

Iodized Salt and Urinary Iodine Status among School-Aged Children: A Structured Narrative Review

Juan Maolidi*

Faculty of Medicine and Health Sciences, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : June 07th, 2026

Revised : August 12th, 2026

Accepted : August 19th, 2026

*Corresponding Author: **Juan Maolidi**, Faculty of Medicine and Health Sciences, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;
Email:
juan2004maolidi@gmail.com

Abstract: Iodine is essential for thyroid hormone synthesis, growth, and neurocognitive development in school-aged children. This review aimed to synthesize empirical evidence on the relationship between iodized salt exposure and urinary iodine concentration (UIC) among school-aged children and to identify factors affecting this relationship. A structured narrative review with a systematic literature search was conducted using Scopus and PubMed. The search identified 75 records, of which 23 studies were included after duplicate removal, title and abstract screening, and full-text assessment. Study quality was appraised using a JBI-based framework, and findings were synthesized narratively because of methodological heterogeneity. Overall, studies measuring household salt iodine content and UIC in the same population generally showed that adequate salt iodization was associated with better population iodine status. However, the relationship was modified by dietary iodine sources, salt storage and cooking practices, geographical context, and differences in exposure and UIC measurement. Evidence from population surveillance also supported the effectiveness of universal salt iodization while highlighting the risk of both insufficient and excessive iodine exposure. UIC should primarily be interpreted as a population-level indicator, as a single spot urine sample is insufficient for individual diagnosis. Comprehensive iodine monitoring should therefore combine salt iodine assessment, population UIC distribution, and relevant dietary and household factors.

Keywords: Iodized salt; Iodine status; Urinary iodine concentration; School-aged children; Salt iodization.

Pendahuluan

Yodium merupakan mikronutrien esensial yang diperlukan untuk sintesis hormon tiroid, terutama tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3), yang berperan dalam pengaturan metabolisme, pertumbuhan, serta perkembangan sistem saraf. Kecukupan yodium memiliki arti penting pada anak usia sekolah karena kelompok ini masih berada dalam periode pertumbuhan fisik dan perkembangan kognitif. Kekurangan yodium dalam jangka panjang dapat berkontribusi terhadap gangguan fungsi tiroid, gondok, serta gangguan perkembangan dan kapasitas belajar. Oleh karena itu, pencegahan defisiensi yodium tetap menjadi salah satu komponen penting dalam pemeliharaan status gizi anak dan

kesehatan masyarakat (Zimmermann, 2009; Hatch-McChesney & Lieberman, 2022; Iannuzzo et al., 2022).

Iodisasi garam telah digunakan secara luas sebagai strategi kesehatan masyarakat untuk meningkatkan asupan yodium pada populasi. Garam merupakan vehicle fortifikasi yang praktis karena dikonsumsi secara luas oleh rumah tangga dan dapat menyediakan yodium secara berkelanjutan apabila proses fortifikasi, distribusi, penyimpanan, dan penggunaannya berlangsung dengan baik. Keberhasilan universal salt iodization telah berkontribusi terhadap penurunan gangguan akibat kekurangan yodium di berbagai negara. Namun, keberhasilan tersebut membutuhkan pemantauan berkelanjutan karena cakupan penggunaan garam beryodium tidak

selalu mencerminkan kandungan yodium aktual yang sampai kepada konsumen. Di Indonesia, iodisasi garam juga tetap menjadi bagian penting dalam strategi pencegahan Gangguan Akibat Kekurangan Yodium (GAKI), tetapi kualitas dan penggunaan garam beryodium dapat berbeda antarwilayah dan rumah tangga (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017; Zimmermann & Andersson, 2021; Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, 2024).

Selain pemantauan kandungan yodium dalam garam, status yodium populasi banyak dinilai melalui urinary iodine concentration (UIC). Sebagian besar yodium yang dikonsumsi diekskresikan melalui urin sehingga distribusi UIC pada kelompok populasi dapat mencerminkan paparan yodium terkini. Pada anak usia sekolah, UIC karena itu banyak digunakan dalam surveilans epidemiologis untuk menilai kecukupan yodium populasi. Meskipun demikian, interpretasi UIC perlu dilakukan secara hati-hati. Konsentrasi yodium pada satu sampel spot urine dapat dipengaruhi oleh asupan yodium terkini, volume urin, hidrasi, waktu pengambilan sampel, dan variasi intra-individu. Dengan demikian, UIC lebih tepat digunakan sebagai indikator tingkat populasi atau kelompok, bukan sebagai dasar tunggal untuk mendiagnosis status yodium seorang individu (World Health Organization, 2022; Oblak et al., 2022).

Secara biologis, kandungan yodium garam yang lebih memadai diharapkan meningkatkan asupan yodium dan pada akhirnya tercermin dalam ekskresi yodium urin. Sejumlah penelitian empiris mendukung hubungan tersebut. Yao et al. (2020) menemukan perbedaan UIC yang signifikan pada anak sekolah menurut kategori kandungan yodium garam, sedangkan Qian et al. (2023) menunjukkan hubungan positif antara kandungan yodium garam dan UIC setelah mempertimbangkan berbagai sumber asupan lainnya. Shakyia et al. (2015) juga menemukan korelasi positif antara kandungan yodium garam rumah tangga dan ekskresi yodium urin, sementara Ategbro et al. (2008) memperlihatkan pola peningkatan UIC seiring meningkatnya kandungan yodium garam. Bukti yang lebih baru dari Baladastian et al. (2026) menunjukkan bahwa anak yang menggunakan garam dengan kandungan yodium <20 ppm memiliki peluang lebih tinggi mengalami UIC <100 µg/L.

