

**PENGARUH KONSUMSI KUE DARI MAKANAN FORMULA
BERBASIS TEMPE FORTIFIKASI ZAT BESI TERHADAP
KADAR HEMOGLOBIN PADA BALITA ANEMIA DEFISIENSI
BESI**

***INFLUENCE OF CONSUME CAKE BASE ON TEMPE
FORMULA BY FORTIFIED FE FOR CHILD UNDER FIVE
YEARS OLD ANEMIA OF FE***

S A L M I A H



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2007**

ABSTRAK

SALMIAH. *Pengaruh Konsumsi Kue dari Makanan Formula Berbasis Tempe Fortifikasi Zat Besi Terhadap Kadar Hemoglobin pada Balita Anemia Defisiensi Besi (dibimbing oleh Suryani A.Armyn dan Saifuddin Sirajuddin)*

Penelitian ini dirancang melalui pendekatan intervensi pada komunitas dengan menggunakan desain quasi eksperimen pada *Pretest-Posttest Randomized control Desing*. Subyek penelitian adalah balita yang berumur 2-5 tahun, diambil secara random dari populasi pada suatu wilayah yang memiliki karakteristik geografis dan sosial ekonomi yang relatif sama dan dipilih hanya anak yang mengalami anemia defisiensi besi kadar Hb <11 g/dl, yang dibagi menjadi 3 kelompok intervensi secara simple random sampling. Sebelum intervensi, dilakukan pengukuran kadar hemoglobin (Hb), berat badan (BB) dan tinggi badan (TB). Kelompok pertama (I) diberikan kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 6 kali seminggu, kelompok kedua (II) diberikan kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi 3 kali seminggu dan kelompok ketiga (III) diberikan kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi 1 kali seminggu. Setelah intervensi, diukur kembali kadar Hb, BB dan TB dengan indikator yang sama.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kadar Hb pada kelompok intervensi I ($p=0,000$) dan intervensi II ($P=0,000$), namun tidak bermakna pada kelompok intervensi III ($p=0,086$). Pada uji statistik lanjut untuk mengetahui kadar Hb sesudah perlakuan antar kelompok, ternyata antara kelompok intervensi I dan intervensi II didapatkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna ($p=0,334$). Sedangkan antara kelompok intervensi I dan intervensi III serta perbandingan antara kelompok intervensi II dan intervensi III didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan yang bermakna (masing-masing $p=0,000$ dan $p=0,002$). Untuk BB dan TB sesudah perlakuan meningkat tidak bermakna antar kelompok pada semua perlakuan ($p>0,05$).

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian kue berbasis makanan formula tempe fortifikasi zat besi selama 6 kali seminggu efektifitasnya tidak berbeda dengan pemberian 3 kali seminggu, namun efektifitasnya akan berbeda jika pemberian tersebut hanya 1 kali dalam seminggu terhadap peningkatan kadar Hb abak balita anemia defisiensi besi.

Kata kunci : Tempe fortifikasi Fe, Kadar hemoglobin, Balita anemia Fe

ABSTRACT

SALMIAH. *Influence of Consume Cake Base on Tempe Formula by Fortified Fe for Child Under Five Years Old Anemia of Fe* (Counselor by Suryani A.Army and Saifuddin Sirajuddin)

This research is designed through of community intervention using to be designed by quasi experiment with control randomized pretest-posttest. Research subject is child have to 2-5 years old, taken by random from population owning social and geographical characteristic of economics is the same relative and child of anemia that have to hemoglobin < 11 g/dl, which is device 3 group before intervention. Before intervention conducted by measurement of level of Hb, body weight and height. Frist group giving of cake of food Fe fortified tempe 6 times per a week, group of II counted 3 times per week one week and group of III 1 time per one week. After intervention re-measured level of Hb, body weight and height.

Research result indicate that the existence of improvement of rate of Hb at group of I ($p=0.000$), and group of II ($p=0.000$), group III in increase but not significant ($p=0.086$). Statistical test continue show that no difference of group I versus group II ($p=0.334$) but between group I versus group III and between group II versus group III are difference of significant ($p=0.000$ and of $p=0.002$). For the body weigh ang height after treatment not significant differences between group for all of treatment ($p>0.05$).

Research result can be concluded that giving of cake base on tempe formula by fortified Fe that 6 times per week the effect not differ from 3 times per one week, but the him of not differ if the givin only 1 time per a week to level of Hb deficiencies anemia.

Key Word : Tempe fortified Fe, Level of Hb, Child under five years old anemia

PRAKATA

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia serta bimbingan-Nya, sehingga penulis sampai pada akhir studi ini.

Terima kasih nan tulus dan penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada Prof.Dr.dr.Suryani.A.Armyn,M.Sc.,Sp.GK dan Dr.Saifuddin Sirajuddin,MS selaku Komisi Penasehat Tesis yang dengan penuh perhatian dan kesabaran telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan penulisan ini, juga kepada dr.Djunaidi M.Dachlan,MS dan Dr.Ir.Meta Mahendradatta serta Awaluddin,SKM.,M.Kes sebagai anggota Komisi Penilai beserta seluruh dosen di Pasca Sarjana S2 Gizi. Semoga ilmu yang diberikan selama ini kepada penulis dapat bernilai amal jariyah.Amin.

Haturan terima kasih juga kepada :

1. Prof.Dr.dr.A.Razak Thaha,MSc, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
2. Dr.dr.Burhanuddin Bahar,MS selaku Ketua Konsentrasi Gizi Pascasarjana Universitas Hasanuddin berikut seluruh pengelolanya.
3. Ketua Jurusan Gizi Poltekkes Makassar Ir.Agustian Ipa,M.Kes atas izin pendidikan yang diberikan.

4. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan restunya hingga akhir studi ini.
5. Kepada teman-teman seprogram studi yang telah memberikan saran dan masukan pada penyempurnaan penelitian ini.
6. Akhirnya kepada anak balita beserta orang tuanya yang menjadi sampel dan mau mengikuti seluruh tahapan panjang penelitian ini dan semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu atas jasa dan bantuannya, semoga apa yang telah diberikan diterima sebagai ibadah dan memperoleh balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini masih sangat jauh dari sempurna, untuk itu dengan rendah hati penulis mengharapkan kritik dan saran demi mendekati kesempurnaan.

Makassar, Januari 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	7

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Anemia Defisiensi Besi.....	8
B. Anemia Gizi Balita.....	9
C. Zat Besi dan Fungsinya.....	12
D. Absorpsi, Transportasi dan Ekskresi Besi.....	14
E. Pengukuran Asupan Zat Gizi.....	17
F. Konsumsi Makanan Sumber Besi.....	18
G. Fortifikasi Zat Besi.....	20
H. Tempe Kedele.....	25
I. Makanan Formula Tempe.....	30

BAB III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN

A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian.....	35
B. Kerangka Konsep.....	36
C. Klasifikasi Variabel, Definisi Operasional dan Kriteria Objektif...	37
D. Hipotesis.....	39

BAB IV. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	40
B. Jenis dan Desain Penelitian.....	41
C. Alur Penelitian.....	43
D. Populasi dan Sampel Penelitian.....	44
E. Teknik Pengumpulan Data.....	46
F. Pengolahan, Analisa dan Penyajian Data.....	49
G. Kontrol Kualitas.....	50
H. Etika Penelitian.....	53
I. Pelaksanaan Penelitian.....	54

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	60
B. Hasil Penelitian.....	61
1. Karakteristik Subyek Penelitian.....	61
2. Karakteristik Keluarga.....	62
a. Pendidikan Orang Tua.....	62
b. Pekerjaan Orang Tua.....	64
c. Pengeluaran Rumah Tangga.....	65
d. Sanitasi dan Pemukiman.....	66
3. Riwayat Kesehatan Anak.....	67
4. Asupan Zat Gizi Anak Balita.....	68
5. Frekuensi Makan.....	71
6. Pengaruh Pemberian Sediaan Makanan Terhadap BB & TB	75
7. Pengaruh Pemberian Sediaan Makanan Terhadap Hb.....	78
C. Pembahasan.....	82

