

FORTIFIKASI ZAT BESI PADA PRODUK PANGAN SEBAGAI STRATEGI GIZI UNTUK IBU HAMIL DAN BAYI: *LITERATURE REVIEW*

Gusmon Sidik¹⁾, Moh Haifan²⁾, Shinta Leonita¹⁾, Tri Ulfa Agustiyani³⁾, Shendy Human Ari Nata⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan

E-mail: gusmonsidik@iti.ac.id

²⁾ Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan

³⁾ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi

⁴⁾ Program Studi Teknologi Pangan, Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Bali, Denpasar

Abstrak

Anemia defisiensi zat besi merupakan salah satu masalah gizi utama di dunia, termasuk di Indonesia, yang berdampak serius pada kesehatan ibu dan anak. Pada ibu hamil, kondisi ini meningkatkan risiko kelahiran prematur, bayi dengan berat lahir rendah, serta komplikasi kehamilan. Sementara itu, pada bayi dan balita, anemia berpotensi menyebabkan gangguan pertumbuhan, keterlambatan perkembangan kognitif, dan penurunan kualitas hidup jangka panjang. Kajian literatur ini bertujuan menyoroti pentingnya asupan zat besi selama kehamilan dan masa pertumbuhan awal, sekaligus mengevaluasi efektivitas fortifikasi pangan sebagai strategi intervensi gizi dengan menelaah publikasi ilmiah periode 2017–2024. Hasil kajian menunjukkan bahwa fortifikasi pangan, seperti pada tepung terigu dan beras, terbukti efektif meningkatkan asupan zat besi. Inovasi fortifikasi melalui makanan pendamping ASI, produk formula bayi, bubuk mikronutrien, serta garam beriodium yang diperkaya besi, juga menunjukkan penurunan prevalensi anemia apabila memiliki formulasi stabil dan dapat diterima konsumen. Penerapan teknologi modern, seperti penggunaan senyawa dengan bioavailabilitas tinggi dan teknik enkapsulasi, semakin meningkatkan efektivitas fortifikasi meskipun pada pola makan tinggi zat penghambat penyerapan besi. Namun, implementasi di Indonesia masih menghadapi tantangan, terutama terkait dukungan regulasi, keterjangkauan, dan edukasi masyarakat. Secara keseluruhan, fortifikasi zat besi merupakan strategi gizi yang efektif dan berbiaya relatif rendah, tetapi memerlukan integrasi dengan suplementasi terarah, edukasi gizi, serta sistem pemantauan mutu agar mampu memberikan dampak optimal terhadap kesehatan ibu dan anak.

Kata kunci: anemia, zat besi, fortifikasi pangan, malnutrisi

Pendahuluan

Zat besi merupakan salah satu mikronutrien esensial yang sangat penting bagi kesehatan ibu hamil dan perkembangan bayi. Kekurangan zat besi, atau Anemia Defisiensi Besi (ADB), masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat terbesar di dunia, khususnya di negara berpendapatan rendah dan menengah. Anemia pada wanita usia reproduktif masih menjadi masalah kesehatan global dengan distribusi beban yang tidak merata antarwilayah. Data terbaru menunjukkan bahwa kawasan Asia Tenggara dan Afrika menyumbang lebih dari 60% total kasus anemia pada wanita usia 15–49 tahun, dengan masing-masing 256,6 juta dan 110 juta kasus [1]. Sementara itu, kawasan lain seperti Pasifik Barat (72,5 juta), Mediterania Timur (72,2 juta), Amerika (47,4 juta), dan Eropa (44,8 juta) memiliki angka yang lebih rendah. Tingginya prevalensi di Asia Tenggara dan Afrika mencerminkan tantangan gizi, sosial-ekonomi, serta keterbatasan akses layanan kesehatan, sehingga intervensi berbasis fortifikasi dan suplementasi zat besi perlu diprioritaskan di kedua kawasan tersebut [1]. Mayoritas ibu hamil dan anak-anak mengalami defisiensi zat besi yang berdampak pada gangguan fisik, kognitif, serta peningkatan risiko kematian ibu dan perinatal. Pada ibu hamil, kekurangan zat besi berisiko menimbulkan komplikasi serius seperti kelahiran prematur, bayi berat lahir rendah, dan gangguan perkembangan otak janin. Defisiensi sejak dini juga dapat menghambat tumbuh kembang anak serta menyebabkan keterlambatan kognitif jangka panjang. Selain itu, perubahan ambang batas hemoglobin terbaru menuntut strategi intervensi gizi yang lebih adaptif sesuai konteks lokal.

