

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Anak Usia di bawah 5 Tahun (Balita)

a. Definisi Balita

Balita merupakan anak yang sudah menginjak usia di atas satu tahun atau lebih serta sering dikenal dengan istilah anak usia di bawah lima tahun. Masa ini juga dapat dibagi ke dalam dua kelompok besar yakni batita (anak usia 1-3 tahun) dan anak pra-sekolah (anak usia 3-5 tahun) (Damayanti *et al.*, 2017). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2014, anak balita adalah anak yang berusia 12-59 bulan (Kementerian Kesehatan RI, 2014).

b. Pertumbuhan dan Perkembangan pada Balita

Masa balita merupakan periode penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi secara pesat sehingga disebut periode emas dalam siklus kehidupan (Femidio dan Muniroh, 2020).

1) Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah bertambahnya ukuran dan jumlah sel serta jaringan interseluler yang mengindikasikan bertambahnya ukuran fisik dan struktur tubuh sebagian atau keseluruhan, sehingga dapat diukur dengan satuan panjang dan berat (Kementerian Kesehatan RI, 2014).

Pertumbuhan ini terjadi bervariasi pada anak-anak, tetapi secara umum untuk anak usia 24-59 bulan mengalami peningkatan tinggi badan sekitar 6,5 – 7,8 cm per tahun. Pada anak usia 24 bulan tinggi badan rata-rata adalah 82 cm, 96,2 cm pada usia 36 bulan, 103,7 cm pada usia 48 bulan, dan 118,5 cm pada usia 59 bulan. Pertambahan berat badan sekitar 2,3 kg per tahun dengan rata-rata berat badan yaitu 12,5 kg pada usia 24 bulan, 14,5 kg pada usia 36 bulan, 16,5 kg pada usia 48 bulan dan 18,5 kg pada usia 59 bulan (Mansur, 2019).

2) Perkembangan

Perkembangan adalah bertambahnya struktur dan fungsi tubuh yang lebih kompleks dalam kemampuan gerak kasar, gerak halus, bicara, sosialisasi, dan kemandirian (Kementerian Kesehatan RI, 2014). Perkembangan merupakan bertambahnya kemampuan (*skill*) dalam struktur dan fungsi tubuh yang lebih kompleks dalam pola teratur serta dapat digambarkan sebagai hasil dari proses pematangan (Rohmawati, 2016). Beberapa jenis perkembangan yang dialami anak usia 24-59 bulan diantaranya sebagai berikut.

a) Perkembangan Psikososial

Anak usia 24-59 bulan menghadapi krisis "inisiatif versus rasa bersalah" dalam tahap perkembangan psikososial. Mereka antusias dalam belajar hal-hal baru dan merasa bangga saat berhasil menggunakan inisiatif mereka. Mereka juga ingin

mengembangkan diri melebihi kemampuan mereka dan merasa bersalah jika tidak mencapai kepuasan (Kyle, 2012).

Rasa percaya diri adalah komponen penting dalam perkembangan anak yang dibangun sejak awal kehidupan. Pada usia 3 tahun, anak-anak mulai mengembangkan rasa percaya diri dan fokus pada mengendalikan tubuh, diri sendiri, dan lingkungan sekitar. Mereka juga menggunakan kekuatan mental untuk menolak dan membuat keputusan (Cherry, 2019).

Rasa takut juga merupakan komponen dalam perkembangan psikososial. Anak usia 4 hingga 6 tahun mengalami rasa takut yang lebih intens, seperti takut kegelapan atau ditinggal sendirian. Perasaan takut ini dipengaruhi oleh tindakan dan penilaian orang tua. Penting bagi orang tua untuk membantu anak menghadapi objek yang menakutkan dalam lingkungan yang terkontrol, sehingga anak dapat mengurangi rasa takutnya (Kyle, 2012).

b) Perkembangan Moral

Anak-anak usia ini sedang mengembangkan pemahaman tentang konsep benar dan salah serta hati nurani mereka. Standar moral mereka cenderung dipengaruhi oleh orang dewasa di sekitar mereka. Mereka patuh terhadap standar tersebut untuk mendapatkan hadiah atau menghindari hukuman. Pada tahap ini, anak-anak juga belajar menghadapi perasaan marah, meskipun

beberapa mungkin menggunakan cara yang tidak pantas seperti berkelahi atau menggigit. Mereka memiliki imajinasi yang kaya dan menggunakan pengalaman hidup terbatas mereka untuk mengatasi krisis (Brazelton dan Sparrow, 2008). Anak-anak usia di usia ini perlu belajar tentang batasan perilaku yang dapat diterima secara sosial dan pentingnya sikap sopan santun. Pada masa ini, mereka mulai berpartisipasi dalam kegiatan keluarga dan memahami konsep memberi dan menerima (Ford, 2007).

c) Perkembangan Keterampilan Motorik Kasar

Keterampilan motorik kasar melibatkan gerakan seluruh tubuh dan otot-otot besar pada anak. Mereka sudah lincah dalam berdiri, berjalan, berlari, dan melompat. Anak-anak seusia ini juga mengembangkan keterampilan koordinasi mata dan tangan seperti melempar, menangkap, menendang bola, mengendarai sepeda, dan berenang. Meskipun mereka masih memerlukan konsentrasi ekstra saat berdiri dengan kaki berjinjit atau satu kaki. Anak-anak pada usia ini, tampaknya selalu dalam gerakan konstan dan menggunakan tubuh mereka untuk memahami konsep-konsep baru seperti menggunakan lengan untuk membantu saat minum (Child Development, 2019).

d) Perkembangan Keterampilan Motorik Halus

Perkembangan motorik halus memiliki dampak signifikan dalam keterlibatan anak-anak dalam seni,

menggambar, dan menulis. Menulis melibatkan pengembangan bahasa, pemahaman visual, pengetahuan huruf dan kata-kata, serta kemampuan mengontrol gerakan untuk membuat tanda dan simbol huruf. Pengembangan motorik halus sangat penting untuk kemampuan menulis dan mengkomunikasikan pesan (State Government of Victoria, 2018).