BAB VI . KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	92
B. Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Jenis Makanan yang Telah Difortifikasi	21
Tabel 2.	Kandungan Zat Gizi Kedele dan Tempe (Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia. Depkes RI Dir Bin Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi)	26
Tabel 3.	Komposisi Bahan Makanan Formula Tempe	30
Tabel 4.	Komposisi Zat Gizi Makanan Formula Tempe	33
Tabel 5.	Pembuatan Tepung untuk Makanan Formula	34
Tabel 6.	Jumlah Penduduk, Jumlah Kepala Keluarga (KK) Dan Jumlah Balita di Kecamatan Tallo, 2006	
Tabel 7.	Karakteristik Subyek Menurut Umur	61
Tabel 8.	Karakteristik Subyek Menurut Jenis Kelamin	62
Tabel 9.	Tingkat Pendidikan Orang Tua Balita Setiap Kelompok Perlakuan	63
Tabel 10.	Jenis Pekerjaan Orang Tua Balita Setiap Kelompok Perlakuan	64

Tabel 11.	Rata-Rata Pengeluaran Keluarga Setiap Kelompok Perlakuan	65
Tabel 12.	Distribusi Subyek Menurut Sanitasi dan Pemukimannya	66
Tabel 13.	Keadaan Kesehatan Balita Setiap Kelompok Sebelum Intervensi	68
Tabel 14.	Rata-Rata Asupan Zat Gizi Balita Sebelum Intervensi	69
Tabel 15.	Rata-Rata Asupan Zat Gizi Balita Setelah Intervensi	70
Tabel 16.	Distribusi Frekuensi Makan Balita pada Kelompok Intervensi I	71
Tabel 17.	Distribusi Frekuensi Makan Balita pada Kelompok Intervensi II	73
Tabel 18.	Distribusi Frekuensi Makan Balita pada Kelompok Intervensi III	75
Tabel 19.	Rata-Rata Berat Badan dan Tinggi Badan Sebelum dan Sesudah Perlakuan	76
Tabel 20.	Distribusi Subyek Menurut Kepatuhan Makan Sediaan Makanan Perlakuan	78

Tabel 21.	Rata-Rata Kadar Hemoglobin (Hb) Sebelum dan Sesudah Perlakuan	79
Tabel 22.	Uji Lanjutan Terhadap Perbedaan Kadar Hb Antar Kelompok Sesudah Perlakuan	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Tempe yang telah Dimodifikasi	29
Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Makanan Formula Tempe	32
Gambar 3. Matrik Perlakuan Penelitian	59
Gambar 4. Rata-Rata Berat Badan Sebelum dan Sesudah Perlakuan	77
Gambar 5. Rata-Rata Tinggi Badan Sebelum dan Sesudah Perlakuan	77
Gambar 6. Rata-Rata Kadar Hemoglobin Sebelum dan Sesudah Perlakuan	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .	Kuesioner Penelitian
Lampiran 2 .	Formulir Recall 24 Jam
Lampiran 3.	Formulir Food Frekuensi
Lampiran 4 .	Prosedur Wawancara
Lampiran 5.	Prosedur Pengukuran Berat Badan dan Tinggi Badan
Lampiran 6 .	Prosedur Pengukuran Kadar Hemoglobin
Lampiran 7 .	Prosedur Pemberian Kue Sediaan Perlakuan
Lampiran 8 .	Pernyataan Kesediaan Menjadi Subyek Penelitian
Lampiran 9 .	Formulir Pemantauan
Lampiran 10.	Resep Schotel Tempe
Lampiran 11.	Master Tabel Hasil Penelitian
Lampiran 12.	Analisa Asupan Zat Gizi Balita
Lampiran 13.	Hasil Pengolahan Data Program SPSS Versi 11
Lampiran 14.	Izin Penelitian
Lampiran 15.	Ethical Clearance

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Anemia besi merupakan suatu masalah gizi yang banyak dijumpai di negara-negara berkembang. Menurut perkiraan organisasi kesehatan dunia *The World Health Organization* (WHO) terdapat 2 milyar penduduk dunia menderita anemia defisiensi besi, termasuk lebih dari 50% anak-anak dan lebih 80% ibu hamil di negara-negara berkembang (UN-ACC/SCN, 2000) atau mendekati hampir satu dari tiga populasi penduduk dunia menderita anemia defisiensi besi (Clugston and Smith, 2002).

Prevalensi anemia gizi yang tinggi tersebut pada umumnya dapat menyerang semua golongan umur baik laki-laki maupun perempuan terutama golongan yang rawan yaitu balita, ibu hamil, wanita usia subur, anak usia sekolah, remaja, vegetarian dan penduduk berpenghasilan rendah (Sunarko, 2002).

Di negara berkembang dan miskin risikonya meningkat, karena selain disebabkan asupan besi makanan kurang, juga berkaitan dengan defisiensi zat gizi mikro lain, infeksi parasit, infeksi kronis dan pola makan dasar padi-padian yang miskin besi yang juga terdapat substansi penghambat absorpsi besi (Clugston and Smith, 2002). Di Indonesia anemia defisiensi besi juga merupakan masalah gizi nasional. Dari hasil sensus 2000

sekitar 50% dari jumlah penduduk Indonesia beresiko tinggi anemia (Sunarko, 2002)

Berdasarkan hasil survey *Nutrition Surveyance System* (NSS) Hellen Keller Internasional (HKI) sebelum krisis tahun 1996 prevalensi anemia balita 50% pada bulan Juni 1996 meningkat menjadi 65% dan pada Februari 2000, khusus di wilayah kumuh perkotaan (Jakarta, Semarang, Surabaya dan Makassar) ditemukan cukup tinggi yaitu 45% - 70% dan khusus kota Makassar ditemukan prevalensi anemia balita (63,5%). Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) 2001, dimana prevalensi anemia pada balita dengan kelompok umur dibawah 6 bulan sebesar 61,3%, umur 6-11 bulan sebesar 64,8%, umur 12-23 bulan sebesar 58,11%, umur 24-35 bulan sebesar 45,1%, umur 36-47 bulan sebesar 38,6% dan umur 48-59 bulan sebesar 32,1% (Atmarita, 2004).

Dampak anemia besi cukup luas yang meliputi aspek medis yaitu turunnya kekebalan tubuh hingga rentan penyakit infeksi, aspek sosio-ekonomi yaitu menurunnya kapasitas fisik dan produktifitas, serta aspek sumber daya manusia yaitu menurunnya fungsi kognitif dan tumbuh kembang (Lukito, 2002). Pengaruh defisiensi besi sering dihubungkan secara signifikan dengan gangguan perkembangan psikomotor dan mental perilaku pada bayi (Nokes *et al.*, 1998). WHO berasumsi bahwa anemia pada usia balita mengakibatkan defisit *Intelegensia Quotient* (IQ) secara permanen 5 point

dibawah normal dari yang tidak anemia dan kapasitas belajarnya berkurang 10% selama usia sekolah (Draper and Nestel, 1998)

Sebagian besar penyebab anemia di Indonesia adalah kekurangan besi yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin sehingga disebut anemia defisiensi besi. Kekurangan besi di dalam tubuh tersebut disebabkan karena kekurangan konsumsi makanan kaya besi, kekurangan besi karena kebutuhan meningkat seperti masa pertumbuhan pada anak balita atau penyakit infeksi (malaria dan penyakit kronis lain) kekurangan besi karena kehilangan besi yang berlebihan seperti pada infestasi cacing (Depkes, 1996).

Zat gizi yang dibutuhkan tersebut selain protein adalah mineral besi dalam konsumsi sehari-hari sesuai dengan pola konsumsi rumah tangga di Indonesia tidak akan mampu memenuhi kebutuhan zat besi, ditambah dengan kualitas absorpsi yang rendah dari makanan tersebut. Dalam mencukupi kebutuhan zat besi pada masa balita diberikan suplementasi sirup besi setiap hari yang diharapkan dapat meningkatkan status hemoglobin. Namun demikian, program pemberian suplementasi besi yang sudah dilaksanakan pada skala luas di banyak negara berkembang ternyata kurang efektif dan hanya sedikit mengurangi prevalensi serta masih mengecewakan hasilnya (UN-ACC/SCN, 2000). Fortifikasi besi pangan umumnya di negara industri maju dan terbatas pada makanan formula bayi (Clugston and Smith, 2002).

