Pengaruh Proteksi Radiasi Terhadap Munculnya Nodul Tiroid pada Radiografer di Malang Raya

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran

Oleh:

Rahmi Mufidah Aisy
185070101111006

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
PROGRAM SARJANA FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Pengaruh Proteksi Radiasi terhadap Munculnya Nodul Tiroid pada Radiografer di Malang Raya

Oleh :

Rahmi Mufidah Aisy

NIM. 185070101111006

Telah diuji pada

Hari: Senin

Tanggal: 3 Januari 2022

Dinyatakan lulus oleh:

Penguji I:

dr. Achmad Bayhaqi Nasir Aslam, Sp. Rad(K)

NIP. 198402042019031005

Pembimbing-I/Penguji II

dr. Habiba Aurora, M. Biomed, Sp. Rad

NIP. 198406282008122003

Pembimbing-II/Penguji III

dr. Liana Karliasari, Sp. Rad

NIP. 198504142020122011

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Dokter

dr. Triwahju Astuti, M.Kes., Sp.P(K)

NIP/NIK. 196310221996012001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmi Mufidah Aisy

NIM : 185070101111006

Program Studi : Sarjana Kedokteran

Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir yang saya tulis ini adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila di kemudian hari dapat dibuktikan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 27 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,

Rahmi Mufidah Aisy

NIM. 185070101111006

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ABSTRAK

Aisy, Rahmi Mufidah. 2021. *Pengaruh Proteksi Radiasi terhadap Munculnya Nodul Tiroid pada Radiografer di Malang Raya.* Tugas Akhir, Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya. Pembimbing: (1) dr. Habiba Aurora, M. Biomed, Sp. Rad, (2) dr. Liana Karliasari, Sp. Rad.

Penggunaan teknologi radiasi di Indonesia secara aplikatif hingga saat ini sebagian besar dimanfaatkan untuk penggunaan dalam bidang kesehatan, khususnya dalam bidang radiologi. Penggunaan teknologi ini selain memberikan manfaat yang sangat besar, ternyata memiliki efek negatif terhadap kesehatan manusia yang berupa efek deterministik dan stokastik. Untuk mencegah hal tersebut, dalam setiap penggunaan modalitas radiologi diperlukan perlindungan bagi para radiografer dengan menggunakan proteksi radiasi. Kelenjar tiroid merupakan salah satu organ yang memiliki risiko tinggi untuk mendapatkan paparan radiasi yang menyebabkan munculnya nodul. Untuk melindungi kelenjar ini, penahan radiasi yang paling penting digunakan oleh radiografer adalah *thyroid shield*. Dari penelitian sebelumnya di Sudan oleh Elzaki *et al.* (2012) didapatkan angka kejadian nodul tiroid akibat paparan radiasi pada radiografer cukup tinggi (36.9%) yang dipengaruhi salah satunya oleh pemakaian proteksi radiasi yang kurang baik, namun di Indonesia sendiri belum ada data yang pasti. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kepatuhan pemakaian *thyroid shield* terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya. Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan menggunakan data sekunder, dimana pengambilan data primer sebelumnya dilakukan secara *cross-sectional*. Data dianalisis dengan Uji T dengan hasil t hitung sebesar 4.299 dengan nilai signifikansi (α) sebesar 0.000, sehingga dengan nilai $\alpha < 0.05$ dan t hitung > t tabel maka disimpulkan kepatuhan pemakaian *thyroid shield* berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid, dimana pemakaian *thyroid shield* saat mengoperasikan modalitas radiologi akan mengurangi angka kejadian nodul tiroid pada radiografer.

Kata kunci: nodul tiroid, paparan radiasi, *thyroid shield*, radiografer

ABSTRACT

Aisy, Rahmi Mufidah. 2021. *The Effect of Radiation Protection in the Development of Thyroid Nodules among Radiographers in Malang*. Final Assignment, Medical Program, Faculty of Medicine, Brawijaya University. Supervisors: (1) dr. Habiba Aurora, M. Biomed, Sp. Rad, (2) dr. Liana Karliasari, Sp. Rad.

The use of radiation technology in Indonesia is mostly utilized in the medical world, particularly in radiology. This technology is immensely beneficial, but radiation exposure also has negative effects towards health in the form of deterministic and stochastic effect. To prevent that, there must be a safety measure in the use of radiation technology with the use of radiation protection. Thyroid gland has a high risk of radiation exposure, which leads to the development of thyroid nodules. To protect this organ, the use of radiation shielding in the form of thyroid shield is essential. Previous study in Sudan by Elzaki *et al.* (2012) shows that the incidence of thyroid nodules from radiation exposure among radiographers is relatively high (36.9%), which is partly influenced by the improper use of radiation protection. However, in Indonesia, there is currently no data regarding this yet. This study aimed to examine the effect of compliant use of thyroid shield in the development of thyroid nodules among radiographers in Malang. This study was an observational study with the use of secondary data, in which the primary data was previously gathered cross-sectionally. The data were then analyzed with T-test with the result of t-value = 4.299 and $\alpha = 0.000$. With the result of $\alpha < 0.05$ and t-value > t-distribution, a conclusion that the use of thyroid shield has an effect in the development of thyroid nodules among radiographers in Malang can be drawn, in which compliant use can lower the incidence of thyroid nodules.

Keywords: thyroid nodule, radiation exposure, thyroid shield, radiographer

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian Tulisan	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Akademis	4
1.4.2 Manfaat Praktis	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konsep Dasar Radiasi	5
2.2 Efek Radiasi terhadap Manusia	7
2.3 Kelenjar Tiroid dan Nodul Tiroid	9
2.3.1 Anatomi, Histologi, dan Fisiologi Kelenjar Tiroid	9
2.3.2 Nodul Tiroid	13
2.4 Prinsip Proteksi Radiasi	19
2.5 Usaha Proteksi Radiasi	23
2.5.1 Proteksi Radiasi Eksternal	23

2.5.2 Proteksi Radiasi Internal 26
2.6 *Thyroid Shield* 27

BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN
3.1 Kerangka Konsep Penelitian 29
3.2 Hipotesis Penelitian 30

BAB 4 METODE PENELITIAN
4.1 Rancangan Penelitian 32
4.2 Subjek Penelitian 32
4.2.1 Populasi Penelitian 32
4.2.2 Sampel Penelitian 33
4.3 Variabel Penelitian 33
4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian 34
4.5 Instrumen Penelitian 34
4.6 Definisi Operasional Variabel Penelitian 35
4.7 Prosedur Penelitian 36
4.7.1 Tahapan Penelitian 36
4.7.2 Alur Penelitian 36
4.8 Analisis Data 37

BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA
5.1 Hasil Penelitian 38
5.2 Hasil Analisis Data 44
5.2.1 Hasil Uji Normalitas 44
5.2.2 Hasil Analisis Regresi Linier 44
5.2.3 Hasil Uji Hipotesis 44

BAB 6 PEMBAHASAN
6.1 Pembahasan Hasil Penelitian 46
6.2 Implikasi terhadap Bidang Kedokteran 48
6.3 Keterbatasan Penelitian 49

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB 7 PENUTUP
7.1 Kesimpulan 50
7.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 55

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Klasifikasi ACR TI-RADS 16

Tabel 2.2 Interpretasi dari nilai ACR TI-RADS 16

Tabel 2.3 Level Radiasi Relatif Pemeriksaan Radiologi 21

Tabel 2.4 Nilai Batas Dosis bagi Pekerja Radiasi 22

Tabel 2.5 Batas Dosis Paparan Maksimum bagi Pekerja Radiasi di Bidang Kesehatan 22

Tabel 2.6 Jarak Aman Pengoperasian Modalitas Radiologi Diagnostik 24

Tabel 2.7 Spesifikasi Alat Pelindung Diri 26

Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel Penelitian 35

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Struktur Atom Seng (Zn) Secara Skematis (Model Atom Bohr) 5

Gambar 2.2 Posisi Kelenjar Tiroid dari Lateral 10

Gambar 2.3 Posisi Kelenjar Tiroid dari Anterior 10

Gambar 2.4 Histologi Kelenjar Tiroid 11

Gambar 2.5 Skema Produksi Hormon dan *Negative Feedback Mechanism* pada Aksis Tiroid 12

Gambar 2.6 Gambaran Nodul Tiroid Jinak 17

Gambar 2.7 Gambaran Nodul Tiroid Ganas dengan *Punctate Echogenic Foci* 17

Gambar 2.8 Gambaran Nodul Tiroid Ganas dengan Batas *Lobulated* 18

Gambar 2.9 *Thyroid Shield* 28

Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian 29

Gambar 4.1 Alur Penelitian 37

Gambar 5.1 Grafik Batang Data Variabel Nodul Tiroid 38

Gambar 5.2 Grafik Batang Data Variabel Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* 39

Gambar 5.3 Grafik Batang Data Munculnya Nodul Tiroid pada Masing-masing Tingkat Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* 40

Gambar 5.4 Grafik Batang Data Kategori Nodul Tiroid pada Masing-masing Tingkat Kepatuhan Pemakaian Thyroid Shield 41

Gambar 5.5 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR1 pada Radiografer 42

Gambar 5.6 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR3 pada Radiografer 43

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 5.7 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR4 pada Radiografer 43

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Tabulasi Data Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* dan Nodul Tiroid 55

Lampiran 2 Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov 57

Lampiran 3 Hasil Analisis Regresi Linier dan *T-test* 58

Lampiran 4 Keterangan Lolos Kaji Etik 60

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi radiasi di Indonesia secara aplikatif hingga saat ini sebagian besar dimanfaatkan untuk penggunaan dalam bidang kesehatan, khususnya dalam bidang radiologi. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, radiologi dibagi menjadi 2 cabang, yaitu radiologi diagnostik dan radiologi intervensional. Radiologi diagnostik merupakan penggunaan teknologi radiasi dalam menentukan diagnosis penyakit sebagai dasar pengambilan keputusan medis selanjutnya, sedangkan radiologi intervensional adalah penggunaan teknologi radiasi untuk tujuan terapi dengan panduan hasil diagnostik *x-ray* secara *real time* (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2019).

Penggunaan teknologi ini selain memberikan manfaat yang sangat besar, ternyata memiliki efek negatif terhadap kesehatan manusia. Efek negatif radiasi dapat berupa efek deterministik dan stokastik. Efek deterministik merupakan kerusakan yang terjadi pada jaringan tubuh akibat paparan radiasi dalam batas dosis tertentu, sedangkan efek stokastik merupakan efek yang terjadi akibat paparan radiasi yang muncul tanpa memiliki batasan dosis dan baru dirasakan efeknya setelah beberapa waktu tertentu (Martin *et al.*, 2019).

Untuk mencegah efek negatif tersebut, dalam setiap penggunaan modalitas radiologi diperlukan adanya perlindungan bagi para radiografer. Perlindungan ini diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif dan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Setiap rumah sakit dan fasilitas kesehatan juga memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) tentang penggunaan alat pelindung diri pada instalasi radiologi masing-masing institusi untuk melindungi para radiografer dari paparan radiasi alat yang dioperasikan.

Proteksi radiasi dapat dilakukan dengan meminimalkan waktu pajanan terhadap sumber radiasi, memperbesar jarak dari sumber radiasi, dan menggunakan penahan radiasi (Hiswara, 2015). Dari ketiga hal tersebut, yang paling efektif dalam mengurangi paparan adalah menggunakan penahan radiasi yang baik (Cheon *et al.*, 2018). Penahan radiasi ini berupa alat pelindung diri yang harus digunakan oleh radiografer saat bekerja, meliputi apron, *goggles*, dan *thyroid shield*. Apron berfungsi untuk melindungi tubuh dari paparan radiasi, sedangkan *goggles* dan *thyroid shield* memiliki fungsi yang lebih spesifik. *Goggles* berfungsi untuk melindungi bagian mata, sedangkan *thyroid shield* berfungsi untuk melindungi kelenjar tiroid yang berada di leher (Schueler, 2010).