Anak usia 36 bulan sudah dapat menggenggam peralatan menulis dan melakukan tindakan seperti menulis, menyalin lingkaran, dan menelusuri kotak. Pada usia 36-48 bulan, mereka mulai menggunakan resleting, kancing, dan gunting tumpul. Anak usia 48-59 bulan terus mengembangkan keterampilan motorik halus mereka dengan kemampuan seperti mengancingkan pakaian, menggambar figur sederhana, menulis, memotong kertas, dan mengikat tali sepatu (Oswalt, 2019).

e) Perkembangan Komunikasi dan Bahasa

Penguasaan bahasa memungkinkan anak untuk mengekspresikan pemikiran dan kreativitas mereka. Periode usia ini merupakan masa di mana keterampilan bahasa mereka disempurnakan. Anak usia 36 bulan menggunakan kalimat pendek yang hanya mencakup informasi penting. Pada usia tersebut, kosakata mereka terdiri dari sekitar 900 kata. Anak usia 36 bulan dapat mempelajari sekitar 10 hingga 20 kata baru setiap

harinya, dan pada usia 59 bulan, mereka biasanya memiliki kosakata sebanyak 2.100 kata (Taylor *et al.*, 2011).

Pada masa ini anak-anak mengembangkan kemampuan berbicara yang lebih terstruktur seperti orang dewasa ada usia 36-59 bulan, mereka mulai menghubungkan suara, suku kata, dan kata-kata saat berbicara. Orang tua perlu berbicara dengan lambat dan memberikan waktu kepada anak untuk berbicara tanpa terburu-buru atau memotong pembicaraan. (Bawono, 2017).

c. Kebutuhan Gizi Balita

Zat-zat gizi yang diperlukan oleh balita harus dalam jumlah yang lebih banyak dan kualitas yang tinggi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan yang pesat. Setiap anak memiliki kecepatan perkembangan dan pertumbuhan yang berbeda-beda, tergantung pada faktor-faktor seperti asupan gizi, lingkungan, dan kondisi sosial ekonomi keluarga (Ariani, 2017).

Balita termasuk kelompok yang rentan mengalami kekurangan gizi karena kekurangan asupan makanan yang diperlukan. Oleh karena itu, penting bagi balita untuk mengonsumsi makanan secara memadai untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan fisik yang optimal, kecerdasan, dan status gizi yang baik (Ariani, 2017). Kebutuhan gizi pada balita sebenarnya juga dipengaruhi oleh usia, besar tubuh, dan

tingkat aktivitas yang dilakukannya. Angka kecukupan gizi pada balita disajikan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1
Angka Kecukupan Gizi pada Balita yang dianjurkan

| Usia | Energi (kkal) | Protein (g) | Lemak (g) | Karbohidrat (g) | Zat Besi (mg) | Seng (mg) | Kalsium (mg) |
|----------|---------------|-------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|--------------|
| 0-5 bln | 550 | 9 | 311 | 59 | 0,3 | 1,1 | 200 |
| 6-11 bln | 800 | 15 | 35 | 105 | 11 | 3 | 270 |
| 1-3 thn | 1350 | 20 | 45 | 215 | 7 | 3 | 650 |
| 4-6 thn | 1400 | 25 | 50 | 220 | 10 | 5 | 1000 |

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia.

d. Prinsip Pemberian Makan Balita

Jadwal pemberian makan bagi anak, baik makan utama maupun selingan perlu dilakukan secara teratur dan terencana. Pemberian jadwal makan ini akan mengatur ritme saluran pencernaan sehingga saluran pencernaan anak dapat bekerja dengan optimal. Durasi maksimum waktu makan adalah 30 menit. Jika anak mulai kehilangan fokus pada makanannya, disarankan untuk menghentikan pemberian makan. Selama waktu makan, anak hanya diperbolehkan mengonsumsi air putih dengan jumlah yang cukup (Damayanti *et al.*, 2017).

Lingkungan dan suasana makan sebaiknya netral tanpa adanya paksaan atau hukuman terhadap anak, bahkan jika anak hanya makan sedikit. Selain itu, makanan sebaiknya tidak diberikan sebagai hadiah kepada anak. Anak perlu diajari untuk makan tanpa bermain atau

menonton televisi. Sebagai ibu atau pengasuh, penting untuk menciptakan pola makan yang baik bagi anak. Dengan demikian, anak dapat belajar pola makan yang sehat dan memilih makanan yang baik melalui contoh yang diberikan oleh orang tua, serta keterlibatannya dalam aktivitas makan. (Damayanti *et al.*, 2017).

2. Stunting

a. Definisi Stunting

Stunting merupakan masalah kekurangan gizi bersifat kronis yang menyebabkan kondisi gagal tumbuh pada anak ditandai dengan nilai *z-score* tinggi badan menurut usia (TB/U) kurang dari $-2SD$ (standar deviasi) berdasarkan standar pertumbuhan (WHO, 2019). Stunting adalah suatu keadaan kronis yang menggambarkan terhambatnya pertumbuhan karena malnutrisi jangka panjang. Stunting perlu mendapat perhatian khusus karena dapat mempengaruhi perkembangan fisik dan mental (Siringoringo *et al.*, 2020).

Widanti (2017) menyatakan bahwa stunting merupakan manifestasi dari konsekuensi lebih lanjut dari berat bayi lahir rendah (BBLR), kurang gizi pada masa balita, serta tidak adanya pencapaian perbaikan pertumbuhan yang sempurna pada masa berikutnya.

b. Faktor-Faktor Penyebab Stunting

Stunting dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1) Asupan Zat Gizi

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi stunting adalah asupan gizi. Kekurangan asupan gizi dari segi kuantitas dan kualitas makanan akan menyebabkan tidak tercukupinya kebutuhan gizi anak sehingga dapat mengakibatkan penurunan jaringan, ditandai dengan penurunan berat badan atau terhambatnya pertumbuhan tinggi badan (Harjatmo *et al.*, 2017). Kekurangan zat gizi khususnya protein dan seng dapat menyebabkan pertumbuhan yang tidak optimal (Hidayati *et al.*, 2010).

