sistem SI diberi satuan khusus Sievert (Sv). Sebelum digunakan SI, dosis ekuivalen diberi satuan Rem (Roentgen Equivalent Man), dimana $1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$.

c. Dosis Efektif

Keefektifan radiasi dalam menimbulkan efek tertentu pada suatu organ ditunjukkan dalam besaran dosis efektif.

Tabel 2.1 Dosis maximum radiasi yang diperbolehkan

No	Organ / Jaringan	Pekerja (Rem / tahun)	Masyarakat Umum (Rem / Tahun)
1.	Seluruh tubuh, kelenjar kelamin dan sumsum tulang.	5 $D_{max} = 5 (N - 18)$	0,5
2.	Kulit, tulang dan kelenjar gondok	30	3
3.	Lengan, tangan, kaki, mata kaki	75	7,5
4.	Lain – lain	15	1,5

Sumber : Ehlers dan Steel, 1969 dalam Sumirat J.S.200

2.2.5.Paparan Radiasi

Paparan terhadap radiasi ionisasi terjadi dengan dua cara, yaitu eksternal dan internal. ⁽³⁸⁾

1. *Paparan eksternal*, berasal dari sumber – sumber yang terletak diluar tubuh. Efek – efek paparan eksternal tergantung pada daya tembus radiasi. Radiasi dengan daya tembus rendah akan diabsorpsi kulit luar sedangkan radiasi dengan daya tembus tinggi akan mencapai jaringan dan organ yang terletak didalam tubuh.
2. *Paparan internal*, disebabkan oleh zat – zat radioaktif yang akan masuk kedalam tubuh. Zat – zat radioaktif masuk kedalam tubuh terutama melalui inhalasi, walaupun jalan

masuk dengan penelanan dan penetrasi kulit dapat pula cukup bermakna.

2.4. Efek Biologis Dari Radiasi Pengion

2.4.1. Interaksi radiasi dengan materi biologi

Gangguan kesehatan dalam bentuk apapun yang merupakan akibat dari paparan radiasi bermula dari interaksi antara radiasi pengion dengan sel maupun jaringan tubuh manusia. Interaksi tersebut menyebabkan sel – sel mengalami perubahan struktur dari struktur normal semula. Interaksi antara radiasi dengan bahan biologi merupakan proses yang berlangsung secara bertahap.⁽¹³⁾

Tahapan reaksi tersebut, yaitu :

1. *Tahap Fisik*, berupa absorsi energi radiasi pengion yang menyebabkan terjadinya eksitasi dan ionisasi pada molekul atau atom penyusun bahan biologi.
2. *Tahap Fisikokimia*, dimana atom atau molekul yang tereksitasi atau terionisasi mengalami reaksi – reaksi sehingga terbentuk radikal bebas yang tidak stabil.
3. *Tahap Kimia dan Biologi*, yang berlangsung dalam beberapa detik ditandai dengan terjadinya reaksi antara radikal bebas dan peroksida dengan molekul organik sel serta inti sel yang terdiri atas kromosom– kromosom. Reaksi ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan– kerusakan terhadap molekul – molekul

dalam sel. Radikal bebas dan peroksida juga dapat merusak struktur biokimia molekul enzim sehingga fungsi enzim terganggu. Kromosom dan molekul DNA didalamnya juga dapat dipengaruhi oleh radikal bebas dan peroksida sehingga terjadi mutasi genetik.

4. *Tahap Biologis*, ditandai dengan terjadinya tanggapan biologis yang bervariasi bergantung pada molekul penting mana yang bereaksi dengan radikal bebas dan peroksida yang terjadi pada tahap ketiga.

Setiap jaringan mempunyai kepekaan terhadap radiasi yang berbeda – beda. Tingkat kepekaan suatu jaringan terhadap radiasi disebut radiosensitivitas. Radiosensitivitas organ tertentu pada tubuh manusia bergantung pada sifat sel penyusunnya. Jaringan yang sel – selnya aktif membelah mempunyai kepekaan yang relatif tinggi terhadap radiasi. Termasuk dalam golongan ini adalah sel – sel darah putih, sel – sel pembentuk darah dalam sumsum tulang dan sel pembentuk jaringan. Sedang yang termasuk golongan sel dengan radiosensitivitas rendah adalah sel – sel pembentuk jaringan otot, sel pembentuk tulang dan sel pembentuk jaringan syaraf. Diantara sel – sel penyusun tubuh manusia sel darah putih mempunyai radiosensitivitas paling tinggi, sedang sel penyusun jaringan syaraf radiosensitivitasnya paling rendah.

2.4.2. Efek radiasi

Pengaruh radiasi pada organ tubuh manusia dapat bermacam-macam bergantung pada jumlah dosis dan luas lapangan radiasi yang diterima. Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiasi (ICRP) membagi efek radiasi pengan terhadap tubuh manusia menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministik.⁽³²⁾

2.4.3. Efek Genetik

Efek genetik adalah efek radiasi yang dirasakan oleh keturunan dari orang menerima radiasi. Efek genetik ini timbul karena kerusakan dari sel-sel reproduksi. Efek tersebut dapat berupa kelainan kromosom, mutasi gen, sterilitas permanen atau temporer.

2.4.4. Efek Somatik

Efek somatik adalah efek radiasi yang langsung dirasakan oleh orang yang menerima radiasi. Efek tersebut dapat berupa superfisial seperti kerusakan kulit, rambut rontok, dan lain-lain, gangguan sistim hemopoetik seperti anemia, leukemia, leukopenia, dan indikasi kearah keganasan (karsinoma kulit).

2.4.5. Efek Stokastik

Efek stokastik adalah efek yang kemunculannya pada individu tidak bisa dipastikan tetapi tingkat keboleh jadian munculnya efek tersebut dapat diperkirakan berdasarkan data

statistik yang ada. Efek stokastik kemungkinan terjadinya, sungguhpun tidak berat dianggap merupakan fungsi dari dosis yang diterima. Dosis pada kasus – kasus demikian diperkirakan tanpa batas ambang. Contohnya adalah efek karsinogenetik dan genetik.

2.4.6. Efek Non Stokastik

Timbul efek dengan kualitas keparahannya bervariasi menurut dosis dan hanya timbul bila dosis ambang dilampaui. Jadi ada hubungan antara besarnya dosis dengan efek yang timbul. Bila penyinaran dengan dosis tinggi akan segera timbul efek biologis (efek deterministik) ^(7, 9, 29).

Efek biologi yang ditimbulkan oleh radiasi pengion tergantung pada :

1. Besarnya dosis yang diserap.
2. Distribusinya dalam ruang dan waktu.
3. Kepekaan organ penerima.
4. Panjangnya masa laten.
5. Daya organisme untuk sembuh ⁽⁹⁾.

2.4.7. Efek Deterministik

Efek deterministik adalah efek yang pasti muncul apabila jaringan tubuh manusia terkena paparan radiasi pengion dengan dosis tertentu. Efek deterministik berkaitan dengan paparan radiasi dosis tinggi yang kemunculannya dapat

langsung dilihat atau dirasakan oleh individu yang terkena radiasi.

Efek deterministik dicirikan oleh hubungan sebab akibat yang bersifat antara dosis yang diterima (sebab) dengan efek yang ditimbulkannya (akibat). Kemunculan efek deterministik ditandai dengan munculnya keluhan baik umum maupun lokal namun sulit dibedakan dengan penyakit – penyakit lainnya.

Keluhan umum bisa berupa nafsu makan berkurang, mual, lesu, lemah, demam, keringat berlebihan hingga menyebabkan terjadinya shock. Keluhan lokal yang biasanya muncul adalah erythema atau kulit memerah, pedih, gatal, bengkak, melepuh, memborok dan kerontokan rambut kulit.

Beberapa efek deterministik lainnya yang dapat muncul akibat paparan radiasi dosis tinggi pada tubuh manusia adalah :

1. *Merusak sistem syaraf pusat*

Penerimaan radiasi sebesar 100.000 mSv (100 Sv) atau lebih mengakibatkan kerusakan sistem syaraf pusat yang akan diikuti dengan kematian setelah beberapa jam atau hari.

2. *Merusak sistem pencernaan*

Penyinaran radiasi dengan dosis 10 – 50 Sv pada tubuh mengakibatkan kerusakan saluran pencernaan dan dapat

mengakibatkan kerusakan saluran pencernaan dan dapat mengakibatkan kematian setelah 1 – 2 minggu kemudian.

3. *Merusak sumsum tulang*

Dosis radiasi 3 – 5 Sv dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan sumsum tulang yang diikuti kematian 1 – 2 bulan kemudian. Kerusakan utama terjadi pada organ pembentuk sel-sel darah dalam sumsum tulang.

4. *Merusak organ reproduksi*

Efek somatik pada organ reproduksi adalah terganggunya produksi sperma pada pria dan kerusakan ovum pada wanita, sehingga radiasi dapat mengakibatkan kemandulan

5. *Merusak sel lensa*

Radiasi dapat menimbulkan kerusakan sel pada lensa mata. Lensa mata yang terpapar radiasi dalam waktu cukup lama akan berakibat pada fungsi transparansi lensa menjadi terganggu sehingga penglihatan menjadi kabur.

6. *Penyinaran keseluruhan tubuh dengan dosis 1 –2 Sv menimbulkan gejala mual – mual yang diikuti muntah.*

Selain efek – efek tersebut di atas, radiasi dapat menimbulkan kerusakan dan perubahan lainnya. Perubahan tersebut antara lain adalah :

2.4.8. Sel Darah

Radiasi ionisasi kurang baik pengaruhnya pada terhadap sel darah, karena dapat mengurangi sel darah dalam sirkulasi perifer. Dosis seluruh tubuh 0,25 Gy (25 rad) menghasilkan penurunan haematologi yang jelas. Sebagian besar sel darah terbuat dalam sumsum tulang. Semua sel darah yang terdapat dalam sumsum tulang memiliki derajat radiosensitivitas berbeda – beda. ^(18, 24)

Sel darah merah (eritrosit) merupakan sel yang paling banyak dalam darah. Fungsinya untuk meneruskan oksigen dan karbondioksida melalui aliran darah. Dosis radiasi ionisasi dibawah 0,5 Gy (50 rad) dapat mengurangi jumlah sel darah dalam aliran darah.

Sel darah putih (leukosit) berfungsi untuk melindungi tubuh terhadap antigen asing dengan membuat antibodi. Dosis radiasi serendah 0,1 Gy (10 rad) cukup mengurangi jumlah sel ini dalam aliran darah.

Trombosit atau platelet merangsang pembekuan darah dan mencegah perdarahan. Dosis radiasi dibawah 0,5 Gy (50 rad) dapat mengurangi jumlah platelet dalam aliran darah. Baik darah maupun organ pembentuk darah tidak boleh terkena kerusakan karena penyinaran.

2.4.9. Sindrom Radiasi Akut

Sindrom radiasi akut terjadi pada manusia setelah seluruh tubuh menerima dosis radiasi ionisasi yang besar dalam waktu singkat. Sindrom ini termanifestasi dalam empat tahap utama, yaitu prodromal, sakit laten, sakit manifest dan kesembuhan atau kematian.^(19, 32)

2.4.10. Sindrom Hematopetik

Sindrom Hematopetik terjadi bila seluruh tubuh manusia menerima dosis 1 – 10 Gy (100 – 1000 rad). Sistem hematopetik bertindak untuk membuat elemen korpuskular dari darah dan merupakan sistem organ vital yang paling radiosensitif pada manusia.⁽²⁹⁾

Penyakit ini ditandai dengan depresi sumsum tulang. Permulaan penyakit ini agak mendadak, dan dimulai dengan rasa mual dan muntah dalam beberapa jam setelah penyinaran yang berlebihan terjadi.

Besar dosis yang menimbulkan sindrom ini juga dapat menimbulkan kerusakan dari sel – sel lain dalam sistem organ sehingga organ atau sistem organ tersebut gagal berfungsi.

2.4.11. Sindrom Gastrointestinal

Pada manusia, bentuk sindrom radiasi gastrointestinal akut mulai timbul pada dosis 1 Gy (100 rad). Radiasi sangat merusak sel – sel epitelial yang mengelilingi saluran

gastrointestinal. Bagian yang terserang paling parah adalah intestinal yang kecil. Sel – sel epitelial berfungsi sebagai pelindung biologi. Pecahnya sel – sel ini akan menyebabkan tubuh terserang infeksi, dehidrasi dan diare yang parah.⁽⁴²⁾

2.4.12.Sindrom Sistem Syaraf Pusat

Sistem syaraf pusat merupakan bagian dari sindrom radiasi akut karena dosis 50 Gy (5000 rad) atau radiasi ionisasi yang lebih besar. Kerusakan pembuluh darah dan kapiler memungkinkan cairan merembes ke otak, menimbulkan kenaikan kandungan cairan, yang menyebabkan peningkatan tekanan intra kranial yang memperbesar kerusakan jaringan.