Namun, hubungan antara garam beryodium dan UIC tidak selalu konsisten antarpemeriksaan. Status yodium anak merupakan hasil dari total paparan yodium, sehingga tidak hanya ditentukan oleh garam rumah tangga. Sumber pangan seperti susu, makanan laut, makanan olahan, dan produk berbasis garam beryodium dapat memberikan kontribusi yang berbeda menurut pola konsumsi masyarakat. Selain itu, cara penyimpanan garam, kelembapan, paparan panas, serta waktu penambahan garam selama pemasakan dapat memengaruhi jumlah yodium yang tersedia untuk dikonsumsi. Beberapa penelitian bahkan menunjukkan bahwa anak dapat memiliki UIC yang memadai ketika penggunaan garam beryodium rumah tangga relatif rendah, karena terdapat sumber yodium lain dalam pola makan (Abizari et al., 2017; Carvalho et al., 2022; Costa Leite et al., 2017).

Variasi tersebut menunjukkan adanya persoalan penting dalam interpretasi bukti. Studi pada tingkat individu atau rumah tangga yang memasang sampel garam dengan UIC anak menjawab pertanyaan yang berbeda dari surveilans nasional yang menilai cakupan program iodisasi dan median UIC populasi. Demikian pula, UIC anak usia sekolah tidak dapat secara otomatis digunakan untuk menggambarkan status yodium kelompok lain yang memiliki kebutuhan fisiologis berbeda. Studi Hess et al. (2017) dan Zheng et al. (2024), misalnya, menunjukkan bahwa anak usia sekolah dapat memiliki status yodium yang relatif memadai sementara perempuan hamil dari lingkungan rumah tangga atau populasi yang sama masih menghadapi risiko defisiensi.

Meskipun penelitian mengenai iodisasi garam dan status yodium telah banyak dilakukan, bukti yang tersedia menunjukkan heterogenitas dalam desain penelitian, pengukuran paparan garam, metode pemeriksaan UIC, level inferensi, dan pengendalian faktor perancu. Oleh karena itu, diperlukan sintesis yang tidak hanya menanyakan apakah garam beryodium berhubungan dengan UIC, tetapi juga menilai pada level mana hubungan tersebut terlihat, faktor apa yang dapat memodifikasinya, dan seberapa jauh UIC dapat digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai status yodium. Berdasarkan permasalahan tersebut, review ini bertujuan untuk menyintesis bukti empiris

mengenai hubungan antara paparan garam beryodium atau kandungan yodium garam dengan UIC pada anak usia sekolah, dengan perhatian pada bukti individu-rumah tangga, program/populasi, faktor perancu, serta keterbatasan interpretasi UIC.

Bahan dan Metode

Desain Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan structured narrative review with a systematic literature search and narrative synthesis untuk menyintesis bukti empiris mengenai hubungan antara paparan garam beryodium atau kandungan yodium garam dengan urinary iodine concentration (UIC) pada anak usia sekolah. Pendekatan ini dipilih karena studi yang tersedia heterogen dalam desain, karakteristik populasi, metode pengukuran kandungan yodium garam, prosedur pemeriksaan UIC, dan analisis statistik, sehingga meta-analisis tidak dilakukan.

Sumber Informasi dan Strategi Pencarian

Penelusuran literatur dilakukan melalui Scopus dan PubMed/MEDLINE dengan pencarian akhir pada 11 Agustus 2026. Pencarian difokuskan pada tiga konsep utama, yaitu garam beryodium, kadar yodium urin, dan anak usia sekolah. Tidak diterapkan batas tahun publikasi pada tahap pencarian untuk menghindari kehilangan studi empiris terdahulu yang relevan. Artikel berbahasa Inggris atau Indonesia dipertimbangkan pada tahap kelayakan.

Scopus: TITLE-ABS-KEY ("iodized salt" OR "iodised salt" OR "salt iodization" OR "salt iodisation" OR "household salt" OR "salt iodine content" OR "iodine content of salt" OR "iodine concentration in salt") AND ("urinary iodine concentration" OR "urinary iodine" OR "urinary iodine excretion" OR "iodine excretion" OR UIC) AND (child* OR adolescen* OR schoolchild* OR "school-aged child*" OR "school age child*" OR "school-age*"))

PubMed: ("iodized salt" OR "iodised salt" OR "salt iodization" OR "salt iodisation" OR "household salt" OR "salt iodine" OR "iodine content of salt" AND ("urinary iodine concentration" OR "urinary iodine" OR "urinary iodine excretion" OR "iodine excretion" OR UIC AND (child OR adolescent OR schoolchild OR "school-aged children" OR "school age

children").

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Studi dimasukkan apabila: (1) merupakan penelitian empiris primer; (2) melibatkan anak usia sekolah atau remaja usia sekolah, baik sebagai populasi utama maupun subkelompok dengan hasil yang dapat diidentifikasi; (3) menilai paparan garam beryodium, penggunaan garam rumah tangga, atau kandungan yodium dalam garam; (4) mengukur UIC, urinary iodine, atau urinary iodine excretion; (5) menggunakan desain observasional, surveilans, atau intervensional yang relevan; dan (6) memiliki informasi metodologis yang memadai untuk dievaluasi. Studi dikeluarkan apabila hanya melibatkan orang dewasa atau perempuan hamil/menyusui tanpa data anak yang terpisah, tidak mengukur UIC atau tidak memiliki informasi garam, merupakan review/editorial/komentar, penelitian hewan atau in vitro, abstrak konferensi, duplikat, atau teks lengkap tidak tersedia untuk appraisal.