Berbagai intervensi telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini. Suplementasi zat besi terbukti dapat menurunkan risiko kematian ibu dan perinatal di daerah dengan prevalensi anemia

tinggi. Namun, fortifikasi pangan dinilai lebih ekonomis dan berkelanjutan karena mampu menjangkau populasi luas tanpa memerlukan perubahan signifikan dalam pola konsumsi. Fortifikasi pangan skala besar (*Large-Scale Food Fortification/LSFF*) telah terbukti meningkatkan asupan zat besi populasi. Kebijakan fortifikasi wajib di Indonesia pada tepung terigu dengan zat besi, asam folat, dan seng (Zn) telah diterapkan, meskipun masih terdapat tantangan terkait konsistensi kadar fortifikasi dan kepatuhan industri. Selain itu, beras fortifikasi mulai dikembangkan sebagai kendaraan fortifikasi potensial mengingat tingginya konsumsi beras dalam masyarakat [2].

Teknologi fortifikasi melibatkan penambahan senyawa zat besi dengan bioavailabilitas tinggi, seperti *ferrous sulfate*, *ferrous fumarate*, atau *ferric pyrophosphate*, pada bahan pangan pokok. Inovasi teknologi enkapsulasi juga digunakan untuk mencegah perubahan rasa dan warna pada produk yang difortifikasi. Bukti ilmiah terkini menunjukkan bahwa fortifikasi makanan pendamping ASI (MP-ASI) dan produk formula bayi yang diperkaya zat besi dapat menurunkan prevalensi anemia pada anak usia 6–23 bulan [3]. Selain itu, penggunaan bubuk mikronutrien (*Micronutrient Powder/MNP* atau Taburia) di Indonesia telah menunjukkan penerimaan cukup baik, meskipun masih terdapat tantangan perubahan rasa atau warna yang perlu diatasi melalui edukasi kepada orang tua agar kepatuhan tetap terjaga.

Inovasi fortifikasi lain, seperti garam beriodium-berbesi (*double-fortified salt*), juga menjanjikan dalam menurunkan prevalensi anemia. Pengalaman dari beberapa negara menunjukkan bahwa penghentian konsumsi pangan fortifikasi dapat menyebabkan prevalensi anemia kembali meningkat, sehingga konsumsi berkelanjutan sangatlah penting [4]. Selain itu, di wilayah endemis malaria, intervensi zat besi perlu dirancang secara hati-hati karena suplementasi zat besi berpotensi meningkatkan risiko infeksi malaria, tergantung kondisi imunitas individu. Pemenuhan kebutuhan zat besi selama kehamilan dan masa bayi merupakan aspek krusial untuk meningkatkan kualitas kesehatan generasi mendatang. Kajian literatur ini bertujuan menganalisis peran zat besi bagi kesehatan ibu hamil dan bayi serta meninjau efektivitas fortifikasi pangan dalam meningkatkan status gizi dan menurunkan prevalensi anemia, sekaligus melihat potensi dan tantangannya dalam pencegahan stunting.

Studi Pustaka

Anemia Defisiensi Zat besi

Anemia defisiensi zat besi merupakan suatu kondisi ketika kadar zat besi dalam tubuh rendah dan menyebabkan terjadinya anemia, yang ditandai dengan terbentuknya sel darah merah berukuran kecil (mikrositik) dan pucat (hipokromik). Defisiensi zat besi ditandai dengan berkurangnya cadangan zat besi sebelum berkembang menjadi anemia, sedangkan anemia defisiensi besi ditandai dengan rendahnya kadar zat besi disertai sel darah merah mikrositik hipokromik [5]. Anemia masih menjadi masalah kesehatan global yang serius, kondisi ini paling banyak dialami oleh ibu hamil, anak balita, dan remaja putri, yang berakibat pada risiko tinggi kematian ibu dan bayi, gangguan tumbuh kembang, keterlambatan kognitif, serta penurunan produktivitas. Karena besarnya dampak ini, penentuan batas kadar hemoglobin yang tepat sangat penting untuk memastikan diagnosis anemia akurat dan intervensi gizi lebih efektif [6]. Batasan kadar Hemoglobin untuk menentukan tingkat keparahan anemia pada individu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Hemoglobin untuk Menentukan Tingkat Keparahannya Anemia pada Individu