Efek radiasi bisa bersifat akut dan tertunda. Penyinaran radiasi yang bersifat akut terhadap seluruh tubuh akan mempengaruhi semua organ dan sistem – sistem yang terdapat dalam tubuh. Namun demikian, karena tidak semua organ atau sistem organ memiliki kepekaan yang sama terhadap radiasi, maka pola – pola atau sindrom penyakit pada seseorang tergantung pada banyaknya dosis.

Efek – efek radiasi yang tertunda mungkin disebabkan karena adanya penyinaran berlebihan tunggal yang besar ataupun penyinaran berlebihan tingkat rendah yang terus – menerus. Diantara akibat – akibat penyinaran berlebihan yang tertunda

adalah kanker, efek – efek genetika, memendeknya jangka hidup dan bular (katarak).

1. *Kanker*

Efek dosis yang menyebabkan kanker (carcinogenetik) dari radiasi gamma sebanyak 1 Gy (100 cGy) atau lebih yang disampaikan pada angka dosis tinggi didokumentasikan dengan baik, bersifat konsisten dan definitif. Walaupun setiap organ atau jaringan dapat mengembangkan neoplasia setelah terkena radiasi berlebihan, organ- organ tertentu dan jaringan – jaringan tertentu nampaknya bersifat lebih peka dalam hal ini daripada yang lain. Kanker yang disebabkan oleh radiasi teramati paling sering dalam sistem hemopoitik, dalam thyroid (gondok), dalam tulang dan pada kulit. Pada semua kasus ini, waktu timbulnya tumor pada manusia relatif lama dalam kurun waktu 2 hingga 20 tahun setelah penyinaran.

2. *Leukimia*

Leukimia, khususnya leukimia myelogenous akut, dan leukimia limfosit akut atau myelogenous kronis yang lemah, berada diantara bentuk – bentuk penyakit berbahaya yang paling mungkin disebabkan oleh penyinaran radiasi yang berlebihan pada tubuh total. Leukimia limfosit kronis nampaknya tidak bertalian dengan penyinaran radiasi.

3. Kanker Tulang

Kanker tulang dan paru – paru yang disebabkan oleh radiasi sehubungan oleh radiasi karena pekerjaan, sangat penting dalam carcinogenesis dari radioisotop yang tertimbun didalam. Radiostrontium dan barium, serta radium secara kimiawi serupa dengan calcium dan karenanya dapat masuk kedalam struktur mineral tulang dan kedalam epifis.

Produk – produk pembelahan tanah pencari tulang yang langka seperti misalnya $^{144}\text{Ce}^-$, ^{144}Pr juga cenderung terkumpul didalam struktur mineral. Plutonium suatu unsur yang sangat beracun, ternyata terkumpul didalam periosteum, endosteum, dan trabeculae tulang. Semua pencari tulang dianggap sangat beracun karena semuanya dapat merusak jaringan hemopoitik yang bersifat radiosensitif didalam sumsum tulang, semua pencari tulang menyebabkan kanker pada saat disuntikan pada hewan di laboratorium dengan jumlah yang cukup.

4. Kanker Paru – Paru

Kerentanan paru – paru terhadap carcinoma yang disebabkan radiasi sudah lama dikenal. Presentase terjadinya *carcinoma bronkhogenik* sangat tinggi terjadi pada pekerja yang terpapar radiasi (radon, turunan radium radioaktif) yang mempunyai masa kerja 15 tahun. Pada umumnya, waktu antara penyinaran hingga pengamatan kanker paru – paru, kira – kira

dibutuhkan waktu 100 hari atau lebih. Namun demikian, dalam suatu contoh, *carcinoma "squamosus cell"* telah teramati hanya dalam waktu 48 hari setelah dilakukan injeksi $15 \mu \text{Ci } ^{144}\text{Ce}$ sebagai partikulat-partikulat CeF , ke dalam trachea.

Radiasi (penyinaran) paru-paru dengan sinar-x ternyata mengakibatkan *fibrosis* dan *pneumosis*, bukannya *neoplasia*.

5. Efek – efek Genetika

Informasi genetika dapat diubah oleh agen – agen kimiawi dan agen fisis yang berbeda, yang disebut mutagen, yang mengacaukan runtunan basa yang terdapat dalam molekul DNA. Jika kandungan informasi yang tercampur aduk tersebut berada didalam sel germinal yang selanjutnya dibuahi, maka individu baru yang dihasilkan mungkin membawa suatu cacat warisan (*genetika*), atau disebut mutasi. Mutasi semacam ini disebut sebagai mutasi titik (*point mutation*), karena mutasi ini diakibatkan oleh kerusakan pada suatu titik yang terdapat dalam gen.

6. Pemendekan Umur

Kanker yang disebabkan oleh penyinaran radiasi yang berlebihan secara alamiah memperpendek jangka hidup manusia yang terkena radiasi berlebihan. Disamping mempercepat kematian, radiasi dalam dosis banyak dapat

memperpendek jangka hidup manusia dengan memperbesar angka ketentuan fisiologis.

7. Katarak

Timbulnya katarak yang jauh lebih tinggi diantara para fisikawan dalam laboratorium *siklotron* yang matanya tersinar medan radiasi yang relatif rendah, yang kadang-kadang dalam periode waktu yang lama dan diantara mereka yang selamat dari ledakan bom atom yang matanya sekali tersinari dengan dosis radiasi yang tinggi, menunjukkan timbulnya katarak. Radiasi dapat merusak kornea, *konjungtiva*, selaput pelangi dan lensa mata. Sehubungan dengan lensa mata, tempat kerusakan utamanya adalah sel pengembang biak pada *epitelium* depan. Ini menyebabkan ketidaknormalan serat – serat lensa mata, yang akhirnya rusak membentuk suatu bidang buram atau katarak, yang menghalangi sinar untuk mencapai retina. Dosis *katarak togenik* terhadap lensa kira-kira sebesar 500 rad dari radiasi *beta* atau *gamma*. Neutron cepat lebih efektif dalam menyebabkan katarak dari pada sinar beta atau sinar-x, juga dilaporkan bahwa katarak terjadi setelah penyinaran pada dosis 200 rad dari campuran neutron dan gamma pada lensa mata.

8. Efek Radiasi Pada Jaringan Normal

Selama pasien kita obati tidak hanya tumor, efek radiasi juga pada jaringan lain itu sangat penting. Kita mencoba

Selama pasien kita obati tidak hanya tumor, efek radiasi juga pada jaringan lain itu sangat penting. Kita mencoba mengarahkan sinar x sedikit mungkin pada lesi, sehingga jaringan normal minimal sekali terlibat. Ada batas limit radiasi yang dapat kita tolerir, dan bila dosis yang keluar serius, akan fatal akibatnya.

Sensitifitas dari radiasi tergantung dari jenis histologi jaringan tubuh. Bila aktifitas reproduksi selnya tinggi, maka sel tersebut radiosensitif. Dan bila aktifitas reproduksi selnya rendah, maka rendah pula sensitifitasnya ^(29, 49).

1. Jaringan yang radiosensitif :

- a. Sel reproduksi : ovarium & testis
- b. Sel sumsum tulang seperti jaringan hemopoetik
- c. Sel epitel pada traktus digestivus
- d. Epidermis

2. Jaringan yang sensitif sedang :

- a. Hati
- b. Ginjal

3. Kelenjar-kelenjar jaringan yang sensitif rendah :

- a. Otot
- b. Tulang
- c. Jaringan ikat
- d. Otak dan jaringan saraf

2.5. Leukosit

Darah adalah jaringan cair yang terdiri atas dua bagian. Bahan *interseluler* adalah cairan yang disebut plasma dan didalamnya terdapat unsur-unsur padat yaitu sel darah. Sel darah terdiri atas tiga jenis yaitu *eritrosit* atau sel darah merah, *leukosit* atau sel darah putih dan *trombosit* atau butir pembeku ^(24, 42).

Sel darah putih rupanya bening dan tidak berwarna, bentuknya lebih besar dari sel darah merah, tetapi jumlahnya lebih kecil. Dalam setiap milimeter kubik terdapat 6000 sampai 10000 (rata – rata 8000) sel darah putih.

Lima jenis sel darah putih yang sudah diidentifikasi dalam darah perifer adalah *netrofil*, *eosinofil*, *basofil*, *monosit*, *limfosit*, *Netrofil*, *eosinofil* dan *basofil* juga dinamakan *granulosit*, sedangkan *monosit* dan *limfosit* dinamakan *agramulosit*.

Beberapa sel darah putih dibentuk dalam sumsum tulang khususnya *granulosit* (*netrofil*, *eosinofil* dan *basofil*) serta disimpan dalam sumsum tulang sampai sel tersebut dibutuhkan. Sebaliknya non *granulosit* (*limfosit* dan *monosit*) dihasilkan diberbagai organ *limfogen* termasuk kelenjar limfe, timus dan berbagai sisa limfoid yang terletak dalam usus dan sumsum tulang. Bahan yang diperlukan untuk pembentukan sel darah putih umumnya memerlukan vitamin dan asam amino (asam folat dan vitamin B kompleks).

2.5.1.Agranulosit

Agranulosit adalah sel leukosit yang tidak mempunyai granula di dalamnya yang terdiri dari : (24, 27, 42)

a. *Limfosit*

Limfosit adalah leukosit mononuclear dalam darah perifer. Sel ini memiliki inti bulat atau oval yang dikelilingi oleh pinggiran sitoplasma sempit berwarna biru yang mengandung sedikit *granula*.

Limfosit sebagian besar membentuk sarang didalam kelenjar limfe, limpa, mukosa saluran cerna dan tersebar didalam sumsum tulang, hati, kulit dan jaringan radang kronik ditempat manapun diseluruh tubuh.

Limfosit terdiri dari dua jenis :

1. *Limfosit T*, dibentuk dalam timus dan merupakan sel yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya imunitas seluler dan respons imunologik.

Limfosit T berumur beberapa bulan sampai beberapa tahun dan hampir selalu ada dalam sirkulasi.

Limfosit T berperan untuk imunitas yang diperantarai sel (misalnya melawan organisme *intraseluler* termasuk banyak bakteri, virus, protozoa dan jamur, juga melawan organ yang dicangkokkan).

Populasi utama yang beredar (80 % limfosit darah normal), ditemukan pada daerah folikuler kortek bagian dalam limfa nodus, pada jaringan periarteriolar limpa dan dalam timus. Banyak sel yang berumur panjang tetapi juga sel berumur pendek, antigen membran yang spesifik T. berwarna merah mawar.

2. *Limfosit B*, sel ini dapat berubah menjadi sel yang memproduksi antibodi. Sebagian besar tetap berada didalam dan disekitar folikel – folikel kelenjar limfe. Sel ini berumur beberapa minggu hingga beberapa bulan.

Limfosit B berperan untuk imunitas humoral (misalnya melawan bakteri pyogenik yang berkapsul), kebanyakan terikat dan tidak bergerak (hanya 20 % limfosit darah normal), ditemukan dalam pusat germinal limfa nodus, limpa, pengelompokan limfoid saluran pencernaan dan pernafasan, juga dalam daerah kortikal superficial (subkapsuler) dan “medullary cords” limfo nodus, mayoritas berumur pendek, misalnya sel plasma 2-3 hari tetapi juga mencakup sel berumur panjang, memiliki imunoglobulin permukaan.

Sekitar 75-80 % limfosit terdapat dalam sirkulasi pada orang dewasa sehat adalah limfosit T, 10 – 15 % adalah limfosit B. Limfosit beredar secara ekstensif sehingga

terjadilah pertukaran secara terus menerus antara limfosit yang ada dalam jaringan, cairan limfe dan sirkulasi darah.

Limfositosis sering terjadi pada bayi dan anak kecil sebagai respon terhadap infeksi yang menghasilkan reaksi neutrofil pada orang dewasa. Keadaan khusus yang disertai limfositosis diantaranya adalah infeksi (akut maupun kronis), tirotoksikosis, leukimia limfositik kronis (dan beberapa limfoma).

Limfopenia tidak umum, tetapi dapat terjadi pada kegagalan sumsum tulang berat, dengan terapi kortikosteroid dan imunosupresif lain, pada penyakit Hogkin dan dengan penyinaran luas.

b. Monosit

Monosit merupakan 5-8 % dari jumlah leukosit dalam darah tetapi yang ada dalam sirkulasi hanya merupakan sebagian kecil saja dari seluruh cadangan sel ini. Monosit berasal dari sel induk yang sama dengan sel induk granulosit. Sel ini mengalami maturasi didalam sumsum tulang, beredar sebentar kemudian masuk ke dalam jaringan dan media makrofag.

Ciri monosit adalah sel berukuran besar ($16 - 20 \mu\text{m}$) kromatin inti jelas, inti memanjang berlekuk atau terlipat dan sitoplasmanya banyak, berwarna biru keabu-abuan dan tembus pandang.

Umur monosit adalah beberapa minggu sampai beberapa bulan.

Monosit memiliki fungsi fagosit, membuang sel-sel cedera atau mati, fragmen-fragmen sel dan mikroorganisme.

Monositosis adalah kenaikan hitung monosit darah di atas $0,8 \times 10^9/L$. Keadan ini mungkin terjadi karena infeksi bakteri kronis, penyakit protozoa, neutropenia kronis, penyakit Hodgkin serta leukimia mielomositik dan monositik.

