

TRANSFORMASI GIZI BALITA STUNTING: PENGARUH BISKUIT TINGGI PROTEIN BERBASIS WHEY PROTEIN TERHADAP KADAR SCFA

*Nutritional Transformation of Stunting Childrens: The Effect of Whey Protein-
Based High-Protein Biscuits on SCFA Level*

**Ayu Fauziyyah Adhimah¹, Diana Nur Afifah^{1*}, Maria Mexitalia², Ani Margawati¹,
Etika Ratna Noer¹, Robi Andoyo³, Ihat Hatimah⁴, Nuryanto Nuryanto¹, Ariana
Endrinikapoulos¹**

¹Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

²Departemen Ilmu Kesehatan Anak, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro/
RSUP Dr. Kariadi, Semarang

³Departemen Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas
Padjadjaran

⁴Departemen Pendidikan Masyarakat, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas
Pendidikan Indonesia

*Email: d.nurafifah.dna@fk.undip.ac.id

ABSTRACT

Stunting, characterized by impaired growth and development in children under five, is a major health issue caused by chronic malnutrition and recurrent infections during the first 1000 days of life. Protein intake is crucial for the provision of essential amino acids necessary for optimal growth and immune function. This study aimed to analyze the effect of whey protein-based high-protein biscuits on short-chain fatty acids (SCFA) levels in stunted children. A quasi-experimental design with a pre-post test group was used. Thirty-six stunted children were divided into two groups: the intervention group received whey protein-based high-protein biscuits, while the control group received an equivalent protein source from eggs and tempeh. SCFA levels were measured before and after the intervention. Paired T-tests and Wilcoxon tests were used for statistical analysis. The study found that high-protein biscuits significantly increased SCFA levels (acetate, propionate, and butyrate) in the intervention group (p -value < 0.001). These findings suggest that high-protein biscuits can positively influence gut microbiota and overall health in stunted children. High-protein biscuits can effectively increase SCFA levels in stunted children, contributing to improved gut health. Future studies should explore the long-term effects and potential risks associated with this intervention.

Keywords: *child nutrition, gut microbiota, high-protein biscuits, SCFA, stunting*

ABSTRAK

Stunting adalah gangguan pertumbuhan dan perkembangan anak di bawah lima tahun akibat malnutrisi kronis dan infeksi berulang selama 1000 hari pertama kehidupan. Asupan protein penting untuk menyediakan asam amino esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan fungsi imun optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh biskuit tinggi protein terhadap kadar asam lemak rantai pendek (SCFA) pada anak stunting. Desain penelitian ini adalah quasi-eksperimental dengan pre-post test group. Sebanyak tiga puluh enam anak stunting dibagi menjadi dua kelompok: kelompok intervensi yang menerima biskuit tinggi protein berbasis whey protein dan kelompok kontrol yang menerima sumber protein setara dari telur dan tempe. Kadar SCFA diukur sebelum dan sesudah intervensi. Analisis statistik menggunakan uji T berpasangan dan uji Wilcoxon. Penelitian menunjukkan bahwa pemberian biskuit tinggi protein secara signifikan meningkatkan kadar SCFA (asetat, propionat, dan butirat) pada kelompok

intervensi (nilai $p < 0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa biskuit tinggi protein dapat memberikan pengaruh positif terhadap mikrobiota usus dan kesehatan secara keseluruhan pada anak stunting. Biskuit tinggi protein dapat secara efektif meningkatkan kadar SCFA pada anak stunting, sehingga berkontribusi pada kesehatan usus yang lebih baik. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi efek jangka panjang dan potensi risiko terkait intervensi ini.

Kata kunci: biskuit tinggi protein, gizi anak, mikrobiota usus, SCFA, stunting

PENDAHULUAN

Stunting merupakan gangguan pertumbuhan fisik yang ditandai dengan penurunan kecepatan pertumbuhan dan stunting merupakan salah satu dampak dari ketidakseimbangan gizi pada anak [1]. Kondisi gagal tumbuh yang terjadi pada anak balita yang sering disebut stunting, diakibatkan karena terjadinya malnutrisi kronis dan adanya infeksi berulang pada 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK) bayi yaitu dimulai saat bayi masih pada di dalam kandungan (janin) hingga berusia 2 tahun. WHO juga mendefinisikan bahwa stunting merupakan kondisi dimana tinggi/umur anak (TB/U) < -2 SD yang mana di bawah median standar referensi pertumbuhan anak WHO [2]. Stunting merupakan masalah gizi yang berdampak jangka panjang yaitu terganggunya perkembangan fisik, mental, intelektual serta fungsi kognitif.

Anak-anak yang menderita stunting hingga usia 5 tahun akan sulit untuk diperbaiki dan tetap berlanjut hingga dewasa dan kondisi stunting pada dewasa dapat meningkatkan risiko melahirkan bayi dengan berat badan lahir rendah (BBLR) pada keturunannya [2], [3]. Periode usia 0-24 bulan (1000 HPK) merupakan periode yang menentukan kualitas hidup seseorang sehingga periode ini sering disebut sebagai periode emas yang merupakan masa-masa paling sensitif karena dampak yang ditimbulkan pada masa ini dapat bersifat permanen dan sangat sulit untuk diperbaiki, karena itu perlunya pemenuhan asupan zat gizi yang adekuat serta *hygiene* sanitasi lingkungan yang baik pada masa-masa ini.

Prevalensi balita stunting di dunia sebesar 22,9% di tahun 2017 dan keadaan balita stunting inilah yang menjadi penyebab 2,2 juta dari seluruh penyebab kematian balita di dunia. Tingkat kematian anak di bawah 5 tahun di Asia dan Afrika hampir setengahnya disebabkan oleh kekurangan gizi termasuk stunting yang menyebabkan kematian ± 3 juta anak per tahunnya [3]. Indonesia memiliki prevalensi stunting yang tinggi. Berdasarkan data SSGI 2022, prevalensi kasus stunting di Indonesia sebanyak 37,6% pada tahun 2013 dan mengalami penurunan pada tahun 2018 menjadi 30,8%, pada tahun 2021 menjadi 24,4% dan pada tahun 2022 mengalami penurunan kembali menjadi 21,6% [4].

Meski mengalami penurunan secara bertahap, prevalensi stunting di Indonesia masih berada di atas rerata kasus stunting di Asia Tenggara (24,7%) dan Indonesia merupakan prevalensi stunting tertinggi kedua setelah Kamboja yang dimana kasusnya termasuk dalam kategori berat karena prevalensi stunting masih rentang 30-39% [5], [6]. Global Nutrition Report juga mencatat bahwa prevalensi stunting di Indonesia berada pada peringkat 108 dari 132 negara di dunia [5]. Selain itu berdasarkan data Riskesdas, prevalensi balita sangat pendek pada balita usia 0-59 bulan di Provinsi Jawa Tengah sebesar 31,15% dan balita pendek sebesar 20,06% [7]. Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi status gizi balita termasuk kondisi stunting yang terbagi menjadi 2 kategori; yaitu penyebab langsung dan penyebab tidak langsung. Penyebab langsung yang memengaruhi status gizi anak adalah tidak ASI eksklusif, asupan makan yang tidak adekuat dan adanya penyakit infeksi pada bayi [8].