Kelenjar tiroid merupakan salah satu organ yang memiliki risiko tinggi untuk mendapatkan paparan radiasi (Martin *et al.*, 2019). Kelenjar ini sangat penting bagi tubuh manusia dan berfungsi untuk memproduksi hormon-hormon yang berkaitan dengan metabolisme dan homeostasis pada tubuh (Jameson *et al.*, 2018). Namun, apabila terpapar radiasi, akan

muncul efek yang dapat mengganggu fungsi kelenjar ini. Salah satu efek tersebut adalah munculnya nodul pada kelejar tiroid. Untuk melindungi kelenjar ini, penahan radiasi yang paling penting digunakan oleh radiografer adalah *thyroid shield*.

Angka kejadian nodul tiroid akibat paparan radiasi pada radiografer cukup besar. Berdasarkan penelitian yang diadakan di Khartoum, Sudan, ditemukan nodul tiroid pada 38 dari 103 radiografer yang berpartisipasi dalam penelitian tersebut (36.9%), sehingga disimpulkan bahwa paparan radiasi dosis rendah jangka panjang yang diterima oleh radiografer merupakan salah satu faktor risiko dari munculnya nodul tiroid, yang dipengaruhi salah satunya oleh pemakaian proteksi radiasi yang kurang baik (Elzaki *et al*., 2012). Di Indonesia belum ada data pasti mengenai angka kejadian nodul tiroid, baik secara keseluruhan maupun pada radiografer. Namun, hasil dari Riset Kesehatan Dasar yang diadakan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2013 menunjukkan bahwa 0,4% penduduk Indonesia menderita hipertiroid (meningkatnya kadar hormon tiroid akibat peningkatan fungsi kelenjar tiroid) dan salah satu penyebab dari hipertiroid adalah adanya nodul tiroid.

Dari uraian diatas, penulis tertarik untuk mengadakan penelitian tentang sejauh mana proteksi radiasi dapat melindungi radiografer dari efek radiasi berupa munculnya nodul tiroid, dimana proteksi radiasi ini meliputi penggunaan *thyroid shield* selama bekerja.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh pemakaian *thyroid shield* saat bekerja terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh kepatuhan pemakaian *thyroid shield* saat bekerja terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui kepatuhan pemakaian *thyroid shield* oleh radiografer di Malang Raya.
2. Mengetahui pengaruh kepatuhan pemakaian *thyroid shield* terhadap angka kejadian nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Akademis

1. Sebagai sarana mengembangkan diri sebagai mahasiswa kedokteran dalam meningkatkan pengetahuan tentang pengaruh pemakaian *thyroid shield* saat bekerja terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya.
2. Sebagai data awal tentang pengaruh pemakaian *thyroid shield* saat bekerja terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya untuk Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.

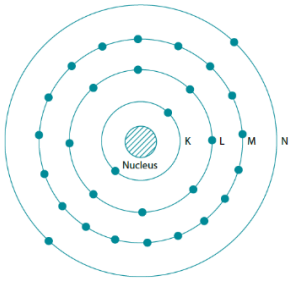
1.4.2 Manfaat Praktis

Dapat menjadi informasi kepada pemangku kebijakan sebagai acuan pengambilan keputusan tentang proteksi pekerja radiologi yang lebih baik kedepannya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Radiasi

Menurut Teori Atom Dalton yang dikeluarkan pada awal abad ke-19, atom merupakan penyusun terkecil dari sebuah materi (Martin *et al.*, 2019). Seiring perkembangan zaman, banyak bermunculan teori dan model yang merupakan perbaikan dari Teori Atom Dalton, seperti Model Atom Thomson, Model Atom Rutherford dan Model Atom Bohr (Davidovits, 2019). Dari berbagai teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa atom tersusun dari tiga jenis partikel, yaitu proton, elektron, dan neutron (Davidovits, 2019). Martin *et al.* (2019) menjelaskan bahwa proton adalah partikel bermuatan positif, elektron adalah partikel bermuatan negatif, dan neutron merupakan partikel yang netral (tidak bermuatan). Struktur atom secara skematis digambarkan pada Gambar 2.1, dimana atom memiliki inti (nukleus) yang terdiri dari proton dan neutron yang dikelilingi oleh elektron dalam lintasan-lintasan.



Gambar 2.1 Struktur Atom Seng (Zn) Secara Skematis (Model Atom Bohr) (Martin *et al.*, 2019)

Lintasan-lintasan ini disebut dengan orbit, dimana elektron akan berada pada orbitnya masing-masing. Orbit terbentuk karena adanya level energi sehingga elektron pada satu orbit tertentu (elektron orbital) tidak bisa berpindah dari lintasannya maupun berada di antara dua lintasan, kecuali jika ada energi yang cukup besar yang bisa memindahkan elektron dari satu lintasan ke satu lintasan lain yang memiliki level energi lebih tinggi (eksitasi) (Davidovits, 2019) maupun melepaskan elektron orbital dari lintasannya (ionisasi) (Hiswara, 2015).

Davidovits (2019) menjelaskan bahwa inti atom pada umumnya stabil, namun beberapa elemen memiliki inti yang tidak stabil. Elemen yang tidak stabil ini disebut dengan elemen radioaktif dan akan mengalami transformasi menjadi elemen yang lebih stabil, dimana transformasi ini disebut dengan peluruhan radioaktif yang disertai dengan emisi radiasi (Martin *et al.*, 2019). Menurut Martin *et al.* (2019), radiasi terdiri dari 3 tipe, yaitu radiasi α (alfa), radiasi β (beta), dan radiasi γ (gamma). Hiswara (2015) menjelaskan bahwa radiasi α (alfa) merupakan radiasi yang terdiri dari 2 proton dan 2 neutron, sedangkan radiasi β (beta) merupakan radiasi yang dapat berupa partikel bermuatan negatif (elektron) maupun positif (positron). Radiasi sinar γ (gamma) merupakan radiasi elektromagnetik yang tidak memiliki massa maupun muatan, namun terdiri atas energi yang ditransmisikan dalam gelombang. Selain itu, ada jenis lain dari radiasi yaitu sinar X yang hampir sama dengan sinar γ (gamma) namun memiliki perbedaan pada asal radiasinya, dimana sinar γ (gamma) muncul akibat perubahan pada inti atom, sedangkan sinar X muncul saat elektron pada atom berpindah lintasan (orbit) (Martin *et al.*, 2019).

2.2 Efek Radiasi terhadap Manusia

Radiasi memiliki manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia, salah satunya dalam bidang kesehatan yang dikhususkan pada bidang radiologi. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, radiologi dibagi menjadi 2 cabang, yaitu radiologi diagnostik yang merupakan penggunaan teknologi radiasi dalam menentukan diagnosis penyakit dan radiologi intervensional yang merupakan penggunaan teknologi radiasi untuk tujuan terapi dengan panduan hasil diagnostik *x-ray* secara *real time* (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2019). Meskipun begitu, radiasi tetap memiliki efek yang cukup berbahaya bagi tubuh.

Menurut Martin *et al.* (2019), radiasi dapat menimbulkan perubahan langsung pada sel-sel tubuh dengan menyebabkan perubahan molekular dan terbentuknya senyawa kimia yang dapat merusak material kromosom sel dan akan menyebabkan terganggunya bentuk dan fungsi sel. Kerusakan ini terjadi dalam empat tahap, yaitu tahap *initial physical*, *physicochemical*, *chemical*, dan *biological*.

1. Tahap *initial physical*

   Pada tahap ini, energi dari radiasi masuk ke dalam sel dan menyebabkan ionisasi atau lepasnya elektron orbital dari molekul. Pada sel tubuh, molekul yang paling banyak adalah air (H_2O).

2. Tahap *physicochemical*

   Pada tahap ini, elektron orbital yang lepas akan bereaksi dengan molekul air lain dan menghasilkan berbagai produuk, diantaranya adalah radikal bebas dan hidrogen peroksida

(H_2O_2). Radikal bebas ini memiliki elektron yang tidak berpasangan sehingga sangat reaktif, sedangkan hidrogen peroksida adalah agen oksidasi kuat yang dapat merusak sel.

3. Tahap *chemical*

   Produk dari tahap *physicochemical* akan bereaksi dengan molekul organik sel, salah satunya adalah kromosom. Reaksi ini dapat menyebabkan rusaknya morfologi dan fungsi dari molekul organik.

4. Tahap *biological*

   Perubahan pada tahap-tahap sebelumnya yang terjadi selama beberapa waktu tertentu akan mengakibatkan efek pada sel.

Lebih lanjut, Martin *et al.* (2019) juga menjelaskan bahwa efek radiasi pada sel ini secara garis besar terdiri dari dua jenis, yaitu efek deterministik dan efek stokastik.

1. Efek deterministik

   Menurut Martin *et al.* (2019), efek deterministik merupakan efek yang terjadi ketika perubahan kimia yang terjadi pada sel mengakibatkan kematian maupun terhambatnya proses pembelahan sel. Dibawah batas dosis tertentu (*threshold*), jumlah sel yang mengalami kematian maupun hambatan proses pembelahan sel ini tidak akan mengganggu kerja organ dan tidak akan menimbulkan efek yang dapat dilihat secara nyata. Namun, apabila dosis paparan yang diterima melebihi *threshold*, efek kerusakan akan muncul, dan efek kerusakan tersebut berbanding lurus dengan besaran dosis yang diterima (Martin *et al.*, 2019). *International Commission on Radiological*

Protection telah memperkenalkan istilah baru dari efek deterministik ini, yaitu efek reaksi jaringan (*harmful tissue reaction*).

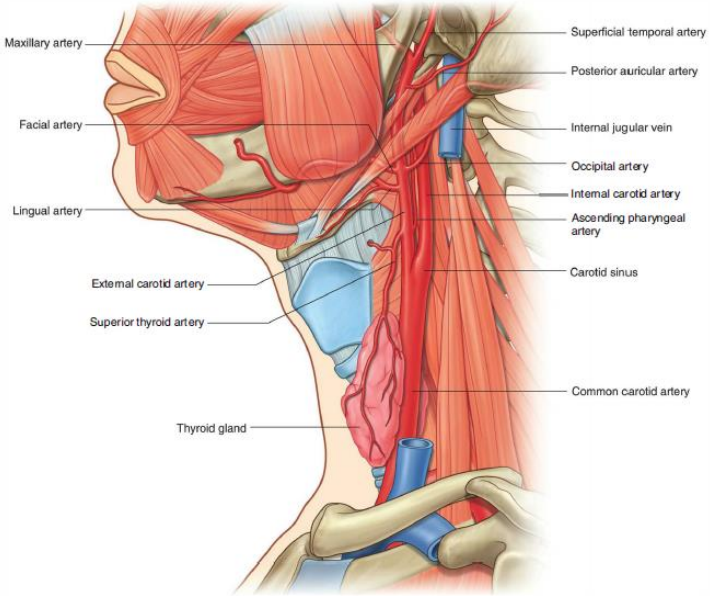
2. Efek stokastik

Menurut Martin *et al.* (2019), efek stokastik merupakan efek yang terjadi ketika perubahan-perubahan kimia yang terjadi pada sel mengakibatkan adanya modifikasi permanen pada sel. Modifikasi ini dapat menginduksi proliferasi sel yang berlebihan, sehingga dapat menimbulkan massa/tumor yang bisa bersifat jinak maupun ganas. Selain itu, modifikasi permanen pada komponen genetik sel (mutasi genetik) akan menyebabkan kerusakan yang dapat diturunkan dari orang tua ke anak (*heritable*).

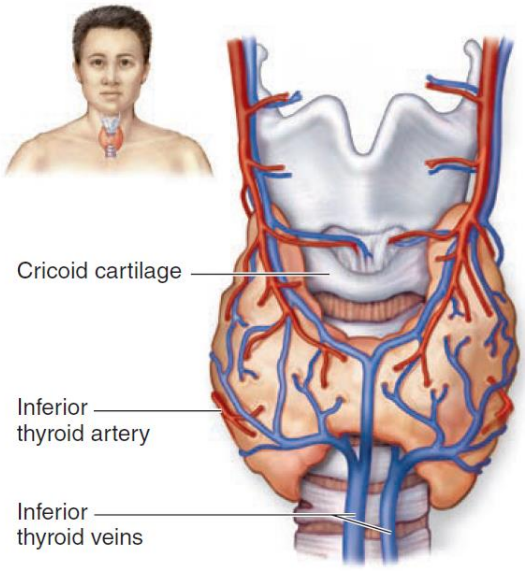
2.3 Kelenjar Tiroid dan Nodul Tiroid

2.3.1 Anatomi, Histologi, dan Fisiologi Kelenjar Tiroid

Kelenjar tiroid merupakan kelenjar yang terletak di leher bagian depan. Kelenjar ini terletak di anterior dari trakea, di antara kartilago cricoid dan *suprasternal notch*, dan terdiri dari lobus kanan dan kiri yang dihubungkan oleh isthmus (Jameson *et al.*, 2018). Secara anatomi, letak kelenjar tiroid dari anterior dan lateral digambarkan secara skematis dengan lebih jelas pada Gambar 2.2 dan 2.3.