2.5.2. Granulosit

Granulosit adalah sel yang sitoplasmanya mengandung granula dengan bermacam-macam komposisi kimia dan enzim.

Granulosit mempunyai ukuran diameter berkisar dari $10 - 14 \mu m$.

Granulosit terdiri dari neutrofil, eosinofil dan basofil. ^(24, 28, 42)

a. Neutrofil

Neutrofil disebut juga leukosit palimorfonuklear (PMN).

Neutrofil adalah sel yang bergerak aktif dan dalam waktu singkat dapat berkumpul dalam jumlah banyak di tempat jaringan yang rusak. Sel ini berdiameter $12 - 15 \mu m$, memiliki inti yang khas padat terdiri atas sitoplasma pucat di antara 2 dan 5 lobus dengan rangka tidak teratur dan banyak mengandung granula merah jambu (azurophilik) atau merah lembayung.

Sumsum tulang memiliki tempat penyimpanan cadangan yang tetap. Kapasitasnya sekitar 10 kali jumlah neutrofil yang dihasilkan setiap hari. Neutrofil merupakan garis pertahanan yang

pertama bila ada kerusakan jaringan atau bila ada benda asing yang masuk.

Bila timbul infeksi, neutrofil cadangan akan dimobilisasi dan dilepaskan kedalam sirkulasi. Neutrofil dalam sirkulasi dibagi antara kelompok sirkulasi dan kelompok marginal (sel – sel darah putih yang terletak sepanjang dinding kapiler).

Neutrofil bergerak dengan cara diapedesis dari kelompok marginal masuk kedalam jaringan dan membrana mukosa. Sel-sel ini bekerja sebagai sistem pertahanan primer dari tubuh melawan infeksi bakteri, metode pertahanannya adalah fagositosis.

Fungsi neutrofil dan monosit dapat dibagi dalam tiga fase.

1. *Khemotaksis (mobilisasi dan migrasi sel)*, di mana fagosit ditarik ke bakteri atau tempat peradangan mungkin oleh zat khemotaksis yang dibebaskan dari jaringan rusak atau oleh komponen komplemen.
2. *Fagositosis*, di mana zat asing (misalnya bakteri, jamur dan sebagainya) atau sel tubuh hospes yang mati atau rusak dimakan.
3. Membunuh dan mencerna. Ini terjadi dengan jalan yang tergantung oksigen dan tak tergantung oksigen

Leukositosis neutrofil merupakan peningkatan neutrofil yang beredar sampai kadar lebih besar daripada $7,5 \times 10^9 /L$ adalah salah satu perubahan hitung yang tersering di amati.

Leukositosis neutrofil sering disertai demam karena pembebasan *pirogen leukosit*. Penyebab *leukositosis neutrofil* diantaranya karena infeksi bakteri (terutama *bakteri pyogenik*, setempat atau *generalisata*). Peradangan dan *nekrosis* jaringan (misalnya *miositis*, *vaskulitis*, *infark miokard*, *trauma*), penyakit metabolik (misalnya *uraemia*, *eklampsia*, *asidosis*, *gout*), neoplasma semua jenis (*karsinoma*, *limfoma*, *melanoma*), pendarahan atau haemolisis, akut, terapi *kortikosteroid*, dan penyakit *mieloproliferatif* (misalnya *leukemia granulositik kronis*, *polisitemia vera*, *mielosklorosis*).

Neutropenia menyatakan penurunan jumlah absolut netrofil. Peranan netrofil adalah untuk pertahanan *hospes*, maka jumlah netrofil absolut yang kurang dari $1000/mm^3$ mempengaruhi individu terhadap infeksi. Jumlah di bawah $500/mm^3$ merupakan predisposisi terhadap infeksi yang mengancam kehidupan yang sangat berbahaya. *Netroponia* dapat di akibatkan oleh pembentukan *netrofil* yang tidak efektif dan gangguan pembentukan *netrofil*.

**Tabel 2.2. Keadaan yang menyebabkan Neutropenia
(<1500 PMN/mm³)**

Penyakit Infeksi	Beberapa bakteri (tifoid, tularemia, brucella) Beberapa virus (hepatitis, influenza, campak, parotitis, mononuklosis infeksiosa) Protozoa (khususnya malaria) Tiap jenis infeksi berat
Bahan kimia dan fisika	Zat – zat penekan sumsum tulang, tergantung dosis (radiasi, obat sitotatika, benzene) Reaksi idiosinkrasi terhadap obat
Obat – obatan (Drug – Induced)	Obat anti – radang (aminopirin, fenil butazon) Obat antibakteri (kloram fenikol, ko-trimoksazol) Antikonvulsi (fenitoin) Antitiroid (karbomazol) Obat hipoglikemik (talbutamid) Fenotiazin (klorpromazin, prometazin) Macam – macam (mepakrin, Fenindion dan banyak lainnya)
Hipersplenisme	Penyakit hati Storage disease
Kelainan lain	Beberapa penyakit kolagen vaskuler Defisiensi asam folat dan vitamin B₁₂ berat

Sumber: Frances K. Widmann 1992 dan Hoffbrand 1992

b. Eosinofil

Eosinofil adalah granulosit dengan inti yang terbagi 2 lobus dan sitoplasma bergranula kasar, berwarna merah tua oleh zat warna yang bereaksi asam yaitu eosin.

Dalam keadaan normal, eosinofil ini merupakan 2 – 3 % dari seluruh jumlah sel darah putih yang terdapat dalam darah. Sel ionofil mempunyai daya fagositosis yang lemah.

Eosinofil mengandung berbagai enzim yang menghambat mediator inflamasi akut. Eosinofil dianggap dapat mendetoksifikasi yang dapat menyebabkan radang yang di lepaskan oleh sel mast dan sel basofil dan mungkin juga oleh jaringan-jaringan yang rusak, jadi mencegah penyebaran proses radang lokal.

Eosinofilia adalah peningkatan eosinofil darah di atas rata-rata, dapat terjadi pada penyakit alergi, penyakit parasit, pemulihan dari infeksi akut, penyakit kulit tertentu, eosinofilia pulmoner dan sindroma hipereosinofilik, sensitivitas terhadap obat, poliarteritis nodosa, penyakit hodgkin dan beberapa tumor lain serta leukimia eosinofilik (jarang).

c. Basofil

Basofil merupakan jenis leukosit darah yang jumlahnya paling sedikit, yaitu dalam keadaan normal tidak lebih dari

2.5.3. Fungsi Leukosit (24, 28, 42)

a. Fungsi Defensif

Fungsi defensif adalah fungsi mempertahankan tubuh terhadap benda-benda asing termasuk kuman-kuman penyebab penyakit infeksi. Leukosit yang berperan dalam hal ini adalah : *Monosit*, yang memakan benda-benda asing berukuran besar (makrofag). *Neutrofil*, yang memakan benda-benda asing berukuran kecil (mikrofag). *Limfosit*, yang membentuk antibodi dan sel plasma.

b. Fungsi Reparatif

Fungsi reparatif adalah memperbaiki atau mencegah terjadinya kerusakan, terutama kerusakan vaskuler. Jenis leukosit yang berperan dalam hal ini adalah basofil sebagai heparin. Heparin dapat mencegah terbentuknya trombus-trombus pada pembuluh darah.

2.5.4. Kelainan Leukosit (23, 28, 42)

Gangguan sel darah putih dapat mengenai setiap lapisan sel atau semua lapisan sel dan biasanya berkaitan dengan gangguan pembentukan atau penghancuran dini.

a. Leukositosis

Leukositosis menyatakan peningkatan jumlah leukosit yang umumnya melebihi $10.000/\text{mm}^3$. Leukositosis dapat terjadi karena masing-masing komponen leukosit meningkat atau hanya sebagian yang meningkat. *Granuliositosis* menyatakan peningkatan jumlah netrofil, jadi lebih tepat di sebut *netrofilia*.

Leukosit meningkat karena adanya reaksi fisiologis untuk melindungi tubuh dari mikroorganisme (infeksi). Bila infeksi mereda neutrofil berkurang dan monosit meningkat (monositosis). Pada resolusi progresif monosit menurun terjadi limfositosis (peningkatan jumlah limfosit) dan eosinofilia (peningkatan jumlah eosinofil). Penyebab leukositosis antara lain : infeksi, toksik, keganasan (paru-paru, ginjal, payudara), kerja fisik terlalu berat dan penyuntikan epinefrin serta gangguan mieloproliferaif (netrofilia).

Monositosis dapat disebabkan karena penyakit infeksi, penyakit granuloma kronik (TBC dan sarkaidosis), sedangkan limfositosis disebabkan karena hepatitis infeksiosa, tokosoplasmosis, campak, parotitis, kepekaan obat limfoma malignum. Tanda lain pada limfositosis dapat diketahui keadaan penyertanya yaitu pembesaran hati, limpa dan kelenjar yang merupakan tempat pembentukan limfosit.

b. Leukopeni

Leukopeni menyatakan berkurangnya jumlah leukosit yang menurun sampai dibawah $5.000/\text{mm}^3$ atau kurang. Leukopeni terjadi karena adanya penurunan masing – masing komponen atau sebagian komponen leukosit antara lain *netropenia*, *agramulositosis* dan *limfositosis*.

Leukopenia atau jumlah kurang dari $5.000/\text{mm}^3$ dapat disebabkan oleh beberapa keadaan antara lain adalah :

hanya sebagian yang meningkat. Granulositosis menyatakan peningkatan jumlah netrofil, jadi lebih tepat disebut netrofilia. Leukosit meningkat karena adanya reaksi fisiologis untuk melindungi tubuh dari mikroorganisme (infeksi). Bila infeksi mereda neutrofil berkurang dan monosit meningkat (monositosis). Pada resolusi progresif monosit menurun terjadi limfositosis (peningkatan jumlah limfosit) dan eosinofilia (peningkatan jumlah eosinofil). Penyebab leukositosis antara lain : infeksi, toksik, keganasan (paru-paru, ginjal, payudara), kerja fisik terlalu berat dan penyuntikan epinefrin serta gangguan mieloproliferaif (netrofilia).

Monositosis dapat disebabkan karena penyakit infeksi, penyakit granuloma kronik (TBC dan sarkoidosis), sedangkan limfositosis disebabkan karena hepatitis infeksius, toksoplasmosis, campak, parotitis, kepekaan obat limfoma malignum. Tanda lain pada limfositosis dapat diketahui keadaan penyertanya yaitu pembesaran hati, limpa dan kelenjar yang merupakan tempat pembentukan limfosit.

b. Leukopeni

Leukopeni menyatakan berkurangnya jumlah leukosit yang menurun sampai dibawah $5.000/\text{mm}^3$ atau kurang. Leukopeni terjadi karena adanya penurunan masing – masing komponen

atau sebagian komponen lekosit antara lain netropenia, agramulositosis dan limfositosis.

Leukopenia atau jumlah kurang dari $5.000/\text{mm}^3$ dapat disebabkan oleh beberapa keadaan antara lain adalah :

1. *Penyakit*

Penyakit tifoid dan malaria dapat menurunkan jumlah leukosit serta adanya infeksi virus dan penyakit keganasan.

2. *Bahan Kimia dan Fisika*

Bahan kimia dan fisika yang dapat berpengaruh terhadap penurunan jumlah leukosit antara lain zat – zat penekanan sumsum tulang (Pb), radiasi sinar – X, obat sitotastika (siklofosfamida), obat analgetik (antibiotik, antihistamin), benzene, zat – zat toksik.

3. *Hipersplenisme*

Adalah berkurangnya jumlah eritrosit, granulosit atau platelet yang disebabkan karena sel – sel rusak atau tua secara berlebihan, dengan jumlah meningkat dalam splien yang membesar.

4. *Kelainan Lain*

Adanya penyakit kolagen vaskuler, anemia hipoplastik atau aplastik.

5. *Status Gizi*

Asupan gizi yang kurang terutama asam folat dan vitamin B₁₂ sangat berpengaruh terhadap produksi sel darah putih.

Gizi kurang tidak hanya disebabkan karena tidak terpenuhinya tingkat kecukupan pangan tetapi juga oleh zat gizi yang dikonsumsi.

2.6. Trombosit^(6, 28)

Trombosit adalah sel darah yang berukuran sepertiga dari ukuran sel darah merah, terdapat 300.000 trombosit dalam setiap milimeter kubik darah perannya penting dalam penggumpalan darah.

2.6.1. Fungsi Trombosit^(6, 28)

Trombosit adalah sel kecil kira – kira sepertiga ukuran sel darah merah. Terdapat 300.000 trombosit dalam setiap mililiter kubik darah. Perannya penting dalam penggumpalan darah.

