

YODIUM SERUM, KADAR *THYROID STIMULATING HORMONE* (TSH) DAN *FREE THYROXINE* (FT4) PADA PENYAKIT HIPERTHIROID

Iodine Serum, Thyroid Stimulating Hormone (TSH) Level And Free Thyroxine (FT4) On Hyperthyroidism

Husnul Khatimah^{1*}, Setyo Sri Rahardjo², Ferliani Fransisca Sa'pang³

¹Program Studi Gizi Universitas Tadulako

²Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret

³Prodi Sarjana Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Samarinda

*)Korespondensi : husnulkhatimah279@gmail.com/082349172044

Article History

Submitted: 04-06-2025

Revised: 17-04-2026

Accepted: 28-05-2026

ABSTRACT

Hyperthyroid is the abnormalities pathologist due to the excessive thyroid hormone secretion characterized by normal or high radioactive iodine uptake. In Indonesia, the prevalence of hyperthyroid cases based on the National basic health research in 2013 was 0.4%. According to the annual report from the agency of health research and development Magelang in 2019, 332 (50%) patients were diagnosed hyperthyroid among all patients who did the testing. Iodine is a nutrient that plays a significant role in forming thyroxin (T4, pro-hormone) and Triiodothyronine (T3, active hormone) to form thyroid hormone in thyroid follicle cells. Hence, sufficient Iodine is needed in maintaining healthy thyroid functions. One method to know iodine levels is through testing Iodine serum. This study aims to analyze the correlation of Iodine level with Thyroid Stimulating Hormone (TSH) and Free Thyroxine (FT4) on hyperthyroid patients. This study employs a cross-sectional design on 50 hyperthyroid patients in the agency of health research and development Magelang, who meet the inclusion and exclusion criteria and have signed the informed consent. Iodine level is analyzed used Spectrophotometry, while TSH and FT4 used the ELISA method analyzed in the laboratory of the agency of health research and development Magelang. The average of Iodine, TSH and FT4 accounted for 75,14 µg/L, 0,23 µIu/mL and 2,61 ng/dL respectively. The result shows a significant correlation of Iodine with FT4 on hyperthyroid patients ($p < 0.05$). Meanwhile, there is no significant correlation of Iodine with TSH ($p=0.053$). There is a significant correlation between Iodine level and FT4 on hyperthyroid patients, while TSH does not affect.

Keywords : *FT4, Hyperthyroidism, Iodine Serum, TSH*

ABSTRAK

Hipertiroid adalah kelainan patologis akibat sekresi hormon tiroid secara berlebihan yang ditandai dengan serapan yodium radioaktif yang normal atau tinggi. Prevalensi kejadian hipertiroid di Indonesia berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar tahun 2013 sebesar 0,4% dan berdasarkan data laporan tahunan Balai Litbang Kesehatan Magelang (2019), 332 (50%) pasien terdiagnosa hipertiroid dari total pasien yang melakukan pemeriksaan. Yodium merupakan zat gizi yang memiliki peran penting dalam proses pembentukan thyroxin (T4, pro-horman) dan triiodotironin (T3, hormon aktif) yang berperan dalam pembentukan hormon tiroid pada sel folikel tiroid. Maka dari itu, yodium yang cukup sangat diperlukan dalam mempertahankan fungsi tiroid tetap sehat.

Salah satu metode untuk mengetahui status yodium melalui pemeriksaan yodium serum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar yodium serum dengan kadar *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH) dan *Free Thyroxine* (FT4) pada penyakit hipertiroid. Penelitian ini merupakan penelitian potong lintang pada 50 pasien hipertiroid di Balai Litbang Kesehatan Magelang yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi serta sebelumnya telah menandatangani informed consent. Analisis kadar yodium serum dengan metode Spektrofotometri dan untuk kadar serum TSH dan FT4 dengan metode ELISA yang dianalisis di laboratorium Balai Litbang Kesehatan Magelang. Rata-rata kadar yodium serum, TSH dan FT4 sampel masing-masing sebesar 75,14 µg/L, 0,23 µIU/mL dan 2,61 ng/dL. Hasil penelitian menunjukkan ada hubungan signifikan antara yodium serum dengan kadar FT4 pasien hipertiroid ($r=0.476$; $p=0,001$). Sedangkan dengan kadar TSH tidak berhubungan secara signifikan ($r= -0.275$; $p=0,053$). Terdapat hubungan yang bermakna antara kadar yodium serum dan FT4 pada pasien hipertiroid, sedangkan untuk kadar TSH tidak ada hubungan yang bermakna.