Gambar 2.2 Posisi Kelenjar Tiroid dari Lateral (Drake *et al.*, 2015)



Gambar 2.3 Posisi Kelenjar Tiroid dari Anterior (Mescher, 2018)

Menurut Mescher (2018), secara histologi kelenjar tiroid terdiri dari kumpulan sel-sel folikular dan parafolikular. Sel-sel folikular tersusun mengelilingi lumen dan memproduksi hormon

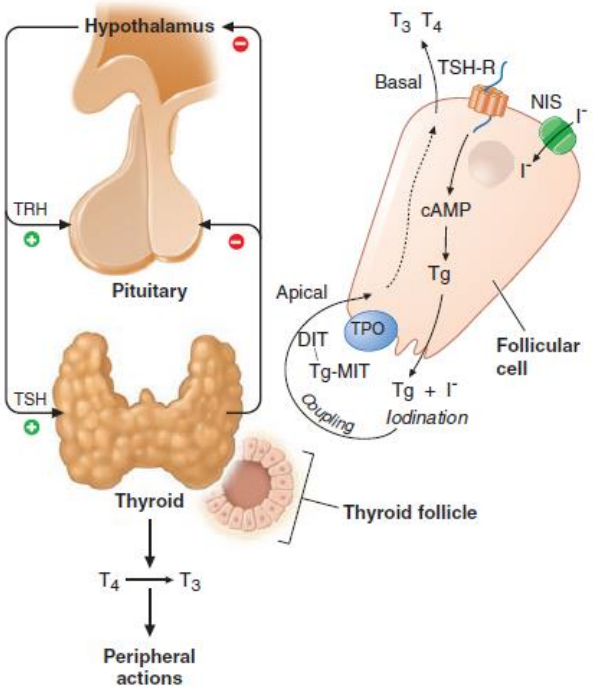
tiroid yang terdiri dari T_4 dan T_3, sementara sel-sel parafolikular berfungsi untuk memproduksi hormon kalsitonin. Histologi kelenjar tiroid dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Gambar 2.4 Histologi Kelenjar Tiroid (Mescher, 2018)

Keterangan: Huruf (L) menunjukkan lumen yang dikelilingi sel-sel folikular, dan huruf (C) menunjukkan sel-sel parafolikular

Melmed *et al.* (2020) menjelaskan bahwa kelenjar tiroid merupakan bagian dari aksis tiroid, yang terdiri dari hipotalamus, kelenjar hipofisis, dan kelenjar tiroid. Secara garis besar, aksis ini berfungsi untuk meregulasi pelepasan hormon tiroid yang memiliki fungsi untuk mengatur metabolisme tubuh. Hipotalamus akan menghasilkan *thyrotropin-releasing hormone* (TRH), yang akan merangsang kelenjar hipofisis untuk menghasilkan *thyroid-stimulating hormone* (TSH). TSH inilah yang akan merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan T_4 dan T_3. Dalam aksis ini, regulasi produksi hormon diperankan oleh *negative feedback mechanism*, dimana T_4 dan T_3 yang dihasilkan akan menginhibisi

produksi TRH dan TSH. Skema *negative feedback mechanism* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Skema Produksi Hormon dan *Negative Feedback Mechanism* pada Aksis Tiroid (Jameson, *et al.*, 2018)

Hormon T_4 dan T_3 yang dihasilkan oleh kelenjar tiroid akan menempel pada reseptor spesifik di inti sel (TR) dan akan menginduksi maupun menginhibisi transkripsi sesuai dengan target gen. Proses induksi dan inhibisi ini memegang peranan penting dalam metabolisme tubuh karena reseptor tiroid berada di berbagai organ tubuh, meskipun jumlahnya berbeda-beda dari satu organ ke organ yang lain (Jameson *et al.*, 2018).

2.3.2 Nodul Tiroid

Menurut Melmed *et al.* (2020), nodul tiroid didefinisikan sebagai lesi di kelenjar tiroid akibat pertumbuhan sel-sel tiroid yang tidak normal. Nodul tiroid dapat muncul sebagai manifestasi klinis pada penyakit non-neoplastik, seperti *non-toxic goiter* dan *thyroid nodular disease*, maupun pada penyakit neoplastik. Neoplasma tiroid dapat bersifat jinak (*benign*) maupun ganas (*malignant*), dan diklasifikasikan berdasarkan asal sel yang terlibat sebagai berikut:

1. Nodul tiroid jinak (*benign*)
   a. Adenoma sel folikular
2. Nodul tiroid ganas (karsinoma tiroid)
   a. Karsinoma sel folikular (*well-differentiated* dan anaplastik/*undifferentiated*)
   b. Karsinoma sel parafolikular
   c. Keganasan lainnya (limfoma, sarkoma, metastasis, dan lain-lain)

Menurut Jameson *et al.* (2018), patogenesis dari nodul tiroid diawali dari beberapa penyebab, salah satunya adalah radiasi. Paparan radiasi eksternal dapat menyebabkan kerusakan dari materi genetik sel, yang mengakibatkan adanya penyusunan ulang materi genetik dan dapat mengakibatkan hilangnya gen-gen supresor tumor. Paparan terhadap radiasi meningkatkan risiko munculnya nodul tiroid dan meningkatkan insidensi kanker tiroid pada usia yang lebih muda. Selain itu, kelenjar tiroid memproduksi *reactive oxygen species* pada kondisi fisiologis yang mengakibatkan kerusakan makromolekular dan semakin meningkatkan risiko munculnya nodul tiroid (Rai *et al.*, 2018).

Jameson *et al.* (2018) juga menjelaskan bahwa patogenesis dari nodul tiroid dapat diawali dari mutasi genetik sebuah sel yang menyebabkan proliferasi yang berlebihan (monoklonal). Selain proliferasi yang berlebihan, juga ditemukan adanya kerusakan mekanisme apoptosis dan peningkatan kemampuan invasi, angiogenesis, dan metastasis pada beberapa kasus kanker tiroid.

Menurut Melmed *et al.* (2020), kebanyakan kasus nodul tiroid adalah asimtomatis, namun apabila nodul tiroid berukuran sangat besar maka dapat mengakibatkan pergeseran maupun penekanan terhadap trakea, esofagus, dan pembuluh darah besar di sekitar kelenjar tiroid. Selain itu, apabila nodul tiroid merupakan neoplasma tiroid ganas, maka dapat terjadi metastasis ke organ tubuh lain dan menyebabkan kematian.

Menurut Jameson *et al.* (2018), penegakan diagnosis nodul tiroid dapat dilakukan dengan pemeriksaan fisik dengan teknik palpasi dan pemeriksaan penunjang dengan USG tiroid maupun CT Scan. Pemeriksaan penunjang dengan USG tiroid perlu dilakukan untuk mengonfirmasi keberadaan nodul tiroid yang ditemukan pada saat pemeriksaan fisik dan memastikan ada atau tidaknya nodul yang tidak ditemukan saat pemeriksaan fisik (Melmed *et al.*, 2020). Dalam evaluasinya, dilakukan FNAB (*Fine Needle Aspiration Biopsy*) sebagai *gold standart* untuk menentukan sifat dari nodul (jinak atau ganas) (Jameson *et al.*, 2018).

Menurut Melmed *et al.* (2020), dalam interpretasi hasil USG tiroid perlu diperhatikan lima fitur sonografis, yang meliputi ukuran, bentuk, ekogenisitas (hipoekoik, isoekoik, atau hiperekoik), batas

(tegas atau iregular), komposisi (solid, kistik, atau campuran), dan keberadaan kalsifikasi (mikroskopis dan makroskopis). Pada nodul tiroid dengan kemungkinan malignansi yang besar, dapat ditemukan fitur spesifik berupa mikrokalsifikasi, gambaran hipoekoik, dan batasan nodul yang iregular atau infiltratif. Dapat juga ditemukan gambaran bentuk *taller-than-wider* (ukuran dimensi anteroposterior lebih besar dibanding ukuran dimensi transversal) pada banyak kasus malignansi, meskipun fitur bentuk ini belum memiliki dasar patogenesis yang jelas. Sedangkan untuk nodul dengan fitur komposisi kistik murni, gambaran hiperekoik homogen, dan komposisi spongiform menunjukkan bahwa nodul tersebut merupakan nodul tiroid yang jinak (*benign*).

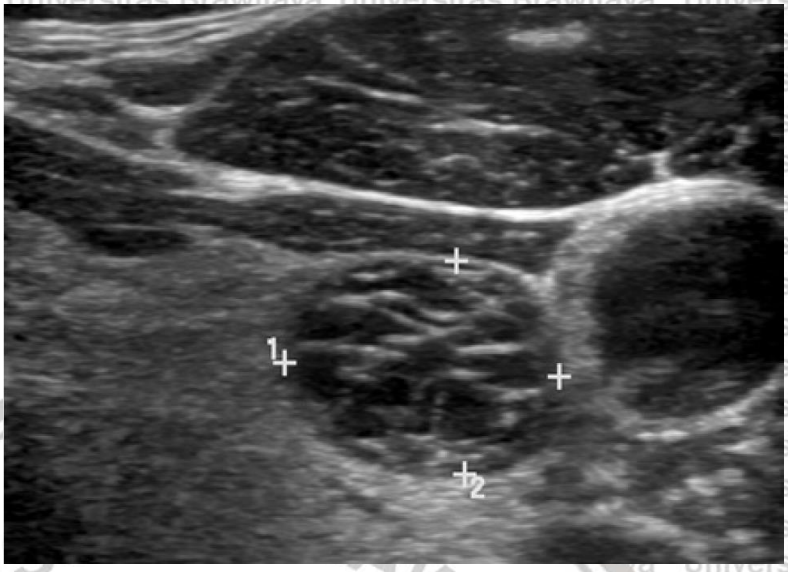
American College of Radiology telah membuat sebuah klasifikasi sistematis untuk interpretasi fitur-fitur hasil USG tiroid yang disebut dengan ACR TI-RADS (*American College of Radiology Thyroid Imaging, Reporting, and Data System*) (Tessler *et al.*, 2017). Nilai dari ACR TI-RADS ini dapat digunakan untuk menentukan kemungkinan malignansi dari nodul tiroid yang diamati lewat ultrasonografi. Klasifikasi ACR TI-RADS dan interpretasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. Gambaran hasil USG dari nodul tiroid jinak dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan untuk nodul tiroid ganas dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8.

