

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini menghadapi tantangan serius dalam bidang gizi yang dikenal sebagai *triple burden of malnutrition*. Kondisi ini mencerminkan adanya masalah gizi yang kompleks, yaitu masih tingginya prevalensi gizi kurang seperti *stunting* dan *wasting*, meningkatnya kasus kelebihan gizi berupa obesitas, serta defisiensi zat gizi mikro yang berkontribusi pada munculnya masalah kesehatan seperti anemia (Mardhotillah, 2025). Lebih lanjut, *triple burden of malnutrition* dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait. Asupan gizi yang tidak optimal sejak kehamilan, pola makan rendah zat gizi pada masa bayi dan anak, hingga perubahan sistem pangan yang mendorong ketersediaan makanan murah, praktis, namun rendah kualitas gizi menjadi penyebab utama munculnya fenomena ini. Kondisi ini menunjukkan bahwa masalah gizi di Indonesia tidak hanya terkait dengan jumlah energi yang dikonsumsi, tetapi juga mutu dari makanan sehari – hari. Banyak orang cenderung mengonsumsi makanan olahan yang tinggi gula, garam, dan lemak, tetapi miskin vitamin dan mineral. Akibatnya, masalah gizi ganda serta kekurangan zat gizi mikro bisa terjadi bersamaan dalam waktu yang lama (Andriani et al., 2023).

Masalah kekurangan zat gizi mikro masih menjadi tantangan besar dalam pembangunan kesehatan masyarakat global. Kekurangan zat gizi mikro sering kali tidak menunjukkan gejala secara langsung, sehingga disebut sebagai *hidden hunger*, namun dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan kronis serta menurunkan kualitas hidup individu (Weffort & Lamounier, 2024). Dampaknya sangat signifikan berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan, produktivitas, serta ketahanan imun, utamanya pada kelompok rentan seperti anak-anak, remaja, ibu hamil, dan lansia. Beberapa mikronutrien yang paling sering mengalami kekurangan antara lain zat besi, folat, zink, yodium, dan vitamin A. Defisiensi pada zat-zat tersebut dapat berdampak serius, seperti terhambatnya perkembangan kognitif, gangguan pertumbuhan, munculnya komplikasi pada masa kehamilan dan kelahiran, serta meningkatnya risiko kesakitan dan kematian. Selain itu, kekurangan mikronutrien juga berhubungan dengan percepatan kerusakan mitokondria serta timbulnya penyakit degeneratif yang terkait dengan proses penuaan (Kiani et al., 2022).

Di antara berbagai zat gizi mikro, kekurangan zat besi dan zink merupakan dua masalah yang paling banyak ditemui serta memberikan dampak kesehatan yang serius. Kekurangan zat besi secara langsung berkaitan dengan anemia, yang masih tinggi pada kelompok ibu hamil dan remaja di Indonesia. Sementara itu, kekurangan zink berhubungan erat dengan pertumbuhan terhambat (*stunting*) dan melemahnya sistem kekebalan tubuh. Kedua defisiensi ini tidak hanya berimplikasi pada kesehatan individu, tetapi juga pada kualitas sumber daya manusia secara luas. Kedua mikronutrien ini memiliki peranan penting dalam berbagai fungsi biologis tubuh (Indraswari et al., 2024).

Defisiensi zat besi merupakan salah satu masalah gizi yang paling sering dijumpai di dunia, terutama pada anak-anak dan perempuan usia reproduktif yang memiliki kebutuhan zat besi lebih tinggi (Kiani et al., 2022). Zat besi berperan penting dalam pembentukan sel darah merah melalui proses sintesis hemoglobin (Hb) serta berperan dalam aktivasi beberapa enzim, termasuk enzim yang membentuk antibodi (Andriani et al., 2022). Kekurangan cadangan zat besi dapat menyebabkan anemia, yaitu kondisi ketika sel darah merah berukuran lebih kecil dan mengandung hemoglobin lebih sedikit dibandingkan sel darah merah normal. Anemia dapat menimbulkan gejala kelelahan, menurunnya kemampuan belajar dan konsentrasi, hingga meningkatkan risiko komplikasi serius pada masa kehamilan dan persalinan (Noviyanti et al., 2025).

Dampak defisiensi zat besi sangat serius, khususnya pada masa kanak-kanak dan kehamilan. Pada anak-anak, kondisi ini dapat menghambat pertumbuhan, perkembangan kognitif, kemampuan belajar, dan perilaku. Sementara itu, pada ibu hamil, anemia meningkatkan risiko komplikasi selama kehamilan dan persalinan, seperti keguguran, kelahiran prematur, berat badan lahir rendah, hingga kematian bayi saat lahir. Selain itu, bayi yang lahir dari ibu anemia berisiko mengalami defisiensi zat besi sejak dini, yang dapat menyebabkan anemia pada usia awal kehidupan serta berdampak pada terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan optimal anak (Dilantika et al., 2024).

Zink merupakan mineral esensial dalam jumlah *trace* yang berperan penting dalam metabolisme seluler dan mendukung berbagai fungsi fisiologis tubuh. Selain itu, zink juga berkontribusi dalam sintesis protein transferin, yang berfungsi sebagai pengangkut zat besi dalam tubuh. Walaupun tidak secara langsung menentukan status anemia, kecukupan asupan zink tetap penting dalam mendukung ketersediaan zat besi yang optimal untuk sintesis hemoglobin sel (Kiani et al., 2022; Sarbini et al., 2024). Zink merupakan salah satu zat gizi mikro esensial yang memiliki peran dalam menjaga fungsi sistem imun, terutama pada anak usia dini. Kecukupan asupan zink membantu tubuh dalam mempertahankan diri dari infeksi bakteri patogen, sehingga menjadi faktor penting dalam pencegahan penyakit pada balita (Kiani et al., 2022). Defisiensi zink telah dikaitkan dengan peningkatan kerentanan terhadap penyakit infeksi seperti diare dan infeksi saluran pernapasan atas, yang kerap menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada kelompok usia tersebut. Selain berdampak pada sistem imun, defisiensi zink juga memengaruhi aspek pertumbuhan dan perkembangan anak. Zink diketahui berperan dalam proses maturasi seksual, serta berkontribusi terhadap pertumbuhan linier. Oleh karena itu, kekurangan zink secara kronis dapat menjadi salah satu faktor risiko terjadinya *stunting* pada anak (Purwandini & Atmaka, 2023).

Anemia dan defisiensi zink merupakan dua masalah gizi mikro yang menjadi beban kesehatan masyarakat global, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO) tahun 2025, prevalensi anemia secara global pada wanita usia reproduktif (15–49 tahun) mencapai 30,7% pada tahun 2023, dengan prevalensi sebesar 35,5% pada

wanita hamil dan 30,5% pada wanita yang tidak hamil. Sementara itu, prevalensi anemia pada anak balita usia 6–59 bulan dilaporkan mencapai 39,8%. Di Indonesia, WHO mencatat prevalensi anemia pada wanita hamil sebesar 27% dan 26,7% pada wanita usia produktif. Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 melaporkan prevalensi anemia nasional sebesar 16,2% yang mencakup seluruh kelompok umur dan jenis kelamin, dengan prevalensi pada wanita sebesar 18%, ibu hamil 27,7%, dan anak usia 0–4 tahun sebesar 23,8%. Di Provinsi Sulawesi Selatan, menurut Profil Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2023, prevalensi anemia pada ibu hamil tercatat sebesar 3,9%, dengan angka tertinggi di Kabupaten Barru (14,63%), sementara itu di Kota Makassar sebesar 1,23%. Pada kelompok remaja putri, prevalensi anemia mencapai 33,7%. Kondisi ini menunjukkan bahwa anemia tetap menjadi masalah kesehatan masyarakat yang serius, terutama di kalangan wanita usia subur dan ibu hamil yang termasuk kelompok rentan. Anemia pada masa kehamilan meningkatkan risiko komplikasi seperti kelahiran prematur, bayi berat lahir rendah, serta kematian ibu dan bayi (Alamsyah et al., 2024).

Sejalan dengan masalah anemia, defisiensi zink juga merupakan isu gizi penting yang memengaruhi lebih dari dua miliar penduduk dunia. Meskipun prevalensinya berbeda-beda, baik negara berkembang maupun negara maju turut terdampak. Hasil survei global yang mencakup 188 negara menunjukkan bahwa rata-rata prevalensi defisiensi zink secara global mencapai 17,3% dengan deviasi standar sebesar 11,1% (Yokokawa et al., 2024). Penelitian Gupta et al. (2020) menegaskan bahwa gabungan antara jumlah zink yang tersedia dalam makanan sehari-hari dan angka kejadian *stunting* dapat digunakan untuk memperkirakan seberapa besar risiko defisiensi zink di suatu negara. Estimasi risiko menunjukkan bahwa antara 17% hingga 29,6% populasi di Asia Selatan, Asia Tenggara, Afrika Sub-Sahara, dan Amerika Tengah berisiko mengalami defisiensi zink, dengan risiko tertinggi di Asia Selatan dan Afrika Sub-Sahara, dimana lebih dari seperempat populasi berisiko mengalami asupan zink yang tidak mencukupi. Pada wanita usia reproduktif, prevalensi defisiensi zink sangat tinggi, berkisar dari 23% di Afghanistan hingga 82% di Kamerun, dan sekitar setengah dari negara-negara yang disurvei melaporkan prevalensi lebih dari 50%.