Hasil survey oleh *Nutrition and Health Surveyance System (NSS)* Hellen Keller Internasional (HKI), USAID, dan Depkes RI pada bulan Juni sampai dengan September 2003 di wilayah kumuh perkotaan, menyatakan bahwa prevalensi anemia pada kelompok umur 12-23 bulan di Kota Makassar sebanyak 83%.

Upaya penanggulangan dengan meningkatkan konsumsi besi dianjurkan sebagai pilihan pertama pada sasaran dengan resiko anemia defisiensi besi untuk penerimaan jangka panjang (Patterson *et al.*, 2001). Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah fortifikasi zat besi pada bahan pangan, yang telah berhasil di beberapa negara Eropa, seperti fortifikasi besi pada tepung terigu dan yodium pada susu dan produk susu serta bahan pangan lainnya. Untuk Indonesia fortifikasi pada tepung terigu dan susu atau produk komersial lainnya masih akan belum efektif karena tidak akan menjangkau seluruh lapisan masyarakat terutama masyarakat yang hidup di desa atau masyarakat yang berpenghasilan rendah, yang mana kelompok masyarakat inilah yang sensitif terhadap anemia. Karena itu diperlukan fortifikasi pada makanan khas/tradisional yang dikonsumsi luas oleh masyarakat seperti tempe (Tawali dan Suryani, 2002)

B. Rumusan Masalah

Kekurangan zat besi selain rawan bagi bayi, juga harus diwaspadai terjadi pada balita (bawah lima tahun). Biasanya anemia gizi besi pada balita

disebabkan oleh kurang asupan zat besi pada makanan yang dikonsumsi sehingga kebutuhan zat besi tidak terpenuhi.

Idealnya perbaikan gizi ditempuh dengan memperbaiki konsumsi makanan sehari-hari atas dasar gizi seimbang. Namun tidak semua anggota masyarakat mampu memenuhi gizi seimbang karena kemiskinan. Untuk memenuhi gizi seimbang, bagi masyarakat miskin memerlukan peningkatan daya beli dan ekonomi keluarga. Program peningkatan ekonomi memerlukan waktu lama, sedangkan dampak negatif dari masalah gizi harus segera dapat diatasi dalam waktu relatif singkat. Karena itu diperlukan adanya upaya terobosan sambil menunggu hasil perbaikan ekonomi. Teknologi fortifikasi memungkinkan dilakukan terobosan tersebut (Soekirman, 2002)

Tempe sebagai salah satu makanan yang mengandung nilai gizi lengkap sangat cocok untuk dijadikan sebagai objek fortifikasi, mengingat tempe merupakan makanan tradisional yang telah memasyarakat dengan harga yang relatif terjangkau oleh hampir semua lapisan masyarakat. Selain itu tempe juga memiliki nilai biologi dan kandungan gizi yang lengkap dan berimbang.

Maka diajukan pertanyaan untuk penelitian yaitu :

1. Apakah konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 6 kali seminggu dapat meningkatkan kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi ?

2. Apakah konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 3 kali seminggu dapat meningkatkan kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi ?
3. Apakah konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 1 kali seminggu dapat meningkatkan kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi ?
4. Apakah konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 6 kali seminggu dapat meningkatkan kadar hemoglobin sama baiknya dibandingkan konsumsi selama 3 kali seminggu atau 1 kali seminggu pada balita anemia defisiensi besi ?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi terhadap kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui pengaruh konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 6 kali seminggu terhadap kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi.

- b. Mengetahui pengaruh konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 3 kali seminggu terhadap kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi.
- c. Mengetahui pengaruh konsumsi kue dari makanan formula berbasis tempe fortifikasi zat besi selama 1 kali seminggu terhadap kadar hemoglobin pada balita anemia defisiensi besi.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan adalah :

1. Pengembangan ilmu di bidang mineral mikro dalam hal fortifikasi zat besi dan pengembangan produk.
2. Memberikan masukan mengenai alternatif penanggulangan masalah gizi mikro (anemia defisiensi besi) dengan fortifikasi pangan
3. Memberikan masukan bagi pengembangan teknologi di bidang gizi dan kesehatan masyarakat, khususnya dalam pemecahan anemia gizi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Anemia Defisiensi Besi

Anemia defisiensi besi adalah anemia yang terjadi akibat kekurangan zat besi dalam darah. Artinya konsentrasi Hb dalam darah berkurang karena terganggunya pembentukan sel-sel darah merah akibat kekurangan kadar zat besi dalam darah. Semakin berat kekurangan zat besi yang terjadi, semakin berat pula anemia yang diderita (Wirakusumah, 1999)

Anemia defisiensi besi berkaitan dengan defisiensi zat gizi mikro lain, infeksi parasit dan pola makan padi-padian yang miskin besi serta terdapatnya substansi penghambat absorpsi besi (Clugston and Smith, 2002). Menurut Linder (1992) asupan yang kurang pada saat kebutuhan zat besi meningkat pada masa pertumbuhan akan memperburuk status anemia. Asupan zat besi juga diduga erat kaitannya dengan kemampuan intelektual, di mana hasil penelitian Bernard Devlin (2000) pada anak umur 3-5 tahun menunjukkan bahwa defisiensi zat besi ternyata menyebabkan kemampuan mengingat dan memusatkan perhatian rendah.

Menurut Gillespie (1998), terdapat tiga tingkatan yang berkaitan dengan defisiensi zat besi : 1) Depleksi besi yaitu berkurangnya cadangan besi dalam tubuh, dengan ditandai menurunnya kadar serum feritin. Keadaan kekurangan zat besi pada tahap ini walaupun belum mempengaruhi secara

fungsional, namun mulai mempengaruhi berkurangnya bahan baku produksi hemoglobin. 2) Defisiensi Erythropoiesis atau keadaan kekurangan zat besi lebih lanjut. Defisiensi zat besi ini dikarenakan asupan dan absorpsi zat besi tidak mampu mengganti zat besi yang dikeluarkan oleh tubuh. Pada tahap ini produksi hemoglobin mulai terganggu dan kadar hemoglobin mulai menurun. 3) Anemia defisiensi zat besi, yaitu keadaan kekurangan zat besi paling parah dengan ditandai kadar hemoglobin berkurang atau lebih rendah.

Anemia sering tidak dikenali karena berlangsung kronis dan tidak spesifik gejala dan tanda klinisnya. Hanya sedikit masyarakat yang paham tentang gejala dan tanda klinis anemia defisiensi besi dengan budaya yang berbeda-beda (Draper and Nestel, 1998). Gejala klinis anemia secara umum adalah lesu, lemah, letih, lalai serta keluhan pusing atau penglihatan berkunang-kunang, dimana secara klinis gejala dan tanda yang ditemukan membaik dengan pemberian terapi Fe (Depkes, 1999)

World Health Organization memberikan batasan status anemi dengan kadar hemoglobin bagi balita 0-5 tahun < 11 g/dl, anak 6-11 tahun < 11,5 g/dl, anak 12-14 tahun < 12 g/dl, dewasa laki-laki < 13 g/dl, wanita hamil < 11 g/dl, wanita tidak hamil < 12 g/dl (Khusun *et al.*, 1999)

B. Anemia Gizi Balita

Kebutuhan zat besi bagi bayi dan anak relatif tinggi disebabkan oleh pertumbuhannya. Dilahirkan dengan 0,5% besi dalam tubuhnya, kandungan

besi meningkat menjadi 5 gram pada umur dewasa. Untuk menaikkan jumlah tersebut maka makanan sehari-harinya harus mengandung cukup zat besi. Sebagian besar anemia tersebut merupakan akibat kekurangan besi dan kebanyakan balita makanan sehari-harinya tidak mengandung cukup zat besi. Suplementasi zat besi diperlukan apabila prevalensi anemia tinggi (Solihin, 2000).

Kekurangan zat besi selain rawan bagi bayi, juga harus diwaspadai terjadi pada balita. Biasanya anemia gizi besi pada balita disebabkan oleh kurangnya asupan zat besi pada makanan yang dikonsumsi sehingga kebutuhan zat besi tidak terpenuhi. Banyak faktor yang menyebabkan balita kurang mengonsumsi makanan sumber zat besi, seperti keadaan ekonomi yang berdampak pada tidak mampunya keluarga menyediakan makanan sumber zat besi, misalnya daging, ikan, atau ayam. Hal ini terutama terjadi pada negara-negara berkembang yang makanan utamanya sereal dan tingkat ekonomi yang rendah. Selain itu faktor budaya atau penghambat absorpsi zat besi juga berpengaruh negatif terhadap status gizi balita (Wirakusumah, 1999).