Pembentukan sumbat trombosit terjadi melalui beberapa tahap yaitu adesi trombosit, agregasi trombosit, dan reaksi pelepasan. Apabila pembuluh darah luka, maka sel endotel akan rusak sehingga jaringan ikat di bawah endotel akan terbuka. Hal ini akan mencetuskan adesi trombosit yaitu suatu proses dimana trombosit melekat pada permukaan asing terutama serat kolagen. Trombosit satu juga akan melekat pada trombosit lain dan proses ini disebut sebagai trombosit. Selama proses agregasi, terjadi

perubahan bentuk cakram menjadi bulat disertai pembentukan pseudopodi. Akibat perubahan bentuk ini maka granula trombosit akan terkumpul di tengah dan akhirnya akan melepaskan isinya.

Masa *agregiasi trombosit* akan melekat pada *endotel*, sehingga akan membentuk sumbat trombosit yang dapat menutup luka pada pembuluh darah. Tahap terakhir untuk menghentikan perdarahan adalah pembentukan sumbat trombosit yang stabil melalui pembentukan fibrin. Jumlah trombosit darah normal dalam setiap milimeterkubik darah adalah 140.000 – 400.000 dan rata-rata berkisar 350.000.

2.6.2. Eritrosit ^(6, 28)

Sel eritroid yang paling awal dapat di kenal dalam sumsum tulang adalah pronormoblas yang ada pada pewarnaan biasa Romanowsky merupakan sel besar dengan sitoplasma biru tua, nukleus di tengah dengan nukleoli dan kromatin yang sedikit mengelompok. Dengan sejumlah pembelahan sel, ini menjadi sederet normoblas yang makin bertambah kecil. *Pronormoblas* juga berisi hemoglobin lebih banyak dalam sitoplasma. Sitoplasma berwarna biru pucat karena kehilangan alat sintesis RNA dan proteinnya, sementara kromatin inti menjadi lebih padat. Nukleus akhirnya dikeluarkan dari normoblas tua didalam sumsum tulang dan terjadilah stadium retikulosit yang masih mengandung sebagian ribosomal RNA dan masih sanggup mensintesis hemoglobin.

2.8. Jumlah normal hemoglobin dan sel darah normal ^(6, 28)

Tabel No.2.3 Jumlah Hemoglobin Normal

Kriteria	Kadar Hb (g/dl)
Anak umur 6 bln – 6 th	11 – 14, 5
6 th – 14 th	12 – 13,5
Pria Dewasa	13 – 17
Wanita hamil	11 – 14
Wanita Dewasa	12 – 15,5

Sumber : Widman F.K, Tinjauan Klinis Atas hasil Pemeriksaan Laboratorium, Edisi IX, ECG, Jakarta, 1995

Tabel No.2.4 Nilai Sel darah Normal

Pengukuran	Pria	Nilai	Wanita
Hitung eritrosit Juta sel/mm ³	4,7 – 6,1		4,2 – 5,2
Hemaglobin, g/100 ml	13,4 – 17, 6		12, 0 – 15, 4
Hematokrit, vol %	42 - 53		46
MCV, μm^3 /eritrosit		81 – 96	
MCHC, g/100 ml		30 – 36	
Eritrosit			
MCH, pg/eritrosit		27 – 31	
Jumlah leukosit total, Sel/mm ³		4000-10000	
Granulosit			
PMN, %			
Eosinofil, %		38 – 70	
Basofil, %		1 – 5	
Monosit, %		0 – 2	
Limfosit, %		1 – 8	
Trombosit, sel/mm ³		15 – 45	
Hitung retikulosit, % †		150000-400000	
		1 – 2	

Sumber : Ehlers dan Steel, 1969 dalam Sumirat J.S.200

2.9. Proteksi Radiasi ^(6, 28)

Radiasi sinar-x atau sinar gamma dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan tubuh. Protek radiasi merupakan tindakan atau perlindungan yang dilakukan untuk menghindari efek – efek

yang merugikan pada tubuh manusia sebagai akibat radiasi pengion^(25, 40, 41).

Tujuan proteksi radiasi pada pekerja adalah agar radiasi yang diterima dapat ditekan serendah mungkin dan dalam keadaan bagaimanapun juga tidak boleh melebihi dosis maksimum yang diperkenankan.

Proteksi radiasi bagi orang – orang yang berhubungan langsung dengan sumber pengion dibagi dalam 3 golongan yaitu :

1. Proteksi radiasi terhadap penderita dengan terapi radiasi
2. Proteksi radiasi terhadap pekerja radiodiagnostik
3. Proteksi radiasi terhadap kedokteran nuklir

1. Proteksi Radiasi Terhadap Penderita Dengan Therapi Radiasi

Pada therapi dosis tertentu yang diberikan kepada penderita jaringan sehat sekitarnya perlu mendapat perlindungan sebaik – baiknya. Pada penyinaran sekitar mata, maka mata harus mendapat perlindungan dengan menggunakan timah hitam "*Lead Eye Shidd*" agar lensa mata terhindar dari kerusakan.

Penyinaran terhadap tumor yang tidak ganas dan terhadap anak- anak perlu hati – hati dengan jumlah dosis yang diberikan dan jangan berulang kali mendapat penyinaran oleh karena radiasi bersifat karsinogen.

2. Proteksi Radiasi Terhadap Pekerja Radiodiagnostik

Pekerja radiodiagnostik umumnya mendapat radiasi dari tabung sinar-x, hal yang perlu diperhatikan demi proteksi terhadap pekerja adalah filter, kollimator, kualitas film dan distribusi dari hasil luas penyinaran.

a. Filter

Penyaringan/filter ni sangat berguna untuk mengurangi intensitas sinar-x yang dihasilkan oleh tabung sinar-x. Umumnya setiap unit sinar-x yang dihasilkan oleh tabung sinar-x paling tidak harus mempunyai filter Al setebal 3 mm. Apabila tidak mempunyai filter maka energi sinar-x yang rendah yang seharusnya dihilangkan oleh filter akan mencapai pada tubuh dengan akibat tubuh akan lebih banyak menerima radiasi yang tidak berguna.

b. Kollimator

Kollimator merupakan suatu cara yang bersifat mengatur luas (area) dari berkas sinar-x yang diperlukan.

c. Kualitas Film

Kualitas film mempunyai kaitan dengan proteksi radiasi. Apabila menggunakan film yang kurang sensitif (kualitas rendah) akan diperoleh gambaran yang kurang jelas. Sinar-x yang lebih keras diperlukan untuk memperoleh gambaran yang jelas, sehingga kemungkinan menimbulkan radiasi semakin besar.

d. Distribusi dari hasil penyinaran

Distribusi hasil luas penyinaran diperoleh dengan mengukur total radiasi pada penderita. Hasil luas penyinaran berkaitan dengan perkalian penyinaran dalam rontgendan luas penyinaran dalam cm^2 .

Selain apa yang disebut diatas setiap pegawai yang berkecimpung dengan sinar-x maupun operator harus memakai film badge sehingga jumlah dosis yang diterima dapat diketahui dan apabila ada kesalahan dan kelalaian dalam proteksi dapat segera diselidiki pula.

3. Proteksi Radiasi Terhadap kedokteran Nuklir

Radioisostop telah banyak digunakan dibidang kedokteran nuklir sehingga perlu mengetahui cara-cara proteksinya.

Untuk mencapai tujuan proteksi radiasi, seorang dokter dalam bidang kedokteran nuklir harus benar – benar mengetahui :

- a. Penggunaan zat radiofarmasi secara tepat
- b. Penderita bagaimanakah yang layak mendapatkan terapi radioisotop
- c. Memberikan obat radioaktif pada penderita yang benar – benar memerlukan
- d. Memastikan bahwa instrumen deteksi bekerja secara baik dan benar

Ada tiga cara pengendalian tingkat paparan radiasi, yaitu :

1. Jarak

Cara ini efektif karena intensitas radiasi dipengaruhi oleh hukum kuadrat jarak. Semakin besar jarak dari sumber radiasi maka semakin kecil dosis yang diterima oleh pekerja.

2. Waktu

Pekerja radiasi yang berada didalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya sebanding dengan lamanya pekerja tersebut berada didalam medan radiasi. Semakin lama seseorang berada ditempat itu, akan semakin besar dosis radiasi yang diterimanya, demikian pula sebaliknya.

3. Penggunaan perisai radiasi

Untuk penanganan sumber – sumber radiasi dengan aktivitas sangat tinggi seringkali pengaturan waktu dan jarak tidak mampu menekan penerimaan dosis oleh pekerja dibawah nilai batas dosis yang telah ditetapkan.

Oleh sebab itu, dalam penanganan sumber beraktivitas tinggi juga diperlukan perisai radiasi.

Sifat dari bahan – bahan perisai radiasi ini harus mampu menyerap energi radiasi atau melemahkan intensitas radiasi. Perisai ini dibuat dari timbal atau beton.

Ada 2 jenis perisai, yaitu :

- a. Perisai primer, memberi proteksi terhadap radiasi primer.

Contohnya: tempat tabung sinar-X dan kaca timbal pada tabir fluoroskopi.

- b. Perisai sekunder, memberi proteksi terhadap radiasi sekunder. Contohnya: tabir pada sarat timbal pada tabir fluoroskopi, pakaian proteksi.

2.10. Pengawasan Kesehatan Pekerja Radiasi

Pekerja radiasi harus mendapatkan pelayanan pengawasan kesehatan. Pengawasan kesehatan terhadap pekerja radiasi harus di dasarkan pada prinsip-prinsip pemeriksaan kesehatan pada umumnya, yang meliputi pemeriksaan kesehatan sebelum kerja, pemeriksaan berskala selama maswa kerja dan pemeriksaan kesehatan pada waktu pemutusan hubungan kerja. (25, 29, 40, 41)

1. Pemeriksaan Kesehatan Sebelum Kerja

Pemeriksaan yang di lakukan meliputi penyelidikan terhadap riwayat kesehatannya dan pemeriksaan khusus pada organ yang di anggap peka terhadap radiasi, misalnya haematologi, dermatologi, oftalmologi, paru-paru, neurologi dan kandungan.

2. Pemeriksaan Kesehatan Selama Masa Kerja

Pemeriksaan ini harus di lakukan secara rutin untuk menentukan keadaan kesehatan pekerja dalam menjalankan tugasnya. Pemeriksaan ini dilakukan sekurang-kurangnya sekali setiap tahun atau lebih tergantung pada kondisi penyinaran yang di

terima oleh pekerja. Pemeriksaan kesehatan yang di lakukan adalah pemeriksaan terhadap organ yang peka terhadap radiasi.

3. Pemeriksaan Kesehatan Pada Waktu Pada Pemutusan Hubungan Kerja

Pemeriksaan kesehatan di lakukan terhadap organ yang di anggap peka terhadap radiasi yang di bebaskan kepada instalasi atom.

Proteksi radiasi terhadap petugas radiasi antara lain dapat dilakukan dengan :

1. Menghindari Penyinaran tubuh yang tidak terlindung
2. Pemakaian sarung tangan dan apron atau tabir apabila harus berada di ruangan langsung
3. Menggunakan alat pengukur radiasi personil

2.11. Status Gizi

Status gizi adalah tubuh yang di akibatkan oleh konsumsi penyerapan dan penggunaan makanan. Susunan makanan yang memenuhi gizi tubuh pada umumnya dapat menciptakan status gizi yang memuaskan. ^(4, 5)

Penilaian status gizi pada umumnya dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan antara lain:

a. Penilaian status gizi langsung

Dilakukan dengan pemeriksaan klinis, antropometri, uji biokimia dan uji biofisik. Antropometri dapat di hitung dengan rumus

Indeks Masa Tubuh (IMT). Indeks ini di gunakan untuk menentukan status gizi orang dewasa diatas 18 tahun.

Nilai IMT di hitung dengan rumus :

$$\text{IMT} = \text{Berat badan (kg)} / \text{Tinggi badan (m)}$$

Batas ambang dengan merujuk ketentuan FAO/WHO :

Batas ambang normal untuk laki-laki : 20,1 25,2

Batas ambang normal untuk wanita : 18,7 23,8

Untuk kepentingan Indonesia, batas ambang di modifikasi lagi berdasarkan pengalaman klinis dan hasil penelitian dari beberapa negara berkembang.