Proses Seleksi Studi

Hasil Scopus dan PubMed digabungkan dan dideduplikasi berdasarkan DOI, PMID, serta kesamaan judul. Pencarian menghasilkan 75 rekaman, terdiri atas 41 dari Scopus dan 34 dari PubMed. Sebanyak 33 duplikat dihapus sehingga 42 rekaman unik menjalani screening judul dan abstrak. Delapan belas rekaman dikeluarkan, 24 laporan dicari dalam bentuk teks lengkap, dan satu laporan tidak berhasil diperoleh. Dengan demikian, 23 full-text reports dinilai kelayakannya dan seluruhnya dimasukkan dalam sintesis akhir. Proses screening, ekstraksi, dan appraisal dilakukan oleh penulis dengan menggunakan kriteria yang sama secara konsisten.

Ekstraksi Data dan Level Inferensi

Data yang diekstraksi meliputi penulis dan tahun, negara, karakteristik dan ukuran sampel, desain, metode penilaian garam beryodium atau kandungan yodium garam, metode pemeriksaan UIC/UIE, hasil utama, faktor perancu atau kovariat, dan level inferensi. Level inferensi diklasifikasikan sebagai individual, household, school/community, atau population/program level untuk mencegah interpretasi hasil populasi sebagai bukti hubungan individual.

Penilaian Kualitas Studi

Kualitas metodologis dinilai dengan kerangka JBI Critical Appraisal Tools yang disesuaikan dengan desain studi. Penilaian mempertimbangkan kejelasan kriteria sampel, deskripsi populasi dan setting, validitas pengukuran paparan garam, validitas pengukuran UIC, identifikasi dan penanganan faktor perancu, serta kesesuaian analisis statistik. Hasil appraisal digunakan untuk mempertimbangkan bobot interpretatif temuan dan tidak digunakan sebagai satu-satunya dasar eksklusi.

Sintesis Data

Karena heterogenitas desain, paparan, metode UIC, dan analisis statistik, hasil disintesis secara naratif. Sintesis dikelompokkan menjadi empat tema: (1) bukti hubungan kandungan/penggunaan garam beryodium dengan UIC; (2) bukti efektivitas program iodisasi dan surveilans populasi; (3) faktor yang memodifikasi atau merancukan hubungan garam-UIC; dan (4) keterbatasan penggunaan serta interpretasi UIC. Literatur teknis dan dokumen institusional digunakan sebagai sumber kontekstual, tetapi tidak dihitung sebagai bagian dari 23 studi empiris utama.

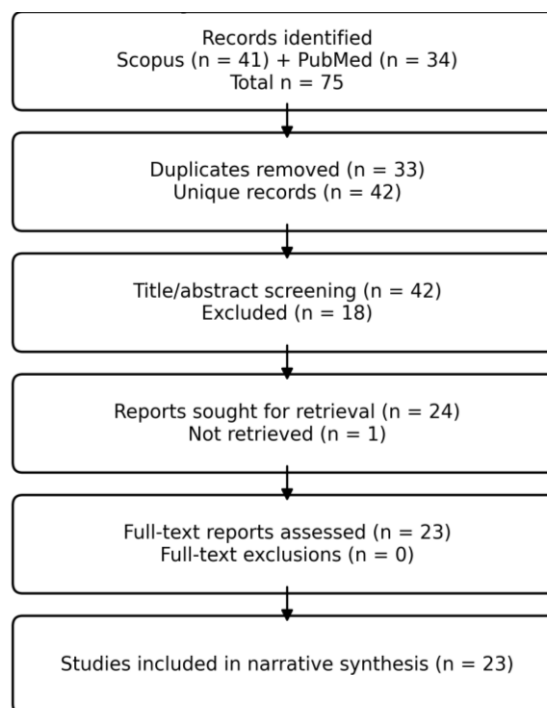
Hasil dan Pembahasan

Hasil Telaah Literatur

Karakteristik dan Kualitas Studi

Penelusuran menghasilkan 23 studi yang memenuhi kriteria akhir. Studi didominasi desain potong lintang, surveilans potong lintang berulang, dan survei berbasis sekolah atau populasi. Ukuran sampel bervariasi dari

beberapa ratus hingga 18.000 anak. Paparan yodium dinilai melalui pengukuran langsung kandungan yodium garam dengan titrasi atau metode laboratorium, rapid test kit, maupun laporan penggunaan dan praktik penyimpanan garam. UIC/UIE dinilai dengan metode Sandell-Kolthoff, kolorimetri, atau ICP-MS. Appraisal menunjukkan bahwa studi dengan pengukuran paparan dan outcome yang objektif serta pengendalian faktor perancu memberikan bukti yang lebih kuat, sedangkan studi berbasis laporan penggunaan garam atau surveilans deskriptif lebih tepat ditafsirkan secara hati-hati.



Gambar 1. Alur seleksi studi dalam kajian

Tabel 1. Ringkasan bukti empiris mengenai garam beryodium dan kadar yodium urin pada anak usia sekolah

Studi	Negara/Sampel	Desain & Pengukuran	Temuan Utama	Level Inferensi	Appraisal
Wassie et al. (2018)	Ethiopia; 358 anak, 6–12 th	Cross-sectional; RTK garam; UIC Sandell-Kolthoff	UIC lebih tinggi pada rumah tangga dengan garam beryodium adekuat.	Individu/rumah tangga	Some concerns
Zhou et al. (2024)	China; anak 8–10 th, 1997–2018	Repeated cross-sectional; iodine garam & UIC tahunan	Perubahan garam dan UIC mendukung pemantauan jangka panjang program.	Populasi/program	Some concerns
Nouri Saeidlou et al. (2018)	Iran; 240 anak/tahun, 9 tahun	Repeated surveillance; garam rumah tangga & UIC	Cakupan garam beryodium tinggi disertai UIC populasi umumnya adekuat.	Populasi/program	Some concerns