Stunting dalam penelitian terkini telah dikaitkan dengan mikrobiota usus manusia [9]. Mikrobiota usus mampu membentuk asam lemak rantai pendek atau *Short Chain Fatty Acids* (SCFA) dan beberapa vitamin (B₃, B₅, B₆, B₇, B₁₂, Vitamin K dan tetrahydrofolate).

SCFA mampu mengoptimalkan penyerapan mineral yang mana zat-zat gizi ini sangatlah penting dalam proses metabolisme untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan fisik optimal [10],[11]. Disbiosis atau ketidakseimbangan mikrobiota usus dapat mengubah fungsi bawaan dan imunitas adaptif. Komposisi mikrobiota yang kurang beragam dapat disebabkan oleh rendahnya penyerapan zat gizi yang dikonsumsi terlebih pada anak stunting yang sistem imunnya kurang berkembang sehingga membuat anak rentan terhadap infeksi berulang [12]. Beberapa penelitian menyatakan bahwa konsentrasi fecal SCFA pada anak stunting lebih tinggi dibandingkan anak dengan status gizi normal, yang telah membuktikan bahwa SCFA sebagai imunodulator, bertanggungjawab untuk respons anti-inflamasi pada anak stunting. [9], [13], [14].

Rendahnya kadar asam amino esensial merupakan salah satu ciri yang ditemukan pada anak stunting. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar asam amino tertentu pada anak stunting lebih rendah dibandingkan anak normal [15],[16]. Oleh karena itu pemberian biskuit tinggi protein berkualitas dibutuhkan untuk membantu mencukupi kebutuhan protein. Whey protein merupakan protein susu yang mudah dicerna dan memiliki komposisi asam amino yang seimbang juga merupakan sumber asam amino rantai cabang seperti leusin, isoleusin dan valin yang dapat membantu merangsang sintesis otot [17]. Ketersediaan zat gizi dalam tubuh diyakini memiliki peran penting dalam mengatur metabolisme bakteri, dimana karbohidrat dan protein merupakan sumber zat gizi utama dalam usus [18]. Rasio karbohidrat dengan asam amino yang tersedia dan komposisi bakteri didalam usus dapat memengaruhi metabolisme zat gizi yang terjadi di usus besar termasuk metabolit SCFA [19].

Uraian tersebut menunjukkan bahwa protein dapat memengaruhi kecukupan asam amino esensial yang penting untuk meningkatkan imunitas anak dengan harapan dapat mencapai pertumbuhan optimal anak. Kandungan protein dari biskuit ini dapat membantu memenuhi kebutuhan anak stunting sebesar 50% dari AKG dan kandungan zinc dapat memenuhi 85% dari AKG. Berdasarkan beberapa penelitian, asupan zinc yang tidak adekuat juga berhubungan dengan prevalensi stunting pada anak balita di berbagai negara [20]. Harapannya biskuit tinggi protein yang berbasis protein whey dan tambahan beberapa mineral ini dapat menjadi snack pangan darurat yang membantu proses tumbuh kejar anak stunting sebagai tambahan makanan di luar makanan utama harian.

Dalam penelitian ini, difokuskan mengkaji peran protein dan beberapa mineral (zinc, kalsium, zat besi) dalam formulasi biskuit tinggi protein untuk menaggulangi stunting yang dapat menjadi solusi sebagai makanan tambahan untuk memenuhi kebutuhan protein anak stunting dikarenakan nilai gizi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan namun tetap memiliki daya cerna dan palatabilitas tinggi sehingga diharapkan dapat membantu mencukupi kebutuhan protein anak stunting dan menjaga keseimbangan mikrobiota usus sehingga dapat meningkatkan imunitas dan dapat menurunkan kejadian inflamasi pada anak stunting. Tujuan penelitian ini adalah melihat pengaruh biskuit tinggi protein terhadap kadar SCFA anak stunting.

METODE

Desain penelitian ini menggunakan desain penelitian quasi eksperimental dengan *pre-post test group design* yang membandingkan kadar SCFA pada kelompok anak stunting sebelum dan setelah pemberian biskuit tinggi protein. Intervensi pemberian biskuit tinggi protein pada kelompok perlakuan sedangkan pemberian telur ayam dan tempe pada kelompok kontrol selama 12 minggu kepada balita stunting. Peneliti menggunakan telur ayam dan tempe sebagai intervensi kelompok kontrol karena menyesuaikan protein dan jumlah energi pada biskuit tinggi protein tersebut.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* pada Desa Sugihmanik dan Sidorejo di kabupaten Grobogan yang merupakan lokus

stunting sesuai dengan kriteria inklusi dan dilakukan sejak bulan Juli – Desember 2022. Penelitian ini telah disetujui oleh komisi etik dengan NOMOR 435/EC/KEPK/FK-UNDIP/XI/2021 yang di keluarkan oleh KEPK Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang/ RSUP Dr. Kariadi Kota Semarang. Kriteria inklusi yang digunakan adalah bersedia menjadi subjek penelitian, balita stunting berusia 3-5 tahun, tidak mengalami penyakit kronis atau penyakit yang dapat membatasi asupan makanan. Kriteria eksklusi adalah subjek penelitian mengundurkan diri ketika penelitian berlangsung. Subjek penelitian dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok intervensi sebanyak 18 orang dan kelompok kontrol sebanyak 18 orang dengan menggunakan rumus besar sampel untuk penelitian eksperimen dengan skala data numerik [21], yaitu:

$$n = \frac{(Z\alpha + Z\beta).S2}{(X1 - X2)}$$

Kelompok intervensi diberikan biskuit tinggi protein 10 keping per hari, sedangkan kelompok kontrol diberikan telur 1 butir dan 1 potong tempe berukuran sedang per hari selama 12 minggu. Pemberian pangan intervensi dibagikan setiap 3 hari sekali melalui perantara kader posyandu setiap RW langsung kepada orang tua responden penelitian dan pemantauan konsumsi pangan intervensi pun juga dilakukan oleh kader posyandu setempat.