Kata kunci : FT4, Hipertiroid, TSH, Yodium Serum

PENDAHULUAN

Defisiensi mikronutrien sangatlah umum terjadi di seluruh dunia dan salah satu defisiensi mikronutrien yang menjadi masalah kesehatan di 50 Negara baik di Negara berkembang dan kawasan industri adalah defisiensi yodium (Wierangia *et al.*, 2019; Hernando *et al.*, 2015). Berdasarkan survey global yang dilakukan pada akhir tahun 2018 terkait status yodium yang mencakup 97% populasi dunia diperoleh 21 negara masih rentan terhadap kekurangan yodium (Giornando *et al.*, 2019).

Defisiensi yodium yang terjadi di masyarakat merupakan dampak dari hilangnya vegetasi, pengembalaan yang berlebihan serta deforestasi. Defisiensi yodium memberi dampak pada sekitar 35-40% populasi dunia (Maniakas *et al.*, 2018) Berdasarkan hasil pemetaan gondiok tahun 1998 kabupaten magelang merupakan daerah gondok endemis berat (Musoddaq *et al.*, 2017)

Yodium merupakan mineral penting yang berperan dalam pengaturan berbagai fungsi fisiologis tubuh, termasuk metabolisme dan perkembangan serta fungsi otak pada anak-anak dan orang dewasa (Hatch-McChesney, 2022).

Salah satu fungsi biologis dari yodium berkaitan dengan hormon tiroid (HT) yang disintesis oleh kelenjar tiroid. Secara khusus, yodium dianggap sebagai salah satu antioksidan tertua yang digunakan organisme hidup karena aktivitasnya yang signifikan

sebagai penangkap spesies oksigen reaktif (ROS) (Sorenti *et al.*, 2021).

Kekurangan yodium di dalam tubuh akan menyebabkan gangguan fungsi tiroid, tetapi kelebihan yodium yang terjadi sebagai akibat dari kekurangan yodium sebelumnya, sebagai akibat asupan yang lebih tinggi dari normal juga dapat memengaruhi fungsi kelenjar yang tepat, menyebabkan penyakit autoimun gondok, hipotiroidisme, tirotoksikosis akibat yodium, atau kanker tiroid (Wang *et al.*, 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menganalisis hubungan antara yodium dengan kadar TSH dan FT4 salah satunya adalah penelitian yang dilakukan Kumorowulan *et al.*, (2016) pada wanita usia subur, yang menyimpulkan bahwa kadar serum yodium tidak berhubungan secara signifikan dengan kadar TSH ($r=0,022$; $p=0,84$) ataupun T4 bebas ($r=-0,018$; $p=0,871$).

Berbeda dengan hasil penelitian Kumorowulan *et al.*, (2019), menyimpulkan bahwa kadar serum TSH secara statistik signifikan dengan kadar EIU pada wanita usia subur di Kabupaten Purworejo ($p=0,001$, $r= -0,074$). Hasil yang berbeda ini menarik peneliti untuk meneliti hubungan status yodium dengan kadar TSH dan FT4, tetapi menggunakan subjek yang berbeda yaitu pasien hipertiroid dewasa serta status yodium yang digunakan adalah kadar serum yodium.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan desain potong lintang yang dilaksanakan pada bulan Februari – Juli 2020 di Balai Litbang Kesehatan Magelang. Dimana data karakteristik respon, asupan yodium, yodium serum, TSH dan FT4 merupakan data primer peneliti. Penelitian ini telah memenuhi kriteria etik dan telah disetujui oleh komite etik Universitas Sebelas Maret No. 013/UNS27.06/KEPK/EC/2020. Sampel yang terlibat dalam penelitian ini sebelumnya telah menandatangani inform consent.