Selain wanita, kelompok remaja dan laki-laki dewasa juga menunjukkan prevalensi tinggi, meskipun data masih terbatas. Kondisi ini menandakan bahwa defisiensi zink merupakan masalah gizi lintas kelompok usia dan jenis kelamin, yang membutuhkan perhatian khusus dalam perumusan strategi intervensi gizi yang lebih luas dan berkelanjutan, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Di Indonesia sendiri, prevalensi defisiensi zink juga masih menjadi perhatian serius. Studi nasional terbaru yang melibatkan anak usia sekolah dasar (5–12 tahun) menunjukkan prevalensi defisiensi zink sebesar 19,7%, berdasarkan analisis serum dari data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018 yang dianalisis pada tahun 2021 (Ernawati et al., 2023). Temuan ini menegaskan bahwa defisiensi zink bukan hanya persoalan global, tetapi juga masalah nyata di Indonesia yang berpotensi menghambat pertumbuhan dan

perkembangan anak serta berdampak pada kualitas kesehatan masyarakat di masa depan.

WHO bersama dengan *United Nations Food and Agriculture Organization* (FAO) mengidentifikasi empat strategi utama untuk penanggulangan masalah kekurangan zat gizi mikro, yaitu edukasi gizi yang mendorong peningkatan keragaman dan kualitas pola makan, fortifikasi dan biofortifikasi pangan, pemberian suplemen zat gizi mikro serta pengendalian penyakit. Keempat pendekatan ini memiliki peran penting dalam menurunkan beban kekurangan zat gizi mikro. Fortifikasi pangan merupakan strategi kesehatan masyarakat yang cukup efektif karena mampu menjangkau sebagian besar populasi berisiko melalui sistem distribusi pangan yang sudah ada, tanpa memerlukan perubahan besar dalam pola konsumsi masyarakat. Apabila pangan fortifikasi dikonsumsi secara rutin, dapat membantu menjaga cadangan zat gizi mikro tertentu dalam tubuh pada tingkat yang stabil (Osendarp et al., 2018). Fortifikasi pangan dinilai sebagai salah satu intervensi paling efektif, terbilang murah dan berdampak luas untuk memperbaiki status gizi mikro masyarakat (Olson et al., 2021). Fortifikasi mengacu pada penambahan mikronutrien secara sengaja ke dalam bahan makanan tertentu, dengan tujuan untuk mengatasi kekurangan mikronutrien dalam suatu populasi. Tujuan utama dari fortifikasi adalah untuk meningkatkan status gizi masyarakat dengan memasukkan zat gizi ke dalam bahan makanan yang biasa dikonsumsi (Kusnandar et al., 2020).

Pemilihan bahan pangan yang dikonsumsi secara rutin oleh sebagian besar populasi rentan terhadap defisiensi mikronutrien merupakan langkah strategis program fortifikasi, karena dapat meningkatkan efektivitas intervensi dan menjamin tercapainya dampak kesehatan yang lebih luas (Dorbu et al., 2025). Salah satu bahan pangan yang umum digunakan sebagai kendaraan fortifikasi adalah tepung terigu. Fortifikasi tepung terigu dinilai sebagai salah satu intervensi paling efektif karena tepung terigu banyak digunakan dalam berbagai makanan olahan seperti roti, mi, biskuit, dan kue (Olson et al., 2021). Konsumsi tepung terigu di Indonesia sangat tinggi walaupun bukan sebagai makanan pokok. Pada tahun 2022, konsumsi tepung terigu per kapita adalah sebesar 66 gram per kapita per hari jika diasumsikan semua populasi mengonsumsi tepung terigu atau 89 gram per kapita per hari dengan asumsi hanya orang dewasa di atas 14 tahun yang mengonsumsi tepung terigu (UNICEF & BAPPENAS, 2024).

Berdasarkan data di Indonesia, sekitar 20% tepung terigu dipasarkan sebagai tepung eceran untuk konsumsi rumah tangga, sementara sisanya digunakan sebagai bahan baku produk olahan. Sebagian besar tepung terigu diolah oleh industri skala kecil, yang mencakup usaha kecil dan menengah (UKM) serta industri rumah tangga, dengan proporsi sekitar 51%, meliputi produk seperti mi basah (9%), kue tradisional (6%), panekuk (2%), kue-kue (1–2%), biskuit (4%), toko roti (22%), dan produk lainnya (5%). Sementara itu, sekitar 29% tepung terigu digunakan oleh industri besar dan modern (UNICEF & BAPPENAS, 2024).

Produk olahan berbasis tepung terigu yang umum dikonsumsi di Indonesia antara lain mi kering, khususnya mi instan, roti, mi basah, kue tradisional, dan biskuit. Secara umum, produk-produk tersebut dihasilkan baik oleh industri besar

maupun industri kecil. Namun demikian, hampir seluruh mi instan diproduksi oleh industri besar, sedangkan mi basah dan kue tradisional sebagian besar dihasilkan oleh industri kecil. Dengan demikian, penggunaan tepung terigu secara langsung di tingkat rumah tangga hanya mencakup sekitar 20% dari total konsumsi nasional, sedangkan mayoritas lainnya terserap dalam rantai industri pengolahan. Survei Konsumsi Makanan Individu Indonesia tahun 2014 juga menunjukkan bahwa makanan berbahan dasar tepung terigu dikonsumsi oleh 73,1% penduduk, menjadikannya komoditas kedua setelah beras (97,7%). Rata-rata konsumsi harian tercatat sebesar 9,4 gram untuk makanan berbahan dasar tepung terigu, 9,6 gram untuk olahan tepung, dan 32,6 gram untuk produk mi.

Berdasarkan data dari Survei Konsumsi Makanan Indonesia per tahun 2020 sudah ada 85 negara yang telah mewajibkan fortifikasi tepung terigu. Pemerintah Indonesia telah menetapkan kebijakan fortifikasi wajib tepung terigu sejak tahun 1998. Pemerintah Indonesia sudah beberapa kali menyesuaikan standar zat gizi mikro yang ditambahkan untuk meningkatkan efektivitas fortifikasi tepung terigu (Martianto et al., 2024). Melalui SK Menteri Kesehatan No. 632/MENKES/SK/VI/98 dan SK Dirjen IKAH No. 03/DIRJENIKAH/SK/II/2002, pemerintah Indonesia telah mewajibkan fortifikasi tepung terigu. Pada tahun 2004, Standar Nasional Indonesia (SNI) tepung terigu diterbitkan yang mewajibkan fortifikasi dengan zat besi, zink, vitamin B1, vitamin B2, dan asam folat. Pada tahun 2018, SNI tepung terigu yang terbaru dikeluarkan (SNI 3751:2018) untuk mengatur penggantian jenis zat besi fortifikan dari Fe-elemental menjadi Ferro Sulfat atau Ferro Fumarat atau Natrium Ferri-EDTA (KFI Policy Brief, 2024). Dimana zat besi harus mengandung 50 mg/kg besi fumarat/ sulfat/EDTA, zink mengandung 30 mg/kg menggunakan zink oksida dan asam folat, vitamin B1, dan vitamin B2 sesuai dengan SNI tepung terigu 3751: 2009 (UNICEF & BAPPENAS, 2024).

Namun, meskipun fortifikasi pangan telah diakui sebagai salah satu langkah intervensi yang efektif untuk mengatasi defisiensi zat gizi mikro, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah rendahnya kesadaran konsumen terhadap keberadaan fortifikasi dalam produk pangan yang mereka konsumsi. Produk fortifikasi seperti tepung terigu, bersifat *credence goods*, artinya kandungan zat gizi tambahan tidak dapat dibedakan secara visual, rasa, atau bau, sehingga konsumen sulit memastikan apakah produk tersebut benar-benar difortifikasi sesuai standar. Selain itu, terdapat ketidakpastian mengenai kepatuhan produk terhadap standar fortifikasi yang berlaku. Hanya sebagian produk fortifikasi di berbagai negara yang benar-benar memenuhi kadar mikronutrien sesuai ketentuan nasional, dengan banyak produk yang kadar zat gizinya lebih rendah dari yang dipersyaratkan (Luthringer et al., 2015).

Hasil studi global juga menunjukkan bahwa kurang 50% negara yang memiliki standar fortifikasi tepung terigu dengan kadar zat besi, zink, dan vitamin B12 sesuai dengan rekomendasi WHO (Bobrek et al., 2021). Banyak standar fortifikasi nasional justru menetapkan kadar mikronutrien lebih rendah daripada yang disarankan, sehingga mengurangi potensi dampak kesehatan masyarakat dari program fortifikasi tersebut. Kondisi ini diperburuk oleh lemahnya sistem

monitoring regulasi di banyak negara, kurangnya pengawasan laboratorium, ketidaklengkapan informasi di label produk, serta belum optimalnya penegakan hukum terhadap industri yang tidak memenuhi standar fortifikasi (Bobrek et al., 2021; Luthringer et al., 2015).

Selain tantangan dalam aspek regulasi dan kesadaran konsumen, implementasi fortifikasi pangan juga menghadapi hambatan teknis serta variasi kandungan mikronutrien antar produk. Fortifikasi yang tidak optimal berisiko menghasilkan *under-fortification* atau *over-fortification*, di mana kadar mikronutrien yang ditambahkan terlalu rendah dan tidak memberikan dampak signifikan, sedangkan kadar yang terlalu tinggi dapat menimbulkan efek kesehatan seperti toksisitas vitamin A atau kelebihan asam folat yang berpotensi menutupi defisiensi vitamin B12. Risiko tersebut semakin meningkat apabila sistem monitoring regulasi dan pengawasan laboratorium belum berjalan optimal. Kendala teknis lain terletak pada upaya menjaga stabilitas dan bioavailabilitas mikronutrien selama proses produksi hingga konsumsi. Misalnya, zat besi dengan bioavailabilitas tinggi seperti ferro sulfat cenderung menyebabkan perubahan rasa dan warna pada produk pangan, sedangkan senyawa yang lebih stabil seperti ferric pyrophosphate memiliki tingkat penyerapan yang lebih rendah. Hal ini menuntut kompromi antara bioavailabilitas, kestabilan produk, dan penerimaan konsumen (Mannar & Hurrell, 2018).