| Populasi | Tidak Anemia (g/L) | Anemia Ringan (g/L) | Anemia Sedang (g/L) | Anemia Berat (g/L) |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Anak, 6–23 bulan | ≥105 | 95–104 | 70–94 | <70 |
| Anak, 24–59 bulan | ≥110 | 100–109 | 70–99 | <70 |
| Anak, 5–11 tahun | ≥115 | 110–114 | 80–109 | <80 |
| Anak, 12–14 tahun, perempuan tidak hamil | ≥120 | 110–119 | 80–109 | <80 |
| Anak, 12–14 tahun, laki-laki | ≥120 | 110–119 | 80–109 | <80 |
| Dewasa, 15–65 tahun, perempuan tidak hamil | ≥120 | 110–119 | 80–109 | <80 |
| Dewasa, 15–65 tahun, laki-laki | ≥130 | 110–129 | 80–109 | <80 |

| Populasi | Tidak Anemia (g/L) | Anemia Ringan (g/L) | Anemia Sedang (g/L) | Anemia Berat (g/L) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Kehamilan – Trimester I | ≥110 | 100–109 | 70–99 | <70 |
| Kehamilan – Trimester II | ≥105 | 95–104 | 70–94 | <70 |
| Kehamilan – Trimester III | ≥110 | 100–109 | 70–99 | <70 |

Batas kadar hemoglobin yang digunakan untuk mendefinisikan anemia relatif seragam di seluruh dunia. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa ambang batas lama tidak selalu sesuai dengan kondisi fisiologis dan epidemiologis di berbagai populasi. Faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, kehamilan, status gizi, penyakit kronis, hingga ketinggian tempat tinggal memengaruhi kadar hemoglobin normal seseorang [6]. Oleh sebab itu, diperlukan penyesuaian nilai ambang batas agar dapat menggambarkan status kesehatan secara lebih akurat. Pembaruan ambang batas hemoglobin menjadi dasar penting dalam upaya global menurunkan prevalensi anemia. Adanya penerapan standar yang lebih kontekstual, intervensi gizi dapat diarahkan secara lebih efektif untuk meningkatkan kesehatan ibu, bayi, dan anak. Jika diadopsi secara konsisten oleh negara, langkah ini berpotensi besar memperbaiki kualitas kesehatan masyarakat dan mendukung tercapainya generasi yang lebih sehat di masa depan.

Fortifikasi Pangan di Indonesia

Indonesia telah menerapkan fortifikasi wajib pada garam, tepung terigu, dan minyak goreng sawit, didukung oleh komitmen politik dan regulasi yang kuat. Namun, analisis menunjukkan masih ada tantangan signifikan, terutama terkait koordinasi, pengawasan, dan konsistensi regulasi. Meski proporsi besar dari produk-produk tersebut sudah difortifikasi, fortifikasi belum secara nyata menurunkan prevalensi anemia atau mengatasi kekurangan iodium pada kelompok rentan. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan dalam implementasi, pemantauan, serta integrasi kebijakan lintas sektor [2]. Temuan utama mencakup perbedaan kapasitas industri, pabrik besar mampu memproduksi produk fortifikasi dengan standar baik, sementara banyak usaha kecil, khususnya penggilingan beras dan produsen garam skala kecil, belum memiliki kemampuan teknis yang memadai. Kerangka regulasi untuk fortifikasi tepung terigu relatif jelas, sedangkan untuk garam masih membingungkan dan tidak lengkap. Selain itu, pemantauan mutu dan kepatuhan oleh BPOM dan Kementerian Perindustrian seringkali tumpang tindih dan kurang terkoordinasi, dengan data cakupan dan dampak fortifikasi yang masih sangat terbatas.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan menelaah berbagai sumber pustaka yang relevan terkait topik penelitian. Literatur dikumpulkan dari beberapa basis data daring seperti Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci yang disesuaikan dengan fokus penelitian. Batasan literatur yang digunakan adalah publikasi dalam rentang tahun 2017–2024, berbahasa Indonesia maupun Inggris, serta berbentuk artikel jurnal, prosiding, dan e-book yang dapat diakses secara penuh. Pendekatan kualitatif merupakan pilihan yang tepat karena memungkinkan sintesis beragam perspektif dari artikel ilmiah yang sudah ada, sehingga mencerminkan wawasan yang mendalam tentang subjek yang dibahas [7].