Jumlah dan Cara pengambilan subjek

Sampel penelitian sebanyak 50 orang dihitung berdasarkan persamaan finite population dan dipilih berdasarkan kriteria inklusi yang meliputi: 1) pasien hipertiroid dan/atau memiliki riwayat hipertiroid dengan nilai kadar TSH dibawah 0,3 mIU/L yang melakukan perawatan di Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Megelang, 2) pasien dengan rentang usia 19-59 tahun, 3) Pasien hipertiroid dengan sturma maupun tanpa sturma, 4) Pasien yang mendapatkan terapi, dan kriteria eksklusi meliputi; 1) pasien dengan riwayat penyakit serius (infeksi akut, stroke), 2) pasien sedang hamil, 3) menkonsumsi multivitamin yodium dan selenium

- Analisis Kadar Yodium, serum TSH dan FT4

Untuk keperluan pemeriksaan kadar yodium serum, TSH dan FT4 dilakukan pengambilan darah sebanyak 3 cc oleh tenaga ahli dari laboratorium Prodia. Pemeriksaan yodium serum, TSH dan FT4 dilakukan di laboratorium Balai Litbang Kesehatan Magelang dengan metode spektrofotometri untuk menganalisis kadar yodium serum serta menggunakan metode ELISA untuk menganalisis kadar TSH serta FT4.

Pengolahan dan analisis data

Karakteristik subyek dalam penelitian ini adalah umur, jenis kelamin, rata-rata asupan, rata-rata kadar yodium serum, rata-rata serum TSH dan FT4. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan aplikasi SPSS versi

25. Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-wilk, data dinyatakan terdistribusi normal apabila $p > 0,05$. Data numerik disajikan dalam bentuk $\text{mean} \pm \text{SD}$ sedangkan untuk data kategorik disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase. Hubungan asupan yodium dengan kadar TSH dan FT4 dianalisis menggunakan uji Rank Spearman.

HASIL

Sebelum dilakukan analisis bivariat terlebih dahulu dilakukan analisis univariat untuk mengetahui karakteristik responden. Sesuai dengan data pada tabel 1. Karakteristik respon berdasarkan kelompok umur paling banyak pada usia 30-49 tahun sebanyak 32 (64%) orang, jenis kelamin perempuan sebanyak 42 (84%) orang. Rata-rata asupan yodium responden tergolong lebih (>110%) sebanyak 41 (82%) orang dan kadar serum responden paling banyak tergolong cukup sebanyak 27 (54%) orang.

Berdasarkan hasil uji statistik pada tabel 2. diperoleh hasil bahwa ada hubungan yang signifikan antara yodium serum dengan kadar FT4 pasien hipertiroid ($r=0,476$; $p=0,001$) sedangkan untuk kadar TSH tidak memiliki hubungan yang signifikan ($r=0,275$; $p=0.053$).

PEMBAHASAN

Karakteristik responden dalam penelitian ini didominasi oleh kelompok umur 30-49 tahun sebanyak 32 orang (64%) dan jenis kelamin didominasi oleh perempuan sebanyak 42 orang (84%). Kejadian Hipertiroid meningkat dengan bertambahnya umur serta lebih banyak ditemukan pada kaum wanita (Leo *et al.*, 2016). Dimana rasio kejadian hipertiroid pada wanita dan pria yaitu 5:1 (Ugyur *et al.*, 2018). Sampel dalam penelitian ini juga didominasi oleh wanita (84%) dan didominasi oleh kelompok umur 30-49 tahun sebanyak 32 (64%) sampel. Data asupan yodium subjek diperoleh melalui metode recall 24 jam yang dilakukan sebanyak 2 kali pada hari yang berbeda. Dimana rata-rata asupan yodium sampel sebesar $593,13 \pm 464,87$ mg. Asupan yodium dikategorikan berlebih apabila >110%, asupan 80-110% dikategorikan cukup dan < 80% dikategorikan

kurang.²⁵ Rata-rata kebutuhan asupan yodium untuk usia > 15 tahun sekitar 150 µg (Rayman, 2019).