Kemmer *et al.*, (2003) melaporkan hasil studi di Birma pada pengungsi anak-anak umur 6-59 bulan, terdapat 87,5% dari anak status gizi kurang ($BB/U < -2$ z-score) menderita anemia dan 23%-nya adalah anemia berat. Perbaikan gizi pada anak balita 0-5 tahun melalui intervensi promosi gizi dan edukasi mengurangi prevalensi anemia defisiensi besi. Dilaporkan

juga bahwa kualitas asupan makanan dan status gizi yang baik dapat mengurangi prevalensi anemia defisiensi besi (Wang et al., 2000)

Balita termasuk kelompok yang rawan terhadap anemia di mana konsekwensi anemia pada anak erat kaitannya dengan proses tumbuh kembang. Penderita anemia lebih rentan terhadap berbagai penyakit. Sri Muliati (2000) dalam penelitiannya menyatakan bahwa anak yang menderita anemia kurang besi cenderung mempunyai skor mental dan psikomotor lebih rendah dari pada anak yang tidak anemia. Setelah diberi intervensi Fe terdapat kenaikan skor mental dan psikomotor yang cukup berarti baik pada anak yang menderita anemia kurang besi maupun yang bukan anemia kurang besi.

Anemia gizi balita akan berdampak pada pertumbuhan fisik, perkembangan kecerdasan, menurunnya daya tahan tubuh yang berkaibat meningkatnya angka kesakitan dan angka kematian. Dengan kondisi seperti ini akan kehilangan aset yang pada akhirnya akan menjadi beban masyarakat dan pemerintah. Oleh karena itu kecukupan gizi sangat diperlukan oleh setiap individu, sejak janin masih dalam kandungan, bayi anak-anak, masa remaja, dewasa sampai usia lanjut (Sunarko, 2002)

Hasil penelitian yang dilakukan di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo (RSCM) pada anak yang berumur 6-60 bulan, prevalensi anemia meningkat dengan memburuknya keadaan gizi dan anak-anak yang menderita infeksi pada umumnya ditemukan kadar hemoglobin yang lebih

rendah. Pengobatan anemia kekurangan besi dengan suplemen zat besi diberikan suplemen besi selama 1-3 bulan (Solihin P, 2000). Anemia gizi yang muncul dengan Kurang Energi Protein (KEP) tidak akan memberikan respon yang baik sebelum malnutrisinya diobati (D.B. Jelliffe)

C. Zat Besi dan Fungsinya

Besi dengan nama kimia ferum (Fe) adalah mikromineral yang paling banyak dalam tubuh manusia dan hewan. Orang dewasa sehat mengandung antara 2,5-4 gr, jumlah terbesar di antaranya 2,0-2,5 gr dalam sirkulasi darah yakni dalam sel darah merah sebagai komponen hemoglobin. Jumlah lebih sedikit didapatkan dalam bentuk mioglobin dalam sel-sel otot, dan jumlah kecil yang bervariasi disimpan sebagai feritin suatu protein yang terdapat dalam semua sel terutama hati, limpa dan sumsum tulang (Linder,1992; Bidlack, 2002). Simpanan besi sebagai hemosiderin merupakan produk pemecahan feritin, bila kadar feritin di hati berlebihan (Smolin and Gosvenor, 1994)

Besi berperan penting dalam proses fisiologi tubuh. Secara fungsional besi dalam tubuh diperankan oleh hemoglobin, mioglobin, enzim terikat besi (*iron dependent enzymes*), dan protein rantai pernafasan (Haas, 2001). Hemoglobin adalah besi yang terikat protein dalam sel darah merah yang berfungsi mengikat oksigen dari paru-paru dan transportasinya ke dalam sel. Mioglobin adalah besi terikat protein pada sel-sel otot yang berfungsi mengikat oksigen untuk persediaan oksigen dalam kontraksi otot.

Transferin adalah protein yang terlibat pada transportasi besi dalam sirkulasi darah (Smolin and Gosvenor, 1994)

Besi memainkan peranan yang penting pada transportasi dan penggunaan oksigen pada produk energi oksidatif (Haas and Brownlin, 2001). Besi juga merupakan bagian beberapa protein yang terlibat rantai transportasi electron, metabolisme otot, dan system kekebalan tubuh (Smolin and Gosvenor, 1994). Oleh karena banyak besi dalam bentuk hemoglobin, maka anemia hipokromik dan mikrositik (sel darah merah pucat dan kecil) merupakan tanda dari defisiensi besi (Linder, 1992).

Hemoglobin komponen penting dalam sel darah merah yang dibentuk dari hem dan globin. Hem terdiri dari 4 struktur pirol dengan atom Fe di tengahnya dan globin adalah protein terdiri dari 2 pasang rantai polipeptida. Jenis hemoglobin normal yang ditemukan pada manusia adalah hemoglobin A (HbA) yang kadarnya diperkirakan 98% dari seluruh Hb (Fakultas Kedokteran-Universitas Indonesia; FK-UI, 1985). Struktur hemoglobin memungkinkan pengikatan oksigen berlangsung secara ulang timbal balik (*reversible*), sebagai mekanisme penting transportasi oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh (Ries dan Santi, 1997)

Besi dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan hemoglobin sel-sel darah merah di sumsum tulang, mengimbangi sejumlah kecil besi yang secara konstan dikeluarkan tubuh, pembentukan hemoglobin baru pada masa anak-anak dan remaja, serta untuk mengimbangi kehilangan besi

akibat pendarahan serta pada laktasi untuk sekresi air susu (FK-UI, 1989). Sebagian besar kebutuhan besi dipenuhi dari besi bebas hasil proses degradasi sel darah merah, dan hanya sebagian kecil dari asupan.

A. Absorpsi, Transportasi dan Ekskresi Besi

1. Absorpsi dan transportasi besi

Absorpsi besi berlangsung di usus dua belas jari (*duodenum*) dan usus halus bagian atas (*jejenum proksimalis*). Absorpsi hem dari makanan hewani berlangsung lebih mudah dan efisien karena diabsorpsi secara utuh (bentuk feri dalam hem) tanpa dipecah dulu menjadi besi bebas. Besi non hem dalam makanan dan garam besi anorganik atau kompleks lainnya harus diubah menjadi besi bebas bentuk ion fero sebelum diabsorpsi oleh sel mukosa usus (Ries dan Santi, 1997)

Dalam proses absorpsi, besi dalam makanan dibebaskan menjadi ion feri oleh pengaruh asam lambung dan di usus halus diubah menjadi ion fero oleh pengaruh alkali yang kemudian diabsorpsi oleh mukosa usus (FK-UI, 1985; Bidlack, 2002). Besi fero yang diserap mula-mula masuk ke dalam sel mukosa usus diubah menjadi ion feri dan bersama besi feri dari pecahan besi hem yang diabsorpsi utuh, ditransportasi dari mukosa usus ke plasma darah dalam ikatan protein transferin (Ries dan Santi, 1987). Besi dalam sirkulasi plasma darah berikatan dengan protein transferin dan dikirim dalam

sumsum tulang untuk proses eritropoisi, disimpan sebagai persenyawaan feritin-hemosiderin di hati dan limpa, serta pembentukan enzim di jaringan (Linder, 1992; Ries dan Santi, 1997)

Protein pengatur besi (*Iron Regulation Protein; IRP*) terlibat untuk mengatur jalur fisiologi besi dan merupakan faktor penting dalam respon adaptasi absorpsi besi pada defisiensi besi (Bidlack, 2002). Absorpsi besi diatur oleh kebutuhan tubuh; absorpsi besi meningkat dan masuk ke dalam darah bila tabungan / *reserve* besi dalam tubuh kurang atau kebutuhan meningkat, dan absorpsi berkurang bila cadangan besi tubuh besar (Linder, 1992). Cadangan besi tubuh terutama feritin di sel mukosa usus dan kecepatan eritropoisis yang mempengaruhi transferin di sel mukosa, mengatur absorpsi besi. Pada anemia defisiensi besi, transferin naik dan feritin turun yang meningkatkan absorpsi besi; sedangkan pada keadaan cadangan besi berlebihan transferin turun dan feritin naik yang mengurangi absorpsi besi (Ries dan Santi, 1997)