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan Biskuit Protein Tinggi pada penelitian ini adalah whey protein concentrate (WPC 60), tepung ubi jalar, mineral mix (Suplemen Mg dan Ca), perisa coklat, gula pasir, air mineral, mentega, baking powder, tepung susu skim, kuning telur, dan tepung terigu. Cara pembuatannya yaitu margarin dan gula diaduk secara menyeluruh hingga keduanya menyatu (hingga mendapatkan tekstur *fluffy*). Untuk bahan lainnya diaduk dalam mangkuk yang berbeda. Kemudian campuran margarin dan gula ditambahkan ke dalam bahan dan diaduk secara menyeluruh untuk membentuk adonan dan diremas. Adonan digulung tipis pada telenan dan dipotong sesuai ukuran biskuit dan ditempatkan dalam nampan kue. Adonan yang sudah dipotong dan dibentuk kemudian dipanggang pada suhu 180°C selama 15 menit. Selanjutnya biskuit dibiarkan dingin pada suhu kamar dan dikemas dalam wadah kedap udara. Pembuatan Biskuit Protein Tinggi yang dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran melalui program Penelitian Kolaborasi Indonesia (PPKI) dengan nomor penelitian 117-09ruN7.6.lmp/2021 dengan formulasi pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Bahan Pembuatan Biskuit

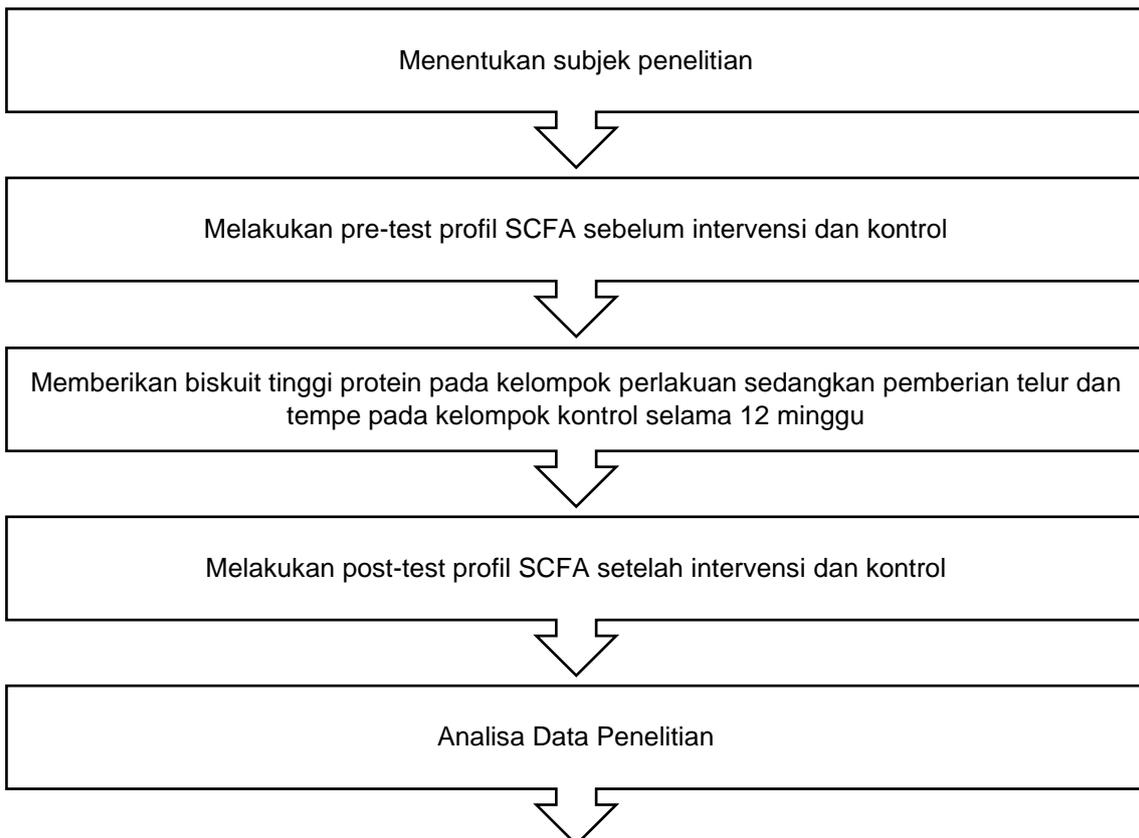
Bahan Komposisi	Berat (grams)
Whey Protein Concentrate 60%	4,00
Tepung Terigu	24,83
Tepung Ubi Jalar Oranye	1,50
Tepung Susu Skim – NZMP Fonterra	24,83
Gula Halus	19,23
Margarin	10,00
Air Destilasi – Amidis	18,05
Kuning Telur	6,00
Baking Soda	0,19
Baking Powder	0,33
Perisa Vanili	0,20
Kalsium Laktat	0,33
Zinc GNC	0,15
Zat Besi – Maltofer	0,25
Cokelat Bubuk	2,00
Perisa Cokelat	0,40

Biskuit tersebut telah melalui tahap pre-klinik dengan pemberian pakan standar yang ditambah dengan semi solid high protein in food (SSHPIF) berbasis WPC selama 21 hari pada tikus sprague dawley yang hasilnya dapat meningkatkan berat badan tikus secara signifikan. Kandungan asam amino leusin dalam WPC terdenaturasi berperan langsung sebagai stimulator sintesis protein dengan mengaktifasi jalur persinyalan mTOR dan beberapa intraseluler yang mengaktifasi faktor inisiasi translasi eukariotik 4E-binding protein 1 yaitu S6K1 dan 4E-BP1 [22].

Profil SCFA diukur melalui pemeriksaan spesimen feses subjek. SCFA yang diambil adalah Asetat, Butirat, Propionat dan Total SCFA. Intervensi dilakukan selama 12 minggu/ 3 bulan agar hasil intervensi dapat maksimal meningkatkan kadar SCFA anak stunting. Prosedur pengambilan spesimen diawali dengan pengisian informed consent, kemudian feses diambil dalam kurun waktu ≤ 5 hari dan dimasukkan ke dalam tabung (pre-test).

Spesimen disimpan pada suhu $\leq 4^{\circ}\text{C}$ dan dibawa ke laboratorium FTP UGM untuk dianalisis menggunakan metode LC-MS (*Liquid Chromatography- Mass Spectrometry*). Kemudian subjek diberikan biskuit tinggi protein selama 12 minggu dan dilanjutkan dengan pengambilan sampel feses kembali (post-test) dengan prosedur yang sama.

Data hasil profil SCFA selanjutnya dianalisis menggunakan uji T berpasangan dan uji Wilcoxon kemudian dilanjutkan dengan uji univariat dan uji bivariate dengan tingkat kepercayaan CI 95% untuk melihat perbedaan profil SCFA sebelum dan sesudah intervensi selama 12 minggu.



Gambar 1. Alur Penelitian

Kandungan Gizi Biskuit

Kandungan gizi pada biskuit tinggi protein dengan takaran saji 10 keping (75 gram) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kandungan Gizi Biskuit

Komposisi Gizi	Berat	%AKG*
Energi (kkal)	301,3	23,9
Karbohidrat (g)	54,1	25
Lemak (g)	3,3	12
Protein (g)	13,8	44
Kalsium (mg)	600	70
Zinc (mg)	17	85
Zat Besi (mg)	5	25

*% AKG berdasarkan kebutuhan rerata anak 3-5 tahun; 1260 kkal

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan nilai gizi biskuit dengan takaran saji 10 keping mengandung energi 303,3 kkal, karbohidrat sebesar 54,1 gram, lemak 3,3 gram, protein 13,8 gram, kalsium 600 mg, zinc 17 mg dan zat besi 5 mg.