Studi	Negara/Sampel	Desain & Pengukuran	Temuan Utama	Level Inferensi	Appraisal
Vandevijvere et al. (2012)	Belgia; 1.541 anak	National cross-sectional; garam rumah tangga; spot UIC	Fortifikasi roti dengan garam beryodium memperbaiki status anak, tidak pada ibu.	Populasi/rumah tangga	Some concerns
Abizari et al. (2017)	Ghana; 250 anak	Cross-sectional; garam, bouillon, air, susu, UIC	UIC adekuat meski garam rumah tangga rendah karena kontribusi bouillon.	Individu/rumah tangga	Low concern
Yao et al. (2020)	China; 5.565 anak	Cross-sectional; kategori iodine garam & UIC	Median UIC berbeda signifikan menurut kategori kandungan yodium garam.	Individu/rumah tangga/populasi	Low concern
Joompa et al. (2025)	Thailand; 170 anak	Cross-sectional; titrasi garam; Sandell-Kolthoff	Penggunaan garam beryodium bukan prediktor signifikan UIC setelah faktor lain dipertimbangkan.	Individu/rumah tangga	Low concern
Carvalho et al. (2022)	Portugal; 362 anak	Cross-sectional; garam rumah/sekolah; UIC kolorimetri	Status adekuat mencerminkan kombinasi garam dan pola konsumsi pangan.	Individu/rumah tangga/sekolah	Some concerns
Gowachirapant et al. (2009)	Thailand; 302 pasangan ibu-anak	Cross-sectional; penggunaan garam; spot UIC	Seafood memprediksi UIC, penggunaan garam beryodium rumah tangga tidak.	Individu/rumah tangga	Low concern
Madukwe et al. (2013)	Nigeria; 200 anak	Cross-sectional; iodine garam, penyimpanan, UIC	Iodine garam rendah dan praktik penanganan buruk berpotensi terkait UIC rendah.	Individu/rumah tangga	Some concerns
Qian et al. (2023)	China; 5.669 anak	Multicenter cross-sectional; iodine garam, diet, UIC	Iodine garam berhubungan positif dengan UIC dan menjadi sumber utama asupan.	Individu/rumah tangga/populasi	Low concern
Jayatissa et al. (2005)	Sri Lanka; 6.574 anak	National cross-sectional; RTK garam; UIC subsampel	Variasi cakupan garam diikuti variasi status yodium antarprovinsi.	Populasi/rumah tangga	Some concerns
Baladastian et al. (2026)	Iran; 228 anak	Cross-sectional; iodine garam; Sandell-Kolthoff	Garam <20 ppm meningkatkan odds UIC <100 µg/L; garam di akhir memasak bersifat protektif.	Individu/rumah tangga	Low concern
Rika et al. (2026)	Bangladesh; 400 anak	Cross-sectional; penggunaan/praktik garam; UIC	Garam beryodium, pengetahuan ibu, dan praktik rumah tangga terkait status UIC.	Individu/rumah tangga	Low concern
Delshad et al. (2018)	Iran; 18.000 anak	National surveillance; garam rumah, produksi, distribusi; UIC	Cakupan iodisasi tinggi disertai median UIC populasi yang adekuat.	Populasi/program	Some concerns
Costa Leite et al. (2017)	Portugal; 2.018 anak	Cross-sectional; garam rumah/sekolah; UIC ICP-MS	UIC adekuat meski penggunaan garam rendah; konsumsi susu ikut berperan.	Individu/rumah tangga/sekolah	Low concern
Hess et al. (2017)	Niger; 373 anak + 662 ibu hamil	Cluster cross-sectional; titrasi garam; spot UIC	Anak cukup yodium sementara ibu hamil dari rumah tangga sama defisien.	Rumah tangga/populasi	Some concerns

Studi	Negara/Sampel	Desain & Pengukuran	Temuan Utama	Level Inferensi	Appraisal
Al-Thani et al. (2023)	Qatar; 967 anak	National cross-sectional; iodine garam; repeat UIC subsampel	Median UIC 333,2 µg/L menunjukkan paparan berlebih pada populasi.	Populasi/rumah tangga	Some concerns
Zheng et al. (2024)	China; 1.273 anak + 629 ibu hamil	Cross-sectional; sampel garam rumah; spot UIC	Anak adekuat, ibu hamil tetap berisiko defisiensi pada lingkungan sama.	Rumah tangga/populasi	Some concerns
Ayalew et al. (2021)	Ethiopia; 634 anak	Cross-sectional; penggunaan/penyimpanan garam; UIC	Wadah tertutup berhubungan dengan odds defisiensi yang lebih rendah.	Individu/rumah tangga	Low concern
Hooshmand et al. (2024)	Iran; 351 anak	Cross-sectional; penggunaan/penyimpanan garam; UIC	Hubungan penyimpanan tidak signifikan setelah sumber pangan beryodium dipertimbangkan.	Individu/rumah tangga	Low concern
Shakya et al. (2015)	Nepal; 640 anak	Cross-sectional; titrasi garam; UIE	UIE berkorelasi positif dengan iodine garam rumah tangga ($r=0,349$).	Individu/rumah tangga	Low concern
Ategbo et al. (2008)	India; ±1.200 anak	Cluster cross-sectional; titrasi garam; UIC kolorimetri	UIC meningkat bertahap seiring peningkatan kandungan yodium garam.	Individu/rumah tangga/populasi	Low concern

Catatan: Appraisal merupakan ringkasan operasional berbasis domain JBI untuk membantu pembobotan interpretasi. JBI tidak menetapkan cut-off skor universal. RTK = rapid test kit; UIC = urinary iodine concentration; UIE = urinary iodine excretion; ICP-MS = inductively coupled plasma mass spectrometry.