Tabel 2.1 Klasifikasi ACR TI-RADS (Tessler *et al.*, 2017)

Komposisi	Poin
Kistik atau hampir seluruhnya kistik	0
Spongiform	1
Campuran (kistik dan solid)	2
Solid atau hampir seluruhnya solid	3
Tidak bisa disimpulkan karena adanya kalsifikasi	2
Ekogenisitas	**Poin**
Anekoik	0
Hiperekoik atau isoekoik	1
Hipoekoik	2
Sangat hipoekoik	3
Tidak bisa disimpulkan	1
Bentuk	**Poin**
Wider-than-tall	0
Taller-than-wide	3
Batasan	**Poin**
Halus (tegas)	0
Ill-defined (tidak tegas)	0
Lobulated/iregular	2
Ekstensi ekstratiroidal	3
Tidak bisa disimpulkan	0
Echogenic Foci	**Poin**
Tidak ada atau ada *comet-tail artifacts* besar	0
Makrokalsifikasi	1
Kalsifikasi perifer	2
Echogenic foci berbentuk *punctate*	3

Tabel 2.2 Interpretasi dari nilai ACR TI-RADS (Tessler *et al.*, 2017)

Kategori	Total Poin	Kesimpulan	Tindakan selanjutnya
TR1	0-1	*Benign* (jinak)	*Follow-up* tanpa FNAB
TR2	2	*Not suspicious*	*Follow-up* tanpa FNAB
TR3	3	*Mildly suspicious*	- FNAB jika ukuran ≥2,5 cm - *Follow-up* jika ukuran ≥1,5 cm
TR4	4-6	*Moderately suspicious*	- FNAB jika ukuran ≥1,5 cm - *Follow-up* jika ukuran ≥1 cm
TR5	>7	*Highly suspicious*	- FNAB jika ukuran ≥1 cm - *Follow-up* jika ukuran ≥0,5 cm

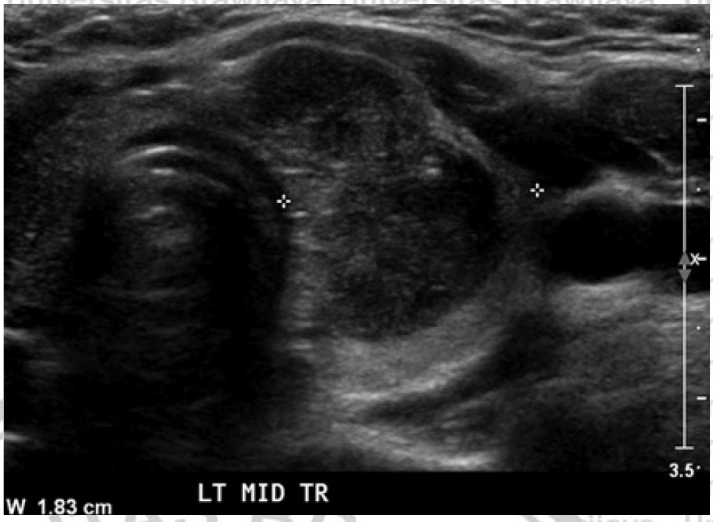


Gambar 2.6 Gambaran Nodul Tiroid Jinak (Tessler *et al.*, 2018)

Keterangan: Nodul spongiform dengan total poin ACR TI-RADS 0 (Kategori TR1, jinak)

Gambar 2.7 Gambaran Nodul Tiroid Ganas dengan *Punctate Echogenic Foci* (Tessler *et al.*, 2018)

Keterangan: Nodul solid isoekoik dengan *punctate echogenic foci*, total poin ACR TI-RADS 9 (Kategori TR5, *highly suspicious*)



Gambar 2.8 Gambaran Nodul Tiroid Ganas dengan Batas *Lobulated* (Tessler *et al.*, 2018)

Keterangan: Nodul solid hipoekoik dengan batas *lobulated* dan bentuk *taller-than-wide*, total poin ACR TI-RADS 9 (Kategori TR5, *highly suspicious*)

Di Indonesia, belum ada data pasti mengenai angka kejadian nodul tiroid. Riset Kesehatan Dasar yang dilaksanakan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2013 menunjukkan bahwa 0,4% penduduk Indonesia menderita hipertiroid (meningkatnya kadar hormon tiroid akibat peningkatan fungsi kelenjar tiroid) dimana salah satu etiologi dari hipertiroid adalah nodul tiroid, namun untuk angka kejadian nodul tiroid secara spesifik sendiri belum ada data yang pasti.

Elzaki *et al.* pada tahun 2012 melakukan sebuah penelitian tentang angka kejadian nodul tiroid pada radiografer di Khartoum, Sudan. Dari 103 radiografer yang menjadi partisipan penelitian, 38 diantaranya dideteksi memiliki nodul tiroid (36.9%), sehingga disimpulkan bahwa paparan radiasi dosis rendah dalam jangka

waktu yang panjang dapat menjadi salah satu faktor risiko munculnya nodul tiroid.

2.4 Prinsip Proteksi Radiasi

Dalam setiap penggunaan modalitas radiologi diperlukan adanya proteksi untuk melindungi para radiografer dari efek negatif radiasi. Proteksi radiasi ini memiliki tiga prinsip utama, yaitu justifikasi, optimisasi, dan pembatasan dosis (*International Commission on Radiological Protection*, 2007).

1. Justifikasi

   Menurut Martin *et al.* (2019), prinsip justifikasi menyatakan bahwa paparan radiasi harus memiliki keuntungan yang dapat mengimbangi risiko kerusakan yang ditimbulkan. Proses justifikasi ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu justifikasi pada saat sebuah prosedur radiologi baru akan dilaksanakan (biasanya secara nasional, baik untuk prosedur diagnostik maupun intervensional), dan justifikasi pada saat prosedur radiologi tersebut akan dilaksanakan pada seorang pasien. Pada justifikasi tahap kedua ini mempertimbangkan terpenuhinya tujuan dari pemberian paparan tersebut dan kondisi dari masing-masing pasien.

2. Optimisasi

   Prinsip optimisasi menyatakan bahwa paparan radiasi harus diusahakan serendah mungkin (*as low as reasonably achievable*), baik dari segi kemungkinan terjadinya paparan, dosis paparan yang diterima, maupun jumlah orang yang

menerima paparan radiasi tersebut. Prinsip ini berlaku baik pada prosedur diagnostik maupun intervensional dengan tetap memperhatikan pemenuhan tujuan dari dilakukannya prosedur radiologi tersebut. Optimisasi juga meliputi pemilihan modalitas yang digunakan, konsistensi hasil pemeriksaan yang dihasilkan oleh modalitas, serta evaluasi dosis paparan yang diterima oleh pasien (Martin *et al.*, 2019).

3. Pembatasan dosis

Prinsip pembatasan dosis menyatakan bahwa dosis yang diterima oleh seseorang dalam satu waktu paparan yang direncanakan, baik dalam rangka penegakan diagnosis maupun pelaksanaan terapi, harus memiliki batasan tertentu (Martin *et al.*, 2019). Prinsip ini menjadi dasar pembatasan dosis bagi para radiografer yang dipantau dengan menggunakan alat yang bernama dosimeter (Hiswara, 2015).

Seiring dengan berkembangnya teknologi, modalitas radiologi yang sekarang tersedia memiliki berbagai macam jenis dengan dosis radiasi yang berbeda-beda. Level radiasi relatif beberapa pemeriksaan radiologi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Level Radiasi Relatif Pemeriksaan Radiologi (*American College of Radiology*, 2018)

Level Radiasi Relatif	Estimasi Dosis Efektif pada Orang Dewasa	Pemeriksaan Radiologi
O	0 mSv	USG, MRI
☢	<0.1 mSv	Radiografi dada; radiografi tangan
☢☢	0.1-1 mSv	Radiografi pelvis, mamografi
☢☢☢	1-10 mSv	CT abdomen dengan kontras; *bone scan*
☢☢☢☢	10-30 mSv	CT abdomen dengan/tanpa kontras; CT *whole body*
☢☢☢☢☢	30-100 mSv	CT angiografi dada, abdomen, pelvis dengan kontras

Pada Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 Pasal 15, terdapat aturan mengenai nilai batas dosis bagi pekerja radiasi. Nilai batas dosis adalah nilai yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang merujuk pada dosis maksimum yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek yang berarti, dengan ketentuan yang terdapat dalam Tabel 2.4. Dalam peraturan yang sama, disebutkan bahwa dosis ekivalen adalah dosis radiasi yang menyebabkan kerusakan pada jaringan tubuh, sedangkan dosis efektif adalah perkalian dosis ekivalen dengan faktor bobot jaringan yang mencerminkan risiko kerusakan terkait dosis.

Tabel 2.4 Nilai Batas Dosis bagi Pekerja Radiasi (Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir)

Nilai Batas Dosis bagi Pekerja Radiasi	
Dosis efektif	- 20 mSv/tahun dirata-rata dalam periode 5 tahun (dosis terakumulasi dalam 5 tahun tidak boleh melebihi 100 mSv) - 50 mSv dalam 1 tahun tertentu
Dosis ekivalen tahunan Lensa mata	- 20 mSv/tahun dirata-rata dalam 5 tahun - 50 mSv dalam 1 tahun tertentu
Kulit	500 mSv/tahun
Tangan dan kaki	500 mSv/tahun

Pada *The 2007 International Commission on Radiological Protection (ICRP) Recommendations for Medical Workers*, *International Commission on Radiological Protection* telah menentukan batas dosis paparan maksimum pada pekerja radiasi dalam bidang kesehatan dengan batasan seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Batas Dosis Paparan Maksimum bagi Pekerja Radiasi di Bidang Kesehatan (*International Commission on Radiological Protection*, 2007)

Bagian Tubuh	Dosis Maksimum yang Diizinkan
Seluruh tubuh	- 20 mSv/tahun dirata-rata dalam periode 5 tahun - 50 mSv dalam 1 tahun tertentu
Mata	50 mSv/tahun*
Kelenjar tiroid	300 mSv/tahun
Organ lain (selain mata)	500 mSv/tahun
Kulit dan ekstremitas	500 mSv/tahun

2.5 Usaha Proteksi Radiasi

2.5.1 Proteksi Radiasi Eksternal

Proteksi radiasi eksternal merupakan proteksi terhadap radiasi yang berasal dari luar (eksternal). Proteksi radiasi eksternal terdiri dari mempersingkat waktu paparan, memperbesar jarak dari sumber paparan, dan menggunakan penahan radiasi (Hiswara, 2015).

1. Waktu Paparan

   Menurut Martin *et al.* (2019), dosis paparan radiasi yang diterima oleh seorang pekerja ditentukan oleh dua hal, yaitu laju dari paparan dan lama waktu terkena paparan. Dua hal ini berbanding lurus dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Paparan\ Total = Laju\ Paparan \times Waktu$$

   Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu radiografer terkena paparan, maka semakin besar pula nilai total paparan radiasi yang diterima. Dalam setiap fasilitas kesehatan dengan instalasi radiologi, telah diatur pembatasan waktu kerja (*shift*) bagi para radiografer.

2. Jarak dari Sumber Paparan

   Paparan radiasi yang diterima oleh pekerja berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara radiografer dengan modalitas radiologi yang dioperasikan saat bekerja (Kim *et al.*, 2010). Martin *et al.* (2019) menjelaskan lebih lanjut bahwa hubungan antara dosis paparan dengan jarak dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{k}{r^2}$$

Pada rumus tersebut, D adalah dosis, k adalah konstanta, dan r adalah jarak. Apabila jarak diperbesar menjadi 2 kali lipat, maka dosis paparan yang diterima akan menurun sebanyak 4 kali lipat (Fishman *et al.*, 2002), sehingga dapat disimpulkan bahwa jika jarak antara radiografer dengan modalitas radiologi yang dioperasikan semakin besar, maka dosis paparan yang diterima akan menjadi lebih kecil.