2) Penyakit Infeksi

Penyakit infeksi seperti diare dan penyakit pernafasan memiliki dampak negatif terhadap pertumbuhan linier anak. Kondisi ini disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain penurunan asupan makanan, penyerapan zat gizi yang buruk, kehilangan zat gizi, peningkatan kebutuhan metabolik, dan penghambatan transfer zat gizi ke jaringan tubuh (Sundari dan Nuryanto, 2016).

Penyakit infeksi dapat menyebabkan penurunan berat badan secara tiba-tiba dan mengganggu status gizi balita jika berlangsung dalam waktu yang lama. Anak yang menderita penyakit infeksi akan kehilangan nafsu makan dan mengalami gangguan metabolisme, yang berdampak negatif pada pertumbuhan mereka (Nugraheni *et al.*, 2020).

3) Pola Asuh

Pola asuh ibu memainkan peran penting dalam kejadian stunting pada balita. Pola asuh ini meliputi pemberian makan dan perawatan kesehatan anak. Ibu yang memberikan makanan sehat dan bergizi, serta mengontrol porsi yang dikonsumsi, dapat meningkatkan status gizi anak. Selain itu, ibu yang menjaga kebersihan anak dengan baik juga berdampak pada pertumbuhan anak. Dengan demikian, perhatian dan perilaku ibu dalam memberikan makanan serta menjaga kebersihan anak dapat berkontribusi pada status gizi dan pertumbuhan yang baik pada balita (Femidio dan Muniroh, 2020).

c. Dampak Stunting

Dampak yang timbul akibat stunting dapat dibedakan menjadi dampak jangka pendek dan dampak jangka panjang. Dampak stunting dalam jangka pendek yaitu dapat menyebabkan kegagalan pertumbuhan, hambatan dalam perkembangan kognitif dan motorik, ketidakoptimalan ukuran fisik tubuh, serta gangguan metabolisme (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

Dampak stunting dalam jangka panjang yaitu dapat mengakibatkan penurunan kapasitas intelektual. Gangguan struktur dan fungsi saraf dan sel-sel otak yang bersifat permanen dapat menyebabkan kesulitan dalam menyerap pelajaran di usia sekolah, yang pada akhirnya akan berdampak pada produktivitas saat dewasa. Selain itu, stunting

juga dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan (pendek dan kurus) serta meningkatkan risiko penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit jantung koroner, dan stroke (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

d. Cara Pencegahan dan Penanggulangan Stunting

Berikut beberapa cara pencegahan stunting menurut Kementerian Kesehatan RI (2018):

- 1) Memenuhi kebutuhan gizi anak yang sesuai pada 1000 hari pertama kehidupan anak.
- 2) Pemenuhan kebutuhan asupan zat gizi bagi ibu hamil.
- 3) Konsumsi protein pada menu harian untuk balita usia di atas 6 bulan dengan kadar protein sesuai dengan usianya.
- 4) Menjaga kebersihan sanitasi dan memenuhi kebutuhan air bersih.
- 5) Rutin membawa anak untuk mengikuti posyandu satu bulan sekali, untuk diukur berat dan tinggi badannya sehingga akan diketahui secara rutin balita tersebut mengalami stunting atau tidak.

Kegiatan intervensi spesifik yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan dalam penanggulangan masalah gizi antara lain: a) promosi, kampanye, dan pemberian tablet tambah darah untuk remaja putri, calon pengantin, dan ibu hamil; b) promosi ASI eksklusif dan makanan pendamping ASI; c) promosi makanan terfortifikasi salah satunya garam beryodium; d) pemberian suplemen gizi mikro (vitamin A), suplemen gizi makro (PMT), dan obat cacing; e) penyelenggaraan kelas

ibu hamil; f) promosi dan kampanye gizi seimbang; g) promosi tatalaksana gizi kurang/buruk; dan h) pemberian jaminan kesehatan nasional (Kementerian Kesehatan RI, 2018).

3. Seng

a. Definisi Seng

Seng merupakan salah satu mikro mineral yang sangat penting bagi tubuh dan memiliki peran esensial setelah besi. Tubuh manusia mengandung sekitar 1,5-3,0 gram seng. Seng dapat tersedia dalam beberapa keadaan valensi yang berbeda, tetapi dalam tubuh manusia hampir selalu ditemukan sebagai ion divalen (Zn^{2+}) (Almatsier, 2015).

Seng terdapat dalam beberapa organ (seperti hati dan pankreas), jaringan (terutama otot dan tulang), dan cairan tubuh (Gropper *et al.*, 2022). Beberapa jaringan lainnya yang kaya akan kandungan seng termasuk bagian mata, kelenjar prostat, sperma, kulit, rambut, dan kuku (Almatsier, 2015). Mineral ini memiliki fungsi dan kegunaan penting bagi tubuh, dan hampir semua sel tubuh membutuhkannya, termasuk kulit dan mukosa saluran cerna (Widhyari, 2012).