Konsumsi yodium yang berlebihan dalam jangka waktu yang lama dan berlangsung terus menerus akan menyebabkan peningkatan hormon tiroid dan apabila melebihi kadar normal maka akan menimbulkan hipertiroid (Kumorowulan *et al.*, 2013). World Health Organization (WHO) untuk kelompok dewasa (≥ 12 tahun) 150 µg (Sorrenti *et al.*, 2021). Hipertiroid akibat kelebihan asupan yodium biasanya terjadi pada orang dengan gondok endemik sebagai akibat karena kekurangan yodium yang dilengkapi dengan trace element dimana respon ini dikenal dengan sebagai efek Jod-Basedow (Hernando *et al.*, 2015).

Rata-rata kadar yodium serum berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium dengan metode spektrofotometri sebesar 75,14 µg/L. Kadar yodium serum dikatakan normal apabila berada pada kisaran 40–92 ng/mL (Kumorowulan, 2016). Kekurangan yodium akan menyebabkan gondok nodular. Produksi H₂O₂ serta ROS yang berlebihan sebagai akibat defisiensi yodium dapat menyebabkan peningkatan mutasi gen terkait pertumbuhan sel tiroid yang mendorong produksi hormon tiroid dan menurunkan kadar TSH. Kadar TSH tidak mengalami peningkatan pada saat defisiensi yodium akan tetapi mengalami penurunan (Qingzhaou *et al.*, 2022).

Kadar TSH dan FT4 berdasarkan hasil pemeriksaan dengan metode ELISA masing-masing memiliki rata-rata sebesar 0,23 µIU/mL dan 2,61 ng/dL. Secara umum kadar TSH sampel berada dalam kategori kurang (Hipertiroid) dan untuk kadar FT4 tergolong tinggi (tabel 1). Kadar TSH tergolong normal apabila berada dalam kisaran 0,4–4,0 mIU/L dan untuk FT4 berada dalam kisaran 0,8–2,0 ng/dL (Kumorowulan, 2016; Wieringa *et al.*, 2019). Individu dengan defisiensi yodium kronis ringan hingga sedang memiliki prevalensi hipertiroidisme yang lebih tinggi dan kadar TSH yang lebih rendah. Efek Wolf-Chaikoff mendefinisikan bahwa jumlah yodium yang berlebihan dapat menyebabkan hipotiroidisme (Qingzhaou *et al.*, 2022).

Hubungan yodium serum dengan

kadar TSH dan FT4 yang di analisis menggunakan uji rank spearman seperti yang ditampilkan pada tabel 3 menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara yodium serum dengan kadar FT4 pasien hipertiroid ($r=0.476$; $p=0.001$) sedangkan untuk kadar TSH tidak memiliki hubungan yang signifikan ($r=-0.275$; $p=0.053$). Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kumorowula (2016), yang menyimpulkan bahwa kadar yodium serum tidak berhubungan secara signifikan dengan kadar TSH ataupun FT4. Perbedaan hasil penelitian ini mungkin berbeda karena sampel yang digunakan berbeda. Kadar TSH sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti usia, jenis kelamin, etnis, asupan yodium, indeks massa tubuh (IMT), merokok, dan adanya autoantibodi tiroid (Sheehan, 2016). Salah satu studi potong lintang yang dilakukan pada orang dewasa di Cina yang tinggal di daerah dengan kandungan yodium yang kurang menganalisis hubungan status yodium dengan menggunakan indikator yodium urin menyimpulkan bahwa konsentrasi yodium urin berhubungan positif dengan kadar TSH (Du *et al.*, 2014).