Proses seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu identifikasi awal, penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, serta penentuan kelayakan berdasarkan kesesuaian isi dengan tujuan penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian dianalisis secara mendalam menggunakan pendekatan analisis tematik untuk menemukan pola, tren, serta kesenjangan penelitian. Hasil telaah ini kemudian disintesis secara naratif untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan penelitian di bidang yang dikaji.

Hasil dan Pembahasan

Zat Besi

Zat besi merupakan salah satu mikronutrien yang sangat penting bagi tubuh, khususnya selama kehamilan dan masa pertumbuhan awal bayi. Zat besi berperan dalam pembentukan

hemoglobin (Hb), yaitu komponen utama sel darah merah yang bertugas mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Kekurangan zat besi menyebabkan anemia defisiensi besi (ADB), yang menurunkan kemampuan darah membawa oksigen sehingga berdampak pada fungsi kognitif, performa kerja, dan pada ibu hamil dapat menimbulkan komplikasi seperti kelahiran prematur, bayi berat lahir rendah, serta peningkatan risiko kematian ibu dan perinatal [8]. Penelitian tersebut juga menyoroti bahwa anak-anak yang mengalami kekurangan zat besi pada usia dini berisiko mengalami keterlambatan perkembangan otak permanen.

Dampak dari defisiensi ini sangat signifikan, baik dari sisi kesehatan maupun ekonomi. Selain meningkatkan angka kematian ibu dan bayi, kekurangan zat besi juga menurunkan produktivitas kerja dan menambah beban ekonomi negara. Zat besi tidak hanya penting dari perspektif kesehatan, tetapi juga sangat relevan secara sosial dan ekonomi, serta mendukung fortifikasi sebagai salah satu solusi paling efektif dan efisien untuk mengatasi defisiensi zat besi di berbagai negara. Zat besi diidentifikasi sebagai faktor kunci yang berhubungan dengan anemia dan kesehatan plasenta selama kehamilan. Zat besi tidak hanya penting untuk pembentukan darah, tetapi juga berperan dalam mendukung pertumbuhan janin yang optimal. Kekurangan zat besi dapat memperburuk kondisi seperti infeksi malaria pada ibu hamil, karena dapat meningkatkan risiko peradangan plasenta dan menurunkan berat lahir. Zat besi di daerah endemis malaria harus dilakukan dengan hati-hati, karena beberapa bentuk suplemen dapat meningkatkan risiko infeksi jika tidak disertai dengan langkah pengendalian penyakit [9].

Zat besi merupakan zat gizi esensial yang harus dipenuhi, terutama bagi kelompok rentan seperti ibu hamil dan bayi. Kekurangannya dapat menimbulkan konsekuensi serius, baik secara biologis maupun sosial ekonomi. Pengobatan anemia yang berhasil dengan terapi zat besi oral berkaitan dengan penurunan risiko kelahiran prematur dan preeklamsia. Wanita dengan anemia refrakter menunjukkan hasil yang serupa dengan mereka yang tidak diobati, sehingga menekankan pentingnya pemantauan respons terhadap terapi zat besi selama kehamilan [9].

Teknologi Fortifikasi Zat Besi pada Produk Pangan

Fortifikasi zat besi merupakan strategi utama untuk mengatasi defisiensi zat besi di masyarakat, khususnya pada ibu hamil dan anak-anak. Teknologi ini bertujuan menambahkan zat besi ke dalam pangan pokok seperti garam, tepung terigu, atau beras tanpa mengubah rasa, warna, maupun tekstur pangan tersebut. Fortifikasi merupakan proses teknis yang kompleks, pemilihan senyawa zat besi sangat memengaruhi efektivitas dan penerimaan produk [8]. Misalnya, senyawa seperti *ferrous sulfate* memiliki bioavailabilitas tinggi (mudah diserap tubuh), tetapi dapat menyebabkan perubahan warna dan rasa pada pangan. Mengatasi hal ini, digunakan teknik enkapsulasi, yaitu melapisi zat besi dengan bahan tertentu seperti minyak terhidrogenasi atau stearat agar tidak bereaksi dengan komponen pangan. Teknologi ini telah berhasil diterapkan pada produk seperti garam dan tepung, termasuk menghasilkan garam ganda terfortifikasi yang diperkaya dengan iodium sekaligus zat [8].