b. Makanan Sumber Seng

Seng adalah mineral penting yang memainkan peran penting dalam berbagai proses biokimia dalam tubuh. Salah satu perbedaan penting dalam seng adalah perbedaan antara seng heme dan non-heme. Seng heme mengacu pada seng yang terikat pada protein heme, yang ditemukan dalam makanan hewani seperti daging merah, unggas, dan

makanan laut. Sebaliknya, seng non-heme mengacu pada seng yang tidak terikat pada protein heme dan ditemukan dalam makanan nabati seperti biji-bijian, kacang-kacangan, sayuran, dan buah-buahan. Berikut ini daftar bahan makanan sumber seng yang disajikan dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2
Daftar Bahan Makanan Sumber Seng

| Bahan Makanan | Kandungan Seng (mg) per 100 gram BDD |
|----------------------|---|
| Seng heme | |
| Sosis | 1,7 |
| Telur ayam | 1,1 |
| Daging ayam | 1,8 |
| Bakso | 3,8 |
| Susu | 3,5 |
| Ikan Mujair | 0,5 |
| Telur puyuh | 1,4 |
| Usus ayam | 2,3 |
| Hati ayam | 4,3 |
| Ikan bandeng | 0,9 |
| Ikan tongkol | 1,6 |
| Seng non-heme | |
| Kentang | 0,3 |
| Kacang hijau | 1,3 |
| Tempe | 1,8 |
| Tahu | 0,8 |
| Jagung | 0,5 |
| Bayam | 0,4 |
| Toge | 0,6 |
| Jeruk | 2,4 |

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia (Izwardi, 2017)

Seng heme dan seng non-heme memiliki perbedaan dalam hal bioavailabilitas dan penyerapannya (absorpsi) oleh tubuh. Bioavailabilitas seng mengacu pada banyaknya seng yang terkandung dalam makanan dapat diserap, disimpan, dan digunakan oleh tubuh manusia untuk fungsi-fungsi fisiologis. Bioavailabilitas seng dapat

dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jumlah seng dalam makanan, kandungan fitat, dan interaksi dengan zat-zat lain dalam makanan (Hambidge *et al.*, 2010). Kualitas sumber-sumber seng dalam makanan ditentukan oleh jumlah kandungan seng dan bioavailabilitas seng dari makanan tersebut (Ross *et al.*, 2012).

Seng heme memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi dan lebih mudah diserap oleh tubuh dibandingkan dengan seng non-heme. Seng heme terdapat dalam makanan yang terikat dengan asam nukleat dan asam amino yang merupakan bagian dari peptida dan protein. Sumber seng heme yang sangat baik adalah daging merah (terutama organ dalam) dan makanan laut (terutama tiram, siput, kerang, dan cumi). Sumber hewani lain yang mengandung seng heme meliputi daging unggas, telur, daging babi, dan produk susu (Gropper *et al.*, 2022). Makanan-makanan tersebut merupakan sumber seng yang mudah diserap karena tidak mengandung zat penghambat absorpsi seng (Ross *et al.*, 2012).

Seng non-heme memiliki bioavailabilitas lebih rendah karena tidak terikat pada protein heme dan ditemukan dalam makanan nabati yang memiliki kandungan zat-zat lain yang dapat mempengaruhi absorpsi seng. Beberapa zat dapat meningkatkan absorpsi seng (*enhancer*) meliputi asam askorbat, asam malat, tartarat, dan asam amino sistein. Zat-zat pendukung absorpsi seng tersebut dapat ditemukan pada makanan seperti jeruk, jambu biji, apel, pir, semangka,

mangga, pisang, pepaya, wortel, dan tomat (Berdanier, 2021). Di sisi lain terdapat zat seperti fitat, oksalat dan polifenol yang dapat menghambat absorpsi seng (*inhibitor*) (Berdanier, 2021). Fitat ditemukan pada makanan yang berasal dari tumbuhan seperti biji-bijian, kacang-kacangan, dan sereal utuh. Oksalat ditemukan pada bayam, beri-berian, coklat dan teh. Polifenol (seperti tanin dan asam galat) ditemukan pada teh, kopi, sereal utuh, dan makanan berserat, seperti buah dan sayur (Gropper *et al.*, 2022).

c. Metabolisme Seng

Makanan yang mengandung seng dipecah di lambung oleh asam lambung dan enzim pepsin. Makanan yang telah dicerna, berpindah ke usus halus untuk diabsorpsi. Absorpsi seng terjadi di usus halus tepatnya di bagian duodenum dan jejunum (Ross *et al.*, 2012). Seng dapat diserap melalui dua mekanisme yang berbeda menurut jenisnya yaitu seng heme dan seng non-heme.

Molekul heme yang membawa seng dalam makanan dipecah oleh enzim heme oksigenase di dalam sel-sel epitel usus halus. Pemecahan ini melepaskan ion seng dari molekul heme. Ion seng yang terlepas kemudian diangkut melalui membran sel epitel usus halus oleh protein transporter khusus yang disebut heme carrier protein 1 (HCP1). Sementara ion seng non-heme diangkut melalui membran sel usus halus oleh protein transporter yang disebut divalen metal transporter 1 (DMT1) atau ferroportin. Setelah masuk ke dalam sel, sebagian besar

ion seng berada dalam keadaan oksidatif yang kurang larut dalam air. Ion seng dalam sel diubah menjadi bentuk yang lebih reduktif, yang lebih larut dan dapat diserap lebih baik (King, 2010).

Setelah berada di dalam sel epitel, ion seng kemudian dapat keluar dari sel tersebut melalui protein transporter ferroportin. Ion seng yang telah keluar dari sel epitel mengalami proses oksidasi menjadi bentuk ferri (Fe^{3+}), yang lebih larut dalam darah. Bentuk ferri dari ion seng diikat oleh protein pembawa zat besi dalam darah yang disebut transferrin. Protein pengangkut ini membantu mengangkut seng ke berbagai jaringan dan organ tubuh yang membutuhkannya melalui sirkulasi darah (King, 2010). Sebagian seng yang diserap akan disimpan dalam berbagai jaringan tubuh, terutama di hati, otot, tulang, dan kelenjar endokrin seperti pankreas. Kelebihan seng akan disimpan di hati dalam bentuk *methalotionien* (Ross *et al.*, 2012).