Selain itu, variasi kadar mikronutrien antar merek produk tepung terigu menjadi perhatian penting. Faktor penyebabnya meliputi perbedaan teknik pencampuran fortifikan, ketepatan dosis yang ditambahkan, dan efektivitas kontrol kualitas selama proses produksi. Formulasi produk yang berbeda antar produsen, terutama dalam pemilihan jenis senyawa fortifikan seperti ferro sulfat, NaFeEDTA, atau ferro fumarat juga memengaruhi stabilitas serta bioavailabilitas zat gizi dalam produk akhir. Di sisi lain, kondisi distribusi dan penyimpanan seperti suhu, kelembapan, serta jenis kemasan berpengaruh besar terhadap laju degradasi mikronutrien, sehingga kadar aktual mikronutrien yang sampai ke konsumen dapat lebih rendah dibandingkan kadar awal saat produksi (WHO, 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tantangan fortifikasi pangan tidak hanya terletak pada aspek regulasi dan kepatuhan industri, tetapi juga mencakup seluruh rantai produksi hingga distribusi, yang secara keseluruhan menentukan efektivitas program fortifikasi dalam meningkatkan status gizi masyarakat.

Hingga saat ini, belum banyak penelitian di Indonesia yang secara spesifik membandingkan kandungan aktual zat gizi mikro antar berbagai merek tepung terigu. Sebagian besar penelitian lebih berfokus pada evaluasi dampak fortifikasi terhadap status gizi populasi, sementara aspek mutu produk di tingkat industri dan peredaran masih kurang mendapat perhatian. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu dijawab melalui analisis komparatif terhadap produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar di pasaran. Melihat adanya potensi ketidakseragaman dalam kandungan zat gizi mikro antar produk, sangat penting untuk melakukan analisis laboratorium secara aktual terhadap produk tepung terigu yang beredar di pasaran. Untuk memastikan sejauh mana produk tepung terigu terfortifikasi memenuhi persyaratan SNI 3751:2018

dan untuk memberikan gambaran praktis tentang seberapa efektif kebijakan fortifikasi dilaksanakan di tingkat industri.

Analisis laboratorium secara aktual sangat diperlukan untuk mengetahui kandungan zat gizi mikro pada setiap produk tepung terigu yang beredar, terutama karena potensi ketidakseragaman antar merek dapat memengaruhi efektivitas intervensi gizi mikro di masyarakat. Lokasi penelitian yang dipilih adalah di wilayah kerja Puskesmas Sudiang Kota Makassar, yang memiliki tantangan gizi kompleks berupa *triple burden of malnutrition* yaitu, kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan kekurangan zat gizi mikro. Berdasarkan data dan rekomendasi dari Dinas Kesehatan Kota Makassar pada tahun 2024, Puskesmas Sudiang dipilih karena terdapat kasus *triple burden of malnutrition* yang signifikan di wilayah kerjanya, prevalensi *underweight* pada balita yaitu 6,53%, *wasting* 3,18%, *stunting* 5,38%, *overweight* 1,78%, dan obesitas 1,06% didukung oleh data prevalensi kejadian anemia pada remaja putri di tingkat SMP dan SMA, anemia tercatat sebesar 22,81%, sementara jumlah kasus anemia pada ibu hamil periode Januari hingga Mei mencapai 35 orang.

Puskesmas Sudiang tidak hanya menghadapi kasus kekurangan gizi mikro, tetapi juga aktif menjalankan berbagai program peningkatan status gizi, seperti penimbangan balita, penyuluhan gizi seimbang, pemberian makanan tambahan (PMT), distribusi tablet tambah darah (TTD) untuk remaja putri dan ibu hamil, serta edukasi terkait gizi mikro. Beragam kegiatan ini menjadikan wilayah kerja Puskesmas Sudiang sebagai lokasi yang tepat untuk meneliti karakteristik dan efektivitas tepung terigu terfortifikasi dalam mendukung penanggulangan masalah gizi mikro. Pemilihan lokasi dilakukan berdasarkan tingginya relevansi masalah, terutama anemia, kemudahan akses pada populasi sasaran, serta dukungan institusi terhadap program fortifikasi dan suplementasi gizi mikro.

Dalam penelitian ini, pengujian langsung menggunakan metode yang terstandar, seperti *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), menjadi langkah penting untuk memperoleh data objektif mengenai kadar zat besi dan zink dalam produk tepung terigu terfortifikasi. Data yang diperoleh kemudian perlu dibandingkan dengan ketentuan minimal yang tercantum dalam SNI 3751:2018, sehingga dapat dievaluasi apakah produk-produk tersebut telah memenuhi persyaratan fortifikasi yang diharapkan. Evaluasi ini menjadi pondasi yang kuat untuk menilai sejauh mana program fortifikasi di tingkat industri telah diimplementasikan secara efektif, sekaligus membantu mengidentifikasi adanya ketidakpatuhan yang bisa menghambat tujuan perbaikan status gizi masyarakat. Dengan demikian, penelitian ini berjudul "Analisis Perbandingan dan Kesesuaian Kandungan Zat Besi dan Zink pada Produk Tepung Terigu Terfortifikasi yang Beredar di Wilayah Puskesmas Sudiang, Kota Makassar Berdasarkan SNI No. 3751:2018", yang bertujuan untuk menganalisis kandungan aktual zat besi dan zink pada berbagai merek tepung terigu terfortifikasi serta menilai kesesuaiannya dengan standar nasional yang berlaku.

1.2 Teori

1.2.1 Tepung Terigu

Tepung terigu merupakan bahan hasil olahan dari golongan nabati, yaitu gandum, yang termasuk jenis biji-bijian sereal dan merupakan salah satu yang paling banyak digunakan dibandingkan biji-bijian lainnya (Arif, 2018). Tepung ini diperoleh dari penggilingan endosperma gandum (*Triticum aestivum*) menjadi bubuk halus dan biasanya digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan mie, roti, dan kue. Produk pangan berbasis gandum telah menjadi bagian dari makanan pokok di banyak negara, termasuk Indonesia, dengan beberapa negara utama sebagai eksportir gandum, antara lain Kanada, Amerika Serikat, Australia, Cina, dan Rusia. Gandum yang diimpor biasanya masih berbentuk biji, kemudian melalui serangkaian proses seperti pencucian, pengupasan kulit biji, penggilingan, dan pemutihan (*bleaching*) hingga terbentuk tepung terigu yang halus dan berwarna putih (Pujiati, 2018).

1.2.2 Jenis – Jenis Tepung Terigu

Tepung terigu dapat dikelompokkan berdasarkan kadar protein dan kandungan gluten basahnya, yang menentukan sifat reologi dan kegunaannya dalam berbagai produk pangan. Berdasarkan kadar protein dan gluten, tepung terigu dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu (APTINDO, 2016; Kusnandar et al., 2022):

1. Tepung dengan protein tinggi memiliki kadar protein 12–14% dan kadar gluten basah 33–39%, yang sangat dibutuhkan untuk pembuatan roti karena daya elastisitas adonannya tinggi. Tepung ini dikenal juga sebagai *bread flour*, berasal dari gandum *hard*, mengandung gluten tinggi, dan biasa digunakan sebagai bahan dasar roti, mie, pasta, dan donat.
2. Tepung dengan protein sedang, atau dikenal sebagai *all-purpose flour*, memiliki kadar protein 8–10% dengan kadar gluten sedang (27–33%). Tepung ini merupakan campuran antara gandum *hard* dan *soft*, sehingga cocok untuk berbagai produk kue yang membutuhkan tekstur sedang, seperti kue tart dan *cake*.
3. Tepung dengan protein rendah, dikenal sebagai *pastry flour*, memiliki kadar protein 6–8% dan kadar gluten basah 21–27%. Tepung ini berasal dari gandum *soft*, memiliki daya serap rendah, dan biasanya digunakan untuk pembuatan kue kering, biskuit, dan produk yang membutuhkan tekstur renyah. Pemilihan jenis tepung terigu yang sesuai sangat penting untuk menghasilkan kualitas produk pangan yang optimal sesuai karakteristik adonan dan hasil akhir yang diinginkan.

1.2.3 Karakteristik Tepung Terigu

Tepung terigu merupakan produk hasil penggilingan biji gandum *Triticum aestivum* yang kaya akan karbohidrat dan protein, serta mengandung sejumlah kecil lemak, vitamin, dan mineral. Secara kimia, tepung terigu tersusun atas karbohidrat sebesar 70–75%, protein 8–15%,

air 12–14%, lemak 1–2%, serta abu atau mineral 0,3–0,6%, dengan variasi komposisi yang dipengaruhi oleh jenis gandum dan tingkat ekstraksi selama proses pengolahan (Kent & Evers, 1994). Komponen karbohidratnya didominasi oleh pati yang berperan penting dalam menentukan struktur dan tekstur produk pangan seperti roti, mi, dan kue. Sementara itu, fraksi protein utamanya terdiri atas glutenin dan gliadin yang ketika dicampur dengan air, membentuk gluten yaitu kompleks elastis yang memberikan kekenyalan, elastisitas, dan kemampuan menahan gas selama fermentasi sehingga sangat menentukan kualitas produk akhir (Belitz et al., 2009).