Fortifikasi pangan berbasis sumber alami merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan kandungan zat gizi sekaligus memperkaya nilai fungsional produk. Penggunaan jamur tiram putih sebagai sumber zat besi hingga 25% dalam roti tawar mampu meningkatkan kandungan mineral, khususnya zat besi, kalsium, dan fosfor. Selain itu, karakteristik kimia yang dihasilkan, seperti kadar protein, lemak, dan karbohidrat, masih sesuai dengan standar mutu roti tawar. Penambahan jamur tiram putih sebagai fortifikan alami terbukti efektif meningkatkan kandungan zat besi dan mineral lain tanpa menurunkan kualitas sensori roti tawar secara signifikan [10]. Fortifikasi berbasis sumber hewani, khususnya hati ayam, menawarkan alternatif yang terjangkau dan kaya zat besi dengan bioavailabilitas tinggi. Aspek edukasi dan pemberdayaan masyarakat juga penting dalam mengedukasi masyarakat. Melalui pelatihan kepada ibu balita, pengetahuan dan keterampilan dalam mengolah hati ayam sebagai bahan fortifikasi MP-ASI meningkat secara signifikan. Pemanfaatan hati ayam sebagai sumber fortifikasi zat besi dalam MP-ASI tidak hanya berkontribusi pada perbaikan gizi balita, tetapi juga meningkatkan literasi gizi keluarga serta peluang ekonomi masyarakat [11].

Penggunaan Fe-sulfat, Fe-fumarat, dan NaFeEDTA pada berbagai produk berbasis tepung terigu menunjukkan bahwa meskipun terdapat sedikit perubahan pada warna, aroma, atau tekstur (misalnya cookies lebih keras dengan Fe-EDTA), perbedaan tersebut relatif kecil. Fe-fumarat merupakan jenis fortifikan yang direkomendasikan karena menghasilkan perubahan sensori paling minimal dibandingkan fortifikan lain. Fe-fumarat dinilai sebagai fortifikan yang paling sesuai untuk produk berbasis terigu karena memberikan keseimbangan terbaik antara efektivitas peningkatan zat besi dan penerimaan sensori konsumen [12]. Kombinasi bahan lokal dalam fortifikasi pangan juga dapat mendukung *sustainability*. Penggunaan FeSO_4 dengan konsentrasi 45 ppm pada biskuit berbasis ubi kayu yang disuplementasi tepung ikan-tempe menghasilkan produk dengan kandungan zat besi yang tinggi, kadar air rendah, serta kestabilan oksidatif yang baik. Fortifikasi FeSO_4 pada biskuit ubi kayu dengan tambahan tepung ikan-tempe efektif meningkatkan kandungan zat besi dan menghasilkan produk dengan kualitas sensori yang cukup baik untuk diterima pasar [13].

Jagung bise instan yang difortifikasi dengan 424,96 mg EDTA-FeNa $3\text{H}_2\text{O}$ efektif meningkatkan kadar hemoglobin remaja putri sebesar 1,73 g/dL, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (0,93 g/dL) [14]. Formula terbaik (F3) juga dinilai layak secara sensori sehingga berpotensi diterima konsumen. Adanya perbaikan status besi menunjukkan bahwa fortifikasi berbasis pangan lokal dapat menjadi strategi kontekstual dalam penanganan anemia remaja. Selain itu, penelitian pada banana flake terfortifikasi menunjukkan bahwa asam folat kurang stabil dibandingkan zat besi selama proses pemanggangan, namun keduanya tidak menimbulkan interaksi negatif. Fortifikasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan gizi maupun sifat sensori produk. Secara keseluruhan, banana flake terfortifikasi tetap tinggi serat, zat besi, dan asam folat, rendah lemak, serta diterima baik oleh konsumen [15].

Fortifikasi vitamin A dan FeSO_4 pada tepung ubi kayu tidak memengaruhi kadar air maupun derajat putih, namun mampu meningkatkan kandungan zat besi dan vitamin A. Aplikasi pada flakes menunjukkan warna dan kadar vitamin A tetap stabil, sementara kombinasi fortifikasi terbukti meningkatkan bioaksesibilitas zat besi secara signifikan, dengan produk yang tetap diterima secara organoleptik [16]. Selanjutnya, penelitian pada formulasi bubuk MP-ASI instan menunjukkan bahwa sampel A paling mendekati standar SNI dengan densitas kamba 0,90 g/ml, indeks penyerapan air 2,04, kadar air 6,62%, kadar abu 3,02%, lemak kasar 0,67%, protein kasar 2,41%, serta kandungan Fe 4,48 mg/100 g. Penambahan tepung kalakai pada bubur bayi terbukti memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kadar Fe sehingga berpotensi menjadi alternatif fortifikan alami yang mendukung perbaikan gizi [17]. Sejalan dengan itu, fortifikasi pada cookies ubi jalar kuning dengan penambahan NaFeEDTA hingga 200 ppm menghasilkan kadar besi tertinggi sebesar 53,42 ppm dan beta karoten sebesar 129,72 ppm. Produk cookies fortifikasi ini diterima panelis dengan warna, aroma, dan tekstur setara dengan kontrol, bahkan dari segi rasa lebih disukai, sehingga penambahan 200 ppm NaFeEDTA dinilai mampu meningkatkan kandungan gizi tanpa menurunkan kualitas sensori [18]. Fortifikasi zat besi adalah strategi efektif dan ekonomis untuk menurunkan prevalensi anemia, dengan syarat pemilihan senyawa besi yang tepat, penerapan teknologi yang sesuai, serta dukungan regulasi dan edukasi agar dapat diterima masyarakat secara luas.