Batas ambang IMT untuk Indonesia adalah seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Batas ambang IMT untuk orang Indonesia

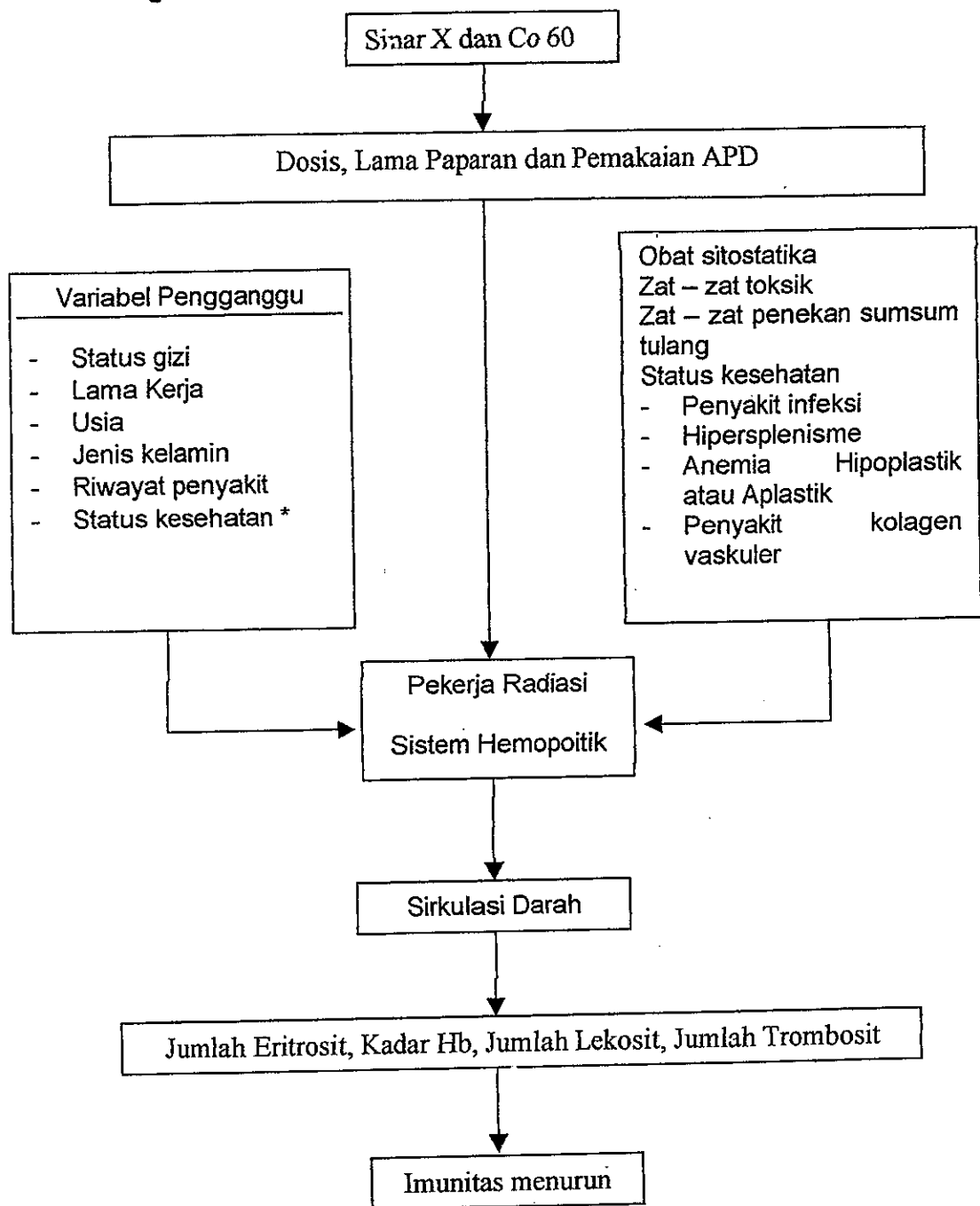
Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat jika < 17,0 Kekurangan berat badan tingkat ringan jika 17,0 – 18,4
Normal	Jika 18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan jika > 25,0 – 27,0 Kelebihan berat badan tingkat berat jika > 27,0

Sumber : Depkes RI, 1996

b. Penilaian gizi tidak langsung

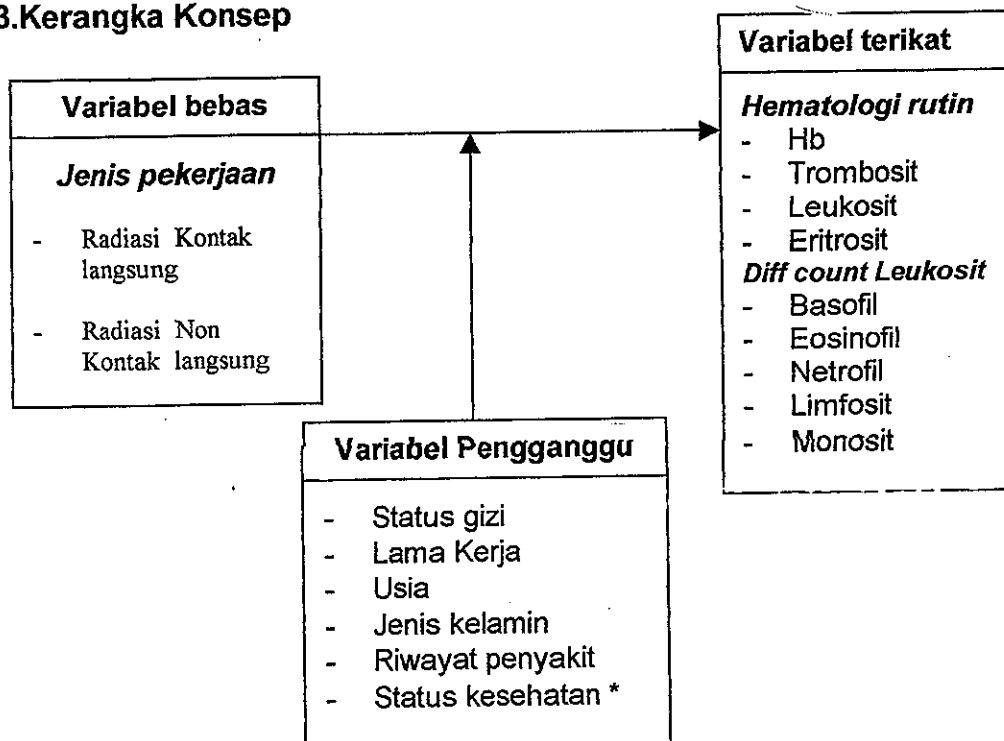
Dilakukan dengan statistik vital, konsumsi makanan dan faktor-faktor ekologi. Asupan makanan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap status gizi seseorang.

2.12. Kerangka Teori



Sumber : Travis GC. *Primer of Medical Radiobiology*. 1975.

2.13.Kerangka Konsep



Keterangan : * Dikendalikan

Variabel pengganggu yang dikendalikan dalam penelitian ini adalah status kesehatan, yaitu dengan memilih responden yang sehat dinyatakan sehat setelah dilakukan pemeriksaan fisik oleh dokter Rumah Sakit Dr. Kariadi.

Status gizi sebagai variabel pengganggu yang tidak dikendalikan karena setelah dilakukan pengukuran IMT pada responden semua responden sebagian besar mempunyai jumlah IMT normal. Sedangkan untuk masa kerja juga sebagai variabel yang tidak dikendalikan dikarenakan responden telah bekerja dibagian radiologi dan radioterapi dari sejak pertama kali mulai bekerja.

2.14. Hipotesa

Ada perbedaan jumlah hitung (*Diff count : leukosit*) , dan *hematologi rutin* antara petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung di Bagian Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian analitik. Metode yang digunakan adalah *survey* dengan pendekatan *Cross Sectional*, yaitu responden diobservasi sekali dan pengukuran dilakukan terhadap variabel pada saat penelitian

3.2. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian adalah karyawan Divisi Radiologi yang berjumlah 99 orang.

Sampel sejumlah 62 orang yaitu masing-masing 31 orang petugas radiasi yang berhubungan langsung dengan radiasi pengion (radiolog, radiographer, teknisi, fisika medis) berjumlah 31 orang dan petugas radiasi non kontak langsung berjumlah 31 orang.

Cara menghitung sampel dengan *Random* sederhana secara acak, yaitu : semua populasi mempunyai kesempatan dan kebebasan yang sama untuk diambil , sederhana artinya tanpa ada pelengkapanya.⁽³¹⁾

3.3. Variabel Penelitian

1.Variabel Bebas Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis pekerjaan yaitu petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung.

2.Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah hitung jenis :

(*diff count*) leukosit dan hematologi rutin petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.

3. Variabel Pengganggu

Variabel pengganggu dalam penelitian ini adalah: status gizi, status lama kerja, usia, jenis kelamin, lama kontak., riwayat penyakit, dan status kesehatan,

3.4. Definisi Operasional

1. Jenis Pekerjaan

Pekerja radiasi kontak langsung adalah pegawai di Divisi Radiologi yang berhubungan langsung dengan medan radiasi didalam ruangan yang ada Pesawat Radiologi untuk keperluan diagnostik maupun terapi yaitu :

Dokter, Radiograper, Teknisi, dan Fisika Medis.

Pekerja Radiasi non kontak langsung adalah pekerjaan di bagian radiologi yang tidak berhubungan langsung dengan radiasi, yaitu tenaga perawat, administrasi, dan pekarya.

Skala : nominal

2. Jumlah Hitung Jenis leukosit dan Hematologi rutin

Hasil pemeriksaan laboratorium jumlah hitung : *leukosit* dengan alat *Blood Cell Counter* yang meliputi :

a. Jumlah Leukosit

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai *Leukosit* dengan alat *Blood cell counter*.

Satuan : *sel / mm²*

Skala : *Rasio*

b. Jumlah trombosit

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai *trombosit* dengan alat *Blood Cell Counter*.

Satuan : *sel/mm³*

Skala : *Rasio*

c. Jumlah eritrosit

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai *eritrosit* dengan alat *Blood Cell Counter*.

Satuan : *juta sel/ mm³*

Skala : *Rasio*

d. Jumlah Hemoglobin

Hasil pemeriksaan laboratorium mengenai *Hemoglobin* dengan alat *Blood Cell Counter*.

Satuan : *gram/100 ml*

Skala : *Rasio*

Satuan : *Persen*

3. Lama kontak.

Lama waktu kontak berhubungan langsung pekerja radiasi di ruangan pesawat radiologi setiap harinya saat penelitian dilakukan.

Kategori : < 20 mSv / tahun / orang (%)
20 - 50 mSv / tahun / orang (%)
> 50 mSv / tahun / orang (%)

4. Status Gizi

Tingkat gizi seseorang yang dinyatakan dalam Indeks Massa Tubuh yakni perbandingan berat badan dalam kg dengan kuadrat tinggi badan dalam meter.

Kategori ; Kurus : IMT = < 18
Normal : IMT = 18,5 - 25
Gemuk : IMT = > 25
Skala : Ordinal

5. Jenis kelamin

Kondisi responden mengenai status jenis kelamin berkaitan dengan

resiko bagi pekerja wanita yang sedang hamil saat penelitian.

Kategori : < 20 mSv / tahun / orang (%)
20 - 50 mSv / tahun / orang (%)
> 50 mSv / tahun / orang (%)

6. Status Kesehatan

Kondisi responden tentang keadaan kesehatannya yang berkaitan dengan penyakit infeksi sebelum penelitian.

Kategori : sakit dan tidak sakit
Skala : Nominal

7. Masa kerja

Lamanya waktu tenaga kerja bekerja dari pertama mulai bekerja sampai saat penelitian di lakukan.

Satuan : Tahun

Skala : Rasio

3.5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang di lakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Kuisisioner, berisi sejumlah pertanyaan melalui wawancara langsung dan pengisian kuisisioner.
2. Alat *Blood Cell Counter* ialah alat untuk mengukur jumlah hitung : *leukosit, trombosit, eritrosit dan hemoglobin*.

3.6. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini di lakukan di Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang. sedangkan waktu penelitian pada bulan Juni 2003 s.d Agustus 2003.

3.7. Pengumpulan Data

Data penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer meliputi umur, lama kerja, status gizi, status kesehatan, jumlah hitung jenis : *leukosit dan hematologi rutin (trombosit ,eritrosit dan hemoglobin)*. Data primer di peroleh melalui kuesioner dan pemeriksaan laboratorium. Data sekunder berupa gambaran umum rumah sakit yang di peroleh dari profil rumah sakit.

3.8. Pengolahan Data dan Analisa Data

1. Pengolahan Data

Pengolahan data di mulai dari tahap *editing*, *coding*, *entry* dan *tabulating* di lakukan dengan menggunakan komputer program SPSS versi 10.00.

2. Analisa Data

Setelah data di tabulating selanjutnya di lakukan analisa dan disajikan secara *deskriptif*. Sebelum uji analitik terlebih dahulu di lakukan uji normalitas data dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Untuk data yang berdistribusi normal dan untuk mengetahui perbedaan jumlah hitung jenis *leukosit* dan *Hematologi rutin (trombosit, eritrosit dan hemoglobin)* antara petugas radiasi kontak langsung dan non radiasi kontak langsung di gunakan uji t dengan $\alpha = 5 \%$.

Sedangkan untuk data yang berdistribusi tidak normal di gunakan uji *Mann-Whitney*.

3.9. Cara Kerja

1. Cara Pengambilan Darah

- a. Darah vena pada orang dewasa di ambil dari salah satu *vena cubiti* sebanyak 2 cc – 3 cc kemudian dicampur dengan anti coagulation agar tidak mengental.
- b. Ikatan pembendung di pasang pada lengan atas untuk memperjelas vena.
- c. Lokasi vena di bersihkan dengan alkohol 70 % dan di biarkan kering.