Kandungan yodium serum merupakan produk perantara penting yang mencerminkan penyerapan dan metabolisme yodium yang berperan penting dalam sintesis dan fungsi hormon tiroid. Kandungan serum yodium sangat penting dalam proses diagnosa penyakit tiroid karena stabilitasnya yang tinggi yang dapat benar-benar mencerminkan status gizi yodium jangka panjang (Wang, 2025). Pemeriksaan yodium serum merupakan salah satu indikator pemeriksaan status yodium dalam populasi berdasarkan studi epidemiologi (Kumorowulan, 2016). Pemeriksaan kadar serum TSH selain sebagai tes awal diagnosa hipertiroid juga digunakan untuk menilai tingkat keparahan hipertiroid (Uygur *et al.*, 2018). Kandungan yodium dalam makanan sangat bervariasi dan rendah di sebagian besar makanan dan minuman. Dalam air minum kandungan yodium sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk kelimpahan yodium dalam tanah, kedekatan dengan air laut (Sorrenti *et al.*, 2021).

Yodium merupakan unsur jejak komponen penting dari hormon tiroid (T4) dan

triiodothyronine (T3) yang sangat penting untuk fungsi hati, ginjal, otot, otak dan sistem saraf pusat (Hatch-McChesney, 2022). TSH merupakan penanda sensitif yang menjadi marker untuk menggambarkan fungsi tiroid karena merespon secara terbalik dan dengan penguatan terhadap perubahan kadar hormon tiroid (Tang *et al.*, 2024). Yodium terutama yang dikonsumsi sebagai iodida (I^-), iodat (IO_3^-), yang umumnya digunakan dalam iodisasi garam atau yodium yang terikat secara organik (Sorrenti *et al.*, 2021). Setelah dikonsumsi sebagai iodida, iodat, atau yodium yang terikat secara organik, sekitar 90% yodium diserap di duodenum (Braverman, 2025). Penyerapan yodium dimediasi oleh symporter natrium/iodida (NIS) yang terdapat pada membran lain yang diekspresikan pada batas sikat enterosit diduga berkontribusi pada penyerapan iodida di usus, termasuk transporter multivitamin natrium (SMVT) dan regulator konduktansi transmembran fibrosis kistik (CFTR) (Sorrenti *et al.*, 2021). Yodium yang diserap kemudian dibawa ke tiroid oleh symporter natrium/iodida (NIS). NIS adalah protein terikat membran yang secara aktif mengangkut ion natrium untuk setiap atom yodium (Braverman, 2025).

Regulator utama NIS adalah hormon perangsang tiroid (TSH), yang secara positif mengatur ekspresi NIS menggunakan jalur siklik adenosin 3,5-monofosfat. Pengangkutan yodium ke tiroid melalui NIS juga dapat dicegah melalui kompetisi penghambatan oleh ion besar seperti tiosianat dan perklorat. Dalam kondisi normal, pengikatan yodium ke NIS hampir seketika. Setelah masuk ke dalam tirosit, yodium diangkut ke lumen folikel tiroid oleh transporter termasuk Pendrin, anoctamin-1, dan regulator konduktansi transmembran fibrosis kistik. Yodium kemudian digunakan untuk mensintesis triiodothyronine (T3) dan tiroksin (T4), yang dinamai berdasarkan jumlah molekul yodiumnya masing-masing. Setelah diproduksi di tiroid, T3 dan T4 dilepaskan ke aliran darah melalui regulasi oleh TSH (Braverman, 2025). Setelah diserap, iodida ditransfer ke aliran darah melalui mekanisme molekular yang masih perlu diklarifikasi sepenuhnya. Selain penyerapan usus,

deiodinasi T4 dan T3 oleh deiodinase di jaringan perifer berkontribusi pada tingkat iodida yang ada di aliran darah organik (Sorrenti *et al.*, 2021).