Karakteristik tepung terigu tidak terlepas dari mutu gandum sebagai bahan bakunya. Mutu gandum dinilai melalui dua parameter utama, yaitu kualitas eksternal dan kualitas internal. Kualitas eksternal mencakup kebersihan dari bahan asing, tingkat kerusakan akibat cuaca, jenis gandum, serta kemurnian warna yang umumnya digunakan untuk menentukan kelas visual gandum. Adapun kualitas internal meliputi densitas biji yang dinilai melalui berat uji, komposisi kimia seperti kadar protein dan kelembapan, serta potensi pengolahan yang mencakup kualitas penggilingan, penggunaan akhir, dan aktivitas enzim yang mempengaruhi sifat adonan (Khalid et al., 2023).

Selain makronutrien, tepung terigu juga mengandung berbagai vitamin dan mineral dalam jumlah relatif kecil, termasuk vitamin B kompleks (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B12), serta vitamin A, E, dan K. Mineral yang terkandung meliputi zat besi, zink, fosfor, kalium, magnesium, tembaga, iodin, selenium, dan unsur penting lainnya. Namun, proses penggilingan yang memisahkan kulit ari dan lembaga gandum menyebabkan sebagian besar vitamin dan mineral tersebut hilang. Kondisi ini menjadi dasar diberlakukannya kebijakan fortifikasi di banyak negara, termasuk Indonesia (Badan Standardisasi Nasional, 2018; Khalid et al., 2023). Secara umum, komposisi kimia dasar tepung terigu tanpa fortifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut, yang menggambarkan kandungan energi, makronutrien, serta beberapa mineral esensial per 100 gram bahan.

Tabel 1.1 Komposisi Kimia Tepung Terigu (per 100 gram bahan)

Komposisi	Jumlah
Kalori (kkal)	333
Protein (g)	9,0
Lemak (g)	1,0
Karbohidrat (g)	77,2
Abu (g)	1,0
Air (g)	11,8
Besi (mg)	6,3
Zink (mg)	2,8

Sumber: TKPI, 2019

Untuk mengembalikan dan meningkatkan nilai gizi tepung terigu, fortifikasi diwajibkan sesuai ketentuan SNI 3751:2018, yang meliputi penambahan zat gizi mikro seperti zat besi, zink, asam folat, dan vitamin B kompleks (BSN, 2018). Kandungan mikronutrien hasil fortifikasi memiliki peran penting dalam upaya perbaikan status gizi masyarakat, khususnya terkait pencegahan anemia defisiensi besi dan kekurangan zink. Secara keseluruhan, pemahaman mengenai komposisi dan karakteristik tepung terigu sangat penting dalam bidang gizi dan teknologi pangan. Kandungan karbohidrat dan protein menentukan sifat fungsional seperti daya serap air, kemampuan pembentukan gluten, dan stabilitas adonan, sehingga berpengaruh pada formulasi dan kualitas produk olahan. Sementara itu, kandungan mikronutrien, baik alami maupun hasil fortifikasi, menentukan kontribusi tepung terigu dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat (WHO, 2003).

1.2.3 Konsep Fortifikasi Pangan

Fortifikasi pangan merupakan proses penambahan satu atau lebih mikronutrien ke dalam bahan pangan tertentu yang dipilih sebagai *vehicle* atau kendaraan untuk mengatasi kekurangan zat gizi pada masyarakat, terutama dengan meningkatkan asupan mikronutrien melalui pangan yang umum dikonsumsi (Kusnandar et al., 2020). Upaya ini dirancang untuk memperkaya kandungan vitamin dan mineral pada pangan atau bumbu, menjaga kualitas gizi pasokan makanan, serta memulihkan mikronutrien yang hilang selama pengolahan dengan tetap mempertahankan keamanan dan risiko kesehatan yang rendah (Divania, 2023). Penambahan vitamin, zat besi, yodium, dan mikronutrien penting lain sebagaimana direkomendasikan FAO menjadi bagian dari strategi perbaikan mutu pangan jangka menengah hingga panjang. Agar fortifikasi berjalan optimal, *Codex Alimentarius Commission* (2015) menetapkan prinsip bahwa intervensi harus diarahkan pada kelompok rentan, menggunakan pangan yang banyak dikonsumsi sebagai *vehicle*, dan menerapkan batasan fortifikasi yang jelas. Di Indonesia, pengaturan mengenai keamanan, mutu, dan gizi pangan termasuk ketentuan fortifikasi diatur dalam PP No. 28 Tahun 2004, sementara BPOM mensyaratkan bahwa mikronutrien yang ditambahkan pada pangan olahan seperti minyak goreng, tepung, dan makanan ringan harus aman, memiliki bioavailabilitas baik, tidak toksik, serta tidak merusak sifat sensoris produk (Nauli et al., 2020).

Sebagai intervensi kesehatan masyarakat, fortifikasi dinilai sangat efektif karena mampu menjangkau kelompok berisiko tanpa menuntut perubahan besar dalam pola konsumsi, serta lebih efisien dari sisi biaya dibandingkan intervensi gizi lainnya (Spohrer et al., 2013). Sejak awal abad ke-20, negara-negara maju telah menerapkan fortifikasi berskala besar untuk menurunkan prevalensi penyakit akibat defisiensi mikronutrien, dan praktik ini semakin diadopsi oleh negara berpendapatan menengah ke bawah dengan hasil yang menunjukkan dampak kesehatan positif (Osendarp et al., 2018). Di Indonesia, fortifikasi pangan dikembangkan

sebagai program prioritas dalam peningkatan kualitas gizi masyarakat. Berbagai regulasi menegaskan kedudukan strategis fortifikasi, mulai dari PP No. 28 Tahun 2004 yang mewajibkan fortifikasi ketika terjadi penurunan status gizi, UU No. 18 Tahun 2012 yang memasukkan fortifikasi sebagai strategi perbaikan gizi, hingga kebijakan pembangunan jangka panjang (RPJPN 2025–2045) yang mengakui fortifikasi sebagai bagian penting dari ketahanan pangan nasional. Pada RPJMN 2020–2024, fortifikasi beras menjadi target utama untuk penerima manfaat jaring pengaman sosial, sementara Perpres No. 72 Tahun 2021 menekankan peningkatan kualitas pengawasan pangan terfortifikasi sebagai bagian dari percepatan penurunan *stunting*. Saat ini, Indonesia telah mewajibkan fortifikasi pada tiga komoditas utama, yaitu garam, tepung terigu, dan minyak goreng sawit serta mengembangkan fortifikasi beras sebagai pangan pokok nasional (UNICEF & BAPPENAS, 2024).

Walaupun efektivitas biologis mikronutrien terfortifikasi telah banyak dibuktikan, keberhasilan program sangat dipengaruhi oleh mutu implementasi. Pengawasan berkelanjutan, sistem jaminan dan kontrol kualitas, serta kepatuhan industri menjadi faktor krusial untuk memastikan tercapainya dampak kesehatan masyarakat (Osendarp et al., 2018). Serangkaian tantangan masih dihadapi, termasuk kurangnya bukti mengenai pengaruh fortifikasi terhadap luaran fungsional seperti pertumbuhan, perkembangan kognitif, morbiditas, dan mortalitas terutama di negara berpendapatan rendah dan menengah, serta perubahan kebiasaan konsumsi yang memengaruhi cakupan pangan terfortifikasi. Fortifikasi pada unit produksi kecil pun menghadapi batasan kapasitas teknologi, standar mutu yang tidak konsisten, dan tekanan pasar, sehingga cakupan sering tidak optimal akibat pemilihan *vehicle* yang kurang tepat atau rendahnya kepatuhan produsen. Ketidakmerataan akses, khususnya pada kelompok miskin yang terhambat oleh harga, pajak, atau faktor sosial termasuk ketidakadilan distribusi makanan dalam rumah tangga menjadi hambatan tambahan. Agar fortifikasi memberikan manfaat luas dan berkelanjutan, program perlu diperkuat melalui komitmen pemerintah, dukungan pemangku kepentingan, integrasi dengan perlindungan sosial, serta upaya penanggulangan defisiensi mikronutrien lainnya (Hoogendoorn et al., 2017; Osendarp et al., 2018).

1.2.4 Fortifikasi Tepung Terigu

Tepung terigu merupakan salah satu pangan yang semakin banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Meskipun beras masih menjadi makanan pokok utama, terjadi pergeseran pola konsumsi terutama pada kelompok masyarakat ekonomi menengah yang mulai beralih ke produk pangan berbasis gandum seperti roti, pizza, donat, dan olahan sejenis yang identik dengan pola makan negara Barat. Perubahan ini sejalan dengan Statistik Konsumsi Pangan tahun 2018 yang menunjukkan peningkatan konsumsi tepung terigu sebesar 19,92% dari 1,36 kg/kapita/tahun pada 2014 menjadi 2,64 kg/kapita/tahun pada 2018. Survei Konsumsi Makanan

Individu tahun 2014 juga mencatat bahwa pangan berbahan dasar tepung terigu dikonsumsi oleh 73,1% penduduk dan menjadi komoditas kedua setelah beras (97,7%), dengan rata-rata konsumsi masing-masing sebesar 9,4 gram untuk makanan berbahan dasar tepung terigu, 9,6 gram untuk olahan tepung terigu, dan 32,6 gram untuk produk mi (Rachmalina et al., 2021).