Seng digunakan di dalam pankreas untuk menghasilkan enzim pencernaan, yang kemudian dilepaskan ke saluran pencernaan saat makan. Hal ini menunjukkan bahwa saluran pencernaan menerima seng dari dua sumber, yaitu dari makanan dan cairan pencernaan yang dihasilkan oleh pankreas. Perjalanan seng di dalam tubuh dari pankreas ke saluran pencernaan dan kembali ke pankreas disebut sebagai sirkulasi entero pankreatik (Almatsier, 2015).

Sebagian besar seng yang tidak diserap oleh usus halus dikeluarkan dengan proses ekskresi melalui berbagai jalur. Proses

ekskresi seng diatur oleh berbagai mekanisme tubuh, termasuk regulasi penyerapan dan eliminasi. Jika tubuh kelebihan seng, mekanisme homeostasis tubuh akan mengatur untuk mengurangi penyerapan seng dari usus halus dan meningkatkan ekskresi seng melalui feses, urin, keringat, dan deskuamasi kulit (pengelupasan sel kulit) (Hambidge *et al.*, 2010).

d. Peran Seng dalam Pertumbuhan

1) Membantu dalam regulasi hormon tiroid

Pertumbuhan yang optimal dalam tubuh manusia melibatkan berbagai proses biokimia dan molekuler kompleks. Salah satu faktor yang berperan penting dalam pertumbuhan adalah hormon tiroid. Hormon tiroid mengatur sejumlah fungsi penting dalam tubuh, termasuk pertumbuhan, metabolisme, dan perkembangan sistem saraf (Severo *et al.*, 2019).

Proses produksi hormon tiroid dimulai di kelenjar tiroid dengan sekresi hormon tiroid yaitu thyroxine (T4). T4 merupakan hormon yang tidak aktif secara biologis. Untuk mengubah T4 menjadi bentuk aktifnya, yaitu triiodothyronine (T3), diperlukan aktivitas enzim 5-deiodinase (Baltaci *et al.*, 2019). Seng berperan sebagai kofaktor esensial untuk aktivitas enzim ini. Konversi T4 menjadi T3 tidak dapat berlangsung secara optimal jika kekurangan seng (Baltaci *et al.*, 2019).

Enzim 5-deiodinase berperan dalam menghilangkan salah satu atom iodin pada molekul T4 sehingga menghasilkan T3. Proses ini sangat penting karena T3 memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap reseptor hormon tiroid di dalam sel target. Ketika T3 terikat pada reseptor, aktivasi berbagai jalur sinyal intraseluler dapat terjadi yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sel-sel. T3 juga berperan dalam merangsang sintesis protein, meningkatkan laju metabolisme basal, dan mempengaruhi perkembangan tulang dan sistem saraf (Gropper *et al.*, 2022).

Pertumbuhan yang optimal membutuhkan tingkat hormon tiroid yang seimbang, dengan ketersediaan cukup seng untuk mendukung aktivitas enzim 5-deiodinase. Kekurangan seng dalam diet dapat mengganggu konversi T4 menjadi T3 dan berpotensi menghambat pertumbuhan. Kondisi yang diakibatkan defisiensi seng antara lain retardasi pertumbuhan, masalah perkembangan tulang, dan gangguan fungsi tiroid (Gropper *et al.*, 2022).

2) Menjaga dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh

Seng merupakan mineral esensial yang berperan penting dalam menjaga kesehatan tubuh manusia. Salah satu peran yang signifikan dari seng adalah menjaga dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh (Rink, 2011). Peran seng dalam mencegah infeksi salah satunya melalui efek antioksidan.

Seng berperan dalam mengaktifkan enzim antioksidan yang disebut *cysteine-rich metallothioneins* (MTs) (Prasad, 2008). MTs adalah protein yang mengandung banyak residu asam amino sistein yang berfungsi sebagai pengikat seng. MTs berfungsi sebagai antioksidan karena mereka memiliki kapasitas untuk menangkap radikal bebas. Radikal bebas dapat dihasilkan selama proses peradangan dan stres oksidatif yang sering terjadi selama infeksi. MTs menangkap radikal bebas untuk melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh bakteri (Prasad, 2008).

Seng juga berperan dalam regulasi gen dan aktivasi sel imun. Seng diperlukan untuk perkembangan dan fungsi normal sel-sel imun, yaitu sel B dan sel T. Sel B berperan dalam imunitas humoral dengan memproduksi antibodi untuk menyerang bakteri, virus, dan racun. Sedangkan sel T berperan dalam imunitas dimediasi sel (*cell mediated immunity*) yang bekerja dengan menyerang sel tubuh yang sudah terpapar virus atau sel kanker. Seng diketahui mempengaruhi kedua bagian dari sistem kekebalan tubuh tersebut terutama respon sel T (Prasad, 2008).

Pengaruh seng pada sel B antara lain berperan dalam proliferasi sel B, produksi antibodi, pengaturan respons imun terhadap infeksi, serta berperan dalam diferensiasi sel B menjadi sel plasma. Selain itu, seng diperlukan untuk aktivasi sel T dan produksi sitokin, serta berpengaruh dalam proliferasi sel T (Rink, 2011).

Kekurangan seng dalam tubuh dapat mengganggu fungsi sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan risiko infeksi bakteri. Penelitian telah menunjukkan bahwa kekurangan seng dapat menyebabkan penurunan jumlah dan fungsi sel-sel imun, mengganggu produksi antibodi, dan melemahkan respons imun terhadap infeksi (Prasad, 2008).

3) Merangsang pembentukan tulang dan mineralisasi tulang

Seng memiliki peran penting dalam pertumbuhan tulang melalui pengaruhnya pada hormon pertumbuhan (*Growth Hormone*) yang terlibat dalam metabolisme tulang. Seng berfungsi sebagai kofaktor yang diperlukan oleh enzim dalam sintesis berbagai komponen matriks tulang, serta berperan dalam mengatur deposit dan resorpsi tulang. Selain itu, seng juga memiliki peran struktural dalam matriks tulang. Mineral tulang seperti hidroksiapatit mengandung kompleks seng dengan fluoride (Meunier *et al.*, 2005).