- d. Setelah darah masuk kedalam tabung sampai volume yang diinginkan jarum siap dicabut.
 - e. Kapas di letakkan diatas jarum kemudian jarum dicabut.
 - f. Pembendung Kapas di lepaskan dan tangan di renggangkan.
2. Cara pemeriksaan jumlah hitung jenis : *leukosit dan hematologi rutin (trombosit,eritrosit dan hemoglobin)* secara *computerized* dengan alat *Blood Cell Counter* , Type alat *Blood Cel Counter* ialah *Sysmec – KX.21* dan *Coulter .T 540* buatan Japan.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

4.1. Gambaran Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi Semarang yang terletak di jalan Dr. Sutomo No. 16 Semarang, mempunyai luas tanah 202.590 m² dan luas bangunan 80.066 m². Rumah Sakit Umum Pusat Dr.Kariadi Semarang merupakan unit organisasi dilingkungan Departemen Kesehatan yang berada dibawah dan bertanggung jawab langsung kepada Direktorat Jenderal Pelayanan Medik Departemen Kesehatan .Tugasnya melaksanakan upaya kesehatan secara berdaya guna dan berhasil guna dengan mengutamakan penyembuhan dan pemulihan yang dilaksanakan secara serasi dan terpadu dengan upaya peningkatan dan pencegahan serta melaksanakan upaya rujukan.

Rumah Sakit Dr Kariadi Semarang telah ditetapkan menjadi unit swadana sejak tahun 1993 dengan Tujuan untuk mengefisienkan dan mengefektifkan pengelolaan sumber daya rumah sakit serta meningkatkan mutu pelayanan medis dan non medis.

Rumah Sakit Dr.Kariadi mempunyai kapasitas 880 tempat tidur yang terbagi dalam kelas utama (34 tempat tidur),kelas I (48 tempat tidur), kelas II (254 tempat tidur),kelas III A (389 tempat tidur) dan kelas III B (155 tempat tidur).

Jumlah ketenagaan pada tahun 2002 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1. Ketenagaan Berdasarkan profesi Di Rumah Sakit Dr.Kariadi Semarang Tahun 2002.

NO	JENIS KETENAGAAN	JUMLAH	%
1.	Tenaga Medik	683	26,27
2.	Tenaga Paramedik Perawatan	692	26,61
3.	Tenaga Paramedik Non Perawatan	267	10,27
4.	Tenaga Non Medik	958	36,85
	Jumlah	2600	100,00

Sumber : Laporan Rumah Sakit Tahun 2002 / 2003

Divisi Radiologi terdiri dari Bagian Radioterapi ,Radium Radiodiagnostik,dan Kedokteran Nuklir merupakan unit pelayanan dengan menggunakan radiasi untuk terapi dan untuk menegakan diagnosa penyakit. di Rumah Sakit

Tabel 4.2 Ketenagaan di bagian Radioterapi R.S.Dr Kariadi 2003

NO	JENIS KETENAGAAN	JUMLAH	%
1.	Dokter Radiologi/ Radiolog	6	15%
2.	Tenaga Radiographer	18	45%
3.	Fisikamedik	2	5%
4.	Tenaga teknisi	2	5%
5.	Tenaga perawat	4	10%
6.	Tenaga adminsitasi	4	10%
7.	Pekarya	4	10%
	Jumlah	40	100,00

Sumber : Laporan Rumah Sakit Tahun 2001 / 2002

Tabel 4.3 Ketenagaan bagian Radiodiagnostik dan Kedokteran Nuklir

NO	JENIS KETENAGAAN	JUMLAH	%
1.	Dokter Radiologi/ Radiolog	8	13,56%
2.	Tenaga Radiographer	32	54,24%
3.	Fisikamedik	3	5,08%
4.	Tenaga teknisi	4	6,78%
5.	Tenaga perawat	2	3,39%
6.	Tenaga adminitrasi	6	10,17%
7.	Pekarya	4	6,78%
	Jumlah	59	100,00%

Sumber : Laporan Rumah Sakit Tahun 2001 / 2002

4.2. GAMBARAN RESPONDEN PENELITIAN.

Petugas di ruang pesawat *LINAC* = 6 petugas kontak langsung

Petugas di ruang *Cobalt 60 Alcyon II* = 15 petugas kontak langsung

Petugas di ruang *Brachyterapi* = 5 petugas (3 kontak langsung, dan 2 non kontak langsung)

Petugas di ruang *Cobalt 60 Siemens* = 4 petugas kontak langsung

Petugas di ruang Diagnostik Hitachi = 4 petugas kontak langsung

Petugas di TPS = 2 petugas kontak langsung

Petugas di loket dan pekarya = 4 petugas non kontak

Pada fasilitas Divisi Radiologi tersebut, dilakukan penelitian pada pekerja radiasi kemungkinan terjadinya kebocoran paparan radiasi lingkungan, yang membahayakan terhadap hematologi para pekerja radiasi .

Jumlah sampel yang diteliti pada penelitian ini meliputi :

Seluruh pekerja radiasi yang memenuhi persyaratan , bekerja di Divisi Radiologi Rumah sakit Dr.Kariadi Semarang yang kontak langsung dan non kontak langsung dengan radiasi sejumlah 96 orang / pegawai.

Jumlah pekerja radiasi kontak langsung : 58 pegawai .

Terdiri dari :

Radiolog = 14 orang

Radiografer = 34 Orang

Teknisi Radiologi = 4 orang

Fisika Medik = 6 orang.

Pekerja radiasi non kontak langsung : 38 pegawai .

Terdiri dari ;

Perawat Kesehatan = 21 orang

Tata Usaha = 11 orang

Pembantu umum = 6 orang

Berdasarkan kriteria sampel yang telah ditentukan didapatkan 31 orang pekerja radiasi kontak langsung dan 31 orang pekerja radiasi non kontak langsung diperoleh dengan *purposive*.

4.3. HASIL PENELITIAN

Tabel 4.4 Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin pada Petugas Divisi Radiologi Rumah sakit Dr.Kariadi tahun 2003.

Jenis Kelamin	Jumlah(orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
Laki-laki	19	61,29
Perempuan	12	38,71
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi Non.Kontak		
Laki-laki	15	48,38
Perempuan	16	51,62
Jumlah	31	100,00

1. Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Jenis Kelamin petugas radiasi kontak langsung dan non kontak langsung

Berdasarkan tabel 4.4 persentase responden dengan jenis kelamin perempuan sebesar 28 orang (45,6 %) berbeda dengan responden laki-laki jumlah 34 orang (54,4 %) total sampel 62 orang.

2. Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia pekerja radiasi kontak langsung dengan petugas radiasi non kontak langsung.

Tabel 4.5. Distribusi Responden berdasarkan usia pada Pekerja Radiasi di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr.Kariadi tahun 2003.

Umur (th)	Jumlah (orang)	Persentase(%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
Umur 26 - 30 tahun	3	9,63
Umur 31 - 35 tahun	12	38,70
Umur > 35 tahun	16	51,67
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi Non Kontak Langsung		
Umur 26 - 30 tahun	5	16,12
Umur 31 - 35 tahun	9	29,03
Umur > 36 tahun	17	54,85
Jumlah	62	100 %

Berdasarkan tabel 4.5 persentase responden terbesar adalah responden yang berusia lebih dari 31 tahun (33 orang) = 52,8 %

- Karakteristik Responden Berdasarkan Masa Kerja petugas radiasi kontak langsung dan non kontak langsung.

Tabel.4.6 Distribusi Responden Berdasarkan Masa Kerja pada Petugas Divisi Radiologi.Rumah Sakit Dr. Kariadi Th. 2003

Masa Kerja	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Kontak Langsung		
- 1 – 5 tahun	2	3,2
- 6 – 10 tahun	5	8,0
- 11 – 15 tahun	8	12,8
- > 15 tahun	16	25,6
Petugas Non.Kontak langsung		
- 1 – 5 tahun	-	-
- 6 – 10 tahun	5	8,0
- 11 – 15 tahun	11	17,6
- > 15tahun	15	24
Jumlah	62	100,00

Berdasarkan tabel 4.6 responden terbanyak mempunyai masa kerja > 15 tahun = 31 orang (50 %).

4. Karakteristik Responden Berdasarkan Riwayat Penyakit pada petugas radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung.

Berdasarkan riwayat kesehatan di dapatkan bahwa seluruh responden dalam keadaan sehat dan selama tiga bulan terakhir tidak pernah sakit.

Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Sumber Radiasi khusus pada pekerja radiasi kontak langsung saja.

Tabel 4.7 Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Sumber Radiasi pada Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003.

No	Sumber Radiasi	Jumlah (orang)	Persentase (%)
1.	Sinar – X	15	48,4
2.	Cobalt – 60, Radio Isotop	16	51,6
	Jumlah	31	100,00

Berdasarkan tabel 4.7 dapat diketahui bahwa semua responden pekerja radiasi kontak langsung bekerja dengan sumber radiasi sinar – x , *Cobalt – 60*, dan *Radio Isotop* .

5. Distribusi Responden Berdasarkan Lama Kontak pekerja radiasi kontak langsung.

Tabel 4.8 Distribusi Responden Berdasarkan Lama Kontak pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th 2003.

Lama Kontak (jam/hari)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
1	0	0
2	1	3,2
3	3	9,6
4	15	48,0
5	12	38,4
Jumlah	31	100,00

Berdasarkan tabel 4.8 responden terbanyak petugas radiasi kontak langsung mempunyai lama kontak 4 jam (15 orang) = 48 % dan semua responden pekerja radiasi non kontak langsung tidak ada.

6. Hasil Penelitian Kadar Hemoglobin pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung.

Tabel 4.9 Distribusi Responden Berdasarkan Kadar Hb pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Kadar Hemoglobin (gr/dl)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal : Laki-laki	13	41,93
Perempuan	9	29,03
- Tidak normal : Laki-laki	2	6,45
Perempuan	7	22,79
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi Non Kontak Langsung		
- Normal : Laki-laki	14	45,16
Perempuan	13	41,93
- Tidak normal : Laki-laki		
Perempuan	4	12,91
Jumlah	62	100,00

Keterangan: Hb Normal laki-laki : 13-17 gram/dl

Hb Normal perempuan : 12 – 15,5 gram/dl

Hb Tidak normal laki-laki : < 13 dan > 17 gram/dl

Hb Tidak normal perempuan: < 12 dan > 15.5 gram/dl

Dari tabel 4.9 diketahui bahwa sebagian besar responden mempunyai kadar hemoglobin normal : 49 orang (78,4 %),sedangkan sisanya 13 orang tidak normal (21,6 %).

7. Hasil penelitian Jumlah Lekosit pada pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung.

Tabel 4.10 Distribusi Responden Berdasarkan jumlah Lekosit pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003.

Jumlah Lekosit (sel/mm ³)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (4300 – 10000)	31	100
- Tidak normal (< 4300 & > 10000)	-	-
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi Non Kontak Langsung		
- Normal (4300 – 10000)	31	100
- Tidak normal (< 4300 & > 10000)	-	-
Jumlah	31	100

Berdasarkan tabel 4.10 diketahui bahwa sebagian besar responden mempunyai jumlah leukosit normal.

8. Hasil Penelitian Jumlah Trombosit Petugas Radiasi kontak langsung dan petugas radiasi non kontak langsung di Divisi Radiologi.

Tabel 4.11 Distribusi Responden Berdasarkan Trombosit pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Trombosit (sel/mm ³)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (150.000 - 400.000)	27	87,09
- Tidak normal (< 150.000 & > 400.000)	4	12,91
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi Non Kontak langsung		
- Normal (4300 - 10000)	31	100,00
- Tidak normal (< 4300 & > 10000)	-	-
Jumlah	31	100,00

Dari tabel 4.11 didapatkan sebagian besar responden mempunyai jumlah trombosit normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 3 (tiga) orang.

Jumlah Hitung jenis Leukosit

9a. Basofil

Hasil pemeriksaan basofil memperlihatkan 7 (tujuh) orang (22,58%) petugas radiasi kontak langsung tidak normal, sedangkan petugas radiasi non kontak langsung normal

9. Jumlah Hitung Jenis Leukosit

9a. Hasil penelitian Eosinofil

Dari hasil pemeriksaan eosinofil, jumlah pekerja radiasi kontak langsung 9 orang (29,03 %) tidak normal dan petugas radiasi non kontak langsung 4 orang. (12,9 %).

Tabel 4.15 Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Eosinofil pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Eosinofil (sel/mm ³)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (3.000 - 6.000)	22	70,97
- Tidak normal (< 3.000 & > 6.000)	9	29,03
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi NonKontak langsung		
- Normal (5.400 - 6.000)	27	87,1
- Tidak normal (< 5.400 & > 6.000)	4	12,9
Jumlah	31	100,00

9b. Hasil penelitian jumlah Basofil

Didapatkan sebagian besar responden mempunyai jumlah basofil normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 7 (tujuh) orang (22,58 %) tidak normal.