Meskipun terjadi peningkatan konsumsi, tingkat konsumsi tepung terigu di Indonesia maupun Asia secara umum masih lebih rendah dibandingkan wilayah lain seperti Amerika Selatan, Eropa, dan Afrika. Rata-rata konsumsi tepung terigu masyarakat Indonesia hanya 40–50 g/kapita/hari, jauh lebih kecil dibandingkan negara-negara Eropa, beberapa negara Timur Tengah, dan sebagian negara Afrika yang mencapai lebih dari 100 g/kapita/hari. Konsumsi tepung terigu juga lebih tinggi di wilayah perkotaan dan rumah tangga berpendapatan lebih besar, sehingga tidak sepenuhnya menjangkau kelompok miskin yang justru berisiko mengalami defisiensi vitamin dan mineral. Meski demikian, tepung terigu tetap menjadi kendaraan fortifikasi yang efisien karena proses fortifikasi mudah dilakukan, berbiaya rendah, dan memberikan manfaat signifikan bagi individu yang mengonsumsinya. Berdasarkan estimasi, konsumsi tepung terigu per kapita dapat mencapai 66 g/orang/hari jika diasumsikan seluruh penduduk mengonsumsi tepung terigu, atau 89 g/orang/hari jika hanya mempertimbangkan penduduk usia ≥ 14 tahun. Data FAO juga menunjukkan ketersediaan tepung terigu sebesar 56 g/kapita/hari. Walaupun angkanya masih lebih rendah dibandingkan banyak negara lain, tren konsumsi tepung terigu di Indonesia terus meningkat sehingga menjadikannya kendaraan fortifikasi yang semakin potensial (UNICEF & BAPPENAS, 2024).

Indonesia telah menerapkan fortifikasi tepung terigu sejak tahun 2001 melalui standar wajib penambahan zat gizi mikro seperti zat besi, zink, vitamin B1, vitamin B2, dan asam folat. Program ini sempat terhenti sementara pada 2008 namun segera dilanjutkan kembali (Rachmalina et al., 2021). SNI Tepung Terigu tahun 2009 mewajibkan fortifikasi dengan kadar minimal 50 mg/kg zat besi, 30 mg/kg zink, 2,5 mg/kg vitamin B1, 4 mg/kg vitamin B2, dan 2 mg/kg asam folat. WHO (2009) kemudian merekomendasikan standar berdasarkan estimasi konsumsi tepung terigu, yaitu penambahan 60 mg/kg besi (Fe-fumarat atau Fe-sulfat) atau 40 mg/kg besi (NaFeEDTA), 55 mg/kg zink (zink oksida), dan 2,6 mg/kg asam folat untuk konsumsi 75–149 g/hari. Rekomendasi ini diadopsi oleh Kementerian Kesehatan RI untuk menyelaraskan SNI dengan pedoman internasional.

WHO kembali memperbarui rekomendasi fortifikasi tepung terigu pada 2022 dengan mempertimbangkan konsumsi tepung terigu di Indonesia yang mencapai 89 g/kapita/hari berdasarkan data Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (APTINDO). WHO merekomendasikan penambahan 40 mg/kg besi (NaFeEDTA atau Fe-sulfat), atau 60 mg/kg besi (Fe-fumarat), 2,6 mg/kg asam folat, serta 55 mg/kg zink sebagai zink oksida

(WHO, 2022). Rincian lengkap mengenai jumlah zat gizi yang direkomendasikan untuk ditambahkan pada tepung terigu berdasarkan tingkat ekstraksi tepung dan perkiraan konsumsi tepung terigu per kapita, disajikan pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Jumlah Zat Gizi yang Ditambahkan (mg/kg Tepung Terigu) Berdasarkan Perkiraan Konsumsi Tepung Terigu per Kapita

Zat Gizi	Tingkat ekstraksi tepung	Bentuk kimia	<75 g/hari	74-149 g/hari	150-300 g/hari	>300 g/hari
Zat besi (Fe)	Rendah	NaFeEDTA	40	40	20	15
		Ferrous sulfate	40	40	30	20
		Ferrous fumarate	60	60	30	20
		Electrolytic iron	NR	NR	60	40
Folat	Rendah/Tinggi	Tinggi NaFeEDTA	40	40	20	15
		Asam Folat	5.0	2.6	1.3	1.0
Zink (Zn)	Rendah	Zinc oxide	95	55	40	30
		Zinc sulfate				
	Tinggi	Zinc acetate				
		Zinc oxide	100	100	80	70

Sumber: WHO, 2022

Kebijakan fortifikasi di Indonesia mengalami beberapa revisi sejak tahun 2000 karena standar awal belum mempertimbangkan konsumsi tepung terigu nasional yang relatif rendah. Selain itu, SNI sebelumnya tidak menetapkan jenis senyawa besi yang diperbolehkan sehingga industri menggunakan besi elektrolit yang berbiaya murah tetapi memiliki bioavailabilitas rendah. Setelah WHO mengeluarkan rekomendasi tahun 2009, lembaga internasional seperti UNICEF, *Food Fortification Initiative*, dan *Nutrition International* mendorong revisi SNI agar lebih sesuai dengan pedoman global. Proses ini menghasilkan perubahan regulasi yang ditetapkan pada SNI 3751:2018. Adapun ketentuan terbaru terkait spesifikasi senyawa fortifikan dan tingkat fortifikasi yang dipersyaratkan dalam SNI tersebut disajikan pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Ketentuan Spesifikasi Baru Mengenai Senyawa dan Tingkat Fortifikasi

Fortifikan				Bahan baku lain (fortifikan) yang harus ditambahkan
Besi (Fe)	mg/kg	min.50		Zat Besi (Fe) dalam bentuk senyawa Ferrous sulfate, Ferrous fumarate, atau Sodium Ferric EDTA
Zink (Zn)	mg/kg	min.30		Zink (Zn) dalam bentuk senyawa Zinc oxide
Vitamin (tiamin)	B1 mg/kg	min 2,5		Vitamin B1 (tiamin) dalam bentuk senyawa Thiamine Hydrochloride atau Thiamine mononitrate
Vitamin (riboflavin)	B2 mg/kg	min. 4		Vitamin B2 (riboflavin) dalam bentuk senyawa Riboflavin atau Sodium Riboflavin-5-phosphate
Asam folat	mg/kg	min. 2		Asam Folat dalam bentuk senyawa Pteroyl Monoglutamic Acid.

Sumber: BSN, 2018

SNI 3751:2018 menetapkan bahwa hanya tiga senyawa, ferro fumarat, ferro sulfat, dan NaFeEDTA yang diperbolehkan sebagai fortifikan zat besi pada tepung terigu. Meskipun demikian, kadar minimum besi, zink, dan asam folat yang diwajibkan masih sama seperti standar sebelumnya dan tetap lebih rendah dibandingkan rekomendasi WHO. Pemilihan jenis fortifikan memiliki peranan penting dalam menentukan efektivitas program fortifikasi. Ferro sulfat, misalnya, memiliki bioavailabilitas tinggi tetapi berpotensi mengubah warna dan sensori produk. Ferro fumarat lebih stabil dan relatif tidak memengaruhi cita rasa, sedangkan NaFeEDTA sangat efektif pada pangan tinggi fitat meskipun dapat menimbulkan perubahan rasa atau aroma (Adawiyah et al., 2019).

Pada aspek teknis, pemilihan bentuk senyawa zink untuk fortifikasi tepung terigu perlu mempertimbangkan bioavailabilitas, stabilitas, serta potensi perubahan organoleptik. Zink sulfat ($ZnSO_4$) dan zink oksida (ZnO) merupakan pilihan yang paling umum karena biaya yang terjangkau dan ketersediaannya yang luas. Namun, keduanya memiliki karakteristik berbeda, $ZnSO_4$ lebih mudah larut sehingga lebih baik penyerapannya, sementara ZnO lebih stabil secara sensori karena reaktivitasnya rendah. Penggunaan teknologi seperti enkapsulasi, kompleksator, atau bentuk kelat (misalnya *zinc amino acid chelate*) dapat meningkatkan stabilitas dalam matriks tepung, mengurangi dampak terhadap warna dan rasa, serta menjaga efisiensi penyerapan di saluran cerna. Penyerapan zink juga dipengaruhi oleh faktor diet lain seperti kandungan fitat pada pangan nabati, sehingga strategi *co-fortification* atau pengolahan pangan untuk

menurunkan fitat sering menjadi pertimbangan dalam formulasi (Martínez-Navarrete et al., 2002).

Keberhasilan program fortifikasi pangan sangat ditentukan oleh stabilitas mikronutrien yang ditambahkan ke dalam bahan pangan. Stabilitas ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain panas, kelembapan, paparan udara dan cahaya, serta kondisi lingkungan asam atau basa yang terjadi selama proses pengolahan, pengemasan, distribusi, dan penyimpanan bahan pangan. Mikronutrien yang tidak stabil berpotensi mengalami perubahan bentuk kimia, penurunan kadar, maupun penurunan bioavailabilitas sehingga tujuan fortifikasi tidak tercapai secara optimal (Ekafitri et al., 2019). Sejalan dengan hal tersebut, pada tepung terigu terfortifikasi, kadar zat besi dan zink dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan, baik yang berasal dari karakteristik fortifikan maupun dari kondisi penyimpanan dan pengolahan produk. Faktor-faktor yang memengaruhi kadar zat besi dan zink pada tepung terigu terfortifikasi dapat dijelaskan sebagai berikut (Akhtar et al., 2010) :

1. Jenis dan bentuk senyawa fortifikan

Jenis dan bentuk kimia senyawa fortifikan yang digunakan merupakan faktor utama yang menentukan stabilitas zat besi (Fe) dan zink (Zn) dalam tepung terigu. Berbagai bentuk fortifikan memiliki karakteristik kelarutan, reaktivitas, dan ketahanan yang berbeda selama penyimpanan dan pengolahan. Akhtar et al. (2010) melaporkan bahwa besi dalam bentuk NaFeEDTA lebih rentan mengalami penurunan kadar selama penyimpanan dibandingkan besi elemental, sedangkan untuk zink, zink oksida menunjukkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan zink sulfat. Perbedaan ini berkaitan dengan sifat kimia fortifikan dan interaksinya dengan matriks pangan.