Dalam aktivitas osteoblastik, seng berperan penting untuk mengaktifkan aminoacyl-tRNA sintetase dalam sel osteoblastik dan merangsang sintesis protein seluler. Seng juga membantu proses mineralisasi tulang melalui perannya sebagai kofaktor alkali fosfatase, serta mengurangi resorpsi tulang (Meunier *et al.*, 2005).

e. Kecukupan Seng yang Dianjurkan

Kebutuhan asupan seng menurut Angka Kecukupan Gizi tahun 2019 disajikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3
Angka Kecukupan Seng yang dianjurkan

| Kelompok Usia | Seng (mg) |
|----------------------|-----------|
| Bayi/Anak | |
| 0 – 5 bulan | 1,1 |
| 6 – 11 bulan | 3 |
| 1 – 3 tahun | 3 |
| Kelompok Usia | Seng (mg) |
| 4 – 9 tahun | 5 |
| 10 – 12 tahun | 8 |
| Remaja | |
| 13 – 18 tahun | 11 |
| Dewasa | |
| 19 – 49 tahun | 9 |
| Lansia | |
| 50 – 80 ⁺ | 9 |
| Ibu Hamil | 18 |
| Ibu Menyusui | 14 |

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia.

f. Status Seng

Status seng pada tubuh dapat ditentukan dengan pengukuran konsentrasi serum seng, konsentrasi seng eritrosit, leukosit, neutrofil, dan konsentrasi seng pada rambut, konsentrasi seng melalui urin, konsentrasi seng melalui air liur. Selain itu, status seng juga dapat ditentukan melalui keseimbangan metabolisme, studi isotop, respon pertumbuhan dan perkembangan seksual terhadap suplementasi seng, enzim yang tergantung pada seng (misal aktivitas alkali fosfat), dan uji ketajaman pengecap (Rahfiludin, 2013).

g. Serum Seng dan Metode ICP-MS

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai konsentrasi seng dalam tubuh adalah konsentrasi seng dalam serum

darah. Parameter ini umum digunakan untuk menentukan tingkat seng seseorang, karena prosesnya yang mudah dan hasilnya yang akurat (Gibson, 2005). Serum darah diambil melalui pembuluh darah vena dan harus dilakukan oleh tenaga kesehatan yang terlatih. Konsentrasi serum seng normal yaitu 70-150 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Seseorang dikatakan mengalami defisiensi seng apabila memiliki kadar serum seng $<70 \mu\text{g}/\text{dl}$ (Gibson *et al.*, 2008).

Konsentrasi seng dalam serum dapat diukur menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS). Metode ini memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat mengukur kadar beberapa unsur secara bersamaan, membutuhkan sedikit sampel, dan memiliki batas deteksi yang rendah hingga tingkat nanogram. ICP-MS banyak digunakan untuk penentuan *multi element* dalam sampel serum manusia karena efisien, sensitivitas tinggi, memiliki kemampuan analisis isotop, hasil analisis yang didapatkan mencapai presisi dan akurasi yang tinggi untuk analisis isotop, serta waktu analisis yang cepat (Abduljabbar *et al.*, 2019).

h. Defisiensi Seng

Peran seng dalam pertumbuhan dan perkembangan anak sangat signifikan. Kekurangan seng sebagai mikronutrien dapat menyebabkan penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh, gangguan perkembangan psikomotor, serta penurunan kemampuan kerja. Dampak ini akan mempengaruhi tingkat kebugaran fisik, yang memiliki peranan penting

dalam mencapai pertumbuhan dan perkembangan yang optimal pada masa anak-anak (Agustian *et al.*, 2009).

Gejala kekurangan seng dapat dikenali melalui tanda-tanda seperti gangguan pertumbuhan, gangguan pada fungsi pencernaan, penurunan fungsi kekebalan tubuh, gangguan nafsu makan, dan penurunan kemampuan penyembuhan luka. Dalam kasus kekurangan seng yang kronis, gejala ini bahkan dapat mempengaruhi sistem saraf pusat dan fungsi otak (Agustian *et al.*, 2009). Beberapa faktor yang dapat menyebabkan defisiensi seng meliputi:

- 1) Asupan seng yang tidak mencukupi dan penyerapannya yang terhambat. Makanan dengan kandungan seng tinggi terdapat pada sumber protein hewani seperti daging sapi, unggas, telur, susu, dan produk olahannya. Jika asupan seng tidak tercukupi atau penyerapannya terganggu, maka dapat menyebabkan defisiensi seng (Gropper *et al.*, 2009).
- 2) Kehilangan seng berlebihan akibat penyakit akut seperti diare. Kondisi diare dapat menyebabkan kehilangan seng yang berlebihan melalui tubuh (Young *et al.*, 2014).
- 3) Konsentrasi albumin dalam plasma. Konsentrasi albumin dalam plasma mempengaruhi penyerapan seng karena sekitar 70% zat seng yang beredar dalam tubuh terikat dengan albumin (Roohani *et al.*, 2013).

Seng adalah mineral yang esensial untuk berbagai fungsi biologis dalam tubuh manusia, termasuk dalam menjaga integritas dan fungsi sistem kekebalan tubuh. Defisiensi seng dapat mengganggu respons kekebalan tubuh dan meningkatkan risiko infeksi. Gangguan pada sistem kekebalan tubuh yang sering terjadi akibat defisiensi seng diantaranya sebagai berikut (Rink, 2011).

1) Atrofi Thymus

Thymus merupakan organ kekebalan tubuh yang penting dalam produksi dan pematangan sel-sel T. Defisiensi seng dapat menyebabkan atrofi thymus, yaitu penurunan volume dan fungsi thymus. Atrofi thymus mengganggu perkembangan sel-sel T. Dampak dari atrofi thymus adalah penurunan produksi dan aktivasi sel-sel T yang dapat menghambat respons kekebalan tubuh secara keseluruhan.