Hubungan Kandungan Yodium Garam dengan Kadar Yodium Urin

Secara keseluruhan, bukti empiris mendukung adanya hubungan antara kecukupan yodium dalam garam dengan status yodium pada anak usia sekolah, tetapi kekuatan hubungan berbeda antarpelitian. Yao et al. (2020) menemukan median UIC berbeda signifikan antara kategori garam tidak beryodium, kurang, cukup, dan berlebihan yodium. Qian et al. (2023) juga menunjukkan hubungan positif setelah mempertimbangkan sumber yodium lainnya. Shakya et al. (2015) menemukan korelasi positif antara kandungan yodium garam rumah tangga dan UIE, sedangkan Ategbo et al. (2008) memperlihatkan pola bertahap peningkatan UIC sejalan dengan meningkatnya kandungan yodium garam. Bukti terbaru dari Baladastian et al. (2026) menunjukkan bahwa anak dari rumah tangga dengan kandungan yodium garam <20 ppm memiliki peluang 3,42 kali lebih tinggi mengalami UIC <100 µg/L. Meskipun demikian, hubungan tersebut tidak deterministik. Beberapa studi menunjukkan UIC dapat tetap adekuat pada situasi penggunaan garam beryodium rendah karena terdapat sumber yodium alternatif dalam makanan.

Bukti pada Tingkat Populasi dan Program Iodisasi Garam

Tingkat populasi, surveilans menunjukkan bahwa universal salt iodization berkontribusi terhadap perbaikan status yodium dan pengendalian GAKI. Delshad et al. (2018) melaporkan median UIC 161 µg/L pada 18.000 anak dengan cakupan penggunaan garam beryodium yang sangat tinggi. Nouri Saeidlou et al. (2018) dan Zhou et al. (2024) juga menunjukkan bahwa pemantauan jangka panjang kualitas garam dan UIC dapat mempertahankan kecukupan yodium populasi. Namun, keberhasilan program tidak hanya berarti meningkatkan fortifikasi. Al-Thani et al. (2023) menemukan median UIC 333,2 µg/L pada anak Qatar, yang menunjukkan paparan yodium berlebih pada tingkat populasi. Karena itu, tujuan program iodisasi seharusnya mempertahankan kecukupan dengan memantau sekaligus risiko defisiensi dan kelebihan.

Faktor yang Memodifikasi Hubungan Garam Beryodium dan UIC

Heterogenitas hasil menunjukkan bahwa hubungan garam-UIC dipengaruhi sumber yodium lain dan praktik rumah tangga. Abizari et

al. (2017) menemukan median UIC anak tetap adekuat walaupun kandungan yodium garam rumah tangga rendah karena sekitar dua pertiga asupan yodium berasal dari bouillon cubes. Costa Leite et al. (2017), Carvalho et al. (2022), dan Gowachirapant et al. (2009) juga menunjukkan peran susu, makanan laut, dan pola makan lainnya.

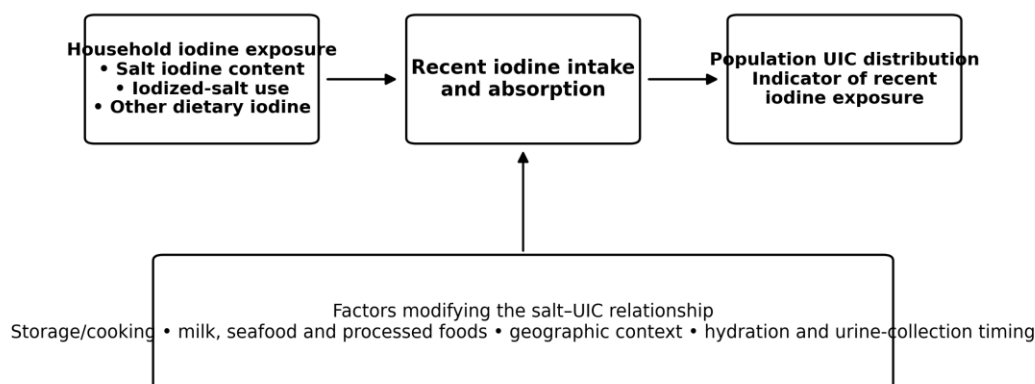
Cara penyimpanan dan pemasakan turut memengaruhi paparan. Baladastian et al. (2026) menemukan penambahan garam pada akhir pemasakan berhubungan dengan peluang defisiensi yang lebih rendah, sedangkan Ayalew et al. (2021) menemukan penyimpanan dalam wadah tertutup berkaitan dengan status yang lebih baik. Sebaliknya, Hooshmand et al. (2024) menunjukkan bahwa hubungan praktik penyimpanan tidak selalu signifikan setelah sumber pangan beryodium diperhitungkan.

Keterbatasan Interpretasi Urinary Iodine Concentration

Temuan penting dari sintesis ini adalah perlunya membedakan penggunaan UIC untuk pemantauan populasi dan penilaian individu. UIC berguna untuk menggambarkan paparan yodium terkini pada suatu kelompok, tetapi satu sampel spot urine memiliki variasi intra-individu yang tinggi dan tidak memadai untuk menetapkan diagnosis status yodium individual.

Hess et al. (2017) menunjukkan bahwa anak usia sekolah dapat memiliki UIC yang relatif memadai sementara perempuan hamil dari rumah tangga yang sama tetap mengalami defisiensi. Pola serupa dilaporkan Zheng et al. (2024) dan Gowachirapant et al. (2009). Dengan demikian, median atau distribusi UIC anak sekolah tidak dapat otomatis digeneralisasikan pada individu maupun kelompok fisiologis lain.