2. Kondisi dan lama penyimpanan

Stabilitas Fe dan Zn juga dipengaruhi oleh lama dan kondisi penyimpanan, khususnya suhu dan kelembapan lingkungan. Penyimpanan tepung terigu terfortifikasi dalam kondisi suhu tinggi dan kelembapan relatif dapat mempercepat reaksi kimia yang menyebabkan penurunan kadar mineral. Akhtar et al. (2010) menunjukkan bahwa penyimpanan selama 60 hari pada suhu lingkungan tinggi menyebabkan penurunan kadar Fe dan Zn, terutama pada mineral hasil fortifikasi, sementara mineral alami dalam tepung relatif lebih stabil.

3. Pengaruh lingkungan selama pengolahan, pengemasan, dan distribusi

Keberhasilan fortifikasi sangat dipengaruhi oleh paparan panas, udara, cahaya, serta kondisi asam atau basa selama proses pengolahan, pengemasan, dan distribusi bahan pangan. Faktor-faktor lingkungan tersebut dapat memicu degradasi atau perubahan bentuk kimia mikronutrien, sehingga menurunkan kadar dan efektivitas fortifikan.

4. Interaksi mineral dengan komponen matriks pangan

Zat besi dan zink termasuk logam transisi yang mudah berinteraksi dengan komponen pangan seperti protein, karbohidrat, asam fitat, dan polifenol. Interaksi ini dapat membentuk kompleks yang tidak larut atau mengubah bentuk kimia mineral sehingga menurunkan kadar mineral yang terukur dan berpotensi mengurangi bioavailabilitasnya.

5. Proses pengolahan panas

Proses pengolahan pangan berbasis tepung terigu, seperti pemanggangan atau pemasakan, juga berpengaruh terhadap kadar Fe dan Zn. Meskipun mineral relatif lebih stabil dibandingkan vitamin, proses pemanasan tetap dapat menyebabkan kehilangan mineral dalam jumlah kecil akibat perubahan bentuk kimia atau pembentukan senyawa yang kurang larut. Akhtar et al. (2010) melaporkan adanya penurunan kadar Fe dan Zn sebesar sekitar 3–5% selama proses pemanggangan, meskipun kehilangan tersebut tergolong kecil dan masih dapat diterima secara nutrisi.

Implementasi program fortifikasi tepung terigu di berbagai negara termasuk Indonesia telah memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan status gizi. Namun, capaian ini masih menghadapi sejumlah tantangan mulai dari aspek teknis hingga regulasi. Pada tingkat kebijakan, banyak standar nasional menetapkan kadar mikronutrien yang lebih rendah daripada rekomendasi internasional, sehingga potensi dampak kesehatan masyarakat menjadi terbatas. Tantangan ini diperburuk oleh lemahnya sistem monitoring dan penegakan regulasi, seperti kapasitas laboratorium yang belum memadai, minimnya pengawasan distribusi, kurangnya informasi pada label produk, serta masih rendahnya kepatuhan industri kecil dan menengah terhadap standar fortifikasi (Bobrek et al., 2021; Luthringer et al., 2015; Rohner et al., 2016).

Dari sisi teknis, variasi kandungan mikronutrien antarmerek dan antarbatch produk masih menjadi masalah besar. Ketidaktepatan dosis, ketidakteraturan proses pencampuran fortifikan, serta perbedaan formulasi termasuk pemilihan jenis senyawa besi seperti ferro sulfat, NaFeEDTA, atau ferro fumarat mempengaruhi stabilitas dan bioavailabilitas mikronutrien dalam produk akhir. Faktor produksi dan penyimpanan seperti suhu, kelembapan, dan jenis kemasan turut mempercepat degradasi zat gizi, menyebabkan kadar aktual saat konsumsi lebih rendah daripada kadar pada saat produksi (WHO, 2021). Kondisi ini meningkatkan risiko *under-fortification* maupun *over-fortification*. *Under-fortification* membuat asupan mikronutrien tidak cukup untuk menghasilkan dampak kesehatan, sedangkan *over-fortification* dapat menimbulkan efek merugikan seperti toksisitas vitamin A atau kelebihan asam folat yang dapat menutupi defisiensi vitamin B12, terutama jika pengawasan mutu belum optimal (Mannar & Hurrell, 2018).

Dengan masih adanya kesenjangan antara standar, implementasi, dan kualitas produk, penguatan kolaborasi lintas sektor menjadi sangat penting. Pemerintah, lembaga penelitian, dan industri pangan perlu bekerja bersama untuk memperbaiki sistem pengawasan, meningkatkan kemampuan laboratorium, mengoptimalkan formulasi fortifikasi, serta memastikan kepatuhan produsen terhadap standar. Kolaborasi yang kuat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan dan efektivitas program fortifikasi tepung terigu sehingga manfaatnya bagi kesehatan masyarakat dapat tercapai secara maksimal (Rohner et al., 2016).

1.2.5 Standar Mutu Tepung Terigu Berdasarkan SNI 3751:2018

Standar mutu tepung terigu di Indonesia diatur melalui Standar Nasional Indonesia (SNI) 3751:2018 yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Standar ini merupakan revisi dari SNI 3751:2009 dan bertujuan untuk menjamin mutu, keamanan, dan nilai gizi tepung terigu yang beredar di masyarakat. Berdasarkan SNI 3751:2018, tepung terigu dikategorikan sebagai bahan pangan yang harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologis tertentu. Persyaratan tersebut mencakup kadar air maksimum 14,5%, kadar abu maksimum 0,75%, kadar protein minimal 7,0%, serta tidak mengandung logam berat, kotoran, atau bahan berbahaya lain yang dapat mengganggu kesehatan konsumen (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Rincian mengenai persyaratan mutu fisik, kimia, fortifikasi, batas cemaran logam serta ketentuan terkait parameter mikrobiologi pada tepung terigu tercantum dalam Tabel 1.4 dan Tabel 1.5.

Tabel 1.4 Syarat Mutu Tepung Terigu

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
1.1	Bentuk	-	Serbuk
1.2	Warna	-	Putih, khas terigu
1.3	Bau	-	Bebas dari bau asing
2	Benda asing :		
2.1	Kulit tanaman lain, tanah, batu-batuan, pasir dan lain-lain	-	Tidak ada
2.2	Serangga dalam semua bentuk stadia dan potongan-potongannya yang tampak	-	Tidak ada
3	Kehalusan, lolos ayakan 212 μm (mesh No. 70)	fraksi massa,%	min 95
4	Air	fraksi massa,%	maks. 14,5
5	Abu	fraksi massa,%	maks. 0,70

Lanjutan Tabel 1.4

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
6	Protein	fraksi massa, %	min. 7,0
7	Keasaman	fraksi massa, %	maks 50
8	<i>Falling number</i> (atas dasar kadar air 14%)	detik	min. 300
9	Fortifikan :		
9.1	Besi (Fe)	mg/kg	min. 50
9.2	Zink (Zn)	mg/kg	min. 30
9.3	Vitamin B1 (tiamin)	mg/kg	min. 2,5
9.4	Vitamin B2 (riboflavin)	mg/kg	min. 4
9.5	Asam folat	mg/kg	min. 2
10	Cemaran logam :		
10.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 1,0
10.2	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,1
10.3	Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,05
10.4	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40
11	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	maks. 0,5
12	Deoksinivalenol	µg/kg	maks. 1.000
13	Okratoksin A	µg/kg	maks. 5

Sumber: BSN, 2018

Tabel 1.5 Kriteria Mikrobiologi Untuk Tepung Terigu

No	Jenis cemaran mikroba	n	c	m	M
1	Angka lempeng total	5	2	10 ⁵ koloni/g	10 ⁶ koloni/g
2	<i>Escherichia coli</i>	5	2	7,4 APM/g	11 APM/g
3	<i>Salmonella</i>	5	0	Negatif/25 g	NA
4	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 ³ koloni/g	10 ⁴ koloni/g
5	Kapang dan Khamir	5	2	10 ³ koloni/g	10 ⁴ koloni/g

Sumber: BSN, 2018

Penerapan SNI 3751:2018 bersifat wajib sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2021 tentang Pemberlakuan SNI Tepung Terigu secara Wajib. Standar ini juga mewajibkan pengawasan mutu melalui lembaga sertifikasi produk (LSPro) dan pengujian berkala di laboratorium yang terakreditasi. Dengan adanya standar mutu ini, diharapkan industri tepung terigu nasional dapat menghasilkan produk yang tidak hanya memenuhi aspek keamanan pangan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas gizi masyarakat Indonesia.

1.3 Rumusan Masalah

1. Apakah kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar telah memenuhi standar SNI No. 3751:2018?
2. Apakah terdapat perbedaan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) antar merek tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar?
3. Apakah terdapat perbedaan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada produk tepung terigu terfortifikasi berdasarkan lokasi pembelian (pasar tradisional dan minimarket) di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar?
4. Apakah terdapat perbedaan antara kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) aktual hasil analisis laboratorium dengan informasi kandungan zat gizi yang tercantum pada label kemasan produk tepung terigu terfortifikasi?

1.4 Tujuan

1. Tujuan Umum

Untuk menganalisis dan membandingkan kandungan zat besi dan zink pada beberapa merek produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar fortifikasi nasional (SNI 3571:2018).