Modalitas radiologi yang digunakan saat ini memiliki berbagai macam jenis dengan jarak pengoperasian yang berbeda-beda antara satu alat dengan alat yang lain. Untuk mengakomodasi hal tersebut, Badan Pengawas Teknologi Nuklir dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional telah mengatur jarak aman radiografer dalam mengoperasikan beberapa modalitas radiologi diagnostik yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jarak Aman Pengoperasian Modalitas Radiologi Diagnostik (Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional)

Modalitas Radiologi	Jarak Aman Pengoperasian
Sinar-X Radiologi Umum	Radiografer berada di ruang panel kendali
Sinar-X *Mobile*	2 m, radiografer harus berada di balik perisai radiasi
CT Scan	Radiografer berada di ruang panel kendali

Mamografi	Radiografer berada di balik perisai radiasi yang menyatu dengan unit mamografi
Sinar-X Gigi	1. Intraoral: 2 m (tanpa apron) 2. Ekstraoral: radiografer berada di ruang panel kendali
Fluoroskopi	Radiografer harus berusaha menjaga jarak dan menggunakan pengendali jarak jauh dari ruang panel kendali

3. Penahan Radiasi

Menurut Cheon *et al.* (2018), usaha terpenting dalam melindungi pekerja dari paparan radiasi adalah dengan menggunakan penahan radiasi (*shielding*) yang baik. Badan Pengawas Tenaga Nuklir dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional telah menetapkan perihal penggunaan alat pelindung diri yang harus digunakan oleh radiografer. Alat pelindung diri tersebut dapat menahan radiasi dan terdiri dari apron, *thyroid shield,* kacamata, topi, dan sarung tangan (Wang *et al.*, 2017 dalam Cheon *et al.*, 2018). Menurut Hiswara (2015), alat pelindung diri yang dapat menahan radiasi terdiri dari apron, *thyroid shield* (pelindung tiroid), pelindung gonad, sarung tangan, kacamata, dan tirai timbal dengan spesifikasi pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Spesifikasi Alat Pelindung Diri (Hiswara, 2015)

Alat Pelindung Diri	Spesifikasi
Apron	Terbuat dari bahan yang setara dengan: 1. 0,2 – 0,25 mm timbal (Pb) untuk sinar X radiodiagnostik 2. 0,35 – 0,5 mm Pb untuk sinar X intervensional
Thyroid shield	Terbuat dari bahan yang setara dengan 1 mm Pb
Pelindung gonad	Terbuat dari bahan yang setara dengan: 1. 0,2 – 0,25 mm timbal (Pb) untuk sinar X radiodiagnostik 2. 0,35 – 0,5 mm Pb untuk sinar X intervensional
Sarung tangan (fluoroskopi)	Terbuat dari bahan yang memberikan kesetaraan atenuasi > 0,25 mm Pb pada 150 kVp
Kacamata	Terbuat dari bahan yang setara dengan 1 mm Pb
Tirai	Terbuat dari bahan yang setara dengan 1 mm Pb, dengan dimensi ukuran 2 x 1 m

2.5.2 Proteksi Radiasi Internal

Menurut Martin *et al.* (2019), bahan radioaktif juga bisa memberikan paparan radiasi dari dalam tubuh apabila bahan radioaktif tersebut masuk ke dalam tubuh. Proses ini dapat terjadi melalui 3 jalur, yaitu:

1. Inhalasi bahan radioaktif *airborne*;
2. Ingesti bahan radioaktif melalui mulut; dan
3. Absorpsi, injeksi, masuk melewati jaringan terbuka, maupun radiasi indirek melalui kulit

Menurut Hiswara (2015), proteksi radiasi internal dapat dilakukan dengan cara menutup jalur masuk (menggunakan respirator) dan melakukan upaya-upaya seperti menyimpan bahan radioaktif dengan baik dan menggunakan desain ruangan dengan sistem ventilasi yang baik.

2.6 *Thyroid Shield*

Thyroid shield merupakan salah satu tipe penahan radiasi yang digunakan untuk melindungi kelenjar tiroid dari paparan radiasi (Schueler, 2010). Menurut Cheon *et al.* (2018), perlindungan kelenjar tiroid sangatlah penting dengan pertimbangan bahwa kelenjar ini berisiko tinggi menerima paparan radiasi dan mengalami efek stokastik. *American Thyroid Association* (2013) merekomendasikan penggunaan *thyroid shield* dalam prosedur CT Scan dan prosedur radiodiagnostik lainnya, karena prosedur-prosedur tersebut memiliki kemungkinan memberikan paparan radiasi dalam dosis yang signifikan secara klinis.

Penggunaan *thyroid shield* sebagai bagian dari proteksi radiasi eksternal ditujukan untuk melindungi kelenjar tiroid radiografer dengan cara menurunkan paparan radiasi dari luar menggunakan bahan tertentu, salah satunya yang paling umum dipakai adalah timbal (Pb). Timbal (Pb) banyak digunakan sebagai penahan radiasi karena memiliki properti kimiawi yang bagus sebagai peredam (*attenuator*) dari emisi radiasi yang dikeluarkan oleh modalitas radiologi, baik radiasi alfa, beta, maupun gamma (Sayyed *et al.*, 2018), sehingga paparan radiasi tidak sampai kepada radiografer dan tidak timbul kerusakan sel dan mencegah munculnya efek negatif radiasi. Pemakaian *thyroid shield* dapat

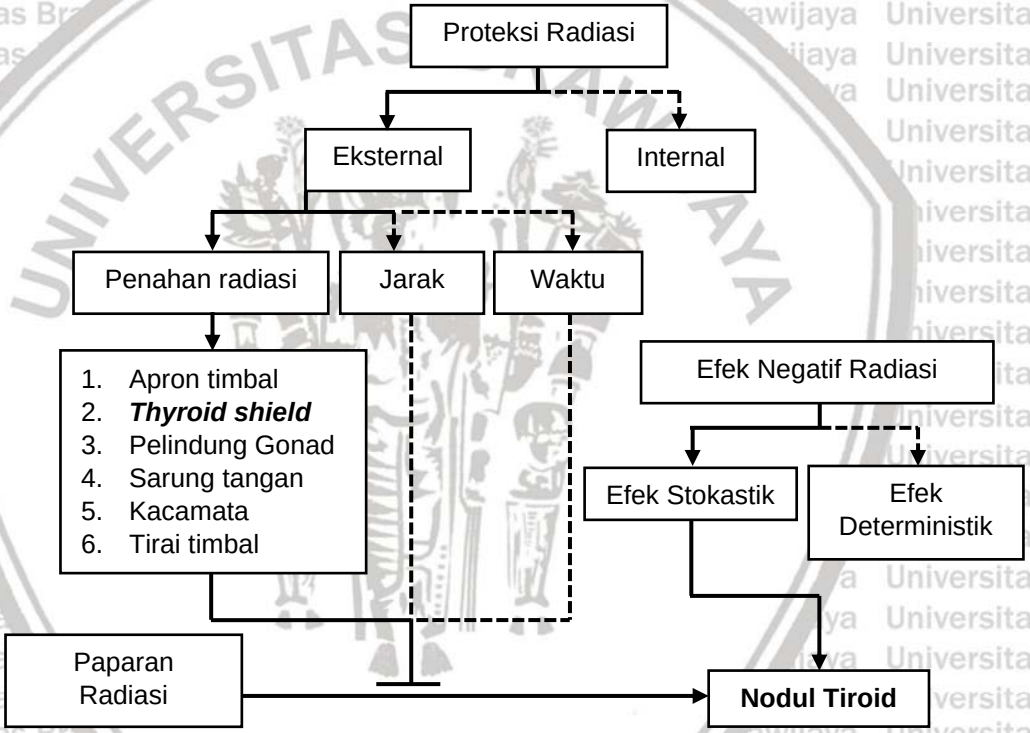
menurunkan dosis efektif yang diterima kelenjar tiroid sebesar 2.5 kali lebih rendah dan menurunkan dosis paparan total sebesar 50% (Müller *et al.*, 1998 dalam Cheon *et al.*, 2018). Menurut Cheon *et al.* (2018), *thyroid shield* harus dibuat dengan bahan yang setara dengan paling sedikit 0.5 mm timbal (Pb), namun Hiswara (2015) memberikan batasan yang lebih tinggi dimana *thyroid shield* harus terbuat dari bahan yang setara dengan 1 mm Pb.

Gambar 2.9 *Thyroid Shield* (Hiswara, 2015)

BAB 3

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 3.1. Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan: ┤ : mencegah

—— : variabel yang diteliti

- - - - : variabel yang tidak diteliti

Menurut Martin *et al.* (2019), paparan radiasi memiliki efek negatif bagi tubuh manusia, yang berupa efek deterministik dan stokastik. Martin *et al.* (2019) menjelaskan bahwa efek deterministik merupakan kerusakan yang terjadi pada jaringan tubuh akibat paparan radiasi dalam batas dosis

tertentu dalam jangka waktu yang singkat, sedangkan efek stokastik merupakan efek radiasi yang muncul tanpa memiliki batasan dosis minimal dan baru dirasakan setelah beberapa waktu tertentu. Salah satu efek stokastik yang dapat muncul adalah proliferasi sel yang berlebihan pada berbagai organ di tubuh, salah satunya adalah kelenjar tiroid (Martin *et al.*, 2019). Elzaki *et al.* (2012) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa paparan radiasi dosis rendah dalam jangka waktu yang lama merupakan salah satu faktor risiko dari munculnya nodul tiroid pada radiografer.

Dalam melindungi radiografer saat bekerja, dilakukan usaha-usaha proteksi radiasi, baik radiasi yang berasal dari eksternal maupun internal (Martin *et al.*, 2019). Menurut Hiswara (2015), dalam proteksi radiasi eksternal terdapat tiga hal yang bisa dilakukan untuk melindungi radiografer, yaitu meminimalkan waktu paparan, mewajibkan radiografer untuk menggunakan penahan radiasi yang baik, dan memperbesar jarak antara radiografer dengan modalitas radiologi yang dioperasikan. Dalam penelitiannya, Cheon *et al.* (2018) menyatakan bahwa penggunaan penahan radiasi yang baik merupakan cara paling efektif dalam melindungi radiografer dari paparan radiasi eksternal, dan salah satu contoh dari penahan radiasi adalah *thyroid shield* (Hiswara, 2015). Pemakaian *thyroid shield* dapat menurunkan dosis efektif sebesar 2.5 kali lebih rendah dan menurunkan dosis paparan total sebesar 50% (Müller *et al.*, 1998 dalam Cheon *et al.*, 2018).

3.2 Hipotesis Penelitian

Menurut Hasan (2002), hipotesis merupakan jawaban sementara dari penelitian yang perlu dibuktikan secara empiris. Penelitian ini memiliki

hipotesis yaitu kepatuhan pemakaian *thyroid shield* saat bekerja berpengaruh terhadap angka kejadian munculnya nodul tiroid pada radiografer, dimana dengan pemakaian *thyroid shield* maka angka kejadian munculnya nodul tiroid menjadi berkurang.

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan menggunakan data sekunder, dimana pengambilan data primer sebelumnya dilakukan secara *cross-sectional*. Variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah kepatuhan pemakaian *thyroid shield* dan munculnya nodul tiroid pada radiografer.

4.2 Subjek Penelitian

4.2.1 Populasi Penelitian

Populasi target dari penelitian ini adalah radiografer di Malang Raya, dan populasi sumber dari penelitian ini adalah radiografer di Malang Raya yang hadir pada saat pelaksanaan pengambilan data di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang pada bulan April 2021. Subjek yang memenuhi kriteria dalam penelitian ini adalah anggota populasi sumber yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Partisipan dalam penelitian ini adalah subjek yang memenuhi kriteria, memiliki data lengkap, dan telah memberikan *informed consent* untuk datanya dimasukkan ke dalam analisis data.

4.2.2 Sampel Penelitian

1. Jumlah Sampel

   Penentuan jumlah sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *total population sampling*. Pada penelitian ini, sampel berjumlah 40 orang.

2. Kriteria Inklusi

   a. Radiografer yang memiliki masa kerja minimal 5 tahun.

   b. Radiografer yang memiliki data anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan USG tiroid yang lengkap.

3. Kriteria Eksklusi

   a. Radiografer yang memiliki data anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan USG tiroid yang tidak lengkap.

   b. Radiografer yang memiliki riwayat tiroidektomi total (pengambilan kelenjar tiroid secara keseluruhan).

   c. Radiografer yang memiliki riwayat paparan radiasi dengan tujuan terapi pada kelenjar tiroid.

4.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki dua variabel, yang terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Menurut Hasan (2002), variabel terikat merupakan variabel yang perubahannya dipengaruhi dengan perubahan pada variabel lain, sedangkan variabel bebas merupakan variabel yang perubahannya dapat mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah munculnya nodul tiroid dan variabel bebasnya adalah kepatuhan pemakaian *thyroid shield* saat bekerja.

4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan data primer melalui anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang berupa USG tiroid dilaksanakan pada bulan April 2021 di Departemen Radiologi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang. Pengolahan data sekunder dilakukan pada bulan Mei 2021.