Conceptual Synthesis of Iodized Salt Exposure and Urinary Iodine



Interpretation: UIC is primarily a population-level indicator; a single spot urine sample is not sufficient for individual diagnosis.

Gambar 2. Sintesis konseptual hubungan paparan garam beryodium, faktor pemodifikasi, dan UIC populasi

Pembahasan

Sintesis 23 studi menunjukkan bahwa hubungan antara garam beryodium dan UIC secara umum didukung oleh bukti empiris, tetapi tidak dapat dipahami sebagai hubungan langsung yang seragam pada setiap individu. Studi yang mengukur kandungan yodium garam dan UIC pada populasi yang sama memberikan bukti paling kuat. Yao et al. (2020), Qian et al. (2023), Shakya et al. (2015), Ategbo et al. (2008), dan

Baladastian et al. (2026) secara konsisten menunjukkan pola bahwa paparan yodium dari garam yang lebih memadai cenderung diikuti status yodium yang lebih baik.

Meskipun demikian, kandungan yodium garam bukan satu-satunya determinan UIC. Temuan Abizari et al. (2017) menunjukkan bahwa UIC dapat tetap adekuat ketika kandungan yodium garam rumah tangga rendah karena sumber yodium lain, dalam hal ini bouillon cubes. Pola serupa pada Carvalho et al.

(2022), Costa Leite et al. (2017), dan Gowachirapant et al. (2009) menegaskan bahwa UIC mencerminkan total paparan yodium dan tidak dapat dikaitkan secara eksklusif dengan kualitas garam rumah tangga.

Perbedaan hasil antarstudi juga dapat dijelaskan oleh cara garam disimpan dan digunakan. Keberhasilan iodisasi tidak berhenti pada kandungan yodium saat produksi karena jumlah yodium yang akhirnya dikonsumsi dapat berubah selama penyimpanan dan pemasakan. Baladastian et al. (2026) dan Ayalew et al. (2021) mendukung pentingnya praktik rumah tangga, tetapi Hooshmand et al. (2024) menunjukkan bahwa faktor tersebut tidak selalu mempertahankan hubungan setelah sumber pangan lain dipertimbangkan. Karena itu, penyimpanan dan pemasakan sebaiknya diperlakukan sebagai faktor pemodifikasi, bukan penjelasan tunggal.

Tingkat populasi, review ini mendukung efektivitas universal salt iodization. Surveilans jangka panjang di Iran dan China menunjukkan bahwa cakupan garam beryodium yang tinggi umumnya berjalan bersama dengan status yodium yang lebih baik dan pengendalian GAKI. Namun, Al-Thani et al. (2023) menunjukkan bahwa paparan berlebih juga dapat terjadi. Hal ini berarti evaluasi program tidak cukup hanya dengan indikator cakupan garam beryodium, tetapi perlu mempertimbangkan kandungan yodium aktual dan distribusi UIC populasi.

Aspek lain yang penting adalah level inferensi. Studi individu-rumah tangga yang memasangkan sampel garam dengan UIC anak dapat mengevaluasi hubungan paparan-respons secara lebih langsung, sedangkan survei nasional dan surveilans berulang lebih kuat untuk menilai perubahan populasi dan keberhasilan program. Kedua bentuk bukti tersebut tidak bertentangan, tetapi menjawab pertanyaan berbeda. Karena itu, hubungan individual/rumah tangga perlu dipisahkan dari hubungan ekologis atau program pada tingkat populasi.

UIC sendiri harus diinterpretasikan terutama sebagai indikator kelompok atau populasi. Variasi asupan harian, hidrasi, volume urin, dan waktu pengambilan sampel dapat menyebabkan fluktuasi besar pada individu. Hess et al. (2017) dan Zheng et al. (2024) memperlihatkan bahwa status yodium anak tidak dapat otomatis digunakan sebagai proksi

kelompok fisiologis lain. Konsekuensinya, satu nilai spot UIC tidak boleh digunakan sebagai diagnosis individual tanpa pengukuran berulang atau informasi pendukung.

Kualitas metodologis juga memengaruhi bobot kesimpulan. Studi yang menggunakan pengukuran kandungan yodium garam secara kuantitatif, metode UIC terstandar, dan pengendalian faktor perancu memberikan dasar inferensi yang lebih kuat dibandingkan studi yang hanya menggunakan laporan penggunaan garam atau rapid test kit. Sebagian besar bukti juga berasal dari desain potong lintang atau surveilans potong lintang berulang sehingga hubungan sebab-akibat dan temporalitas tetap terbatas.

Review ini memiliki keterbatasan. Heterogenitas desain, definisi paparan, metode UIC, dan analisis statistik mencegah penggabungan hasil menjadi satu estimasi efek. Selain itu, proses screening, ekstraksi, dan appraisal dilakukan oleh satu penulis sehingga kemungkinan bias seleksi tidak dapat sepenuhnya dihilangkan. Penelitian berikutnya akan lebih kuat apabila menggunakan desain prospektif, pengukuran kuantitatif kandungan yodium garam, standarisasi pengumpulan urin, pengukuran berulang bila inferensi diarahkan pada individu, dan pengendalian yang lebih baik terhadap sumber yodium lain.

Secara keseluruhan, kontribusi utama review ini adalah menunjukkan perlunya pendekatan multiindikator. Pengukuran kandungan yodium garam memberikan informasi mengenai kualitas sumber yodium di rumah tangga, sedangkan distribusi UIC menggambarkan paparan biologis pada tingkat populasi. Informasi tersebut menjadi lebih bermakna apabila dilengkapi data pola konsumsi pangan, sumber yodium alternatif, serta praktik penyimpanan dan pemasakan garam.

Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan bahwa garam beryodium merupakan strategi penting dalam mempertahankan kecukupan yodium pada anak usia sekolah. Secara umum, penelitian yang mengukur kandungan yodium garam dan kadar yodium urin pada populasi yang sama menunjukkan bahwa kandungan yodium garam yang lebih memadai cenderung berkaitan dengan

status yodium populasi yang lebih baik. Namun, hubungan tersebut tidak sederhana atau selalu linear karena UIC juga dipengaruhi oleh sumber yodium lain dalam makanan, praktik penyimpanan dan pemasakan garam, pola konsumsi, kondisi lingkungan, serta variasi biologis dan teknis pengukuran. Kadar yodium urin terutama bermanfaat sebagai indikator status yodium pada tingkat kelompok atau populasi, sehingga satu sampel spot urine tidak seharusnya digunakan untuk menetapkan status yodium seorang individu. Bukti juga menunjukkan bahwa status yodium anak usia sekolah tidak dapat secara otomatis digeneralisasikan kepada kelompok lain yang memiliki kebutuhan fisiologis berbeda. Pemantauan status yodium yang lebih komprehensif sebaiknya mengombinasikan pengukuran kandungan yodium garam, distribusi UIC pada populasi, serta informasi mengenai sumber yodium makanan dan praktik penggunaan garam di rumah tangga. Pendekatan multiindikator tersebut memberikan dasar yang lebih kuat untuk mengevaluasi efektivitas program iodisasi garam dan mendeteksi risiko defisiensi maupun kelebihan yodium.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram serta pihak-pihak yang telah mendukung penyusunan kajian literatur ini. Tidak terdapat pendanaan khusus dalam penyusunan artikel ini.

Referensi

Abizari, A.-R., Dold, S., Kupka, R., & Zimmermann, M. B. (2017). More than two-thirds of dietary iodine in children in northern Ghana is obtained from bouillon cubes containing iodized salt. *Public Health Nutrition*, 20(6), 1107–1113. <https://doi.org/10.1017/S1368980016003098>

Al-Thani, M. H. J. T., Alyafei, S. A. S. A., Al-Motawaa, K. A. K. M., Khalifa, S. A., Shah, S. H. B. U., Vinodson, B., Kokku, S., & Mishra, A. (2023). Excessive iodine status among school-aged children in the State of Qatar: Results of the National

Iodine Deficiency Disorder Survey. *Public Health Challenges*, 2(1), e60. <https://doi.org/10.1002/puh2.60>

Ategbro, E.-A., Sankar, R., Schultink, W., van der Haar, F., & Pandav, C. S. (2008). An assessment of progress toward universal salt iodization in Rajasthan, India, using iodine nutrition indicators in school-aged children and pregnant women from the same households. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(1), 56–62.

Ayalew, B. S., Hassen, S. L., Marefiyaw, T. A., Yesuf, M. S., Abebe, D. D., & Temesgen, M. M. (2021). Prevalence of urinary iodine concentration among school children: In Dessie City, Ethiopia. *BMC Pediatrics*, 21, 423. <https://doi.org/10.1186/s12887-021-02887-7>

Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. (2024). *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) dalam angka*. Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/5539/>

Baladastian, S., Bahreini, F., Nouri, A., Morvaridi, M., & Tavakoli, H. (2026). Iodine deficiency and excess in children and related factors in Alborz Province: A cross-sectional study. *BMC Nutrition*, 12, 47. <https://doi.org/10.1186/s40795-026-01272-w>

Carvalho, R., Moniz, C. S., Mendes, I., Mendes, A., & Sousa, I. (2022). Iodine status, dietary iodine intake and iodized salt in school-aged children in São Miguel Island, Azores, Portugal. *Nutrition*, 99–100, 111681. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111681>

Delshad, H., Mirmiran, P., Abdollahi, Z., Salehi, F., & Azizi, F. (2018). Continuously sustained elimination of iodine deficiency: A quarter of a century success in the Islamic Republic of Iran. *Journal of Endocrinological Investigation*, 41(9), 1089–1095. <https://doi.org/10.1007/s40618-018-0838-8>

Gowachirapant, S., Winichagoon, P., Wyss, L., Tong, B., Baumgartner, J., Melse-Boonstra, A., & Zimmermann, M. B. (2009). Urinary iodine concentrations indicate iodine deficiency in pregnant Thai