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk menilai kesesuaian kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar terhadap ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 3751:2018.
- b. Untuk menganalisis perbedaan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) antar merek tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar.
- c. Untuk menganalisis perbedaan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada produk tepung terigu terfortifikasi berdasarkan lokasi pembelian, yaitu pasar tradisional dan minimarket, di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, Kota Makassar.
- d. Untuk membandingkan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) aktual hasil analisis laboratorium dengan informasi kandungan zat gizi yang tercantum pada label kemasan produk tepung terigu terfortifikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Menambah referensi ilmiah terkait analisis kandungan zat besi dan zink pada tepung terigu terfortifikasi, serta memperkaya kajian tentang evaluasi mutu pangan berdasarkan standar nasional.

2. Manfaat bagi Institusi

Memberikan data pendukung bagi institusi pendidikan dan lembaga pengawasan pangan untuk pengembangan penelitian, pembelajaran, dan monitoring mutu fortifikasi.

3. Manfaat Praktis

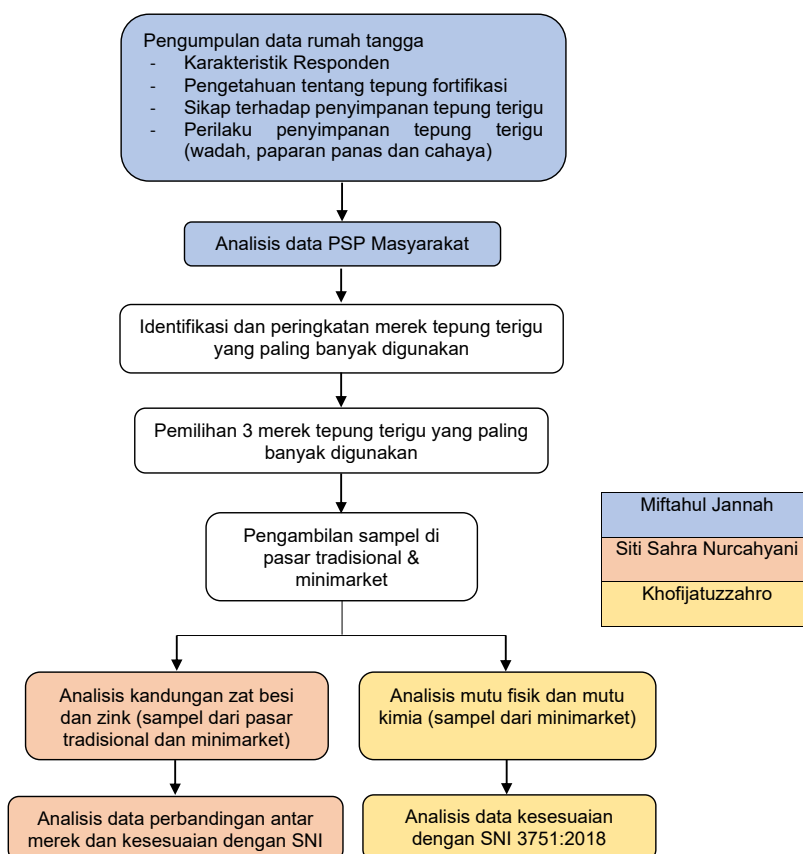
Memberikan informasi kepada konsumen dan produsen tentang kualitas fortifikasi tepung terigu, serta mendorong pemilihan dan produksi produk yang memenuhi standar fortifikasi nasional.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif-komparatif yang bertujuan untuk menganalisis, membandingkan, dan menilai kesesuaian kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar di wilayah kerja Puskesmas Sudiang Kota Makassar berdasarkan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 3751:2018.

Pendekatan kuantitatif digunakan karena data penelitian berupa hasil pengukuran numerik kadar Fe dan Zn yang diperoleh melalui analisis laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) sebanyak dua kali pengulangan (duplo). Desain deskriptif digunakan untuk menggambarkan kadar aktual zat besi dan zink pada setiap sampel tepung terigu terfortifikasi, sedangkan desain komparatif digunakan untuk membandingkan kadar Fe dan Zn antar merek serta antar lokasi pembelian (pasar tradisional dan minimarket) secara deskriptif dan menilai tingkat kesesuaian hasil pengukuran dengan standar fortifikasi SNI 3751:2018. Alur pelaksanaan penelitian secara sistematis disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur Penelitian

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 – Januari 2026. Tempat pelaksanaan terdiri dari 4 lokasi utama, yaitu:

1. Wilayah kerja Puskesmas Sudiang Kota Makassar, yang meliputi Kelurahan Sudiang, Kelurahan Pai, dan Kelurahan Bakung, sebagai lokasi penelitian pendahuluan untuk mengidentifikasi merek tepung terigu yang paling banyak digunakan oleh masyarakat.
2. Pasar Mandai, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 19, Kelurahan Sudiang, Kota Makassar, sebagai lokasi pengambilan sampel tepung terigu terfortifikasi yang diperoleh dari pasar tradisional.
3. Minimarket Alfamidi, Jl. Goa Ria No. 54, Kelurahan Pai, Kota Makassar, sebagai lokasi pengambilan sampel tepung terigu terfortifikasi yang diperoleh dari minimarket.
4. Laboratorium Kimia Pakan, Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, sebagai lokasi analisis kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada sampel tepung terigu menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

2.3 Populasi dan Sampel

2.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh produk tepung terigu terfortifikasi yang beredar dan dikonsumsi oleh masyarakat di wilayah kerja Puskesmas Sudiang Kota Makassar, yang meliputi Kelurahan Sudiang, Kelurahan Pai, dan Kelurahan Bakung. Populasi mencakup produk tepung terigu yang mencantumkan klaim fortifikasi pada label kemasan dan tersedia di pasaran.

2.3.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini terdiri atas tiga merek tepung terigu terfortifikasi yang diberi kode 1, 2, dan 3. Pemilihan ketiga merek tersebut didasarkan pada hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh tim peneliti, yang menunjukkan bahwa ketiga merek tersebut merupakan merek tepung terigu yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di wilayah kerja Puskesmas Sudiang Kota Makassar. Setiap merek diambil sebanyak dua sampel yang diperoleh dari dua jenis tempat penjualan yang berbeda, yaitu pasar tradisional (kode A) dan minimarket (kode B). Dengan demikian, total sampel yang dianalisis berjumlah enam sampel, yaitu 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, dan 3B. Pengambilan sampel dari dua lokasi penjualan yang berbeda bertujuan untuk menggambarkan variasi produk yang beredar di pasaran serta meminimalkan potensi bias distribusi produk.

2.4 Prosedur Kerja

2.4.1 Analisis Zat Besi (Fe) dan Zink (Zn) Metode Spektrometer Serapan Atom (AAS)

1. Prinsip

Analisis kadar zat besi (Fe) dan zink (Zn) dilakukan menggunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS) setelah preparasi sampel melalui metode pengabuan kering (*dry ashing*) sebanyak dua kali pengulangan (duplo). Sampel diabukan pada suhu tinggi untuk menghilangkan bahan organik, sehingga tersisa mineral anorganik. Abu kemudian dilarutkan menggunakan larutan asam hingga diperoleh larutan jernih yang siap dianalisis. Kadar Fe dan Zn ditentukan berdasarkan absorbansi larutan sampel yang diukur menggunakan AAS pada panjang gelombang 247,9 nm untuk Fe dan 214,2 nm untuk Zn, kemudian dihitung berdasarkan kurva kalibrasi.

2. Alat yang Digunakan

- a. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
- b. Cawan porselin/kuarsa/platina (kapasitas 30–50 mL)
- c. Oven pengering (105 °C)
- d. Tanur listrik dengan ketelitian ± 1 °C
- e. Eksikator
- f. Pipet volumetrik 1 mL, 2 mL, 5 mL, dan 10 mL
- g. Labu takar 50 mL dan 100 mL
- h. Gelas piala 50–100 mL
- i. Penangas listrik atau penangas air
- j. Corong gelas
- k. Kertas saring (Whatman No. 41 atau setara)
- l. Tabung reaksi/tabung plastik
- m. Spektrometer Serapan Atom (AAS) dengan lampu katoda Fe dan Zn

3. Bahan yang Digunakan

- a. Sampel tepung terigu terfortifikasi merek A, B, dan C
- b. Air suling/akuades
- c. HCl pekat (37%, BJ $\pm 1,19$)
- d. HCl 5 N
- e. HNO₃ pekat (65%, BJ $\pm 1,4$)
- f. Larutan baku Fe 1.000 mg/L
- g. Larutan baku Zn 1.000 mg/L
- h. Larutan standar kerja Fe dan Zn

4. Cara Kerja

a. Preparasi Sampel dengan Pengabuan Kering

- 1) Cawan porselin dibersihkan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama ±2 jam.
- 2) Cawan didinginkan dalam eksikator selama ±30 menit, kemudian ditimbang hingga diperoleh bobot konstan.
- 3) Sampel tepung terigu ditimbang sebanyak ±1 g ke dalam cawan porselin.
- 4) Cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur listrik.
- 5) Suhu tanur diatur hingga 600 °C dan pengabuan dilakukan selama ±3 jam hingga diperoleh abu berwarna putih atau abu-abu muda.
- 6) Cawan dikeluarkan dari tanur, didinginkan secara bertahap, kemudian dimasukkan ke dalam eksikator selama ±30 menit.

b. Pelarutan Abu

- 7) Abu dalam cawan ditambahkan 3–5 mL HCl pekat.
- 8) Ditambahkan air suling hingga mendekati bibir cawan dan dibiarkan semalam untuk memastikan pelarutan mineral berlangsung sempurna.
- 9) Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL.
- 10) Cawan dibilas dengan air suling, kemudian bilasan dimasukkan ke dalam labu takar.
- 11) Volume larutan ditepatkan hingga tanda garis dengan air suling dan dikocok hingga homogen.
- 12) Larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh larutan jernih.