Karakteristik Responden

Balita stunting termasuk permasalahan gizi kronik yang disebabkan oleh banyak faktor seperti sosial ekonomi, gizi ibu pada saat hamil, kesakitan pada bayi dan kurangnya asupan gizi pada bayi. Selain itu juga dipengaruhi oleh pola asuh, beragamnya makanan yang dikonsumsi balita dan tingginya perkawinan anak usia dini [23]. Berikut temuan karakteristik responden pada penelitian ini:

Tabel 3. Karakteristik Responden

No	Karakteristik	Grup Intervensi		Grup Kontrol	
		n	%	n	%
1	Jenis Kelamin Anak				
	Laki-Laki	12	66,7	11	61,1
	Perempuan	6	33,3	7	38,9
	Total	18	100	18	100
2	Status Gizi (TB/U)				
	Pendek	14	77,78	16	88,89
	Sangat Pendek	4	22,22	2	11,11
	Total	18	100	18	100
3	Usia Anak				
	3-4 Tahun	12	66,7	9	50
	4-5 Tahun	6	33,3	9	50
	Total	18	100	18	100
4	Usia Ibu Ketika Menikah				
	<21 Tahun	11	61,1	14	77,8
	21-43 Tahun	7	38,9	4	22,2
	Total	18	100	18	100
5	Pendidikan Ibu				
	Tidak Lulus SD	0	0	1	5,6
	SD	4	22,2	4	22,2
	SMP	7	38,9	6	33,3
	SMA	7	38,9	7	38,9
	Total	18	100	18	100
6	Penghasilan Total				
	< 2 Juta	5	27,8	3	16,7
	2-2,9 Juta	4	22,2	8	44,4
	3-4 Juta	7	38,9	5	27,8
	> 4 Juta	2	11,1	2	11,1
	Total	18	100	18	100

Uji Normalitas Data

Hasil pengujian normalitas data dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan data *pre-test* dan *post-test* pada kelompok intervensi dengan pemberian biskuit protein tinggi. Kelompok intervensi dilakukan pengujian data asam asetat, propionat dan butirat. Pada

kelompok kontrol dengan pemberian telur dan tempe dengan taraf signifikan (α) 0,05. Diperoleh nilai signifikan untuk kelompok intervensi asam asetat *pre-test* 0,055 > 0,05 dan *post-test* 0,614 > 0,05. Intervensi propionat *pre-test* 0,114 > 0,05 dan *post-test* 0,489 > 0,05 dan intervensi butirat *pre-test* 0,025 > 0,05 dan *post-test* 0,340 > 0,05, sehingga masing-masing variabel pada kelompok intervensi diperoleh keputusan H0 diterima yang artinya data berasal dari data yang berdistribusi normal dan selanjutnya akan dilakukan uji Paired T Test.

Nilai signifikan untuk kelompok kontrol asam asetat *pre-test* 0,155 > 0,05 dan *post-test* 0,185 > 0,05. Kontrol propionat *pre-test* 0,223 > 0,05 dan *post-test* 0,001 < 0,05 dan kontrol butirat *pre-test* 0,156 > 0,05 dan *post-test* 0,077 > 0,05. Sehingga pada variabel asam asetat dan butirat diperoleh keputusan H0 diterima yang artinya data berasal dari data yang terdistribusi normal sedangkan variabel propionat diperoleh keputusan H0 ditolak yang artinya data berasal dari data yang tidak normal, sehingga untuk kontrol asam asetat dan butirat dilakukan uji Paired T Test sedangkan kontrol propionat dilakukan uji Wilcoxon.

Hasil Uji Bivariat

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata dari pemberian biskuit tinggi protein pada kelompok intervensi untuk *pre-test* asam asetat 15,51 mmol dan *post-test* asam asetat test 50,23 mmol. *Pre-test* propionat 6,34 mmol dan *post-test* propionat 16,55 mmol. *Pre-test* butirat 4,26 mmol dan *post-test* butirat 13,07 mmol. Sedangkan pada kelompok kontrol untuk *pre-test* asam asetat 15,87 mmol dan *post-test* asam asetat 46,10 mmol. *Pre-test* propionat 6,53 mmol dan *post-test* propionat 18,25 mmol. *Pre-test* butirat 4,39 mmol dan *post-test* butirat 15,00 mmol.

Tabel 4. Hasil Pengujian Statistik Intervensi dan Kontrol

Pengujian	n	Mean	SD	P value
Kelompok Intervensi				
Asam Asetat				
Pre Test	18	15,51	7,47	0,001*
Post Test	18	50,23	26,89	
Propionat				
Pre Test	18	6,34	3,25	0,002*
Post Test	18	16,55	10,13	
Butyrate				
Pre Test	18	4,26	2,11	0,001*
Post Test	18	13,07	7,64	
Kelompok Kontrol				
Asam Asetat				
Pre Test	18	15,87	7,28	0,001*
Post Test	18	46,10	27,78	
Propionat				
Pre Test	18	6,53	3,13	0,006**
Post Test	18	18,25	16,15	
Butyrate				
Pre Test	18	4,39	2,06	0,001*
Post Test	18	15,00	10,03	

n = Total subjek, *SD* = Standard deviation, * Paired T Test, ** Wilcoxon test,

Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan pada nilai SCFA baik intervensi maupun kontrol dengan pemberian biskuit tinggi protein pada kelompok intervensi dan pemberian telur dan tempe pada kelompok kontrol. Hasil uji statistik dengan uji t untuk variabel intervensi asam asetat diperoleh p-value sebesar 0,001 < 0,05. Pada variabel intervensi propionat diperoleh p-value sebesar 0,002 < 0,05. Variabel intervensi butirat

diperoleh p-value sebesar $0,001 < 0,05$. Variable kontrol asam asetat diperoleh p-value sebesar $0,001 < 0,05$. Variabel kontrol propionat diperoleh p-value sebesar $0,006 < 0,05$ dan variabel kontrol butirat diperoleh p-value sebesar $0,001 < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan secara statistik ada perbedaan kadar SCFA antara sebelum dan sesudah pemberian biskuit tinggi protein pada kelompok intervensi juga telur dan tempe pada kelompok kontrol.

PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Pertumbuhan bayi yang ideal sangat penting di usia emas anak. Klasifikasi status gizi bayi dapat dilihat dari pertumbuhan berat badan dan tinggi badan bayi. Pengategorian status gizi berdasarkan aturan Permenkes No. 2 tahun 2020 pada usia 0-60 bulan. Apabila z-score dibawah -2 SD maka bisa dikategorikan pendek dan jika z-score dibawah -3 SD dikategorikan sangat pendek [18]. Balita yang masuk kedalam dua kategori tersebut, maka termasuk sebagai balita stunting. Pada penelitian ini kelompok intervensi balita yang dikategorikan pendek sebesar 77,78% (14 anak) dan sangat pendek sebesar 22,22% (4 anak), sedangkan pada kelompok kontrol kategori pendek sebesar 88,89% (16 anak) dan sangat pendek sebesar 11,11% (2 anak).