Efektivitas Fortifikasi Zat Besi terhadap Status Gizi Ibu dan Bayi

Beberapa studi di Indonesia menunjukkan bahwa fortifikasi zat besi, vitamin A, iodium, maupun multinutrien pada berbagai produk pangan seperti permen, biskuit, bihun, mi instan, susu, beras, garam, telur, minyak, dan makanan bayi memberikan hasil yang beragam terhadap status gizi ibu hamil dan anak. Fortifikasi zat besi terbukti meningkatkan kadar hemoglobin dan feritin, sementara fortifikasi vitamin A efektif menaikkan kadar serum retinol meskipun hasil berbeda antar wilayah. Fortifikasi iodium pada telur meningkatkan ekskresi iodium urin, sedangkan pada garam hasilnya tidak selalu konsisten. Intervensi multinutrien melalui biskuit, susu, dan bihun dapat meningkatkan hemoglobin serta mendukung pertumbuhan linear anak, meski pada beberapa studi tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan kelompok kontrol. Secara keseluruhan, fortifikasi

pangan berpotensi menurunkan anemia dan mendukung pertumbuhan anak, namun efektivitasnya dipengaruhi oleh jenis fortifikan, produk pangan, serta konteks pelaksanaan di lapangan [19].

Parameter biokimia yang paling sering diukur adalah hemoglobin dan serum retinol, sementara ukuran antropometri utama adalah tinggi atau panjang badan menurut usia. Hasil kajian menunjukkan bahwa fortifikasi pangan efektif meningkatkan kadar hemoglobin dan feritin serum serta menurunkan prevalensi anemia pada bayi, anak, dan balita. Pada ibu hamil, fortifikasi zat besi dapat menurunkan risiko kelahiran prematur dan bayi berat lahir rendah. Namun, perbedaan hasil antara uji klinis terkontrol (RCT) dan studi efektivitas menunjukkan perlunya interpretasi hati-hati, terutama pada fortifikasi skala besar. Fortifikasi tepung terigu dengan zat besi di Indonesia diwajibkan sejak 2001, sementara fortifikasi beras baru mulai dipromosikan BULOG pada 2019 [20].

Keluaran antropometri menunjukkan bahwa defisiensi zat besi berhubungan erat dengan kejadian stunting, karena zat besi berperan dalam pertumbuhan tulang melalui pembentukan kolagen dan metabolisme vitamin D. Kekurangan zat besi dapat mengganggu homeostasis tulang dengan memengaruhi aktivitas osteoklas dan osteoblas [21]. Studi menemukan bahwa fortifikasi zat besi pada makanan bayi dapat meningkatkan panjang badan menurut usia, meskipun hasil di beberapa negara lain menunjukkan peningkatan status zat besi tanpa perubahan signifikan pada tinggi badan [22]. Efek fortifikasi lebih nyata pada individu dengan anemia dibandingkan kondisi normal. Secara keseluruhan, fortifikasi multivitamin memberikan dampak positif terhadap status gizi dan pertumbuhan linear, meskipun pada anak hasilnya belum selalu signifikan. Hasil yang beragam ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan durasi intervensi, jenis bahan pangan yang digunakan sebagai kendaraan fortifikasi, kelompok sasaran, serta kondisi defisiensi mikronutrien yang sudah ada sebelumnya [22].