4.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan untuk mengambil data primer dalam penelitian ini adalah form anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang berupa USG 5-18 mHz. Data mengenai kepatuhan pemakaian *thyroid shield* saat bekerja diambil menggunakan teknik wawancara dengan form anamnesis yang berisi:

a. Nama
b. Usia
c. Jenis kelamin
d. Lama kerja
e. *Shift* jaga
f. Modalitas radiologi yang dioperasikan (*x-ray* konvensional, fluoroskopi, *digital subtraction angiography*, radioterapi, dan lain-lain)
g. Kepatuhan penggunaan *thyroid shield* dengan kriteria:
   1. Tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan
   2. Setiap 10 pasien yang diperiksa, memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang saja

3. Setiap 10 pasien yang diperiksa, memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang saja
4. Selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan

Data mengenai munculnya nodul tiroid diambil melalui pemeriksaan fisik dan pemeriksaan penunjang menggunakan USG tiroid. Petugas yang terlibat dalam pengambilan data dalam penelitian ini berjumlah 5 orang yang terdiri dari dokter-dokter yang bekerja di Departemen Radiologi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang.

4.6 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Definisi Operasional Variabel Penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Kriteria	Jenis Variabel
Nodul tiroid	Ditemukan adanya nodul tiroid saat dilakukan pemeriksaan fisik dan/atau pemeriksaan penunjang menggunakan USG tiroid	Melihat hasil pemeriksaan fisik dan/atau USG tiroid	Hasil pemeriksaan fisik dan/atau USG tiroid	1. Didapatkan nodul tiroid pada pemeriksaan fisik dan/atau USG tiroid 2. Tidak didapatkan nodul tiroid pada pemeriksaan fisik dan USG tiroid	Kategorik Nominal
Kepatuhan pemakaian	Pemakaian *thyroid shield* saat	Melihat hasil anamnesis	Form anamnesis	1. Tidak pernah memakai *thyroid shield*	Numerik Rasio

thyroid shield	melakukan pemeriksaan	setiap kali melakukan pemeriksaan 2. Setiap 10 pasien yang diperiksa, memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang saja 3. Setiap 10 pasien yang diperiksa, memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang saja 4. Selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 Tahapan Penelitian

1. Pengurusan etik dan perizinan ke Departemen Radiologi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang.
2. Pengambilan data-data subjek penelitian dari hasil pemeriksaan sebelumnya.
3. Penyeleksian subjek penelitian melalui kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.
4. Data yang didapat dari partisipan penelitian direkapitulasi dan selanjutnya dianalisis.

4.7.2 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Pengurusan etik dan perizinan ke Departemen Radiologi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang.

↓

Pengambilan data-data subjek penelitian dari hasil pemeriksaan sebelumnya.

↓

Penyeleksian subjek penelitian melalui kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

↓

Data yang didapat dari partisipan penelitian direkapitulasi dan selanjutnya dianalisis.

Gambar 4.1 Alur Penelitian

4.8 Analisis Data

Data yang didapatkan dianalisis menggunakan aplikasi IBM *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) versi 25. Hipotesis penelitian diuji menggunakan *T Test* (Uji T) dengan taraf kepercayaan 95%. Hipotesis statistik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Kepatuhan pemakaian *thyroid shield* tidak berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid

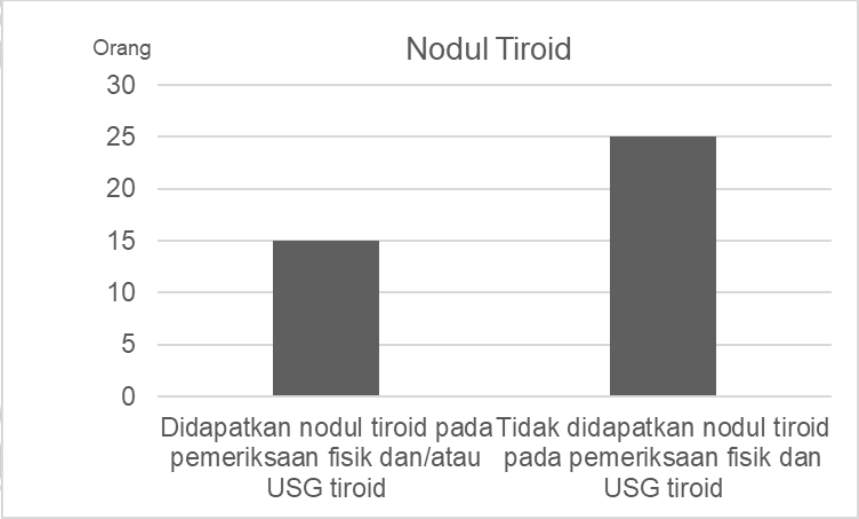
H_1 : Kepatuhan pemakaian *thyroid shield* berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

5.1 Hasil Penelitian

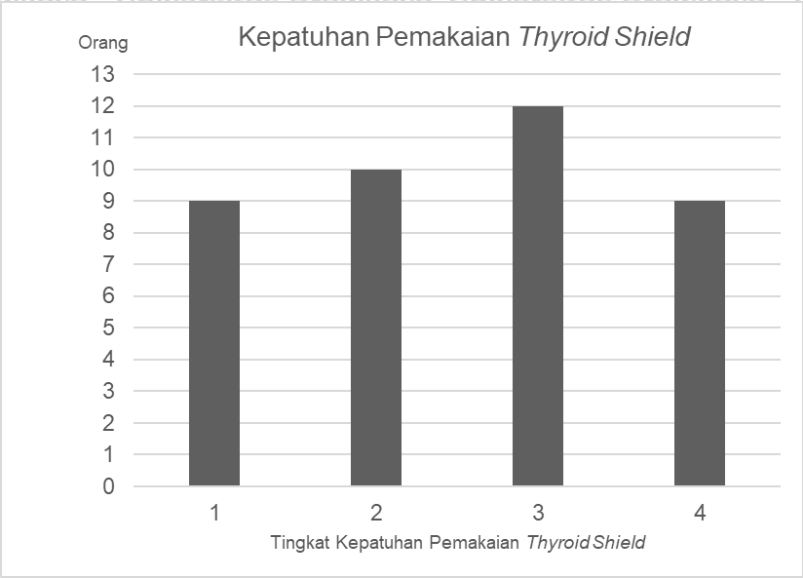
Data mengenai didapatkan atau tidak didapatkan nodul tiroid pada pemeriksaan fisik dan/atau USG pada radiografer dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Batang Data Variabel Nodul Tiroid (Sumber: Data Sekunder)

Pada penelitian ini, dari jumlah sampel (N) sebanyak 40 orang, ditemukan nodul tiroid pada pemeriksaan fisik dan/atau USG tiroid pada 15 orang (37.5%) dan pada 25 orang sisanya (62.5%) tidak ditemukan nodul tiroid pada pemeriksaan fisik dan USG tiroid.

Data mengenai kepatuhan pemakaian *thyroid shield* selama bekerja dapat dilihat pada Gambar 5.2.

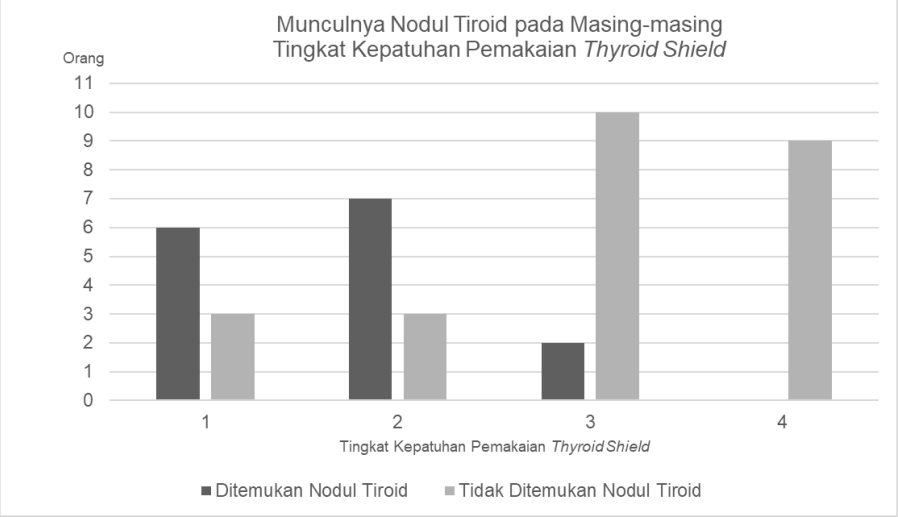


Gambar 5.2 Grafik Batang Data Variabel Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* (Sumber: Data Sekunder)

Keterangan: 1: Tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan
2: Memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10 pasien
3: Memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien
4: Selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan

Ditemukan bahwa 9 orang (22.5%) tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan. Kemudian, 10 orang (25% dari sampel) memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10 pasien. Selanjutnya, 12 orang (30% dari sampel) memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien. Lalu, 9 orang (22.5% dari sampel) selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan.

Data tentang munculnya nodul tiroid pada masing-masing tingkat kepatuhan pemakaian *thyroid shield* dapat dilihat pada Gambar 5.3.

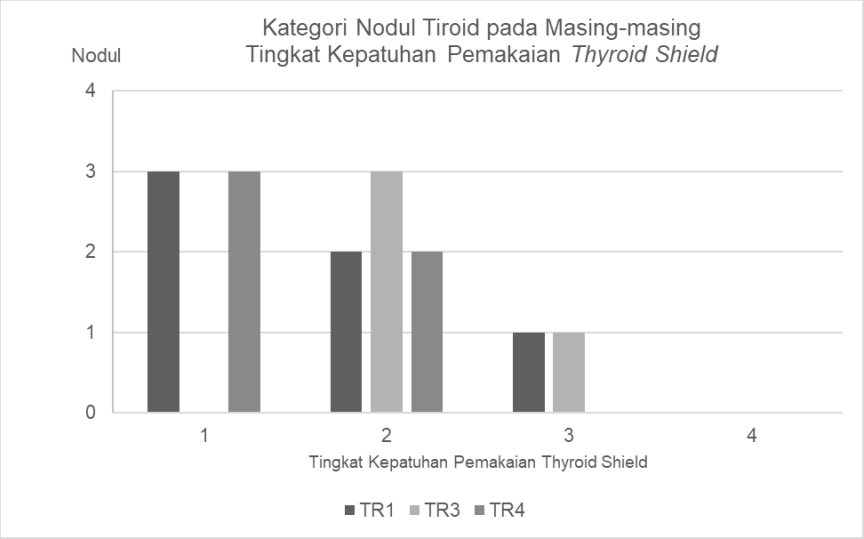


Gambar 5.3 Grafik Batang Data Munculnya Nodul Tiroid pada Masing-masing Tingkat Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* (Sumber: Data Sekunder)

Keterangan: 1: Tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan
2: Memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10 pasien
3: Memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien
4: Selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan

Dari Gambar 5.3, didapatkan bahwa dari 9 orang yang tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan, ditemukan nodul tiroid pada 6 orang (66.7%). Kemudian, dari 10 orang yang memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10 pasien, ditemukan nodul tiroid pada 7 orang (70%). Selanjutnya, dari 12 orang yang memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien, ditemukan nodul tiroid pada 2 orang (16.7%). Lalu, dari 9 orang yang selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan tidak ditemukan nodul tiroid.