c. Pengukuran dengan AAS

- 13) Alat AAS dikalibrasi menggunakan larutan standar.
- 14) Absorbansi larutan standar, blanko, dan larutan sampel diukur menggunakan AAS pada:
247,9 nm untuk Fe
214,2 nm untuk Zn
- 15) Kurva kalibrasi dibuat dengan sumbu X sebagai konsentrasi (µg/mL) dan sumbu Y sebagai absorbansi.
- 16) Konsentrasi Fe dan Zn dalam sampel ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi.

d. Perhitungan

Kadar Fe atau Zn dalam sampel dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar(mg/kg)} = \frac{F \times b}{W}$$

Keterangan:

F: volume pengenceran (mL)

b: µg/mL larutan uji dari kurva kalibrasi larutan deret Fe/Zn

W: bobot sampel (g)

5. Perbandingan Hasil dengan Standar SNI 3751:2018
 - a. Hasil pengukuran dibandingkan dengan kadar minimal fortifikasi yang dipersyaratkan dalam SNI 3751:2018, yaitu:
Zat besi (Fe): minimal **50 mg/kg**
Zink (Zn) : minimal **30 mg/kg**
 - b. Kesesuaian dinilai berdasarkan perbandingan hasil aktual dengan standar tersebut

2.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara primer dan sekunder. Adapun yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi:

2.5.1 Data Primer

Data primer adalah data yang langsung diambil dan diukur oleh peneliti. Adapun data primer dalam penelitian ini adalah hasil pengukuran kadar zat besi (Fe) dan zink (Zn) yang diperoleh dari analisis laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang diukur sebanyak dua kali pengulangan (duplo). Pengumpulan data dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

1. Pengambilan sampel tepung terigu dari berbagai lokasi penjualan di wilayah kerja Puskesmas Sudiang, yaitu di Kelurahan Sudiang, Kelurahan Pai dan Kelurahan Bakung.
2. Pencatatan data identitas sampel yang meliputi kode sampel, tempat pembelian, nomor *batch*/kode produksi, dan tanggal kedaluwarsa.
3. Pengujian laboratorium untuk mendapatkan data numerik kadar Fe dan Zn.
4. Dokumentasi hasil analisis untuk proses pengolahan dan interpretasi data.

2.5.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa informasi standar fortifikasi SNI No. 3751:2018, literatur ilmiah, jurnal, dan kebijakan pemerintah terkait fortifikasi tepung terigu di Indonesia.

2.6 Pengolahan dan Analisis Data

2.6.1 Pengolahan Data

Data hasil pengukuran kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) pada sampel tepung terigu terfortifikasi yang diperoleh dari analisis laboratorium terlebih dahulu dicatat kemudian data tersebut diolah dan dianalisis baik secara deskriptif maupun komparatif dengan menggunakan rumus persamaan matematika sederhana dengan bantuan kalkulator untuk analisis deskriptif serta menggunakan program komputer dengan bantuan aplikasi SPSS versi 25 untuk analisis komparatif. Adapun tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan Data (*editing*)

Tahap *editing* dilakukan untuk meneliti kembali seluruh data hasil pengukuran laboratorium yang telah dikumpulkan. Pemeriksaan ini

bertujuan untuk memastikan bahwa data telah tercatat dengan benar, tidak terdapat kesalahan penulisan, nilai ganda, maupun data yang hilang. Proses editing dilakukan terhadap nilai kadar Fe dan Zn pada setiap sampel agar data yang digunakan layak untuk dianalisis dan memiliki tingkat keandalan (*reliability*) yang baik.

- b. Pemberian Kode (*coding*)
Tahap *coding* dilakukan untuk memudahkan proses pengolahan dan analisis data. Setiap sampel tepung terigu diberi kode berdasarkan merek dan lokasi pembelian, yaitu kode A untuk sampel yang diperoleh dari pasar tradisional dan kode B untuk sampel yang diperoleh dari minimarket, serta kode angka 1, 2, dan 3 untuk membedakan merek. Selain itu, variabel kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) juga diklasifikasikan sesuai dengan kebutuhan analisis deskriptif dan komparatif.
- c. Pembersihan Data (*cleaning*)
Tahap *cleaning* dilakukan untuk memastikan bahwa data yang telah dikodekan benar-benar bersih dari kesalahan input, inkonsistensi data, maupun nilai ekstrem yang tidak wajar. Data yang tidak sesuai dengan hasil pengukuran laboratorium diperiksa kembali dengan catatan laboratorium untuk menjamin keakuratan data sebelum dilakukan analisis statistik.
- d. Penginputan Data (*entry*)
Data hasil pengukuran kandungan Fe dan Zn yang akan dianalisis secara statistik diinput ke dalam program SPSS versi 25. Penginputan dilakukan hanya untuk data yang memerlukan uji statistik, seperti analisis perbandingan antar merek dan antar lokasi pembelian. Sementara itu, data yang dianalisis secara deskriptif, seperti kesesuaian terhadap SNI dan perbandingan dengan informasi label, tidak seluruhnya diolah menggunakan SPSS.
- e. Pemindahan Data (*tabulating*)
Tabulating merupakan tahap penyajian data hasil pengolahan dan analisis dalam bentuk tabel. Data disajikan secara sistematis meliputi karakteristik sampel, hasil analisis kandungan Fe dan Zn, persentase kesesuaian terhadap SNI, hasil perbandingan dengan informasi label kemasan, serta hasil uji statistik. Penyusunan tabel dilakukan dengan bantuan SPSS dan Microsoft Office.

2.6.2 Analisis Data

Data hasil pengukuran laboratorium dianalisis secara deskriptif dan komparatif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif
 - a. Menghitung nilai rata-rata, simpangan baku, dan rentang kadar Fe dan Zn pada setiap kelompok sampel berdasarkan merek dan tempat pembelian (pasar dan minimarket).

- b. Menentukan tingkat kesesuaian terhadap SNI No. 3751:2018, tingkat kesesuaian dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Kesesuaian} = \frac{\text{Kadar Aktual}}{\text{Kadar Standar SNI}} \times 100\%$$

Kategori hasil:

- 1) $\geq 100\%$ = Memenuhi standar SNI
 - 2) $< 100\%$ = Tidak memenuhi standar SNI
- c. Menentukan kesesuaian dengan informasi label kandungan gizi
Tingkat kesesuaian dinilai berdasarkan persentase selisih antara nilai pada label dan hasil analisis laboratorium, perbandingan kedua nilai tersebut dilakukan untuk melihat konsistensi informasi produk.
2. Analisis Komparatif
- a. Membandingkan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) antar kelompok sampel
Analisis ini meliputi perbandingan kandungan Fe dan Zn antar merek tepung terigu terfortifikasi (Merek 1, 2, dan 3) dilakukan menggunakan uji Kruskal–Wallis, karena jumlah sampel relatif kecil dan data tidak memenuhi asumsi uji parametrik. Uji ini digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan kandungan Fe dan Zn antar merek yang dianalisis. Apabila diperoleh nilai signifikansi $p < 0,05$, maka disimpulkan terdapat perbedaan kadar Fe atau Zn antar merek. Namun, jika $p > 0,05$, maka perbedaan antar merek dianggap tidak signifikan. Jika hasil Kruskal–Wallis signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji Mann–Whitney antar pasangan merek untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara signifikan.
- b. Membandingkan kandungan Fe dan Zn berdasarkan lokasi pembelian
Analisis ini meliputi perbandingan antara produk yang diperoleh dari pasar tradisional dan minimarket, menggunakan *independent t-test*. Uji ini bertujuan untuk menilai apakah terdapat perbedaan kandungan Fe dan Zn berdasarkan perbedaan tempat pembelian produk. Apabila hasil uji *independent t-test* menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada kandungan Fe atau Zn berdasarkan lokasi pembelian. Sebaliknya, jika nilai $p > 0,05$, maka perbedaan kandungan Fe dan Zn antara produk yang dibeli di pasar tradisional dan minimarket dinyatakan tidak signifikan secara statistik.
- c. Membandingkan kandungan Fe dan Zn aktual dengan informasi pada label kemasan
Analisis ini untuk membandingkan kandungan zat besi (Fe) dan zink (Zn) aktual hasil analisis laboratorium dengan nilai yang tercantum pada label kemasan produk tepung terigu terfortifikasi.

Perbandingan ini dianalisis menggunakan uji *paired t-test* karena data berasal dari pasangan pengukuran pada sampel yang sama, yaitu nilai aktual dan nilai klaim pada label. Uji ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kandungan mikronutrien aktual dan informasi pada label kemasan, dengan kriteria bahwa nilai signifikansi $p < 0,05$ menunjukkan perbedaan yang signifikan, sedangkan $p > 0,05$ menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

3. Interpretasi Hasil

Hasil analisis diinterpretasikan dengan membandingkan kandungan zat besi dan zink antar sampel, antar tempat pembelian, serta terhadap ketentuan SNI No. 3751:2018 dan informasi pada label kemasan.

2.7 Penyajian Data

Data hasil penelitian disajikan secara sistematis dalam bentuk:

1. Tabel

Menampilkan nilai kadar Fe dan Zn setiap merek, rata-rata, dan kesesuaian terhadap standar SNI dan label kemasan.

2. Narasi Deskriptif

Memberikan penjelasan dan interpretasi ilmiah terhadap hasil yang diperoleh, termasuk pembahasan mengenai kemungkinan penyebab perbedaan kandungan mikronutrien antar merek serta implikasinya terhadap efektivitas program fortifikasi di Indonesia.