2) Lymphopenia

Lymphopenia adalah kondisi saat jumlah sel-sel limfosit dalam darah mengalami penurunan. Limfosit merupakan jenis sel darah putih yang memiliki peran penting dalam sistem kekebalan tubuh. Defisiensi seng dapat menyebabkan lymphopenia, terutama penurunan jumlah limfosit T dan limfosit B. Penurunan jumlah limfosit ini mengurangi kemampuan tubuh untuk melawan infeksi dan merespons antigen dengan baik.

3) Penurunan Respon Antibodi

Antibodi adalah protein yang dihasilkan oleh sel-sel B dalam respons terhadap antigen (bakteri dan virus). Defisiensi sel dapat mempengaruhi produksi dan fungsi sel-sel B. Akibatnya, respon antibodi terhadap infeksi dapat terganggu. Defisiensi sel juga dapat mempengaruhi kemampuan sel-sel B untuk memproduksi kelas dan jenis antibodi yang berbeda sehingga mempengaruhi kemampuan tubuh untuk melawan patogen spesifik.

4. Metode Pengukuran Asupan

Pengukuran konsumsi pangan bertujuan untuk memberikan informasi tentang kondisi asupan zat gizi individu, keluarga, dan masyarakat baik pada saat ini maupun masa lalu. Informasi tentang kualitas dan kuantitas asupan zat gizi saat ini dan masa lalu adalah cerminan untuk status gizi masa yang akan datang (Sirajuddin *et al.*, 2018). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur konsumsi pangan individu maupun kelompok yaitu sebagai berikut.

1) Metode Ingatan Makanan (*Food Recall*)

Metode *food recall* merupakan suatu teknik survei yang meminta subjek untuk mengingat semua makanan dan minuman yang mereka konsumsi selama 24 jam terakhir. Metode ini fleksibel dilakukan di berbagai lokasi dan dapat memberikan informasi dengan cepat. Metode ini menggunakan foto makanan sebagai alat bantu

minimal dalam tujuan skrining asupan gizi individu (Sirajuddin *et al.*, 2018).

2) Metode Penimbangan Makanan (*Food Weighing*)

Metode *food weighing* adalah metode penimbangan makanan sebelum dan setelah dikonsumsi untuk menghitung jumlah makanan yang dikonsumsi. Metode ini tidak dapat diterapkan secara praktis di masyarakat karena perbedaan waktu makan antar rumah tangga, dan petugas pengumpul data. Kesulitan yang dialami oleh enumerator adalah pengumpulan data secara efektif (Sirajuddin *et al.*, 2018).

3) Metode Pencatatan Makanan (*Food Record*)

Metode *food record* yaitu metode yang melibatkan subjek secara aktif untuk mencatat semua makanan dan minuman yang mereka konsumsi selama periode waktu tertentu. Konsistensi dan kelengkapan pencatatan sangat perlu diperhatikan agar informasi yang dikumpulkan dapat akurat. Metode ini dilakukan selama beberapa hari (5-7 hari) dan subjek harus dalam kondisi sehat untuk menjalankan pencatatan dengan baik (Sirajuddin *et al.*, 2018).

4) Metode Riwayat Makanan (*Food History*)

Metode *food history* adalah penelusuran informasi tentang riwayat makan subjek. Metode ini memeriksa kebiasaan makan subjek melalui pengamatan selama satu bulan atau lebih untuk mendapatkan informasi tentang cara membeli, mengolah, dan mengonsumsi makanan dalam kehidupan sehari-hari (Sirajuddin *et al.*, 2018).

5) Metode Frekuensi Makan (*Food Frequency Questionnaire*)

Metode *food frequency questionnaire* bertujuan untuk menentukan kekerapan konsumsi makanan subjek. Metode ini mengumpulkan informasi tentang seberapa sering subjek mengonsumsi jenis makanan tertentu dalam periode waktu tertentu. Metode ini tidak memberikan informasi langsung tentang tingkat asupan gizi. Data yang dikumpulkan yaitu makanan yang paling sering dikonsumsi. Metode ini memerlukan persiapan yang teliti, termasuk survei awal mengenai makanan dan minuman yang tersedia di lokasi survei (Sirajuddin *et al.*, 2018).

6) Metode Frekuensi Makan Semi Kuantitatif (*Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire/SQ-FFQ*)

Metode SQ-FFQ merupakan metode frekuensi makanan yang dimodifikasi dengan memperkirakan ukuran rumah tangga dalam gram. Skor zat gizi dihitung berdasarkan frekuensi konsumsi makanan dan data komposisi makanan. Metode ini berguna untuk mengetahui asupan energi dan zat gizi tertentu. Data yang diperoleh dapat dikonversikan menjadi asupan energi dan zat gizi dengan mengalikan fraksi ukuran porsi makanan dengan kandungan energi atau zat gizi yang terdaftar dalam daftar komposisi bahan makanan yang sesuai (Sirajuddin *et al.*, 2018).

Metode SQ-FFQ memiliki kelebihan dalam keakuratan daftar bahan makanan dan minuman yang tercantum dalam formulirnya.

Pendekatan sistematis dengan pertanyaan tertutup membantu mengurangi kesalahan estimasi konsumsi. Metode ini juga pelaksanaannya sederhana dan memungkinkan pengumpulan data yang cepat dalam setiap pertemuan dengan subjek (Sirajuddin *et al.*, 2018).

5. Hubungan Antar Variabel

a. Hubungan Asupan Seng dan Status Seng dengan Kejadian Stunting

Prevalensi stunting berkaitan positif dengan kejadian defisiensi seng. Defisiensi seng telah menjadi sorotan sebagai penyebab terjadinya stunting (WHO, 2002). Selain berhubungan dengan pertumbuhan linier anak, seng juga memiliki pengaruh penting terhadap integritas sistem kekebalan tubuh (Agustian *et al.*, 2009; Sloane, 2003).