Fortifikasi tepung terigu dengan zat besi, asam folat, dan seng (Zn) telah diterapkan sejak awal 2000-an, namun efektivitasnya masih menghadapi kendala terkait konsistensi kadar fortifikan dan kepatuhan industri dalam implementasi kebijakan [2]. Upaya lain yang kini dikembangkan adalah fortifikasi beras, mengingat beras merupakan pangan pokok dengan tingkat konsumsi yang sangat tinggi di masyarakat, diharapkan jangkauan intervensi gizi ini akan lebih luas dan merata. Selain pangan pokok, fortifikasi MP-ASI dan produk formula bayi yang diperkaya zat besi di Indonesia mampu menurunkan prevalensi anemia pada anak usia 6–23 bulan [3]. Inovasi fortifikasi lainnya adalah penggunaan garam beriodium berbesi atau *Double-Fortified Salt* (DFS) menawarkan potensi ganda dalam mencegah defisiensi zat besi sekaligus gangguan akibat kekurangan iodium. Studi acak terkontrol di India dan ulasan sistematis menunjukkan bahwa konsumsi DFS dapat memperbaiki status besi dan menurunkan prevalensi anemia, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada stabilitas formulasi dan penerimaan organoleptik masyarakat. Tantangan teknis terkait stabilitas iodium dalam garam serta penerimaan rasa masih perlu diatasi agar DFS dapat diadopsi secara luas [4].

Meskipun fortifikasi pangan di Indonesia menunjukkan hasil menjanjikan dalam meningkatkan status gizi serta menurunkan prevalensi anemia, defisiensi zat besi, dan defisiensi vitamin A, dibutuhkan studi dengan durasi lebih panjang dan sampel besar untuk menilai efektivitasnya terhadap peningkatan tinggi badan dan pencegahan stunting.

Kesimpulan

Zat besi berperan penting dalam pembentukan hemoglobin dan transportasi oksigen, sehingga pemenuhannya sangat krusial bagi ibu hamil dan bayi. Defisiensinya berdampak serius, mulai dari kelahiran prematur, bayi berat lahir rendah, gangguan kognitif, hingga peningkatan risiko kematian ibu dan perinatal. Fortifikasi pangan dengan zat besi terbukti menjadi strategi efektif dan hemat biaya, dengan syarat pemilihan senyawa yang tepat, penerapan teknologi sesuai, serta dukungan edukasi dan regulasi. Berbagai studi menunjukkan bahwa fortifikasi pangan mampu meningkatkan kadar hemoglobin dan feritin serta menurunkan prevalensi anemia, meski hasil pada pertumbuhan linear belum selalu signifikan. Efektivitas fortifikasi dipengaruhi oleh jenis fortifikan, produk pangan, kelompok sasaran, serta kondisi gizi awal populasi. Fortifikasi zat besi memiliki

potensi besar untuk memperbaiki status gizi ibu dan anak, namun dibutuhkan penelitian jangka panjang dengan cakupan luas untuk memastikan perannya dalam pencegahan stunting.

Daftar Pustaka

- [1] World Health Organization (WHO). (2025). WHO Global Anaemia Estimates. World Health Organization.
- [2] UNICEF Indonesia. (2023). Landscape Analysis of Large-Scale Food Fortification in Indonesia. UNICEF Indonesia. Jakarta.
- [3] Csölle, I., R. Felső, É. Szabó, M. I. Metzendorf, L. Schwingshackl, T. Ferenci, dan S. Lohner. (2022). Health Outcomes Associated with Micronutrient-Fortified Complementary Foods in Infants and Young Children Aged 6–23 Months. *Lancet Child Adolesc Health*. Vol. 6: 533-544.
- [4] Larson, L. M., S. Cyriac, E. W. Djimeu, M. N. N. Mbuya, dan L. M. Neufeld. (2021). Can Double Fortification of Salt with Iron and Iodine Reduce Anemia, Iron Deficiency Anemia, Iron Deficiency, Iodine Deficiency, and Functional Outcomes? Evidence of Efficacy, Effectiveness, and Safety. *The Journal of Nutrition*. 151:15S–28S.
- [5] Camaschella, C. (2015). Iron-Deficiency Anemia. *The New England Journal of Medicine*. 372;19: 1832-1843.
- [6] World Health Organization (WHO). (2024). Guideline on Haemoglobin Cutoffs to Define Anaemia in Individuals and Populations. World Health Organization.
- [7] Singh, S., M. Kumar, A. Rawat, R. Khosla, and S. Mehendale. (2020). Social Media and its Impact on User Behavior a Methodological and Thematic Review. *Journal of Content Community and Communication*. 12: 236-249.
- [8] Hurrell, R. F. (2021). Iron Fortification Practices and Implications for Iron Addition to Salt. *The Journal of Nutrition*. 3S-14S.
- [9] Detlefs, S. E., M. D. Jochum, B. Salmanian, J. R. McKinney, dan K. M. Aagaard. (2023). The Impact of Response to Iron Therapy on Maternal and Neonatal Outcomes Among Pregnant Women with Anemia. *Am J Obstet Gynecol MFM*. 4 (2): 1-27.
- [10] Rahmatulwasyiah, A. Sukainah, dan Lahming. (2024). Fortifikasi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dalam Pengembangan Produk Roti Tawar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. Vol. 10 (2): 249-260.
- [11] Risnawati, M. T. Teheni, dan L. Jejen. (2024). Fortifikasi Zat Besi dari Hati Ayam pada Makanan Pendamping ASI. *Jurnal Riset Penelitian Universal*. Vol. 5 (1): 32-39.
- [12] Adawiyah, D. R., T. Muhandri, Subarna, dan Sugiyono. (2019). Pengaruh Fortifikasi Zat Besi Menggunakan Fe-Sulfat, Fe-Fumarat, dan Na Fe EDTA terhadap Kualitas Sensori Produk-Produk Olahan Tepung Terigu. *Jurnal Mutu Pangan*. Vol. 6 (2): 54-62.