Terjadi pemanfaatan besi kembali oleh tubuh, sehingga kebutuhan besi dari makanan pada orang sehat hanya diperlukan guna mengganti besi yang diekskresikan dan kebutuhan besi yang meningkat. Secara kasar, 1% sel darah (umur 120 hari) didegradasi dan dibentuk kembali setiap hari, dan *turnover* besi- Hb sebanyak 19-24 mg per hari pada orang dewasa (Linder, 1992)

Sel darah merah difagositosis oleh sel-sel retikuloendotelial terutama di limpa dan hati. Besi yang dibebaskan dari proses degradasi hemoglobin dan poriferin secara cepat terikat dalam transferin dan feritin serum beberapa menit setelah pengambilan sel darah merah rusak. Transferin mengangkut besi kembali ke sumsum tulang untuk mensintesis hemoglobin ulang, atau dimana saja dibutuhkan dan feritin serum secara cepat diambil oleh hati (Linder, 1992). Feritin plasma dalam keadaan seimbang dengan feritin cadangan di jaringan retikuloendotelial, sehingga kadar feritin plasma dapat digunakan untuk memperkirakan cadangan total besi tubuh (Ries dan Santi, 1997)

2.Ekskresi besi

Ekskresi besi dari tubuh hanya sedikit yaitu melalui empedu, urin, keringat, pelepasan sel kulit dan sel mukosa usus serta pendarahan menstruasi. Ekskresi besi orang dewasa melalui empedu 0,22-0,28 mg, urin 0,5-1,0 mg, pelepasan sel usus 0,24 mg, *turnover* massa sel darah merah 0,38 mg per hari (Beard, 2000). Ekskresi pada bayi dan anak 0,3-1,0 mg, laki-laki dewasa 1,0-1,5 mg dan wanita dewasa 1,0-2,5 mg per hari (FK-UI, 1985). Kebutuhan bayi, anak-anak, wanita hamil dan menyusui lebih tinggi dari besi yang diekskresikan karena untuk pertumbuhan.

E. Pengukuran Asupan Zat Gizi

Salah satu metode pengukuran konsumsi zat gizi seseorang (individu) yang biasa digunakan dalam survey konsumsi adalah metode recall 24 jam. Metode recall 24 jam dilakukan dengan mencatat jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi pada periode 24 jam yang lalu. Dalam metode ini, responden disuruh menceritakan semua makanan yang dimakan 24 jam yang lalu. Biasanya dimulai sejak bangun pagi kemarin sampai menjelang tidur malam harinya, atau dapat dimulai sejak dilakukan wawancara sampai 24 jam ke belakang.

Data makanan yang diperoleh dari metode recall cenderung bersifat kualitatif, untuk mendapatkan data kuantitatif maka jumlah konsumsi makanan individu ditanyakan dengan teliti menggunakan bantuan alat URT (ukuran rumah tangga) seperti sendok, gelas, piring atau ukuran rumah tangga lain yang biasa digunakan sehari-hari.

Metode recall 24 jam memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan. Kelebihan metode ini antara lain : (1) Mudah dilaksanakan dan tidak membebani responden; (2) Relatif murah; (3) Cepat sehingga mencakup banyak responden; (4) Dapat digunakan untuk responden yang buta huruf; (5) Dapat memberikan gambaran nyata yang benar-benar dikonsumsi individu sehingga dapat dihitung asupan zat gizi sehari. Beberapa kelemahan metode recall 24 jam antara lain: (1) Tidak dapat menggambarkan asupan makanan sehari-hari apabila dilakukan hanya sehari; (2) Ketepatannya

sangat tergantung pada daya ingat responden; (3) *The flat slope syndrome* berupa *over estimasi* dan *under estimasi*; dan (4) membutuhkan petugas yang terlatih atau petugas yang terampil (Supariasa dkk., 2000)

F. Konsumsi Makanan Sumber Besi

Besi banyak terdapat pada sumber makanan hewani seperti daging, ikan, telur dan unggas yang juga sebagai sumber protein dan lemak. Asupan makanan ini tidak hanya bermanfaat dalam meningkatkan asupan besi, tetapi juga memperbaiki kualitas asupan gizi lain guna memenuhi kebutuhan energi, protein dan mikronutrien lain. Hal ini akan sangat berguna bagi anak untuk memenuhi kecukupan asupan gizi lengkap dan adekuat, untuk mengurangi prevalensi anemia dan kekurangan energi protein yang masih cukup tinggi.

Program suplementasi besi ternyata belum sukses menurunkan prevalensi anemia defisiensi besi dan mencegah terjadinya kasus baru (UN-ACC/SCN, 2000). Sementara itu strategi penanggulangan dengan konsumsi makanan tinggi besi memiliki kelemahan dalam hal bioavailabilitasnya (Clugston and Smith, 2000).

Di Meksiko ditemukan anemia defisiensi besi yang diasumsikan terjadi karena rendahnya kualitas asupan besi yang berkaitan dengan absorpsi, kandungan vitamin C dan sumber besi hewani yang kurang baik (Black *et al.*, 1994). Sementara di Iran ditemukan asupan besi anak (umur 4

tahun) di kota lebih tinggi dari anak di desa dan pola asupan besi anak kota kurang padi-padian dan tinggi daging (Zohouri and Rugg-Gunn., 2002)

Karena pola konsumsi masyarakat Indonesia khususnya di Propinsi Sulawesi Selatan masih didominasi karbohidrat miskin besi dengan bioavailabilitas besi rendah, maka upaya peningkatan konsumsi makanan tinggi besi dapat bermanfaat ganda dalam menyelesaikan masalah gizi. Hasil survey konsumsi gizi di Propinsi Sulawesi Selatan tahun 2001 menunjukkan bahwa tingkat konsumsi energi dari karbohidrat 71%, lemak 17% dan protein 12% dari total energi (Din.Kes.Prop.Sulsel, 2001)

Di wilayah kumuh kota Makassar pada anak umur 7-12 tahun mempunyai asupan energi 1580 Kal (82%), protein 28 gr (63% AKG), vitamin C 35 mg (72% AKG), ditemukan prevalensi anemia defisiensi besi 43%. Kuantitas asupan gizi rata-rata kurang, dan asupan besi kualitasnya juga kurang yaitu besi hem 0,76 mg (Nadimin, 2004).

Bila upaya pencegahan dan penanggulangan ditujukan sekaligus dengan upaya pembentukan pola makan masyarakat yang seimbang, maka untuk jangka panjang akan lebih bermanfaat dengan strategi peningkatan konsumsi makanan tinggi besi. Mengingat faktor penyebab anemia defisiensi besi yang kompleks memerlukan langkah-langkah strategis pencegahan dan penanggulangan yang komprehensif selain dengan suplemen besi dan konsumsi makanan tinggi besi, yaitu meliputi pengobatan penyakit yang

beresiko anemia, modifikasi diet, meningkatkan pengetahuan masyarakat dan fortifikasi besi (Sunarko, 2002)

G. Fortifikasi Zat Besi

Fortifikasi adalah upaya meningkatkan mutu gizi makanan dengan menambahkan pada makanan tersebut satu atau lebih zat gizi mikro tertentu. Terdapat dua jenis fortifikasi, yaitu fortifikasi sukarela dan fortifikasi wajib. Fortifikasi sukarela atas prakarsa produsen sendiri tanpa diharuskan oleh undang-undang atau peraturan, tujuannya adalah untuk meningkatkan nilai tambah produknya. Sedangkan fortifikasi wajib adalah fortifikasi yang diharuskan oleh undang-undang dan peraturan untuk melindungi rakyat dari masalah kurang gizi. Fortifikasi wajib lebih ditujukan kepada golongan masyarakat miskin yang umumnya menderita kekurangan zat gizi mikro, terutama kurang yodium, zat besi dan vitamin A. Jenis pangan yang sudah diujicoba untuk difortifikasi yaitu garam, susu, margarin dan terigu, tetapi belum sukses dikembangkan untuk program skala luas (Soekirman, 2002). Untuk lebih jelasnya hal tersebut tertera pada Tabel 1.