Balita yang mengalami stunting merupakan masalah gizi kronis yang disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kondisi sosial ekonomi, status gizi ibu saat hamil, kondisi kesehatan bayi, dan kekurangan asupan gizi pada balita. Selain itu, faktor lain yang memengaruhi adalah pola asuh, keragaman jenis makanan yang dikonsumsi oleh balita, dan tingginya angka perkawinan usia dini [23].

Kejadian stunting pada balita lebih sering terjadi pada ibu dengan tingkat pendidikan rendah. Hal ini disebabkan oleh persepsi yang masih umum di masyarakat bahwa pendidikan tidaklah penting, serta kurangnya dukungan dari keluarga terkait pengejaran pendidikan yang lebih tinggi [24].

Peranan tingkat pendidikan ibu dalam proses tumbuh kembang anak menjadi sangat penting. Ibu yang memiliki pendidikan tinggi cenderung memberikan pola asuh dan pemberian makanan yang lebih baik serta bergizi bagi anak-anaknya jika dibandingkan dengan ibu yang memiliki tingkat pendidikan yang lebih rendah.

Pendidikan ibu merujuk pada masa di mana seseorang menempuh pendidikan formal. Sebagai salah satu faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan anak, pendidikan ibu yang berkualitas akan memungkinkan penyerapan informasi dan pengetahuan yang luas mengenai kesehatan, termasuk metode pengasuhan anak yang baik, kesehatan anak, pendidikan anak, dan berbagai hal lainnya [25]. Anak yang lahir dari ibu dengan pendidikan tinggi (di atas SMA) memiliki risiko lebih rendah terkena stunting dibandingkan dengan anak yang lahir dari ibu dengan pendidikan rendah [26]. Pentingnya pendidikan ibu terkait dengan pengetahuan gizi dan pemenuhan gizi keluarga terutama bagi anak sangatlah signifikan. Pendidikan rendah pada ibu dapat mempersulit dalam menyerap informasi gizi yang dapat meningkatkan risiko stunting pada anak [27]. Secara tidak langsung, tingkat pendidikan ibu dapat memengaruhi kemampuan dan pengetahuan ibu dalam hal perawatan kesehatan, terutama dalam memahami pengetahuan mengenai gizi [24],[28]. Pada penelitian ini terlihat bahwa ibu dengan pendidikan rendah (maksimal SMA) masih cukup banyak yang dimana pendidikan tinggi tidak hanya meningkatkan pengetahuan tentang nutrisi dan kesehatan tetapi juga memperbaiki kemampuan untuk mengelola sumber daya dan terlibat dalam kebijakan yang mendukung kesehatan anak.

Berdasarkan data Susenas 2017, mayoritas perempuan usia kurang dari 21 tahun menunjukkan status gizi yang kurang baik. Sekitar 7,9% mengalami keterlambatan pertumbuhan sangat pendek, 27,6% mengalami keterlambatan pertumbuhan pendek, dan 32% mengalami Kekurangan Energi Kronis (KEK) [3]. BKKBN juga menetapkan usia 21 tahun sebagai program Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP) untuk

perempuan. Usia ini dianggap paling siap secara fisik dan mental untuk hamil dan melahirkan [29]. Pada penelitian ini terlihat bahwa banyaknya ibu menikah dengan usia dibawah 21 tahun. Menikah dibawah umur 21 tahun berhubungan dengan berbagai faktor risiko yang dapat meningkatkan potensi stunting pada anak. Kesehatan ibu lebih rendah, keterbatasan dalam menyediakan nutrisi dan perawatan yang tepat, serta tantangan sosial dan ekonomi adalah beberapa faktor yang berkontribusi.

Selain itu, status ekonomi adalah salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap jumlah anak balita yang stunting di Indonesia. Daya beli makanan secara kuantitas dan kualitas akan dipengaruhi oleh tingkat pendapatan keluarga. Keluarga dengan pendapatan tinggi memiliki banyak pilihan makanan, yang memungkinkan mereka untuk memenuhi kebutuhan nutrisi anggota keluarganya. Di sisi lain, keluarga dengan pendapatan rendah memiliki lebih sedikit pilihan untuk membeli makanan dengan kebutuhan nutrisi yang cukup [30]. Pada penelitian ini rata-rata penghasilan total orang tua berada pada kelas menengah ke atas. Dalam hal ini tergolong baik. Status ekonomi keluarga memainkan peran penting dalam menentukan risiko stunting pada anak. Keluarga dengan status ekonomi yang baik lebih mampu menyediakan nutrisi yang adekuat, akses ke layanan kesehatan yang memadai, serta lingkungan hidup yang bersih dan aman.

Perubahan Kadar SCFA Sebelum dan Sesudah Intervensi

Rata-rata kadar SCFA anak stunting pada kelompok intervensi biskuit tinggi protein mengalami peningkatan. Kadar asam asetat meningkat sebesar 34,72 mmol/g, propionat meningkat sebesar 10,21 mmol/g, dan butirrat meningkat sebesar 8,81 mmol/g. Kadar SCFA pada kelompok kontrol (pemberian telur 1 butir dan tempe/ hari) pun mengalami peningkatan; yaitu kadar asam asetat sebesar 30,23 mmol/g, propionat sebesar 11,72 mmol/g dan butirrat sebesar 10,61 mmol/g. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kadar SCFA balita stunting dengan pemberian biskuit tinggi protein pada kelompok intervensi maupun telur dan tempe pada kelompok kontrol di Desa Sugihmanik dan Sidorejo, dimana dari hasil uji statistik diperoleh nilai *p-value* < 0,05.

Faktor yang memengaruhi kadar SCFA adalah: konsumsi serat, komposisi mikrobiota usus, jenis dan sumber serat, kesehatan usus, dan diet serta gaya hidup [31]. Faktor yang telah dikendalikan adalah konsumsi asupan harian melalui metode *food recall* 24 jam. Namun, faktor komposisi mikrobiota usus dan kesehatan usus tidak dikendalikan dalam penelitian ini. Salah satu asupan zat gizi yang menjadi faktor risiko terjadinya stunting adalah asupan protein yang tidak adekuat atau rendahnya kualitas protein yang mengandung asam amino esensial. Berdasarkan penelitian Lee dkk [32] asupan protein, lemak, kalsium dan zat besi anak stunting lebih rendah dibandingkan anak normal. Hasil penelitian Semba RD dkk [33] juga menunjukkan bahwa anak stunting memiliki konsentrasi beberapa serum asam amino esensial yang lebih rendah jika dibandingkan anak yang tidak stunting. Hasil penelitian Fikawati [34] juga menyatakan bahwa asupan energi protein, lemak, karbohidrat, vitamin C, kalsium dan zinc yang tidak adekuat merupakan faktor yang berhubungan dengan stunting pada anak usia 25-30 bulan.