Seng memiliki peran penting dalam menunjang pertumbuhan salah satunya dalam regulasi hormon tiroid. Hormon tiroid thyroxine (T4) perlu diubah menjadi bentuk aktifnya yaitu triiodothyronine (T3) melalui aksi enzim 5-deiodinase. Dalam aktivitas enzim ini, seng berperan sebagai kofaktor penting (Baltaci *et al.*, 2019). T3 mempengaruhi sintesis protein, laju metabolisme basal, dan perkembangan tulang serta sistem saraf. Pertumbuhan yang optimal membutuhkan keseimbangan hormon tiroid dengan ketersediaan cukup seng untuk mendukung aktivitas enzim 5-deiodinase. Kekurangan seng dalam diet dapat mengganggu konversi T4 menjadi T3 dan berpotensi menghambat pertumbuhan (Gropper *et al.*, 2022).

Peran seng juga sangat penting dalam melawan infeksi bakteri melalui mekanisme antioksidan yang dilakukan oleh metallothionein yang kaya akan sistein (MTs). Seng berfungsi sebagai antioksidan dan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif yang dapat disebabkan oleh bakteri. Selain itu, seng juga berperan dalam regulasi gen dan fungsi sel imun, termasuk sel T dan sel B. Kekurangan seng dapat menyebabkan penurunan jumlah dan fungsi sel-sel imun, mengganggu produksi antibodi, dan melemahkan respons imun terhadap infeksi (Prasad, 2008).

Seng memiliki peran penting dalam mengaktifkan hormon tiroid, mempengaruhi pertumbuhan tubuh, dan meningkatkan fungsi sistem kekebalan tubuh. Oleh karena itu, kekurangan seng dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan menurunkan daya tahan tubuh terhadap infeksi. Penting untuk memastikan asupan seng yang cukup dalam makanan untuk mendukung kesehatan dan pertumbuhan yang optimal sebagai upaya pencegahan terjadinya stunting.

b. Hubungan Asupan Protein dengan Kejadian Stunting

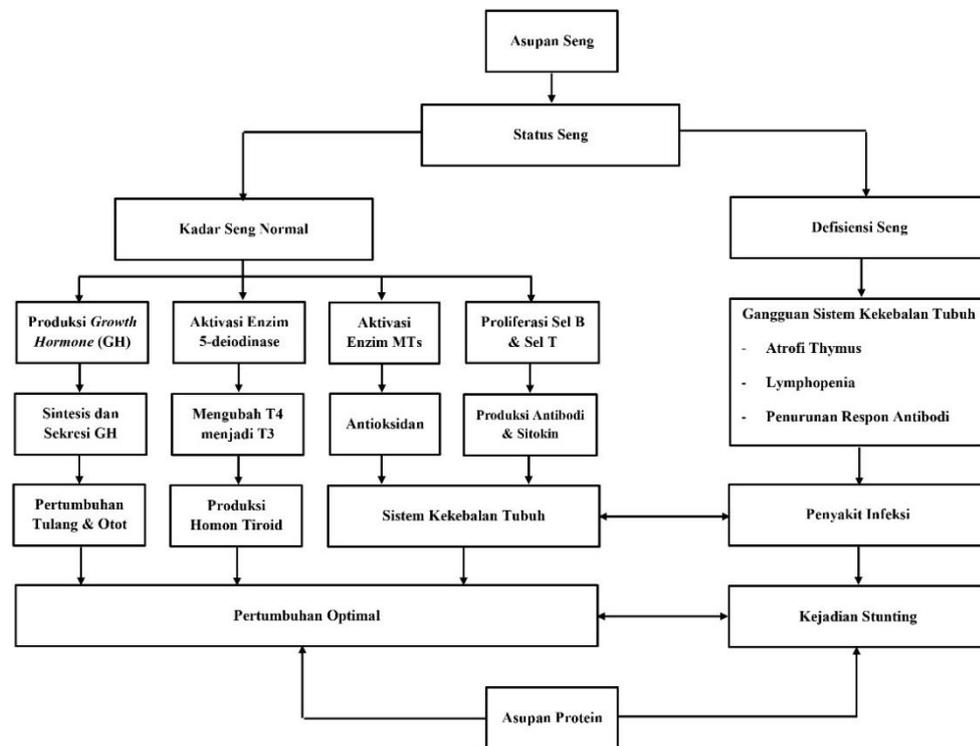
Asupan protein berperan penting dalam penyerapan seng di dalam tubuh (Gibson *et al.*, 1991). Protein berfungsi sebagai pengangkut seng dan ligan yang meningkatkan penyerapan seng. Fungsi ini terkait peran asam amino dalam membantu memecah ikatan antara seng dan protein. Asam amino seperti *cysteine* dan *methionine* berperan dalam membentuk senyawa seng-amino yang lebih mudah diserap oleh usus.

Asam amino (glutamat, aspartat, dan histidin) juga dapat mempengaruhi pH dalam usus. Pengaturan pH ini dapat meningkatkan efisiensi penyerapan seng oleh dinding usus (Lonnerdal, 2000).

Asupan protein juga berperan penting dalam pencegahan terhadap stunting. Protein merupakan komponen penting dalam proses pertumbuhan dan pembentukan jaringan tubuh, termasuk pertumbuhan tulang, kulit, otot, dan organ lainnya. Protein juga berperan dalam proses perbaikan dan regenerasi jaringan tubuh yang rusak, serta beberapa jenis protein (antibodi) berperan dalam melawan infeksi dan penyakit (Almatsier, 2015).

Kekurangan asupan protein dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan yang mempengaruhi tinggi badan anak (Bender, 2002). Dalam rangka pencegahan stunting dan mencapai pertumbuhan yang optimal, penting untuk menjaga keseimbangan gizi dengan mengonsumsi makanan yang beragam dan bergizi, termasuk protein.

B. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori

Sumber: Modifikasi dari Prasad (2008); Hidayati *et al.* (2010), Rink (2011), Gropper *et al.* (2022).