Nodul yang ditemukan pada pemeriksaan fisik dan/atau USG tiroid diklasifikasikan dengan menggunakan sistem ACR TI-RADS. Dari subjek penelitian yang tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan, ditemukan 3 nodul tiroid dengan Kategori TR1 dan 3 nodul tiroid dengan Kategori TR4. Kemudian, dari subjek penelitian yang memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10 pasien, ditemukan 2 nodul tiroid dengan Kategori TR1, 3 nodul tiroid dengan Kategori TR3, dan 2 nodul tiroid dengan Kategori TR4. Selanjutnya, dari subjek penelitian yang memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien, ditemukan 1 nodul tiroid dengan Kategori TR1 dan 1 nodul tiroid dengan Kategori TR3. Data mengenai kategori nodul tiroid pada masing-masing tingkat kepatuhan pemakaian *thyroid shield* dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Batang Data Kategori Nodul Tiroid pada Masing-masing Tingkat Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* (Sumber: Data Sekunder)

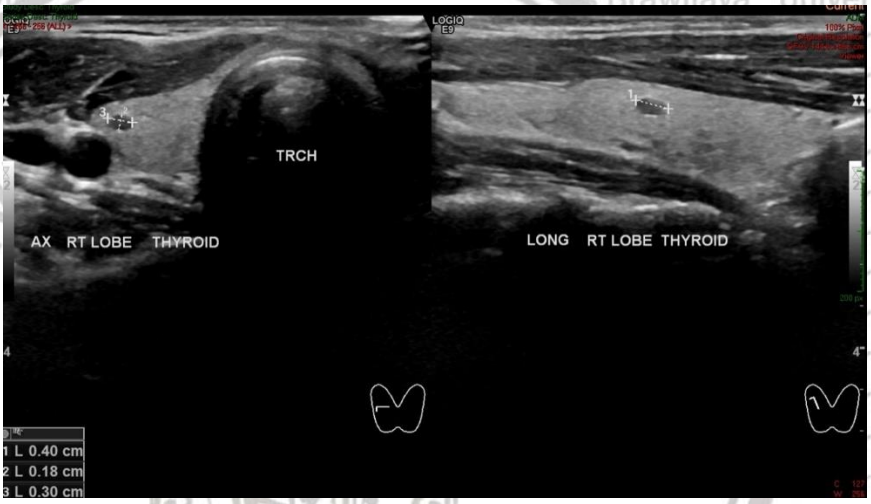
Keterangan: 1: Tidak pernah memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan
2: Memakai *thyroid shield* untuk 1-5 orang setiap memeriksa 10

pasien

3: Memakai *thyroid shield* untuk 6-9 orang setiap memeriksa 10 pasien

4: Selalu memakai *thyroid shield* setiap kali melakukan pemeriksaan

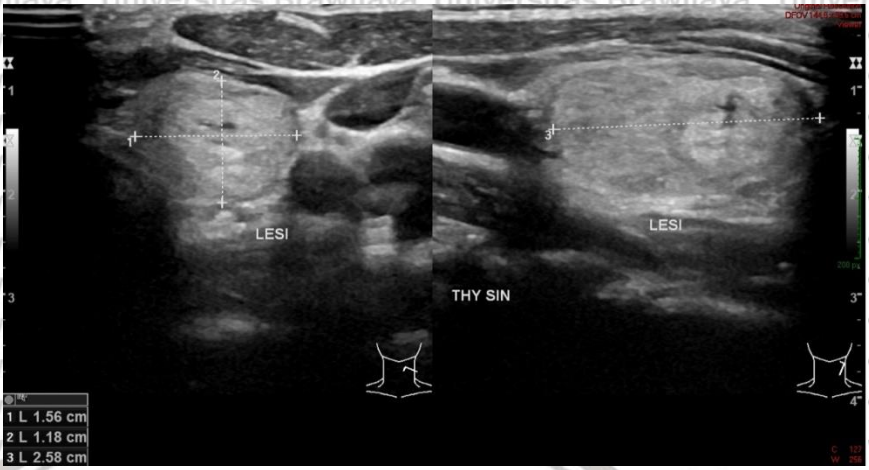
Gambaran hasil USG dari nodul tiroid radiografer dengan Kategori TR1 dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR1 pada Radiografer (Sumber: Data Sekunder)

Keterangan: Nodul kistik dan anekoik pada lobus tiroid kanan radiografer pria dengan usia 36 tahun

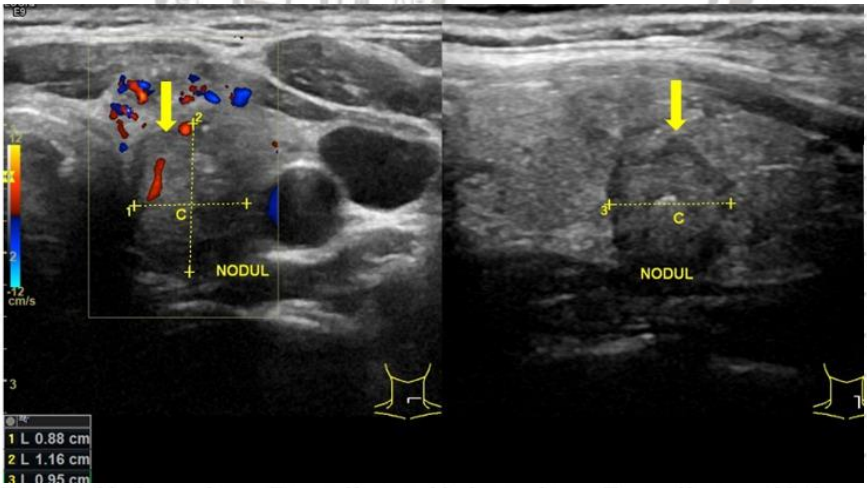
Gambaran hasil USG dari nodul tiroid radiografer dengan Kategori TR3 dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR3 pada Radiografer (Sumber: Data Sekunder)

Keterangan: Nodul solid, isoekoik, dan *wider-than-taller* dengan *well-defined border* pada radiografer wanita dengan usia 30 tahun

Gambaran hasil USG dari nodul tiroid radiografer dengan Kategori TR4 dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Hasil USG Nodul Tiroid dengan Kategori TR4 pada Radiografer (Sumber: Data Sekunder)

Keterangan: Nodul solid, isoekoik, tepi ireguler, bentuk *wider-than-taller* dengan komponen makrokalsifikasi pada sisi anterior (panah kuning). Total poin ACR TI-RADS 6. Pada teknik *color Doppler* tampak vaskularisasi pada intranodul dan sisi perifer.

5.2 Hasil Analisis Data

5.2.1 Hasil Uji Normalitas Data

Uji normalitas data merupakan sebuah uji yang dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dimiliki memiliki sebaran yang normal atau tidak, dimana data dengan sebaran normal dapat dianalisis menggunakan uji parametrik, seperti Uji T (Herlina, 2019). Metode uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah *Kolmogorov-Smirnov Test* dan diperoleh nilai signifikansi *Asymp. Sig (2-tailed)* (*p value*) sebesar 0,065 ($p > 0,05$), sehingga data yang diperoleh berdistribusi normal dan dapat dianalisis menggunakan regresi linier. Uji normalitas data terlampir pada Lampiran 2.

5.2.2. Hasil Analisis Regresi Linier

Analisis regresi linier adalah metode yang digunakan untuk menguji sejauh mana pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat (Herlina, 2019). Dari hasil analisis regresi linier, pemakaian *thyroid shield* memiliki pengaruh terhadap munculnya nodul tiroid, dilihat dari nilai koefisien *R Square* sebesar 0.327. Analisis regresi linier terlampir pada Lampiran 3.

5.2.3. Hasil Uji Hipotesis

Hipotesis statistik diuji menggunakan Uji T (*T-test*) yang terlampir pada Lampiran 3. Setelah dilakukan Uji T, diperoleh t hitung sebesar 4.299 dengan nilai signifikansi (α) sebesar 0.000. Nilai t hitung yang diperoleh lebih besar dari nilai t tabel sebesar 2.204, sehingga dengan nilai $\alpha < 0.05$ dan t hitung > t tabel,

ditemukan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, yaitu kepatuhan pemakaian *thyroid shield* berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid.

BAB 6
PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dan uji hipotesis menggunakan Uji T, disimpulkan bahwa kepatuhan pemakaian *thyroid shield* berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid, dimana pemakaian *thyroid shield* saat mengoperasikan modalitas radiologi akan mengurangi angka kejadian nodul tiroid pada radiografer. Seiring dengan meningkatnya kepatuhan pemakaian *thyroid shield*, maka angka kejadian nodul tiroid juga semakin menurun. Hal ini selaras dengan teori yang peneliti dapatkan sebelumnya, dimana penggunaan *thyroid shield* dapat mengurangi dosis paparan radiasi (Müller *et al*., 1998 dalam Cheon *et al*., 2018) yang dapat mengurangi risiko munculnya nodul tiroid sebagai efek dari radiasi.

Nodul tiroid yang ditemukan pada subjek penelitian sebagian besar merupakan nodul tiroid dengan Kategori TR1 atau *benign*/jinak (40%), sedangkan sisanya masuk dalam Kategori TR3 (26.7%) dan TR4 (33.3%). Menurut Iglesias *et al.* (2017), karsinoma papiler tiroid merupakan jenis keganasan yang paling sering muncul setelah paparan radiasi, sehingga untuk mengetahui jenis sel pada nodul tiroid dengan lebih lanjut diperlukan adanya pemeriksaan tambahan yaitu FNAB. Nodul dengan Kategori TR3 perlu dilakukan FNAB jika ukuran nodul lebih dari 2,5 cm, dan nodul dengan Kategori TR4 perlu dilakukan FNAB jika ukuran nodul lebih dari 1,5 cm (Tessler *et al.*, 2017).

Pada hasil analisis regresi linier, disimpulkan bahwa munculnya nodul tiroid tidak hanya dipengaruhi oleh pemakaian *thyroid shield* saja, namun juga dipengaruhi oleh sebab-sebab lain. Sebab-sebab lain ini dapat meliputi lama waktu paparan modalitas radiologi terhadap radiografer, serta faktor internal dari radiografer yang dapat menjadi faktor risiko munculnya nodul tiroid.

Meminimalisir waktu paparan merupakan salah satu usaha proteksi radiasi eksternal. Martin *et al.* (2019) menjelaskan hubungan antara paparan radiasi total dengan waktu paparan dengan rumus sebagai berikut:

$$Paparan\ Total = Laju\ Paparan \times Waktu$$

Paparan total merupakan jumlah dosis total paparan radiasi yang diterima seseorang pada rentang waktu tertentu (dinyatakan dengan satuan Sv). Laju paparan merupakan jumlah radiasi yang diterima oleh seseorang per satuan waktu tertentu (dinyatakan dengan satuan Sv/jam atau Sv/menit), dan waktu adalah seberapa lama paparan radiasi itu diterima oleh seseorang (dinyatakan dengan satuan jam atau menit) (Martin *et al.*, 2019). Dari rumus tersebut, dapat disimpulkan bahwa paparan total berbanding lurus dengan laju paparan dan waktu sehingga apabila waktu paparan cukup lama, maka total paparan dapat menjadi lebih besar meskipun laju paparan yang diterima bernilai kecil. Dalam penelitian ini, subjek penelitian telah bekerja sebagai radiografer dalam waktu yang cukup lama, yaitu lebih dari lima tahun. Lima tahun merupakan waktu periode laten hingga munculnya karsinoma tiroid pada paparan radiasi dosis rendah (Iglesias *et al.*, 2017). Selain itu, sebelum bekerja sebagai radiografer, para subjek penelitian juga harus menempuh

pendidikan yang semakin memperpanjang waktu paparan radiografer terhadap sumber radiasi.

Faktor risiko internal yang dimiliki oleh radiografer juga memiliki peranan dalam meningkatkan risiko munculnya nodul tiroid. Braverman *et al.* (2021) menjelaskan bahwa jenis kelamin wanita merupakan salah satu faktor risiko dari munculnya karsinoma tiroid. Pada penelitian ini, dari 15 orang subjek penelitian yang memiliki nodul tiroid, lebih banyak radiografer yang berjenis kelamin pria. Namun, apabila dilihat dari angka kejadian nodul tiroid pada masing-masing jenis kelamin, ditemukan nodul tiroid pada 66.7% dari seluruh radiografer wanita (6 dari 9 orang radiografer wanita), sedangkan pada radiografer pria angka kejadian nodul tiroid sebesar 29% (9 dari 31 orang radiografer pria), sehingga disimpulkan bahwa angka kejadian nodul tiroid lebih tinggi pada radiografer berjenis kelamin wanita dibandingkan pria.

6.2 Implikasi terhadap Bidang Kedokteran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tentang pengaruh kepatuhan pemakaian *thyroid shield* terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer di Malang Raya kepada pihak-pihak terkait, diantaranya radiografer dan tenaga kesehatan lainnya. Diperlukan penelitian *follow up* secara rutin setiap 5 tahun untuk memastikan efek paparan radiasi terhadap munculnya nodul tiroid pada radiografer. Diperlukan juga adanya penelitian lanjutan di masa yang akan datang untuk mengkaji lebih lanjut terkait faktor-faktor apa saja yang memengaruhi munculnya nodul tiroid pada radiografer selain kepatuhan pemakaian *thyroid shield,* sehingga

nantinya dapat dilakukan pencegahan dari munculnya nodul tiroid pada radiografer yang lebih baik lagi.