Dibanding dengan fortifikasi vitamin A dan zat yodium, teknologi fortifikasi zat besi lebih sulit, oleh karena sifat kimiawi zat besi beragam dan memerlukan penyesuaian dengan pangan yang akan difortifikasi. Beberapa kriteria harus dipenuhi dalam memilih jenis zat besinya sebagai fortifikan (zat gizi yang ditambahkan), yaitu : keamanannya (*safety*), harga terjangkau

(*affordability*), stabil (sifat kimianya tidak berubah-ubah), nilai biologi (*bioavailability*), reaksi terhadap senyawa lain, dan efikasinya dalam meningkatkan kadar hemoglobin.

Tabel 1. Jenis Makanan Yang Telah Difortifikasi

Jenis Makanan	Negara	Keterangan
Yodisasi garam	Switzerland USA	Wajib
Fortifikasi susu dengan vitamin A dan vitamin D	Inggris USA	Sukarela
Fortifikasi margarin dengan vitamin A	Denmark	Sukarela
Fortifikasi tepung terigu dengan vitamin B1, B2, Niasin	Canada USA Chile	Wajib

Sumber: Soekirman, 2002

Beberapa peneliti mengungkapkan bahwa fortifikasi zat besi pada makanan rakyat merupakan salah satu cara yang paling efektif dan dapat menjangkau sejumlah besar masyarakat serta paling cocok digunakan untuk program jangka panjang (Morck dan Cook, 1983). Di samping itu secara klinik tidak mempunyai efek sampingan terhadap saluran pencernaan dibandingkan dengan pemberian zat besi secara suplementasi.

Masalah utama yang dihadapi adalah jenis fortifikan zat besi yang dapat diterima oleh konsumen baik dari segi daya terimanya maupun dari

segi bioavailabilitas. Fortifikasi zat besi pada makanan merupakan salah satu strategi terbaik dalam mencegah dan menanggulangi anemia, baik dari sisi produsen maupun konsumen. Namun demikian, tidak semua makanan dapat difortifikasi untuk tujuan mencegah kekurangan gizi, hanya makanan tertentu yang memenuhi syarat, sebagai berikut:

1. Makanan yang banyak dimakan oleh masyarakat, termasuk masyarakat miskin.
2. Makanan itu diproduksi dan diolah oleh produsen yang terbatas jumlahnya, agar mudah diawasi proses fortifikasinya.
3. Tersedia teknologi fortifikasinya untuk makanan yang dipilih.
4. Makanan tidak berubah rasa, warna, dan konsistensi setelah difortifikasi.
5. Tetap aman, dalam arti tidak membahayakan kesehatan.
6. Harga makanan tetap terjangkau daya beli konsumen yang menjadi sasaran (Soekirman, 2002)

Meskipun fortifikasi besi dapat menjangkau wilayah geografis yang lebih luas, tetapi masih terbatas pada produk susu dan makanan formula terutama di negara industri maju (Baltussen *et al.*, 2004). Fortifikasi besi paling banyak di bidang industri makanan formula bayi, dan juga dilakukan pada tahap penggilingan terigu dan makanan formula bahan dasar sereal. Strategi fortifikasi besi diperuntukkan pada sasaran subpopulasi terutama bayi dan balita (Allen, 1997)

Pengalaman berbagai negara yang telah melakukan program fortifikasi puluhan tahun, tidak ditemukan adanya bahaya yang berarti. Bahaya keracunan kemungkinan lebih sering ditemukan pada suplemen vitamin dan mineral dalam bentuk pil atau kapsul, khususnya yang berdosisi tinggi, memerlukan nasehat dokter agar tidak menimbulkan masalah kesehatan.

Zimmermann *et al.*, (2003) melakukan penelitian pada anak sekolah yang berumur 6-15 tahun di Moroccan Afrika, dengan mengembangkan suatu garam yang difortifikasi dobel/rangkap (DFS = *Dual Fortified Salt*) yang berisi iodium dan zat besi yang dicampur/ ditambahkan ke dalam makanan lokal. Hasilnya, konsentrasi iodium urin dan volume thyroid menunjukkan hasil yang signifikan pada kedua kelompok, di mana konsentrasi hemoglobin pada kelompok yang mendapat DFS menunjukkan peningkatan sampai 14 g/L ($p < 0,01$), dan konsentrasi protoporphyrin zink lebih bagus ($p < 0,05$) pada kelompok yang mendapat DFS dibanding kelompok yang hanya mendapat garam iodium. Dilaporkan juga bahwa *Dual Fortified Salt* (DFS) menanggulangi defisiensi anemia dari 35% turun menjadi 8% .

Sumber zat besi yang banyak dan umum digunakan dalam fortifikasi adalah ferrous sulphat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Ammonium ferrous sulphat, Ferric ortho phosphate dan Sodiumferric pyrophosphate. Sedangkan untuk suplementasi yang umum digunakan adalah Ferrous fumarat, Ferrous sulphat . Fortifikan lainnya yang biasa digunakan adalah Ferric sodium EDTA (Ethyl Diamin Tetra acetic Acid) dan zat besi elemental.

Hasil penelitian (Tawali dan Suryani, 2002) tentang kemungkinan fortifikasi zat besi pada ragi tempe dengan penambahan fortifikan $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4$ (Amonium Ferrous Sulfat), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Ferrous Sulfat), $\text{Fe}(\text{NH}_4)_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ (Feri Amoniun Citrat) dan Fe° (Elemental Iron) serta tingkat ketersediaan (availability) zat besi yang dihasilkan menunjukkan bahwa fortifikasi dengan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Ferrous Sulfat) memberikan hasil terbaik dari segi tingkat ketersediaan zat besi (availability) dengan dosis optimal fortifikan 10 gr dalam 100 gr ragi tempe. Dari semua jenis fortifikan zat besi yang digunakan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap aroma, warna dan tekstur/ kekompakan tempe yang dihasilkan.

Menurut De Maeyer (1999), fortifikan ferrous sulphat mempunyai kelebihan karena sifatnya yang mudah larut dan tidak menimbulkan perubahan warna yang tidak disukai serta lebih reaktif mencegah reaksi oksidasi. Di samping itu ferrous sulphat secara ekonomis lebih murah dan juga memiliki kemampuan mengurangi pengaruh hambatan fitat kacang kedelai.

Dalam hal pilihan untuk “kendaraan” (*vehicle*) yaitu “pangan yang akan difortifikasi” harus memenuhi kriteria sebagai berikut: dikonsumsi oleh banyak orang termasuk kelompok sasaran, harganya setelah difortifikakasi tetap terjangkau, rupa dan rasa tidak berubah, dan sesuai sifat kimiawi zat fortifikan (Soekirman, 2000)

H.Tempe Kedele

Kacang kedele tergolong sebagai bahan pangan yang kandungan asam fitatnya cukup tinggi. Asam fitat ini merupakan salah satu senyawa penghambat absorpsi besi, yang mempunyai kemampuan untuk mengikat zat besi menjadi senyawa kompleks yang bersifat tidak larut sehingga tidak bisa diserap oleh tubuh (Martinez, 1983). Dengan demikian kedele walaupun kandungan zat besinya cukup tinggi namun belum direkomendasikan sebagai bahan pangan sumber zat besi yang berkualitas tinggi.

Tempe kedele sebagai hasil fermentasi kedele selama 48 jam justru meningkat mutu gizinya dalam susunan, ketersediaan, kemudahan dan nilai cernanya dibandingkan dengan kedele (Astuti, 1996). Tempe kedele mempunyai nilai cerna yang tinggi bila dibandingkan dengan kedele. Pada tempe kedele terjadi peningkatan nilai gizi kadar vitamin B-2, vitamin B-12, niasin dan asam pantotenat, bahkan asam amino bebas dan asam lemak bebas juga meningkat. Namun demikian, terjadi penurunan pada kandungan kalsium, fosfor, lemak, karbohidrat dan serat sehingga lebih menguntungkan bioavailabilitas besi (Prawiroharsono, 1997)

Tempe kedele merupakan produk pangan tradisional yang sudah dikenal oleh seluruh masyarakat Indonesia. Di samping kandungan protein yang relatif tinggi, nilai biologis dari kandungan nutrisinya juga tinggi sebagai akibat pemecahan makromolekul menjadi mikromolekul pada tahap fermentasi. Pada proses fermentasi, selain dihasilkan asam-asam organik

yang diduga dapat meningkatkan nilai biologis mineral mikro, juga terjadi pemecahan pengikat mineral mikro (*anti-nutritive compound*) seperti asam fitat sehingga diharapkan nilai biologis mineral mikro meningkat (Hermana, 1996). Adapun kandungan zat gizi kedele dan tempe tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Zat Gizi Kedele dan Tempe (Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia).