Sekitar 90% yodium yang diserap dalam tubuh akhirnya diekskresikan dalam urin, sehingga kadar Yodium urin merupakan indikator yang baik untuk asupan yodium makanan baru-baru ini. Meskipun konsentrasi Yodium urin median dapat digunakan untuk menilai status yodium populasi, karena variasi harian dan diurnal yang substansial, konsentrasi yodium urin tidak dapat digunakan sebagai biomarker untuk menilai status Yodium kronis individu (Braverman, 2025). Dengan asumsi volume urin 24 jam rata-rata 1,5 L, nilai UIC 100 $\mu\text{g/L}$ sesuai dengan konsumsi yodium harian sebesar 150 $\mu\text{g/L}$. Ekskresi yodium dalam urin dapat merupakan hasil dari dua proses yang berlawanan. Dalam kondisi asupan yodium makanan yang cukup, tidak lebih dari 20% yodium yang diserap di usus ditahan oleh kelenjar tiroid, sedangkan dalam kondisi defisiensi yodium kronis kelenjar tiroid dapat menangkap lebih dari 80% iodida aliran darah (Sorrenti *et al.*, 2021). Hubungan antara asupan yodium suatu populasi serta kejadian penyakit tiroid berbentuk U, karena baik kekurangan yodium maupun status yodium tinggi merupakan faktor risiko penyakit tiroid. Akan tetapi ambang batas kelebihan ataupun kekurangan yodium masih belum pasti dan tidak mencakup bagian dunia dan semua kelompok (Qingzhaou *et al.*, 2022).

Keterbatasan dalam penelitian ini belum menganalisis secara mendalam pengaruh konsumsi zat goitrogenik (seperti kubis, singkong, dan kangkung) yang dapat menghambat penyerapan yodium dan memengaruhi hasil metabolisme hormon tiroid pada subjek, namun hasil ini dapat digunakan sebagai dasar penguatan surveilans gizi mikro dalam program nasional, untuk memantau dampak asupan yodium berlebih (misalnya dari program iodisasi garam) yang berisiko memicu hipertiroidisme pada populasi di daerah endemik.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa

rata-rata kadar yodium serum pada penderita hipertiroid dewasa tergolong kedalam kadar normal yang berkisar antara 40-90 ng/mL, meskipun masih terdapat 8 (16%) sampel yang tergolong kurang dan 15 (30%) tergolong lebih. Status yodium tidak hanya dipengaruhi oleh asupan tetapi banyak hal, salah satunya adalah zat goitrogen. Terdapat hubungan yang bermakna antara kadar yodium serum dan FT4 pada pasien hipertiroid, sedangkan untuk kadar TSH tidak ada hubungan yang bermakna.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian peneliti memberikan saran untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh konsumsi makanan yang mengandung zat goitrogenik yang merupakan senyawa penghambat metabolisme yodium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr. dr. Suryati Kumorowulan, M. Biotech selaku Kepala Balai Litbangkes Magelang, dr. Prihatin Broto Sukandar, M.Sc. selaku kepala seksi layanan dan sarana penelitian, Ernani Budi Prihatmi, S.S selaku kepala instalasi aboratorium Balai Litbangkes Magelang yang memberikan pasilitas dalam pelaksanaan penelitian dan kepada semua subjek yang telah bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Braverman, K.D., Pearce, E.N. 2025. Iodine and Hyperthyroidism: A Double-Edge Sword. *Endocrine Practice*.

Du, Y. et al. Iodine Deficiency and Excess Coexist in China and Induce Thyroid Dysfunction and Disease: A Cross-sectional Study. *PLoS One* 9, (2014).

Giordano, C. et al. Endemic Goiter and Iodine Prophylaxis in Calabria, a Region of Southern Italy: Past and Present. *Nutrients* 11, 1–10 (2019).

Hatch-McChesney, A. Lieberman, H.R. 2022. Iodine and Iodine Deficiency: A Comprehensive Review of A Re-Emerging Issue. *Nutrients*.

Hernando, V.-U., Anilza, B.-P. & Hernán, S.-T. C. Iodine Deficiency Disorders.

Indian J. Pediatr. 4, 469–470 (2015).

Kumorowulan, S., Prihatmi, E. B. & T, I. Hubungan Kadar Yodium Serum dengan Fungsi Tiroid dan Status Yodium pada Wanita Usia Subur Dengan Risiko Hipotiroid. *MGMI* 8, 55–64 (2016).