Tabel 4.16 Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Basofil pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Basofil (%)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (0 - 1)	24	77,42
- Tidak normal (< 1 & > 1)	7	22,58
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi NonKontak langsung		
- Normal (0 - 1)	31	100,00
- Tidak normal (< 0 & > 1)	-	-
Jumlah	31	100,00

9c. Hasil penelitian jumlah Segmen

Tabel 4.17 Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Segmen pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Segmen (%)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (20 - 60)	27	87,10
- Tidak normal (< 20 & > 60)	4	12,90
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi NonKontak langsung		
- Normal (20 - 60)	30	97,77
- Tidak normal (< 20 & > 60)	1	2,63
Jumlah	31	100,00

Sebagian besar responden mempunyai jumlah segmen normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 4 (empat) orang (12,90 %) dan petugas non kontak langsung 1 (satu) orang (2,63 %).

9d. Hasil penelitian jumlah Limfosit.

Didapatkan sebagian besar responden mempunyai jumlah limfosit normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 4 (empat) orang (12,90 %) dan petugas radiasi non kontak langsung 1 (satu) orang (3,63 %)

Tabel 4.18 Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Limfosit pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Limfosit (%)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (1 - 8)	27	87,10
- Tidak normal (< 1 & > 8)	4	12,90
Jumlah	31	100,00
PetugasRadiasiNonKontak langsung		
- Normal (1 - 8)	30	96,77
- Tidak normal (< 1 & > 8)	1	3,63
Jumlah	31	100,00

9e. Hasil penelitian jumlah Monosit

Didapatkan sebagian responden mempunyai jumlah monosit normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 6 (enam) orang (19,35 %) dan petugas non kontak langsung 7 (tujuh) orang (22,58 %).

Tabel 4.19 Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jumlah Monosit pada Petugas Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Jumlah Monosit (%)	Jumlah (orang)	Persentase (%)
Petugas Radiasi Kontak Langsung		
- Normal (0 - 2)	25	80,65
- Tidak normal (< 0 & > 2)	6	19,35
Jumlah	31	100,00
Petugas Radiasi NonKontak langsung		
- Normal (0 - 2)	24	77,42
- Tidak normal (< 0 & > 2)	7	22,58
Jumlah	31	100,00

4.4. Hasil Analisa Statistik untuk menunjukan adanya perbedaan antar variabel.

Sebelum dilakukan uji t – test untuk mengetahui perbedaan antar variabel dilakukan terlebih dahulu uji untuk normalitas data dengan uji statistik

Kolmogorov – Smirnov.

Tabel 4.12 Hasil Uji Statistik untuk mengetahui Normalitas data Kadar Hb, Jumlah Lekosit, Jumlah Trombosit Petugas Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	Mean	Kolmogorov – Smirnov	p-Value	Keterangan
Hb	13,252	0,200	0,056	Normal
Lekosit	6735,48	0,200	0,322	Normal
Trombosit	264838,71	0,001	0,010	Tidak normal
Eosinofil	1,97	0,000	0,016	Tidak normal
Basofil	0,00	-	-	Tidak normal
Batang	1,00	0,000	0,010	Tidak normal
Segmen	62,42	0,200	0,555	Normal
Limfosit	32,65	0,200	0,484	Normal
Monosit	2,87	0,000	0,010	Tidak normal

Tabel 4.13 Hasil Uji Statistik untuk mengetahui Normalitas data Kadar Hb, Jumlah Lekosit, Jumlah Trombosit Petugas Non Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	Mean	Kolmogorov – Smirnov	p-Value	Keterangan
Hb	13,455	0,200	0,827	Normal
Lekosit	6458,06	0,200	0,476	Normal
Trombosit	264645,16	0,200	0,855	Normal
Eosinofil	1,39	0,001	0,010	Tidak normal
Basofil	0,00	-	-	Tidak normal
Batang	0,71	0,000	0,010	Tidak normal
Segmen	58,52	0,200	0,525	Normal
Limfosit	35,87	0,141	0,405	Normal
Monosit	3,45	0,000	0,010	Tidak normal

Hasil uji Kolmogorov Smirnov dari Tabel 4,12 menunjukkan bahwa untuk kadar Hb, Leukosit, Segmen, dan Limfosit didapatkan distribusi data yang normal.

Sedangkan untuk kadar : trombosit, eosinofil, basofil, batang dan monosit menunjukkan distribusi data tidak normal.

Tabel 4.14 Ringkasan Hasil Uji Beda antara Kadar Hb, Jumlah Lekosit, dan Jumlah Trombosit, Petugas Kontak Langsung dengan Non Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	N (orang)	Mean	p-Value	Ket.
Hemoglobin				
Petugas kontak langsung	31	13,252	0,614	Non signifikan
Petugas non kontak	31	13,455		
Lekosit				
Petugas kontak langsung	31	6735,48	0,371	Non signifikan
Petugas non kontak	31	6458,06		
Trombosit				
Petugas kontak langsung	31	264838,71	0,989	Non signifikan
Petugas non kontak	31	264645,16		
Eosinofil				
Petugas kontak langsung	31	36,08	0,038	Signifikan
Petugas non kontak	31	26,92		
Batang				
Petugas kontak langsung	31	35,24	0,070	Non signifikan
Petugas non kontak	31	27,76		
Segmen				
Petugas kontak langsung	31	62,42	0,036	Signifikan
Petugas non kontak	31	58,52		
Limfosit				
Petugas kontak langsung	31	32,65	0,049	Signifikan
Petugas non kontak	31	35,87		
Monosit				
Petugas kontak langsung	31	25,42	0,003	Signifikan
Petugas non kontak	31	37,58		

Dari tabel 4.14 yaitu dengan menggunakan independent *t-test* sebagai uji statistik untuk menguji tingkat perbedaan beberapa variabel.

Terdapat perbedaan significant pada komponen Hitung Jenis Leukosit antara petugas radiasi kontak langsung dengan petugas radiasi non kontak langsung yaitu pada : kadar Eosinofil, segmen, monosit dan limfosit dari semua

responden. Didapatkan sebagian besar responden mempunyai jumlah eosinofil normal, kecuali petugas radiasi kontak langsung 9 (sembilan) orang, di atas 7.100 sel/mm^3 .

BAB 5

PEMBAHASAN

Apabila radiasi ionisasi berfungsi sebagai rangsang dan efek biologi berfungsi sebagai respon, dapat dikatakan bahwa ada hubungan tanpa ambang batas antara dosis radiasi dengan efek biologi. Berarti beberapa efek biologi dapat timbul pada organisme hidup bahkan oleh dosis radiasi sekecil apapun, sehingga tidak ada penyinaran radiasi yang benar-benar aman.¹³⁾

Pedoman ALARA (*The National Committee on Radiation Protection*) berbunyi "*radiasi penyinaran harus dibuat sekecil mungkin*". Hal itu dapat tercapai melalui prosedur pengontrolan radiasi yang tepat. Tujuan dari pengontrolan ini memberikan manfaat radiasi bagi pasien.⁹⁾

Berdasarkan penelitian jumlah hematology dan hitung jenis (Diff Count) leukosit antara pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung Divisi Radiologi di Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang dapat diketahui sebagai berikut :

5.1. Analisis Deskriptif

Dari hasil penelitian jumlah leukosit pada pekerja radiasi kontak langsung = 11 orang yang di bawah 6000 μ l (tidak normal) ,dibandingkan dengan pekerja non radiasi = 6 orang , sementara hitung jenis leukositnya pada komponen basofil normal semua, baik pada pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung . Lain halnya komponen eosinofil dan segmen lebih banyak tidak normal pada pekerja radiasi kontak langsung

husus monosit nilai dibawah normal = 13 orang, untuk petugas radiasi kontak langsung = 6 orang sedangkan sisanya = 7 orang pekerja radiasi non kontak langsung.

Hal ini disebabkan karena pekerja radiasi mempunyai kecenderungan untuk mengalami perubahan jumlah dan hitung jenis leukosit ke arah leukopenia dibanding pekerja non radiasi. Proses pengurangan tersebut dapat langsung pada sel darah putihnya maupun pada sumbernya yaitu bakal sel darah putih yang ada di sumsum tulang.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah leukosit dan hitung jenis leukosit antara lain : penyakit, zat-zat kimia, toksis, asupan makanan dan lain-lain.¹⁸⁾, selain itu lama kontak pekerja radiasi yang sebagian besar lamanya 5 – 8 jam (60%) sangat mendukung untuk terjadinya perubahan jumlah dan hitung jenis leukosit karena semakin lama kontak semakin banyak radiasi yang mengenai pekerja sehingga kemungkinan resiko yang timbul semakin besar.

Kondisi status gizi yang sebagian besar normal dan baik (70% dan 82%) sangat mendukung untuk meregenerasi kembali sel-sel darah yang rusak untuk menjadi normal kembali.

5.2. Hasil Analisis Statistik Perbedaan Jumlah Hematologi dan Hitung Jenis Leukosit .

Berdasarkan hasil statistik dengan uji t-test dan Mann-Whitney didapatkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna pada hitung jenis leukosit yaitu pada komponen limposit (0,049) dan monosit (0,003) pada $\alpha = 5\%$ dengan $p < 0,05$.

Netrofil yang juga merupakan bagian dari sel darah putih juga berperan dalam melawan infeksi. *Netrofil* khususnya bentuk stab/batang termasuk jenis sel immatur dibandingkan netrofil segmen, dengan demikian sensitivitas terhadap radiasi juga lebih tinggi. Dosis radiasi 0,5 Grey (50 rad) dapat mengurangi jumlah stab dalam aliran darah. Berdasarkan hukum radiosensitivitas Bergonie – Tribondeau (1906) yang berbunyi :

“Tingkat radiosensitivitas suatu sel atau jaringan berbanding lurus dengan kapasitas reproduksinya dan berbanding terbalik dengan derajat deferensialnya”.

Yang dapat dirumuskan sebagai berikut : $S = R/D$

(S = radiosensitivitas, R = kapasitas reproduksi, D = derajat deferensial). Sel yang immatur mempunyai kapasitas reproduksi tinggi dan deferensial yang kecil sehingga lebih radiosensitif terhadap radiasi.³²⁾

Sumsum tulang berisi bakal sel darah yang bersifat imatur. dalam urutan tingkat sensitifitas jaringan tubuh, sumsum tulang menempati urutan pertama sehingga apabila terkena radiasi maka akan mempengaruhi jumlah sel sumsum tulang. Dengan demikian pengurangan jumlah sel darah tidak hanya pada komponen sel darah yang ada diperifer tetapi juga pada reservoirnya yaitu bakal sel darah yang terdapat di sumsum tulang.¹³⁾

Tubuh sebagian besar terdiri dari air (80%). Radiasi sinar-X sangat mudah berinteraksi dengan air yang kemudian akhir reaksinya dapat menghasilkan radikal bebas yang sangat berbahaya bagi tubuh dan bersifat sebagai benda asing bagi tubuh.¹³⁾ Apabila dalam tubuh terdapat benda

asing maka terjadi respon imun. Dalam hal ini fungsi fagosit akan berperan yang dilakukan oleh makrofag yang merupakan bakal monosit dan monosit itu sendiri yang berada di dalam aliran darah perifer.⁵⁰⁾ Kemampuan regenerasi dari sel limposit dan stab tergantung dari radiasi yang mengenainya serta faktor pendukung lain misalnya makanan yang dikonsumsi. Apabila radiasinya rendah dan konsumsi makanan dengan gizi tinggi, maka kemampuan untuk regenerasi akan semakin cepat. Untuk itu selain dengan proteksi radiasi perlu juga usaha pengadaan makanan tambahan dengan gizi tinggi. Hal itu sesuai dengan petunjuk teknis pelayanan radiodiagnostik rumah sakit tipe C dan D yang berbunyi bahwa :

"Harus diadakan makanan tambahan dengan gizi tinggi bagi pekerja yang bekerja di lingkungan radiasi".

Berkaitan dengan proteksi radiasi yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar radiasi yang mengenai dan pengaruhnya terhadap pekerja perlu dilakukan pemantauan dosis personal dan pemeriksaan kesehatan secara berkala terhadap pekerja radiasi yang dilakukan minimal 1 tahun sekali seperti yang tercantum dalam PP No. 63 tahun 2000 tentang keselamatan kerja terhadap radiasi.³²⁾

Hasil uji t-test dan Mann-Whitney didapatkan jumlah leukosit dan hitung jenis terutama komponen eosinofil dan segmen antara pekerja radiasi dan non radiasi ada perbedaan pada $\alpha = 5\%$ dengan $p > 0,05$ dan nilai $p = 0,038$ dan $0,036$

Perubahan jumlah leukosit seseorang sangat ditentukan oleh jumlah masing-masing komponen sel darah putih (eosinofil, stap, segmen, basofil, monosit, limposit), dimana masing-masing komponen tersebut mempunyai sensitivitas yang berbeda terhadap radiasi.¹³⁾ Selain itu faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap jumlah leukosit : penyakit infeksi, zat-zat penekan sumsum tulang, pengobatan dengan kortikosteroid, sitotoksik, penyakit keganasan.¹⁵⁾ Sehingga radiasi bukan satu-satunya penyebab perubahan jumlah leukosit. Radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jumlah radiasi yang mengenai dan daerah atau bagian yang terkena radiasi, dimana berkaitan dengan sensitivitas jaringan tubuh. Kaitannya dengan radiasi yang mengenai tubuh sangat berhubungan dengan sistem proteksi dari ruang pemeriksaannya. Khususnya ruang-ruang di Divisi Radiologi Rumah Sakit Dr.Kariadi Semarang untuk proteksi pekerja radiasi sudah memenuhi syarat dan pekerja sudah bekerja sesuai dengan prosedur.