- [13] Setyawati, R., H. Dwiyantri, dan N. Aini. (2018). Pengaruh Fortifikasi Zat Besi terhadap Sifat Kimia dan Sensori Biskuit Ubi Kayu yang Disuplementasi Tepung Ikan-Tempe. *Agritech*. Vol 38 (4): 396-403.
- [14] Gasong, L. S., E. Damayanthi, S. A. Marliyati, dan D. Martianto. (2019). Pengembangan Produk Jagung Bose Instan Diperkaya Zat Besi untuk Penanganan Anemia Remaja Putri di Kupang. IPB University. Bogor.
- [15] Ekafitri, R., N. Afifah, D. N. Surahman, N. K. I. Mayasti, F. L. Qodriah, dan W. Cahyadi. (2019). Evaluasi Stabilitas Zat Besi dan Asam Folat Serta Nilai Gizi dan Penerimaan Sensori Banana Flake. *BIOPROPAL INDUSTRI*. Vol.10 (1): 15-28.
- [16] Asterini, W., Sugiyono, H. Hoerudin, E. Prangdimurti. (2018). Pengaruh Fortifikasi Vitamin A dan Zat Besi Terenkapsulasi pada Tepung Ubi Kayu dan Aplikasinya pada Pembuatan Flakes. *Agritech*. Vol. 38 (4): 424-432.
- [17] Sholihaha, N. M., L. Agustinaa, dan A. Nugroho. (2019). Formulasi Tepung Bubur Bayi Berbahan Dasar Ubi Nagara dan Kalakai (*Stenochlaena palustris*) sebagai Bahan Fortifikasi Zat Besi dengan Flavor Alami Pisang Ambon. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. Vol.10 (2): 75-82.
- [18] Aulia, S. S., N. Rustanti, D. Y. Fitranti. (2017). Fortifikasi NaFeEDTA pada Cookies Ubi Jalar Kuning Sebagai Produk Alternatif untuk Menanggulangi Anemia Defisiensi Besi. *J. Gizi Pangan*. Vol. 12 (3): 161-168.
- [19] Dewi, N. U., and T. Mahmudiono. (2021). Effectiveness of Food Fortification in Improving Nutritional Status of Mothers and Children in Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18, 2133: 1-12.
- [20] Minister of Industry. (2001). Minister of Industry and Trade Regulation Number 153/MPP/Kep/5/2001; Minister of Industry and Trade Republic of Indonesia: Jakarta, Indonesia.
- [21] Zofkova, I., M. Davis, J. Blahos. (2017). Trace Elements Have Beneficial, as well as Detrimental Effects on Bone Homeostasis. *Physiol. Res*. 66, 391–402.
- [22] Diana, A., Mallard, S. R., Haszard, J. J., Purnamasari, D. M., Nurulazmi, I., Herliani, P. D., Nugraha, G. I., Gibson, R. S., and Houghton, L. (2017). Consumption of Fortified Infant Foods Reduces Dietary Diversity but has a Positive Effect on Subsequent Growth in Infants from Sumedang District, Indonesia. *PLoS ONE*. 12, e0175952.