- women but iodine sufficiency in their school-aged children. *The Journal of Nutrition*, 139(6), 1169–1172. <https://doi.org/10.3945/jn.108.100438>
- Hatch-McChesney, A., & Lieberman, H. R. (2022). Iodine and iodine deficiency: A comprehensive review of a re-emerging issue. *Nutrients*, 14(17), 3474. <https://doi.org/10.3390/nu14173474>
- Hess, S. Y., Ouédraogo, C. T., Young, R. R., Bamba, I. F., Stinca, S., Zimmermann, M. B., & Wessells, K. R. (2017). Urinary iodine concentration identifies pregnant women as iodine deficient yet school-aged children as iodine sufficient in rural Niger. *Public Health Nutrition*, 20(7), 1154–1161. <https://doi.org/10.1017/S1368980016003232>
- Hooshmand, S., Yousefian, F., Rahimi, H., Mohammadzadeh, M., & Dehghani, R. (2024). Household salt consumption and urinary iodine levels in schoolchildren aged 8–10 in Darab City, Iran: 2022. *Scientific Reports*, 14(1), 28349. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78799-0>
- Iannuzzo, G., Campanozzi, A., Trevisani, V., Rutigliano, I., Abate, V., Rendina, D., & De Filippo, G. (2022). Iodine requirements in pediatrics: From fetal life to adolescence. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 929176. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.929176>
- Jayatissa, R., Gunathilaka, M. M., & Fernando, D. N. (2005). Iodine nutrition status among schoolchildren after salt iodisation. *Ceylon Medical Journal*, 50(4), 144–148. <https://doi.org/10.4038/cmj.v50i4.1403>
- Joompa, P., Sukboon, P., Schultink, W., Zimmermann, M. B., & Gowachirapant, S. (2025). A sentinel survey in remote Western Thailand indicates that school-aged children and reproductive-aged women of the Indigenous Pwo Karen community are iodine sufficient. *British Journal of Nutrition*, 133(3), 357–362. <https://doi.org/10.1017/S0007114524003325>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Buku surveilans untuk mengatasi masalah gangguan akibat kekurangan iodium*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Leite, J. C., Keating, E., Pestana, D., Fernandes, V. C., Maia, M. L., Norberto, S., Pinto, E., Moreira-Rosário, A., Sintra, D., Moreira, B., Costa, A., Silva, S., Costa, V., Martins, I., Mendes, F. C., Queirós, P., Peixoto, B., Caldas, J. C., Guerra, A., ... Calhau, C. (2017). Iodine status and iodised salt consumption in Portuguese school-aged children: The Iogeneration study. *Nutrients*, 9(5), 458. <https://doi.org/10.3390/nu9050458>
- Madukwe, E. U., Ani, P. N., & Maduabuchi, M. (2013). Iodine content of household salt and urinary iodine of primary school pupils in commercial towns in Nsukka senatorial zone, Enugu State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(6), 587–593. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.587.593>
- Nouri Saeidlou, S., Babaei, F., Ayremlou, P., & Entezarmahdi, R. (2018). Has iodized salt reduced iodine-deficiency disorders among school-aged children in north-west Iran? A 9-year prospective study. *Public Health Nutrition*, 21(3), 489–496. <https://doi.org/10.1017/S1368980017002609>
- Oblak, A., Arohonka, P., Erlund, I., Kuzmanovska, S., Zaletel, K., & Gaberscek, S. (2022). Validation of a spectrophotometric method for urinary iodine determination on microplate based on Sandell–Kolthoff reaction. *Laboratory Medicine*, 53(4), 376–380. <https://doi.org/10.1093/labmed/lmab117>
- Qian, T. T., Sun, R., Liu, L. C., Che, W. J., Zhao, M., Zhang, L., Li, W. D., Jia, Q. Z., Wang, J. H., Li, J. S., Chen, Z. H., Zhang, B. Y., & Liu, P. (2023). Relationship between dining place, iodine source, and iodine nutrition in school-age children: A cross-sectional study in China. *Biomedical and Environmental Sciences*, 36(1), 10–23. <https://doi.org/10.3967/bes2023.002>
- Rika, U. F., Habib, M. A., Sen, P., Nindrea, R. D., & Ming, L. C. (2026). Universal salt iodization remains insufficient to prevent iodine deficiency without maternal education and improved household salt practices: Insights from structural equation

- modelling in Noakhali. *Human Nutrition and Metabolism*, 43, 200359. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2025.200359>
- Shakya, P. R., Gelal, B., Das, B. K. L., Lamsal, M., Pokharel, P. K., Nepal, A. K., Brodie, D. A., Sah, G. S., & Baral, N. (2015). Urinary iodine excretion and thyroid function status in school age children of hilly and plain regions of Eastern Nepal. *BMC Research Notes*, 8, 374. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1359-6>
- Vandevijvere, S., Mourri, A. B., Amsalkhir, S., Avni, F., Van Oyen, H., & Moreno-Reyes, R. (2012). Fortification of bread with iodized salt corrected iodine deficiency in school-aged children, but not in their mothers: A national cross-sectional survey in Belgium. *Thyroid*, 22(10), 1046–1053. <https://doi.org/10.1089/thy.2012.0016>
- Wassie, M. M., Abebe, Z., Tariku, A., Gebeye, E., Awoke, T., Gete, A. A., Yesuf, M. E., Kebede, Y., Biks, G. A., & Zhou, S. J. (2018). Iodine status five years after the mandatory salt iodization legislation indicates above requirement: A cross-sectional study in Northwest Ethiopia. *BMC Nutrition*, 4, 52. <https://doi.org/10.1186/s40795-018-0261-8>
- World Health Organization. (2022). *Sustaining the elimination of iodine deficiency disorders*. World Health Organization. <https://www.who.int/>
- Yao, N., Zhou, C., Xie, J., Li, X., Zhou, Q., Chen, J., & Zhou, S. (2020). Assessment of the iodine nutritional status among Chinese school-aged children. *Endocrine Connections*, 9(5), 379–386. <https://doi.org/10.1530/EC-19-0568>
- Zheng, C., Yin, Z., Zhan, B., Xu, W., & Ma, Z. F. (2024). Pregnant women at risk for iodine deficiency but adequate iodine intake in school-aged children of Zhejiang Province, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 46(6), 204. <https://doi.org/10.1007/s10653-024-01934-3>
- Zhou, S., Zhou, C., Xie, J., Luo, F., & Yao, N. (2024). Iodine status of school-aged children in the changing context of universal salt iodization program during 1997–2018 in Chongqing, China. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 81, 127328. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127328>
- Zimmermann, M. B. (2009). Iodine deficiency. *Endocrine Reviews*, 30(4), 376–408. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0011>
- Zimmermann, M. B., & Andersson, M. (2021). Global perspectives in endocrinology: Coverage of iodized salt programs and iodine status in 2020. *European Journal of Endocrinology*, 185(1), R13–R21. <https://doi.org/10.1530/EJE-21-0171>