Netrofil selain berbentuk batang juga berbentuk segmen. perbedaannya adalah bentuk segmen termasuk sel yang matur.

Sel yang matur mempunyai kapasitas reproduksi rendah dan deferensial yang besar sehingga kurang radiosensitive terhadap radiasi.⁴⁰⁾

5.3. Hasil Analisis Statistik dengan Uji Korelasi Pearson, Korelasi Spearman Rank dan Mann-Whitney untuk Mengetahui Perbedaan antara Lama Kontak, Status Gizi dan Kondisi Sakit dengan Jumlah Hematologi dan Hitung Jenis Leukosit antara Pekerja Radiasi Kontak Langsung dan Pekerja Radiasi Non Kontak Langsung di Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang Tahun 2003

5.4. HASIL ANALISIS STATISTIK UNTUK MENUNJUKKAN ADANYA PERBEDAAN ANTAR VARIABEL

Sebelum dilakukan uji t – test untuk mengetahui perbedaan antar variabel dilakukan terlebih dahulu uji untuk normalitas data dengan uji statistik Kolmogorov – Smirnov.

Tabel 4.12 Hasil Uji Statistik untuk mengetahui Normalitas data Kadar Hb, Jumlah Lekosit, Jumlah Trombosit Petugas Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	Mean	Kolmogorov – Smirnov	p-Value	Keterangan
Hb	13,252	0,200	0,056	Normal
Lekosit	6735,48	0,200	0,322	Normal
Trombosit	264838,71	0,001	0,010	Tidak normal
Eosinofil	1,97	0,000	0,016	Tidak normal
Basofil	0,00	-	-	Tidak normal
Batang	1,00	0,000	0,010	Tidak normal
Segmen	62,42	0,200	0,555	Normal
Limfosit	32,65	0,200	0,484	Normal
Monosit	2,87	0,000	0,010	Tidak normal

Tabel 4.13 Hasil Uji Statistik untuk mengetahui Normalitas data Kadar Hb, Jumlah Lekosit, Jumlah Trombosit Petugas Non Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	Mean	Kolmogorov – Smirnov	p-Value	Keterangan
Hb	13,455	0,200	0,827	Normal
Lekosit	6458,06	0,200	0,476	Normal
Trombosit	264645,16	0,200	0,855	Normal
Eosinofil	1,39	0,001	0,010	Tidak normal
Basofil	0,00	-	-	Tidak normal
Batang	0,71	0,000	0,010	Tidak normal
Segmen	58,52	0,200	0,525	Normal
Limfosit	35,87	0,141	0,405	Normal
Monosit	3,45	0,000	0,010	Tidak normal

Tabel 4.14 Ringkasan Hasil Uji Beda antara Kadar Hb, Jumlah Lekosit, dan Jumlah Trombosit, Petugas Kontak Langsung dengan Non Kontak Langsung Divisi Radiologi RSUP Dr. Kariadi Th. 2003

Variabel	N (orang)	Mean	p-Value	Ket.
Hemoglobin				
Petugas kontak langsung	31	13,252	0,614	Non signifikan
Petugas non kontak	31	13,455		
Lekosit				
Petugas kontak langsung	31	6735,48	0,371	Non signifikan
Petugas non kontak	31	6458,06		
Trombosit				
Petugas kontak langsung	31	264838,71	0,989	Non signifikan
Petugas non kontak	31	264645,16		
Eosinofil				
Petugas kontak langsung	31	36,08	0,038	Signifikan
Petugas non kontak	31	26,92		
Batang				
Petugas kontak langsung	31	35,24	0,070	Non signifikan
Petugas non kontak	31	27,76		
Segmen				
Petugas kontak langsung	31	62,42	0,036	Signifikan
Petugas non kontak	31	58,52		
Limfosit				
Petugas kontak langsung	31	32,65	0,049	Signifikan
Petugas non kontak	31	35,87		
Monosit				
Petugas kontak langsung	31	25,42	0,003	Signifikan
Petugas non kontak	31	37,58		

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil pembahasan tentang perbedaan hitung jenis leukosit dan jumlah hematologi antara pekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung serta dibandingkan dengan jumlah darah normal di Divisi radiologi Rumah Sakit Dokter Kariadi Semarang tahun 2003, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Dari hipotesis yang dibuat dalam penelitian ini terbukti bahwa :

1. Ada perbedaan bermakna jumlah leukosit antarpekerja radiasi kontak langsung dan pekerja radiasi non kontak langsung dengan nilai $p = 0,0371$.
2. Ada perbedaan bermakna hitung jenis leukosit yaitu pada eosinofil , segmen, limfosit dan monosit dengan nilai $p = 0,038 ; 0,036 ; 0,049, 0,003$.
3. Ada pengaruh signifikan antara lama radiasi terhadap trombosit, segmen, dan monosit yaitu trombosit = $0,029$, segmen = $- 0,052$ dan monosit = $0,020$ pada pekerja radiasi kontak langsung dengan non kontak langsung.
4. Tidak ada perbedaan antara kondisi sakit dan tidak sakit dengan jumlah leukosit dan hitung jenis leukosit antara pekerja radiasi kontak langsung dan non kontak langsung

dengan $p = \text{leukosit } 0,508$; $p \text{ eosinofil} = 0,542$; $p \text{ segmen} = 1,000$;
 $p \text{ limfosit} = 0,877$; $p \text{ monosit} = 0,834$), karena semua pekerja radiasi dalam kondisi sehat dan dapat dikendalikan.

5. Ada perbedaan bermakna antara umur pekerja radiasi kontak langsung dengan pekerja radiasi non kontak langsung dengan nilai $p = 0,017$.

II. Saran

1. Pentingnya keselamatan kerja bagi pekerja radiasi, dengan disiplin dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pemakaian Film Badge sebagai alat monitoring radiasi saat bertugas di medan radiasi.
2. Pemeriksaan kesehatan / Check Up secara rutin bagi pekerja radiasi perlu dilakukan sesuai ketentuan BAPETEN setiap 1 tahun sekali, sehingga kondisi kesehatan dapat dipantau terus menerus, dan diberikan sanksi bagi pekerja radiasi yang tidak melakukan check-up oleh Manager Radiologi.
3. Kelelahan bekerja para pekerja Radiasi supaya diimbangi dengan menu tambahan yang disediakan oleh Rumah Sakit, dan sistem kerja dilakukan secara teratur setiap 3 atau 4 bulan.
4. Agar diadakan pemeriksaan rutin sebelum bekerja terhadap pesawat radioterapi

DAFTAR PUSTAKA

1. Adnan M., *Radiologi I*, Universitas Hasanudin, Cetakan II, Ujung Pandang, 1978
2. Amsyari Fuad, *Radiasi Dosis Rendah dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan*, Erlangga University Press 1989
3. Archambeau JO, Gerber A, Ayoub R, Brennets HJ. *Epidermal cell population changes, produced by exposure to 2,300 R. Radiology*, 1972 ;
4. Astuti Rahayu, *Penuntun Status Gizi*, Jakarta, 1988
5. Atmarita dan Lucya, *Penggunaan Indeks Massa Tubuh Sebagai Indikator Status Gizi Orang Dewasa*, Gizi Indonesia Vol XVII, 1992
6. A.V Hoffbrand, J.E. Pehit, *Haematologi*, Alih Bahasa : Dr. Iyan Darmawan, EGC Black Well, 1987
7. BAPETEN, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2000
8. Budjang N. Perkembangan Mutakhir Radio Diagnostik. Seminar dan Diskusi Panel Efek Biologi dan Proteksi Radiasi. Jakarta, 1993
9. Budioro, *Pengantar Ilmu Kesehatan Masyarakat*, FKM UNDIP, Semarang, 1992
10. Chamber Herman, *Pengantar Fisika Kesehatan*, Terjemahan Achmad Toekiman, Penerbit IKIP Semarang, 1983
11. Carl E. Speicher, Jack W. Smith Jr, *Pemilihan Uji Laboratorium yang efektif*, Alih bahasa Joko Sijono, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta, 1996
12. Charles M. Washington, Danies T. Leaver, *Introduction to Radiation Therapy*
13. C.K. Bomford, H. Miller, J. walter, *A Short Text Book of Radio Therapym Radiation Physics, Therapy, Oncology*, CHURCHILL LIVING STONE, 1979
14. Edwards, Crist, *Perlindungan Radiasi bagi pasien dan Dokter Gigi*, Alih Bahasa Lilian Yuwono, Edisi I, Widya Medika, Jakarta, 1990

15. Edward P. Horvath. Jr, Carlz Zens, O. Bruce Dickerson, *Occupational Medicine*, Third Edition, 1997
16. Eko Budiarto, Dr, SKM, *BIOSTATIKA, Untuk kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*, EGC, 2001
17. Ganda Subrata. R, *Penuntun Laboratorium Klinik, Edisi VIII*, Dian Rakyat, Jakarta, 1995
18. Ganong W.F, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Alih Bahasa Petrus Ardianto, Edisi II, ECG, Jakarta, 1999
19. Guyton Artur C, *Fisiologi Kedokteran*, Alih Bahasa Adji Dharma, Edisi 5, ECG, Jakarta, 1981
20. Hottbrand & JG Pettit, *Kapita Selekta Haematologi*, Edisi 2, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta, 1982
21. Marpaung Togap, *Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi di Fasilitas Radioterapi*, Bapeten, 2000
22. Muklis Akhadi, *Dasar - Dasar Proteksi radiasi*, Rieneka Cipta, Jakarta, 1985
23. Mondjo, *Diktat Proteksi Radiasi*, UGM, Yogyakarta, 1999.
24. Nurtjojo, *Catatan Kuliah Hematologi*, Penerbit Buku Kesehatan, EGC, Jakarta, 1994
25. Novak ER, Woodruff JD. *Effects of radiotherapy on cervical carcinoma . In : Gynecologic and Obstetric Patology . 7 th ed Philadelphia London Toronto : WB.Sounders Company ,1974 : 133 - 4*
26. Pearce Evelyn C. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1999.
27. Pusat Standarisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi, BATAN. *Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan*, 1993.
28. Rahayuningsih Setyabudy, *Hemastosis dan Trombosis*, FK-UI, Jakarta, 1992
29. Singgih MS, Praptomo S1. *Proteksi Radiasi Ditinjau dari Aspek Pengguna Sumber Radiasi. Seminar dan Diskusi Panel Efek Biologi dan Proteksi*

- Radiasi*. Jakarta, 1993.
30. Sitompul, Johan I, *Patohematologi*, Media Pers Jakarta, 1983
 31. Sugiyono, *Statistika untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung, 1999
 32. Sjahriar, Rasad, dkk, *Radiologi Diagnostik*, FKUI, Jakarta, 1992
 33. Sastro Asmoro, *Dasar - dasar Metodologi Pemeliharaan Klinis*, S.Agung Seto, Jakarta, 2003.
 34. Singgih Santoso, *SPSS Versi 10*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2001
 35. Sudigdo, Prof. DR, Dr, Sp.A (K), Sofyan Ismael, Prof, Dr, Sp. A (K), *Dasar - Dasar Metodologi Penelitian Klinis*, CV. Agung Seto, Jakarta, 2002
 36. Sumirat J.S, *Kesehatan Lingkungan*, Gadjah Mada University, Press, Yogyakarta, 2000
 37. Susworo, *Peran Radioterapy Pada Pengobatan Kanker*, // [http : www. Geogle. Com](http://www.Geogle.Com). //, 2002
 38. Tim Batan, *Pedoman Proteksi Radiasi di Rumah Sakit dan Tempat Praktek Umum Lainnya*, BATAN, Jakarta, 1988
 39. Tim, *Sistem Kesehatan Nasional*, Departemen Kesehatan RI, 1982
 40. Tim, *Diklat Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi*, UGM, Yogyakarta, 1998
 41. Tim, *Undang - Undang Keselamatan Radiasi Tahun 1990*
 42. Tim Departemen Kesehatan RI, *Hematologi*, Jakarta, 1989
 43. Travis, G.C, *Primer of Medical Radiobiology*, Yearbook Medical Publisher Inc, Chicago, 1975
 44. Widman F.K, *Tinjauan Klinis Atas Hasil Pemeriksaan Laboratorium*, Edisi IX, EGC, Jakarta, 1995
 45. Widjaja, Erie D, *Radioterapi*, PT Dian Rakyat, Jakarta, 1998
 46. Wisnu, Hadi, *Kursus PPR Perundang - Undangan Ketenaga Nukliran*, Batan, Jakarta, 1999

47. WHO, *Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*, Buku Kedokteran, 1993.
48. Wisnu Arya Wardhana, *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta, 1993.
49. Walter J, Miller H, Bomford CK. *Biological effects of radiation. In : Short text Book of radiotherapy*. 4 th ed. Edinburgh London an New York : Churchill Livingstone, 1999.