Kebutuhan protein untuk pertumbuhan anak diperkirakan sebesar 1-4 g/kgBB yang bertujuan untuk pembentukan jaringan baru di masa pertumbuhan anak dan memperbaiki sel atau jaringan rusak [35]. Whey protein merupakan salah satu protein susu yang mudah dicerna dan sumber BCAA yang dapat merangsang sintesis otot [36]. Whey protein mengandung 15-20% protein dari total protein susu, juga kaya akan asam amino seperti leusin, isoleusin, valin, sistein dan peptida [37], [38]. Hasil penelitian Arnberg [39] menunjukkan bahwa whey protein berpotensi meningkatkan massa otot dan merangsang pertumbuhan linier melalui stimulasi sintesis faktor pertumbuhan.

Kandungan asam amino leusin dalam *Whey Protein Concentrate* (WPC) terdenaturasi berperan langsung sebagai stimulator sintesis protein dengan mengaktifasi persinyalan mTOR dan intraseluler yang mengaktifasi faktor inisiasi translasi eukariotik 4E-binding protein 1 [22] sehingga biskuit berbasis WPC yang dijadikan pangan intervensi pada penelitian ini memungkinkan mampu memperbaiki status gizi balita stunting.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perubahan peningkatan kadar profil SCFA anak balita stunting usia 3-5 tahun. Rata-rata kadar profil SCFA setelah intervensi pemberian biskuit tinggi protein berbasis WPC mengalami peningkatan; Kadar asam asetat meningkat sebesar 34,72 mmol/g, propionat meningkat sebesar 10,21 mmol/g, dan butirrat meningkat sebesar 8,81 mmol/g. Profil kadar normal SCFA menunjukkan bahwa asam asetat biasanya menyumbang sekitar 30-60% dari total SCFA, propionat sekitar 10-20%, dan butirrat 10-20% [40]. Rata-rata kadar SCFA sebelum intervensi adalah sebagai berikut: asam asetat sekitar 7,83-15,66 mmol/g, propionat sekitar 2,61-5,22 mmol/g, dan butirrat sekitar 2,61-5,22 mmol/g. Setelah intervensi, kadar SCFA rata-rata menjadi: asam asetat sekitar 23,95-47,91 mmol/g, propionat sekitar 7,98-15,97 mmol/g, dan butirrat sekitar 7,98-15,97 mmol/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar SCFA sebelum intervensi adalah: asam asetat 15,51 mmol/g, propionat 6,34 mmol/g, dan butirrat 4,25 mmol/g. Setelah intervensi, rata-rata kadar SCFA adalah: asam asetat 50,23 mmol/g, propionat 16,55 mmol/g, dan butirrat 13,07 mmol/g. Jika dibandingkan dengan kadar normal, rata-rata SCFA tergolong normal. Meskipun kadar SCFA sebelum dan sesudah intervensi keduanya berada dalam rentang normal, terdapat peningkatan yang signifikan setelah intervensi. Pemberian biskuit diberikan pada responden setiap hari selama 12 minggu sebanyak 10 keping per hari.

Beberapa studi telah menghubungkan peningkatan konsumsi protein dengan fermentasi protein mikroba dalam usus besar [29], [30]. Protein di usus besar dihidrolisis oleh mikroba protease menjadi peptide dan asam amino. Asam amino tersebut kemudian difermentasi oleh mikrobiota untuk menghasilkan berbagai produk hasil akhir termasuk SCFA [43]. SCFA merupakan metabolit mikrobiota yang dihasilkan dari semua asam amino. SCFA berdampak positif bagi kesehatan tubuh [44].

Short Chain Fatty Acid (SCFA) merupakan golongan asam organik dengan jumlah ion karbon sebanyak 1-6 dan merupakan sebuah produk akhir dari fermentasi karbohidrat dan protein yang diproduksi oleh mikrobiota usus dalam distal usus dan kolon. Pada manusia terdapat 3 jenis SCFA utama terbanyak mencapai >95% dari total SCFA yang ditemukan; yaitu asetat, propionat dan butirrat [45]–[49]. SCFA terkenal berperan sebagai anti-inflamasi dengan memodulasi kemotaksis sel imun juga pelepasan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan pelepasan sitokin. SCFA memodulasi respons imun sistemik dengan penekanan pada respons Th2 yang memiliki efek langsung pada sel dendritik dan sel T. SCFA merupakan mediator anti-inflamasi yang kuat dengan menghambat pelepasan sitokin pro-inflamasi dari makrofag dan neutrophil [50].

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan kadar SCFA baik asam asetat, propionate dan butirrat setelah dilakukan pemberian intervensi selama 12 minggu pada kelompok intervensi maupun kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian Oscar dkk [51] yang menunjukkan adanya peningkatan kadar asam asetat, propionate dan butirrat pada balita gizi kurang setelah konsumsi bayam selama 90 hari juga pada penelitian Xin Fan dkk [52] yang menggunakan isolate protein quinoa menunjukkan adanya efek positif yang memodulasi mikrobiota usus tikus. Pengaruh protein terhadap metabolisme mikrobiota usus masih kurang dipahami karena jenis asam amino yang bervariasi sehingga dapat menyebabkan perbedaan hasil metabolit mikrobiota [42]. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk memahami pengaruh sumber protein makanan terhadap mikrobiota usus.

Pemberian biskuit tinggi protein berbasis Whey Protein Concentrate (WPC) sebanyak 10 keping per hari selama 12 minggu secara signifikan meningkatkan kadar asam asetat, propionat, dan butirrat pada balita stunting. Intervensi ini menunjukkan potensi manfaat dalam meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus dan status gizi anak. Jika dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menerima telur dan tempe, kelompok intervensi menunjukkan peningkatan SCFA yang lebih tinggi, menegaskan keunggulan biskuit tinggi protein. Meskipun hasilnya menjanjikan, tetap perlu diimbangi dengan pola makan bergizi seimbang. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami efek jangka panjang dan potensi risiko pemberian biskuit tinggi protein berbasis WPC. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan program intervensi gizi dalam mengatasi stunting.

SIMPULAN

Pemberian biskuit tinggi protein berbasis *Whey Protein Concentrate* (WPC) 10 keping per hari selama 12 minggu sebagai makanan tambahan pada balita stunting dapat meningkatkan kadar asam asetat, propionat dan butirrat sehingga pemberian biskuit tinggi protein dapat memberikan efek positif terhadap mikrobiota usus. Selain pemberian makanan tambahan biskuit tinggi protein, makanan tambahan telur 1 butir dan tempe 1 potong sedang per hari selama 12 minggu juga dapat meningkatkan kadar SCFA. Meskipun biskuit berbasis whey protein memiliki manfaat potensial untuk keseimbangan mikrobiota usus, tetap perlu diimbangi dengan pola makan bergizi seimbang. Selain itu, penelitian lebih lanjut akan berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang efek jangka panjang dan potensi risiko terkait pemberian biskuit tinggi protein berbasis WPC.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini mendapat dukungan pendanaan dari LPPM Universitas Diponegoro melalui program Penelitian Kolaborasi Indonesia (PPKI) Universitas Diponegoro tahun 2021 (Nomor: 117-09ruN7.6.Imp/2021) dan Hibah Riset Pengembangan dan Penerapan, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro (Nomor: 3076/UN/7.5.4.2/PP/2022).

DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. H. F. Losong and M. Adriani, "Perbedaan Kadar Hemoglobin, Asupan Zat Besi, dan Zinc pada Balita Stunting dan Non Stunting," *Amerta Nutr.*, vol. 1, no. 2, p. 117, Oct. 2017, doi: 10.20473/amnt.v1i2.6233.
- [2] G. Apriluana and S. Fikawati, "Analisis Faktor-Faktor Risiko terhadap Kejadian Stunting pada Balita (0-59 Bulan) di Negara Berkembang dan Asia Tenggara," *Media Penelit. dan Pengemb. Kesehat.*, vol. 28, no. 4, pp. 247–256, Dec. 2018, doi: 10.22435/mpk.v28i4.472.
- [3] Kemenkes RI, *Hasil Utama Riskesdas 2018*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2018.
- [4] Kemenkes RI, "Buku Saku Hasil Survey Status Gizi Indonesia (SSGI) Tahun 2022," *Kemenkes*, pp. 1–7, 2022.
- [5] N. K. Aryastami and I. Tarigan, "Kajian Kebijakan dan Penanggulangan Masalah Gizi Stunting di Indonesia," *Bul. Penelit. Kesehat.*, vol. 45, no. 4, pp. 233–240, Dec. 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.22435/bpk.v45i4.7465.233-240>.
- [6] Kemkes RI, "Hasil Studi Status Gizi Indonesia (SSGI) Tingkat Nasional, Provinsi, dan Kabupaten/Kota Tahun 2021." Kementerian Kesehatan RI, pp. 6–133, 2021.
- [7] Sekretariat RI, *Strategi Nasional Percepatan Pencegahan Anak Kerdil (Stunting) Periode 2018-2024*. Jakarta: Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan, 2018.
- [8] A. V Kane, D. M. Dinh, and H. D. Ward, "Childhood malnutrition and the intestinal microbiome," *Pediatr. RESEACH*, vol. 77, no. 1, pp. 256–262, 2015, doi: 10.1038/pr.2014.179.

- [9] I. S. Surono, D. Widiyanti, P. D. Kusumo, and K. V. Id, "Gut microbiota profile of Indonesian stunted children and children with normal nutritional status," *PLoS One*, vol. 16, no. 1, pp. 1–18, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0245399.
- [10] C. D. Bourke, J. A. Berkley, and A. J. Prendergast, "Immune Dysfunction as a Cause and Consequence of Malnutrition," *Trends Immunol.*, vol. 37, no. 6, pp. 386–398, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.it.2016.04.003.
- [11] A. M. Abd El-Maksoud, S. A. Khairy, H. M. Sharada, M. S. Abdalla, and N. F. Ahmed, "Evaluation of pro-inflammatory cytokines in nutritionally stunted Egyptian children," *Egypt. Pediatr. Assoc. Gaz.*, vol. 65, no. 3, pp. 80–84, 2017, doi: 10.1016/j.epag.2017.04.003.
- [12] K. G. Dewey and D. R. Mayers, "Early child growth: how do nutrition and infection interact?," *Matern. Child Nutr.*, vol. 7, no. s3, pp. 129–142, Oct. 2011, doi: 10.1111/j.1740-8709.2011.00357.x.
- [13] I. S. Surono *et al.*, "Differences in immune status and fecal SCFA between Indonesian stunted children and children with normal nutritional status," *PLoS One*, vol. 16, no. 7, pp. 1–14, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0254300.
- [14] K. A. Verbeke *et al.*, "Towards microbial fermentation metabolites as markers for health benefits of prebiotics Nutrition Research Reviews Nutrition Research Reviews," *Nutr. Res. Rev.*, vol. 28, pp. 42–66, 2015, doi: 10.1017/S0954422415000037.
- [15] K. Korpela, "Diet, Microbiota, and Metabolic Health: Trade-Off Between Saccharolytic and Proteolytic Fermentation," *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, vol. 9, no. December 2017, pp. 65–84, 2018, doi: 10.1146/annurev-food-030117-012830.
- [16] I. Rowland *et al.*, "Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components," *Eur. J. Nutr.*, vol. 57, no. 1, pp. 1–24, 2018, doi: 10.1007/s00394-017-1445-8.
- [17] V. De Preter, H. M. Hamer, K. Windey, and K. Verbeke, "The impact of pre- and/or probiotics on human colonic metabolism: Does it affect human health?," *Mol. Nutr. Food Res.*, vol. 55, no. 1, pp. 46–57, 2011, doi: 10.1002/mnfr.201000451.
- [18] Menteri Kesehatan RI, "Peraturan Menteri Kesehatan RI no. 2 tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak." 2020.
- [19] D. J. Millward, "Nutrition, infection and stunting: the roles of deficiencies of individual nutrients and foods, and of inflammation, as determinants of reduced linear growth of children," *Nutr. Res. Rev.*, vol. 30, no. 1, pp. 1–23, 2017, doi: 10.1017/S0954422416000238.
- [20] I. Supriasa, *Pendidikan dan Konsultasi Gizi*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC, 2016.
- [21] M. S. Dahlan, *Besar Sampel dan Cara Pengambilan Sampel*, 3rd ed. Salemba Medika, 2010.
- [22] R. Andoyo, M. N. Aini, D. W. Wira, G. Wilar, R. S. Darwis, and S. Huda, "Pre-Clinical Study of the High Protein Food Based on Denaturated Whey Protein," *Syst. Rev. Pharm.*, vol. 12, no. 1, pp. 759–770, 2021.
- [23] Bappeda, "Hasil Analisis Situasi Prevalensi Stunting Di Kab. Grobogan (Tingkat Kabupaten)," no. 2015, 2021.
- [24] Y. Nurmalasari, A. Anggunan, and T. W. Febriany, "Hubungan Hubungan Tingkat Pendidikan Ibu Dan Pendapatan Keluarga Dengan Kejadian Stunting Pada Anak Usia 6-59 Bulantingkat Pendidikan Ibu Dan Pendapatan Keluarga Dengan Kejadian Stunting Pada Anak Usia 6-59 Bulan Di Desa Mataram Ilir Kecamatan Seputih Sur," *J. Kebidanan Malahayati*, vol. 6, no. 2, pp. 205–211, 2020, doi: 10.33024/jkm.v6i2.2409.
- [25] A. A. Shodikin, M. Mutalazimah, M. Muwakhidah, and N. L. Mardiyati, "Tingkat Pendidikan Ibu Dan Pola Asuh Gizi Hubungannya Dengan Kejadian Stunting Pada Balita Usia 24-59 Bulan," *J. Nutr. Coll.*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, 2023, doi: 10.14710/jnc.v12i1.35322.
- [26] E. Kusumawati, S. Rahardjo, and H. P. Sari, "Model Pengendalian Faktor Risiko Stunting