Komposisi	Komposisi Zat Gizi		
	Satuan	Kedele	Tempe
Energi	Kal	381	201
Protein	gr	40,4	16,2
Lemak	gr	16,7	8,8
Karbohidrat	gr	24,9	13,5
Serat	gr	3,2	1,4
Abu	gr	5,5	1,6
Kalsium	mg	222	155
Fosfor	mg	682	326
Besi	mg	6	2,8
Karotin	mg	31	34
Vitamin A	SI	0	0
Vitamin B1	mg	0,52	0,19
Vitamin C	mg	0	0
Air	gr	12,7	55,3
b.d.d	%	100	100

Sumber : Depkes RI Dir Bin Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi, 1991

Pengolahan tempe di Indonesia sangat bervariasi dan belum ada standar yang dapat digunakan secara nasional. Walaupun ada variasi dalam pengolahan tempe, namun pada dasarnya mempunyai proses yang sama yang meliputi dua tahap yaitu tahap pendahuluan/ persiapan bahan dan

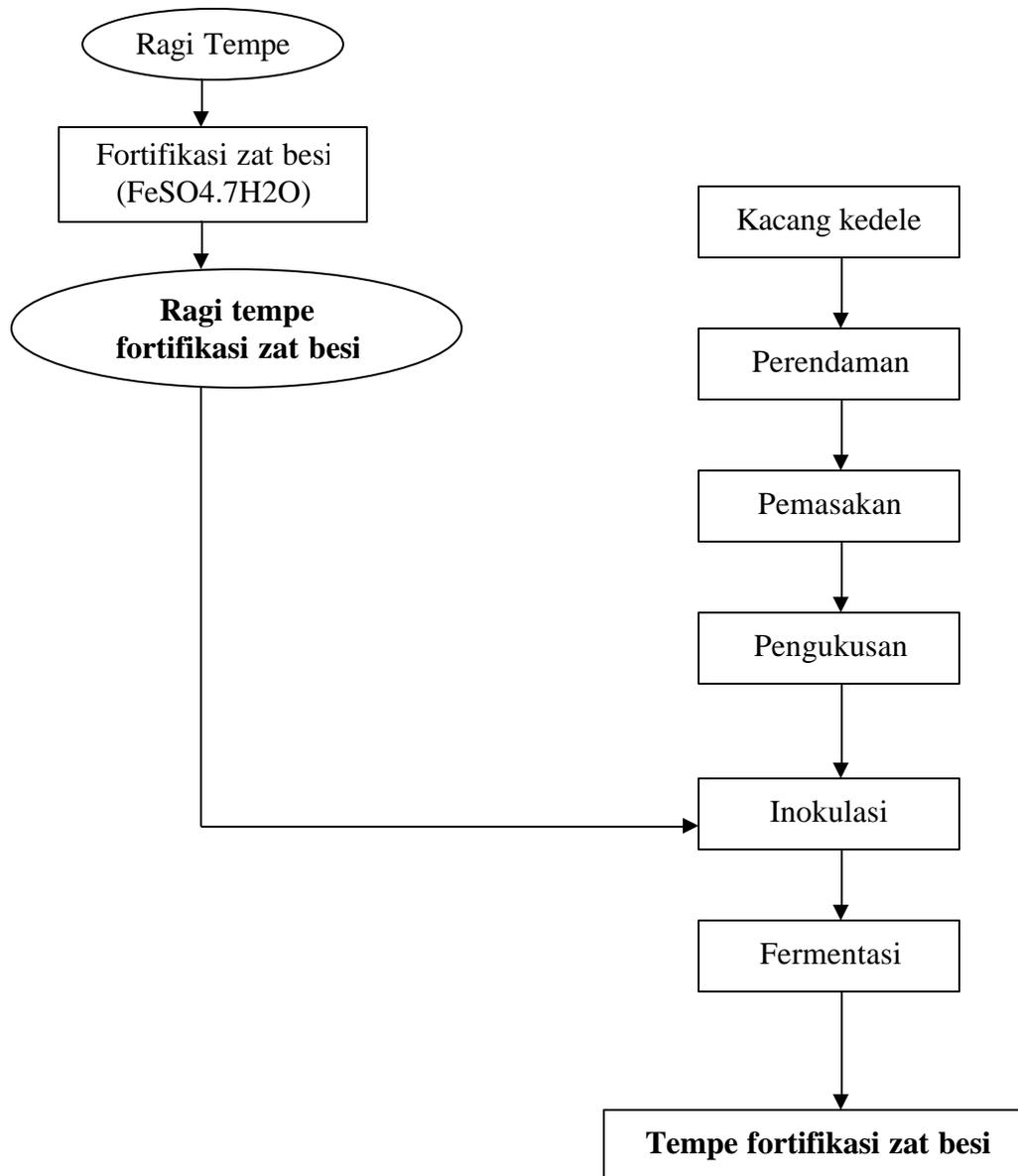
tahap fermentasi. Pada prinsipnya perlakuan pendahuluan adalah menyiapkan biji kedele mentah menjadi biji kedele masak tanpa kulit dan mempunyai kondisi yang cocok untuk pertumbuhan kapang. Sedangkan penyiapan bahan meliputi perendaman biji kedele, perebusan sampai masak kemudian pendinginan sebelum dilakukan pengulitan. Biji kedele tanpa kulit kemudian direbus sampai lunak. Penirisan dan pendinginan dilakukan dalam tambir bambu. Setelah itu biji kedele dicampur dengan laru tempe atau ragi. Kedele yang telah diinokulasi, dibungkus dengan plastik atau daun pisang kemudian difermentasi selama 38-40 jam pada suhu kamar (Santoso, 1995). Untuk lebih jelasnya hal tersebut tertera pada Gambar 1.

Pada proses perendaman dan fermentasi dapat menghidrolisa banyak fitat sehingga meningkatkan absorpsi besi. Sebanyak 90% fitat dari makanan tinggi fitat dapat didegradasi untuk memperbaiki bioavailabilitas besi serta meningkatkan nilai cerna vitamin larut air, protein dan mineral lainnya. Perendaman pada berbagai derajat suhu dapat menghidrolisa fitat yang jumlahnya tergantung jenis biji-bijian, misalnya perendaman dedak gandum pada pH 4,5 suhu 55°C dalam 1 jam akan menghidrolisa fitat 95% dan dalam 2 jam sebanyak 100%. Pada fermentasi kedele seperti tempe kedele akan mengurangi fitat dan menghancurkan kompleks protein yang mengikat besi serta meningkatkan besi larut (Allen, 1997)

Tempe kedele mudah dalam pengolahan dan penyajiannya serta sudah dikenal luas oleh masyarakat, tetapi belum sepenuhnya menjadi pola

konsumsi dalam menu makanan sehari-hari pada kelompok masyarakat di luar Pulau Jawa dan Propinsi Lampung. Tingkat konsumsi tempe kedele menempati urutan pertama diantara kelompok kacang-kacangan dan paling tinggi di Propinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta dan Lampung (Erwidodo, 2004)

Dari analisa data hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional tahun 1999, tingkat konsumsi tempe kedele di Jawa Tengah adalah 0,237 kg di kota dan 0,229 kg di desa atau rata-rata 0,232 kg perkapita per minggu (BPS Propinsi Jawa Tengah, 2004). Di Propinsi Sulawesi Selatan konsumsi tempe hanya 0,008 kg tahun 1984 dan 0,022 kg perkapita per minggu tahun 1993. Hasil analisa data menunjukkan bahwa asupan besi dari tempe kedele di kota dan di desa sebesar 0,88 mg perkapita/ minggu atau 0,126 mg perkapita/ hari.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan tempe yang telah dimodifikasi (Tawali dan Suryani, 2002)