Kumorowulan S., Wahyuningrum SN., Sukandar PB., Kusumawardani HD., Riyanto S., Prihatmi EB., Sudarinah., Mulyani D., Astuti BD., dan Janah NA. 2019. Hubungan Status Yodium dengan Fungsi Tiroid di Kota Yogyakarta, Kabupaten Purworejo, dan Kota Bukittinggi. *Media Gizi Mikro Indonesia (MGMI)*

Leo, S. De, Lee, S. Y. & Braverman, L. E. Hyperthyroidism. *Lancet* 388, 906–918 (2016).

Maniakas, A., Davies, L. & Zafereo, M. E. Thyroid Disease Around the World. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 51, 631–642 (2018).

Musoddaq MA., dan Kusrini I. Yodium Lingkungan Daerah Replete dan Non-Replete GAKI, di Kabupaten Magelang. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 16(2017).

Qingzhou, Xue S., Zang, L., Chen, G. (2022). Trace Element and The Thyroid. *Frontiers in Endocrinology*.

Rayman, M. P. Multiple Nutritional Factors and Thyroid Disease, with Particular Reference to Autoimmune Thyroid Disease. *Proc. Nutr. Soc.* 78, 34–44 (2019).

Sorrenti, S., Baldini, E., Pironi, D., Lauro, A., D’Orazi, V., Tartaglia, F., Tripodi, D., Lori, E., Gagliardi, F., Pratico M., Illuminati, G., D’Andrea, V., Palumbo, P., Ulisse, S. 2021. Iodine: Its Role In Thyroid Hormone Biosynthesis and Beyond. *Nutrients*.

Tang L.M., Knudsen N., Linneberg A., Pedersen I.B., Ravn-Haren G., Madsen A.L., Carle A., Cerqueira, C., Krejbjerg A., Rasmussen, L.B., Ovesen L., Jorgensen, T. 2024. The Danish Investigation on Iodine Intake and Thyroid Disease (DanThyr): History and Implication. *European*

Thyroid Association
 Uygur, M. M., Yoldemir, T. & Yavuz, D. G. Thyroid Disease in The Perimenopause and Postmenopause Period. *Climacteric* 21, 542–548 (2018).
 Wang, L., Ru, Z., Gao, S., Na, Lv., Kerou, L., Qia, H. 2025. Investigating Serum Iodine Nutritional Levels and Their Correlation With Thyroid Function in

Adult Patients With Graves Hyperthyroidism at Different Treatment Stages. *Frontiers in Endocrinology*.
 Wieringa, F. T., Dijkhuizen, M. A. & Berger, J. Micronutrient Deficiencies and Their Public Health Implications for South-East Asia. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 22, 479–482 (2019).

LAMPIRAN

Tabel 1.
 Karakteristik Responden

Karakteristik Responden (n=50)		Frekuensi (%)	Mean±SD
Umur	18 – 29	7 (14%)	40,36±10,21
	30 – 49	32 (64%)	
	50 – 59	11 (22%)	
Jenis Kelamin	Laki	8 (16%)	-
	Perempuan	42 (84%)	

Sumber : Data Primer

Tabel 2
 Karakteristik Responden

Karakteristik Responden (n=50)		Frekuensi (%)	Mean±SD
Asupan Iodium	Kurang (< 80%)	3 (6%)	593,13±464,87
	Cukup (80-110%)	6 (12%)	
	Lebih (> 110%)	41 (82%)	
Yodium serum	Kurang	8 (16%)	75,14±39,69
	Cukup	27 (54%)	
	Lebih	15 (30%)	
TSH			0,23±0,46
FT4			2,61±2,09

Tabel 3
 Hubungan Kadar Serum dan TSH serta FT4 Penderita Hipertiroid

Independent Variabel	Dependent Variabel	r	p
Yodium serum	TSH	-0,275	0,053
	FT4	0,476	0,002

Sumber : Data Sekunder