- pada Anak Bawah Tiga Tahun,” *Kesmas Natl. Public Heal. J.*, vol. 9, no. 3, p. 249, 2015, doi: 10.21109/kesmas.v9i3.572.
- [27] J. L. Leroy, J. P. Habicht, T. G. de Cossío, and M. T. Ruel, “Maternal education mitigates the negative effects of higher income on the double burden of child stunting and maternal overweight in rural Mexico,” *J. Nutr.*, vol. 144, no. 5, pp. 765–770, 2014, doi: 10.3945/jn.113.188474.
- [28] S. Aryani *et al.*, “Analisis Pola Asuh Dan Pengetahuan Ibu Sebagai Faktor Risiko Terjadinya Stunting,” *J. Ris. Kesehat. Poltekkes Depkes Bandung*, vol. 15, no. 1, pp. 179–185, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i1.2174>
- [29] M. D. Puspitasari, C. Murniati, and S. L. Nasution, “Determinan Perencanaan Pendewasaan Usia Perkawinan Pada Remaja 10-19 Tahun Di Indonesia: Analisis Skap Kkbpk Tahun 2019,” *J. Kel. Berencana*, vol. 6, no. 2, pp. 21–34, 2021, doi: 10.37306/kkb.v6i2.82.
- [30] H. Ayuningtyas, S. R. Nadhiroh, Z. S. Milati, and A. L. Fadilah, “Status Ekonomi Keluarga dan Kecukupan Gizi dengan Kejadian Stunting pada Anak Usia 6-24 Bulan di Kota Surabaya,” *Media Gizi Indones.*, vol. 17, no. 1SP, pp. 145–152, Dec. 2022, doi: 10.20473/mgi.v17i1SP.145-152.
- [31] J. Fu, Y. Zheng, Y. Gao, and W. Xu, “Dietary Fiber Intake and Gut Microbiota in Human Health,” *Microorganisms*, vol. 10, no. 12, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3390/microorganisms10122507.
- [32] E. M. Lee, M. J. Park, H. S. Ahn, and S. M. Lee, “Differences in Dietary Intakes between Normal and Short Stature Korean Children Visiting a Growth Clinic,” *Clin. Nutr. Res.*, vol. 1, no. 1, p. 23, 2012, doi: 10.7762/cnr.2012.1.1.23.
- [33] R. D. Semba *et al.*, “Low serum ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids and other metabolites are associated with poor linear growth in young children from rural Malawi,” *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 106, no. 6, pp. 1490–1499, Dec. 2017, doi: 10.3945/ajcn.117.164384.
- [34] S. Fikawati, A. Syafiq, R. K. Ririyanti, and S. Cahya, “Energy and protein intakes are associated with stunting among preschool children in Central Jakarta , Indonesia : a case-control study,” *Mal J Nutr.*, vol. 27, no. 1, pp. 81–91, 2021, doi: <https://doi.org/10.31246/mjn-2020-0074>.
- [35] I. Supariasa, B. Bakri, and I. Fajar, *Penilaian Status Gizi*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC, 2012.
- [36] B. L. Luhovyy, T. Akhavan, and G. H. Anderson, “Whey Proteins in the Regulation of Food Intake and Satiety,” *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 26, no. 6, pp. 704S-712S, Dec. 2007, doi: 10.1080/07315724.2007.10719651.
- [37] J. J. Hulmi, C. M. Lockwood, and J. R. Stout, “Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein,” *Nutr. Metab.*, vol. 7, no. 51, pp. 28–31, 2010, doi: 10.1186/1743-7075-7-51.
- [38] S. Patel, “Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 52, no. 11, pp. 6847–6858, 2015, doi: 10.1007/s13197-015-1894-0.
- [39] K. Arnberg and K. Michaelsen, “Milk and Growth in Children : Effects of Whey and Casein Milk and Growth in Children,” *Nestlé Nutr Inst Work. Ser Pediatr Progr.*, vol. 67, pp. 67–78, 2011, doi: 10.1159/000325576.
- [40] H. J. Flint, K. P. Scott, P. Louis, and S. H. Duncan, “The role of the gut microbiota in nutrition and health,” *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*, vol. 9, no. 10, pp. 577–89, 2012, doi: 10.1038/nrgastro.2012.156.
- [41] M. Beaumont *et al.*, “Quantity and source of dietary protein influence metabolite production by gut microbiota and rectal mucosa gene expression: A randomized, parallel, double-blind trial in overweight humans,” *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 106, no. 4, pp. 1005–1019, 2017, doi: 10.3945/ajcn.117.158816.

- [42] A. Bartlett and M. Kleiner, "Dietary protein and the intestinal microbiota: An understudied relationship," *iScience*, vol. 25, no. 11, p. 105313, 2022, doi: 10.1016/j.isci.2022.105313.
- [43] K. Oliphant and E. Allen-Vercoe, "Macronutrient metabolism by the human gut microbiome: Major fermentation by-products and their impact on host health," *Microbiome*, vol. 7, no. 1, pp. 1–15, 2019, doi: 10.1186/s40168-019-0704-8.
- [44] A. Nogal, A. M. Valdes, and C. Menni, "The role of short-chain fatty acids in the interplay between gut microbiota and diet in cardio-metabolic health," *Gut Microbes*, vol. 13, no. 1, pp. 1–24, 2021, doi: 10.1080/19490976.2021.1897212.
- [45] W. S. Wangko, "Aspek Fisiologik Short Chain Fatty Acid (SCFA)," *Med. Scope J.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–35, 2020, doi: 10.35790/msj.2.1.2020.31669.
- [46] P. Gill, M. van Zelm, J. Muir, and P. Gibson, "Review article : short chain fatty acids as potential therapeutic agents in human gastrointestinal and inflammatory disorders," *Aliment Pharmacol Ther*, vol. 00, pp. 1–20, 2018, doi: 10.1111/apt.14689.
- [47] S. Anand and S. S. Mande, "Diet , Microbiota and Gut-Lung Connection," *Front. Microbiol*, vol. 9, no. 2147, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3389/fmicb.2018.02147.
- [48] E. Thursby and N. Juge, "Introduction to the human gut microbiota," *Biochem. J.*, vol. 474, pp. 1823–1836, 2017, doi: 10.1042/BCJ20160510.
- [49] W. Feng, H. Ao, and C. Peng, "Gut Microbiota , Short-Chain Fatty Acids , and Herbal Medicines," vol. 9, no. November, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3389/fphar.2018.01354.
- [50] M. Aoyama, J. Kotani, and M. Usami, "Butyrate and propionate induced activated or non-activated neutrophil apoptosis via HDAC inhibitor activity but without activating GPR-41/GPR-43 pathways," *Nutrition*, vol. 26, no. 6, pp. 653–661, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.nut.2009.07.006.
- [51] O. De Jes *et al.*, "Dietary Supplementation with Popped Amaranth Modulates the Gut Microbiota in Low Height-for-Age Children: A Nonrandomized Pilot Trial," *Foods*, vol. 12, no. 2760, pp. 1–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/foods12142760>.
- [52] X. Fan *et al.*, "Supplementation of quinoa peptides alleviates colorectal cancer and restores gut microbiota in AOM/DSS-treated mice," *Food Chem.*, vol. 408, no. 2023, p. 135196, 2023, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135196.