I. Makanan Formula Tempe

Makanan formula ialah makanan yang merupakan campuran bahan makanan atau makanan yang ditambah zat-zat gizi, yang susunannya dirancang untuk memenuhi kebutuhan khusus. Sedangkan makanan formula tempe merupakan campuran bahan makanan dengan bahan utama tempe, dirancang sebagai makanan khusus bagi penderita yang mengalami gangguan pencernaan. Makanan formula tempe dibuat dari tempe, tepung terigu, gula dan bahan lain seperti tercantum dalam Tabel 3. Suatu resep makanan formula tempe menghasilkan 165 gram makanan formula dalam bentuk kering (Depkes RI, 1993)

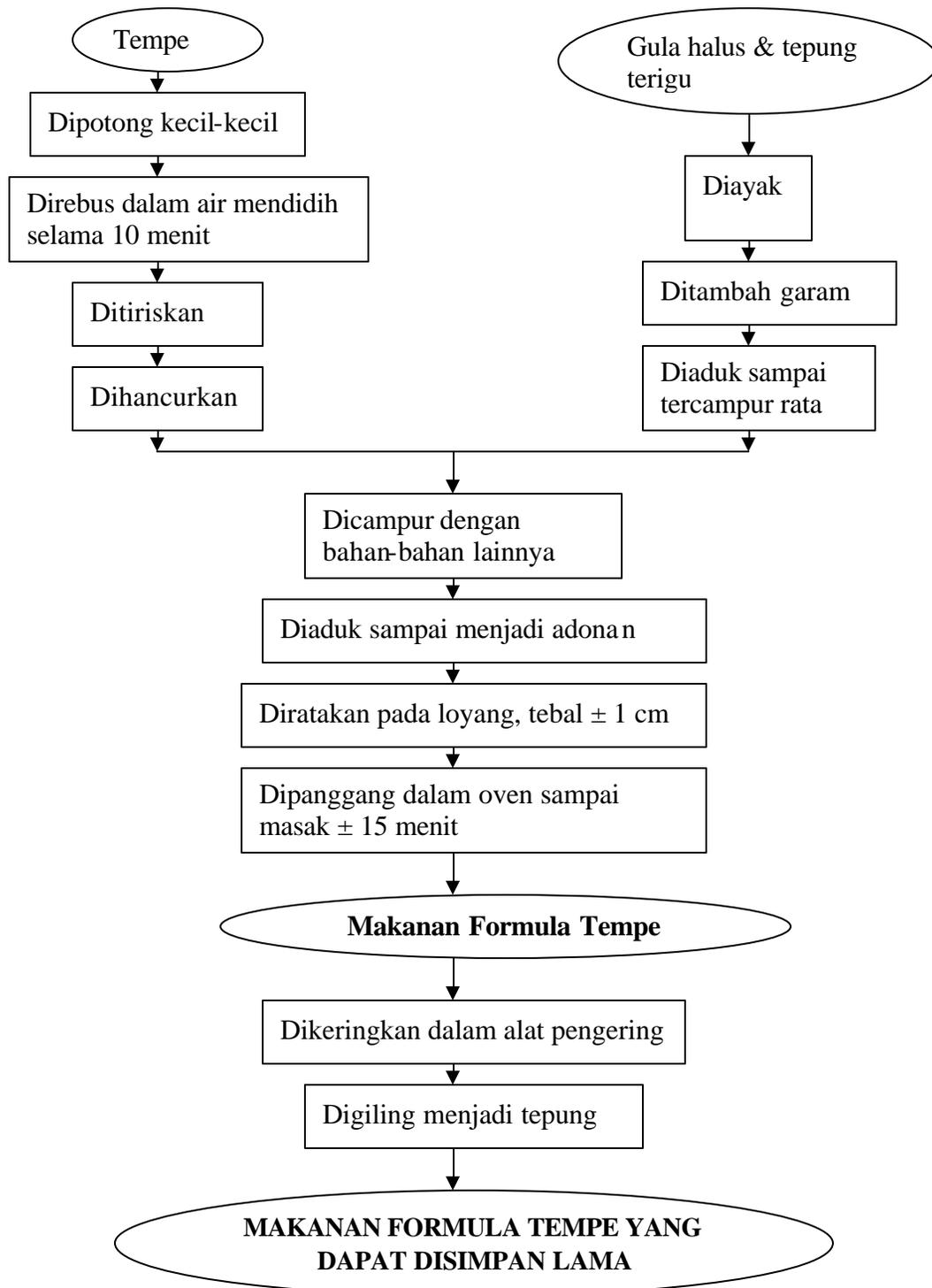
Tabel 3. Komposisi Bahan Makanan Formula Tempe

Bahan	Jumlah
Tempe	100 gram
Tepung terigu	40 gram
Gula halus	20 gram
Minyak nabati	5 gram
Garam dapur	2 gram
Soda kue	2,5 gram
Ovalet	1 gram

Pembuatan makanan formula tempe mengikuti cara pembuatan kue kering. Pada tahap akhir, kue yang diperoleh digiling menjadi bubuk halus. Tahap-tahap pembuatan formula tempe dapat dilihat pada Gambar 2.

Makanan formula tempe ini dapat diberikan kepada bayi berumur 6 bulan ke atas sebagai makanan pendamping ASI, disajikan berupa bubur, minuman atau dibuat menjadi semacam nasi tim. Bagi anak balita makanan formula tempe dapat disajikan dalam bentuk kue dan dan makanan selingan lain.

Penelitian penatalaksanaan dietetik bagi bayi dan anak balita penderita diare kronik menunjukkan bahwa makanan formula tempe membantu penyembuhan penderita . Selain membantu memperbaiki keadaan dan fungsi pencernaan, makanan formula tempe juga memperbaiki keadaan gizi penderita (Depkes RI, 1993). Adapun komposisi zat gizi makanan formula tempe dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Makanan Formula Tempe (Depkes, 1993)

Tabel 4. Komposisi Zat Gizi Makanan Formula Tempe

Zat Gizi	Satuan	Kadar dalam 100 gram
Energi	Kalori	329
Protein	gram	20,8
Lemak	gram	12
Karbohidrat	gram	44
Abu	gram	2
Air	gram	5
Kalsium	mg	146
Fosfor	mg	71
Besi	mg	3,6
Mangan	µg	130
Seng	mg	0,56
Vitamin E	mg	0,43

Sumber: Depkes RI, 1993

Penelitian yang dilakukan di Lembaga Penelitian dan Universitas di Bogor menunjukkan sebanyak 67 bahan makanan campuran yang dapat digunakan sebagai makanan formula. Bahan utama yang digunakan antara lain beras, jagung, maizena, singkong, shorgum dan umbi lainnya sebagai sumber energi dan sebagai sumber protein adalah kedele, susu, kacang hijau dan kacang lainnya. Pemberian bumbu (gula, kelapa, minyak) ditambahkan pada waktu pembuatan tepung atau pada waktu pembuatan penganan. Selain itu dilakukan pula perlakuan yang membantu meningkatkan nilai cerna maupun konsistensi produknya, antara lain dengan menggunakan bahan

makanan yang mengandung enzim, fermentasi dan kecambah. Tabel 5 memperlihatkan pembuatan makanan formula yang dapat dikembangkan sebagai MP-ASI dalam bentuk tepung yang pemakaiannya dilakukan dalam bentuk bubur atau makanan jajan setempat.

Tabel 5. Pembuatan Tepung untuk Makanan Formula

Bahan	Cara membuat tepung
Beras	Beras yang sudah bersih ditepung dengan alat penggiling . Tepung disimpan dalam kantung plastik.
Kedelai, kacang hijau dan kecambahnya	Kedelai atau kecambah direbus dalam air mendidih 15 menit, ditiriskan, keringkan di oven 60° C selama 24 jam. Kemudian digiling, tepung disimpan dalam plastik
Garut, Ubi jalar	Umbi dicuci lalu diparut hingga menjadi bubur kasar. Bubur dicampur dengan air bersih dan diremas-remas. Kemudian disaring, dan dibiarkan agar patinya mengendap. Setelah itu airnya dibuang. Gumpalan pati dijemur sampai kering, kemudian dihancurkan menjadi tepung halus, baru disimpan ditempat yang kering.
Sorgum, jagung, gaplek	Sorgum yang telah bersih (dikupas kulit arinya) digiling halus dan diayak

Sumber : TPG-IPB, 1999