6.3 Keterbatasan Penelitian

Lingkup dari penelitian ini adalah meneliti pengaruh salah satu usaha proteksi radiasi eksternal, yaitu pemakaian *thyroid shield*, terhadap pencegahan munculnya efek radiasi berupa nodul tiroid. Penelitian ini tidak meliputi pengaruh usaha proteksi radiasi eksternal yang lain, usaha proteksi radiasi internal, maupun faktor-faktor internal lain yang dimiliki oleh radiografer yang dapat menjadi faktor risiko terhadap munculnya nodul tiroid.

BAB 7
PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan analisis data sekunder, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa sebagian besar radiografer di Malang Raya telah rutin memakai *thyroid shield* saat bekerja.
2. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa bahwa kepatuhan pemakaian *thyroid shield* berpengaruh terhadap munculnya nodul tiroid, dimana pemakaian *thyroid shield* dapat mengurangi angka kejadian nodul tiroid pada radiografer.

7.2 Saran

1. Diperlukan adanya *follow-up* rutin pemeriksaan kepada para radiografer setiap 5 tahun untuk memastikan efek paparan radiasi terhadap munculnya nodul tiroid.
2. Diperlukan adanya penelitian lanjutan di masa yang akan datang untuk mengkaji lebih lanjut terkait faktor-faktor apa saja yang memengaruhi munculnya nodul tiroid pada radiografer selain kepatuhan pemakaian *thyroid shield*.

DAFTAR PUSTAKA

American College of Radiology, 2018. *ACR Appropriateness Criteria®: radiation dose assessment introduction.* https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Appropriateness-Criteria/RadiationDoseAssessmentIntro.pdf

American Thyroid Association, 2013. Policy Statement on Thyroid Shielding During Diagnostic Medical and Dental Radiology. www.thyroid.org/wp-content/uploads/statements/ABS1223_policy_statement.pdf

Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2019. *Pedoman Layanan Perizinan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Subdirektorat Perizinan Fasilitas Kesehatan Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta.

Braverman, L. E., Cooper, D. S., and Kopp, P. A., 2021. *Werner & Ingbar's The Thyroid: a Fundamental and Clinical Text,* 11th edition. Wolters Kluwer, Philadelphia.

Cheon, B. K., Kim, C. L., Kim, K. R., Kang, M. H., Lim, J. A., Woo, N. S., *et al.*, 2018. Radiation safety: A focus on lead aprons and thyroid shields in interventional pain management. *Korean Journal of Pain 31*(4): 244–252.

Davidovits, P., 2019. *Physics in Biology and Medicine*, 5th edition. Elsevier, London.

Drake, R., L., Vogl, A., W., and Mitchell, A., W., M., 2015. *Gray's Anatomy for Students*, 3rd edition. Churchill Livingstone, Philadelphia.

Elzaki, A., Osman, H., and Lawz, O., 2012. Thyroid Nodules Development among Radiographers. *Journal of Advanced Medical Research*, *2*(2): 79-89

Fishman, S., M., Smith, H., Meleger, A., and Seibert, J., A., 2002. Radiation safety in pain medicine. *Reg Anesth Pain Med 27*: 296- 305.

Hasan, M., I., 2002. *Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*. Ghalia Indonesia, Jakarta.

Heilmaier, C., Mayor, A., Zuber, N., Fodor, P. and Weishaupt, D., 2016. Improving radiation awareness and feeling of personal security of non-radiological medical staff by implementing a traffic light system in computed tomography. *RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, *188*(03): 280-287

Herlina, V., 2019. Panduan Praktis Mengolah Data Kuesioner Menggunakan SPSS. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.

Hiswara, E., 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. BATAN Press, Jakarta.

Iglesias, M. L., Schmidt, A., Ghuzlan, A. A., Lacroix, L., Vathaire, F. D., Chevillard, S., and Schlumberger, M., 2017. Radiation exposure and thyroid cancer: a review. *Archives of endocrinology and metabolism, 61*, 180-187.

International Commission on Radiological Protection, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103*. Ann. ICRP 37*(2-4).

International Commission on Radiological Protection, 2007. Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105*. Ann. ICRP 37*(6).

Jameson, J., L., Fauci, A., S., Kasper, D., L., Hauser., S., L., Longo, D., L., and Loscalzo., J., 2018. *Harrison's Principle of Internal Medicine*, 20th edition. Mc-Graw Hill Education, New York.

Kim, T. W., Jung, J. H., Jeon, H. J., Yoon, K. B., and Yoon, D. M., 2010. Radiation Exposure to Physicians During Interventional Pain Procedures. *The Korean Journal of Pain*, *23*(1), 24-27

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013. *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2013*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, Jakarta, hal. 88-89

Martin, A., Harbinson, S., Beach, K., and Cole, P., 2019. *An Introduction to Radiation Protection*, 7th edition. CRC Press, Boca Raton.

Melmed, S., Auchus, R., J., Goldfine, A., B., Koenig, R., J., and Rosen, C., J., 2020. *Williams Textbook of Endocrinology*, 14th edition. Elsevier, Philadelphia.

Mescher, A., L., 2018. *Junqueira's Basic Histology Text & Atlas*, 15th edition. McGraw-Hill Education, New York

Müller, L. P., Suffner, J., Wenda, K., Mohr, W., and Rommens, P. M., 1998. Radiation exposure to the hands and the thyroid of the surgeon during intramedullary nailing. *Injury, 29*(6), 461-468.

Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional

Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir

Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif

Rai, G., Kumar, A., and Mahobiya, P., 2018. The effect of radiation on thyroid gland. *International journal of biology research*, *3*(1), 217-222.

Sayyed, M.I., Akman, F., Kaçal, M.R. and Kumar, A., 2019. Radiation protective qualities of some selected lead and bismuth salts in the wide gamma energy region. *Nuclear Engineering and Technology*, *51*(3), 860-866.

Schueler, B. A., 2010. Operator shielding: How and why. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, *13*(3), 167–171.

Tessler, F. N., Middleton, W. D., Grant, E. G., Hoang, J. K., Berland, L. L., Teefey, S. A., *et al.*, 2017. ACR Thyroid Imaging, Reporting and Data System (TI-RADS): White Paper of the ACR TI-RADS Committee. J*ournal of the American College of Radiology, 14*(5), 587–595.

Tessler, F. N., Middleton, W. D., and Grant, E. G., 2018. Thyroid Imaging Reporting and Data System (TI-RADS): A User's Guide. *Radiology, 287*(1), 29–36.

Wang, R.R., Kumar, A.H., Tanaka, P., and Macario, A., 2017. Occupational radiation exposure of anesthesia providers: a summary of key learning points and resident-led radiation safety projects. *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia, 21*(2), 165-171.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabulasi Data Kepatuhan Pemakaian *Thyroid Shield* dan Nodul Tiroid (Sumber: Data Sekunder)

No. Responden	Jenis Kelamin	Kepatuhan pemakaian *thyroid shield*	Nodul tiroid	Kategori ACR TI-RADS
1	P	1	2	(-)
2	L	2	2	(-)
3	L	2	1	1
4	L	3	1	3
5	L	3	2	(-)
6	L	4	2	(-)
7	L	3	2	(-)
8	P	1	1	4
9	P	2	1	4
10	L	4	2	(-)
11	L	4	2	(-)
12	L	2	2	(-)
13	L	3	2	(-)
14	L	1	1	1
15	L	3	2	(-)
16	P	2	1	3
17	L	1	1	1
18	P	2	1	4
19	L	3	1	1
20	L	2	1	3
21	L	4	2	(-)
22	L	3	2	(-)
23	L	4	2	(-)
24	L	3	2	(-)
25	P	4	2	(-)
26	L	1	2	(-)
27	L	1	1	4
28	L	3	2	(-)
29	L	4	2	(-)

30	P	3	2	(-)
31	P	1	1	4
32	L	2	1	1
33	P	1	1	1
34	L	3	2	(-)
35	L	4	2	(-)
36	L	3	2	(-)
37	L	4	2	(-)
38	L	2	2	(-)
39	L	2	1	3
40	L	1	2	(-)

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2 Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov (Sumber: SPSS 25)

```
GET
  FILE='C:\Users\Asus\Documents\Data uji Normalitas.sav'.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
NPAR TESTS
  /K-S(NORMAL)=RES_1
  /MISSING ANALYSIS.
```

NPar Tests

```
[DataSet1] C:\Users\Asus\Documents\Data uji Normalitas.sav
```

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		40
Normal Parameters[a,b]	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.40216644
Most Extreme Differences	Absolute	.135
	Positive	.115
	Negative	-.135
Test Statistic		.135
Asymp. Sig. (2-tailed)		.065[c]

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Lampiran 3 Hasil Analisis Regresi Linier dan *T-test* (Sumber: SPSS 25)

```
GET
  FILE='D:\TUGAS AKHIR (mac)\TA\Data\Data uji T.sav'.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT Y
  /METHOD=ENTER X.
```

Regression

```
[DataSet1] D:\TUGAS AKHIR (mac)\TA\Data\Data uji T.sav
```

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Kepatuhan pemakaian thyroid shield[b]	.	Enter

a. Dependent Variable: Nodul tiroid

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.572[a]	.327	.309	.407

a. Predictors: (Constant), Kepatuhan pemakaian thyroid shield

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.067	1	3.067	18.478	.000[b]
	Residual	6.308	38	.166		
	Total	9.375	39			

a. Dependent Variable: Nodul tiroid

b. Predictors: (Constant), Kepatuhan pemakaian thyroid shield

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.973	.165		5.902	.000
	Kepatuhan pemakaian thyroid shield	.258	.060	.572	4.299	.000

a. Dependent Variable: Nodul tiroid

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 4 Keterangan Lolos Kaji Etik

Komisi Etik Penelitian Kesehatan
Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Saiful Anwar Malang
Health Research Ethics Commission
General Hospital Dr. Saiful Anwar Malang
Accredited Snars Edition 1
18 Februari 2018 s.d. 18 Februari 2021
Jl. Jaksa Agung Suprapto No.2 Malang 65111. Telp. 0341-362101, Fax. 0341-369384.

RSSA

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
ETHICAL APPROVAL
Nomor : 400/057/K.3/302 /2021

Komisi Etik Penelitian Kesehatan Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Saiful Anwar Malang dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul :

The Ethics Commission of General Hospital Dr. Saiful Anwar Malang, with regards of the Protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the research protocol entitled :

"Evaluasi Nodul Tiroid Pada Pekerja Terpapar Radiasi"

Peneliti Utama : Prof. Dr. dr. Yuyun Yueniwati P.W, M.Kes, Sp.Rad (K)
Principal Investigator

Peneliti Anggota : dr. Christian Robby Sanjaya
Member Of Investiagators Khairunnisa Humaira
Rahmi Mufidah Aisy
Annurria Rahmawati Solehah
Hanifa Hidajanto
Nur Alma Aulia

Nama Institusi : Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang / Rumah Sakit Umum Dr. Saiful Anwar Malang
Name of the Institution Faculty Of Medicine Brawijaya University Malang / General Hospital Dr. Saiful Anwar Malang

dan telah menyetujui protokol tersebut di atas.
and approved the above-mentioned protocol.

Malang, 23 Maret 2021
Ketua
Chairman

PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR RUMAH SAKIT DAERAH Dr. SAIFUL ANWAR

dr. Hidayat Sujuti, Sp.M, Ph.D

***Ethical approval berlaku satu tahun dari tanggal persetujuan**
**** Peneliti berkewajiban**
1. Menjaga kerahasiaan identitas subyek penelitian
2. Memberitahukan status penelitian apabila
   a. Setelah masa berlakunya keterangan lolos kaji etik penelitian masih belum selesai dalam hal ini *ethical clearance* harus diperpanjang
   b. Penelitian berhenti di tengah jalan
3. Melaporkan kejadian serius yang tidak diinginkan *(serious adverse events)*
4. Penelitian tidak boleh melakukan tindakan apapun pada subyek sebelum penelitian lolos kaji etik dan *informed consent*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA