

PROGRAM RISET KOLABORASI INDONESIA-EQUITY

WORLD CLASS UNIVERSITY (WCU)

TAHUN 2025 - 2026



**Regulasi Epigenetik pada Balita Stunting: Tinjauan Aspek Sosial Ekonomi, Pola Asuh,
Praktik Higiene dan Sanitasi**

Peneliti Utama : Dr. dr. Karina Rahmadia Ekawidnyani, M.Gizi (IPB University)

Peneliti Mitra : 1. Dr. Ratri Ciptaningtyas M.H.S (UIN Syarif Hidayatullah Jakarta)

2. dr. RR. Sri Ratna Rahayu, Ph.D (Universitas Negeri Semarang)

3. Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM, MMIS, FRANZCOG, SpOG (IPB University)

4. Dr. dr. Mira Dewi, M.Si (IPB University)

5. Dr. drh. Nining Handayani, M.Biomed (IPB University)

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : Regulasi Epigenetik pada Balita Stunting: Tinjauan Aspek Sosial Ekonomi, Pola Asuh, Praktik Higiene dan Sanitasi
2. Identitas Peneliti Utama
- a. Nama Lengkap : Dr. dr. Karina Rahmadia Ekawidyani, M.Gizi.
 - b. Jabatan Fungsional/Golongan : Penata Muda Tk I/ IIIb
 - c. NIP : 198612102010122003
 - d. Departemen : Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB University
 - e. Fakultas : Fakultas Ekologi Manusia
 - f. Perguruan Tinggi : IPB University
 - g. Alamat Kantor/Telp/E-mail : Departemen Gizi Masyarakat, Babakan, Kampus IPB Dramaga/gizi_fema@apps.ipb.ac.id
 - h. Alamat Rumah/Telp/HP : Komplek Griya Melati 2 Blok E2 No. 5, Kelurahan, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor/08989890246

3. Identitas Peneliti Mitra

No	Nama Peneliti	E-mail	Fakultas/ Sekolah/PP/ P	Institusi/ Perguruan Tinggi	Bidang Keahlian
1	Dr. Ratri Ciptaningtyas M.H.S	ratri.ciptaningtyas@uinjkt.ac.id	Fakultas Ilmu Kesehatan	UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta	Gizi Komunitas
2	dr. RR. Sri Ratna Rahayu, Ph.D	sriratnarahayu@mail.unes.ac.id	Fakultas Kedokteran	Universitas Negeri Semarang	Kedokteran Komunitas

4. Skema yang diusulkan : RKI - B
5. Total Biaya yang didanai : Rp. 95,000,000,00

Bogor, 26 Maret 2026

Mengetahui,

Direktur Riset dan Inovasi

Peneliti Utama

Prof. Dr. Sugeng Heri Suseno, S.Pi, M.Si
NIP. 197301161999031001

Dr. dr. Karina Rahmadia E, M.Gizi.
NIP. 198612102010122003

RINGKASAN EKSEKUTIF

Penelitian kolaboratif antara IPB University, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, dan Universitas Negeri Semarang (Unnes) ini berfokus pada analisis pengaruh faktor sosial ekonomi, ketahanan pangan, pola asuh, higiene, dan sanitasi terhadap modifikasi epigenetik pada balita stunting dan non-stunting. Penelitian ini adalah bagian dari payung besar penelitian stunting di Fakultas Kedokteran IPB University bekerja sama dengan Balai Besar Genomika (BB Genomika), Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Penelitian menjadi salah satu upaya untuk menghasilkan dasar ilmiah bagi intervensi gizi presisi dan kebijakan kesehatan berbasis bukti biologis dan sosial. Dengan desain kasus-kontrol pada 220 pasangan ibu–balita dari wilayah pegunungan (Bogor) dan pesisir (Sukabumi), penelitian ini memanfaatkan pengumpulan data sosial-lingkungan melalui kuesioner terstruktur serta analisis metilasi DNA menggunakan *Nanopore sequencing*. Hingga saat ini, pengambilan sampel penelitian di Karangpapak telah dilaksanakan pada 1–2 Desember 2025, data sosial ekonomi telah berhasil dikumpulkan dan dianalisis, dan penelitian kini memasuki tahap penajaman uji statistik serta analisis korelasi untuk memperkuat identifikasi hubungan antarvariabel sebelum integrasi dengan analisis epigenetik. Secara umum, progres penelitian berjalan sesuai rencana dan diharapkan mendukung pencapaian luaran berupa publikasi pada jurnal internasional bereputasi, dengan target utama *Genes and Nutrition* (Q2).

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Stunting masih menjadi masalah gizi utama pada balita dibandingkan dengan masalah gizi lain seperti underweight, wasting, maupun gizi lebih. Prevalensi stunting hingga saat ini masih mencapai 21,5%, sehingga target pemerintah untuk menurunkan prevalensi stunting menjadi 19% belum tercapai (1,2). Dampak stunting terhadap negara pun sangat besar, mulai dari penurunan kecerdasan dan meningkatnya kerentanan terhadap penyakit, hingga menurunnya produktivitas, terhambatnya pertumbuhan ekonomi, serta meningkatnya kemiskinan dan ketimpangan (3).

Penyebab stunting bersifat multidimensional sehingga tidak dapat diatasi hanya dengan pendekatan tunggal. Saat ini konsep gizi presisi semakin mendapat perhatian salah satunya melalui kajian epigenetik, yakni perubahan ekspresi gen tanpa mengubah urutan DNA. Epigenetik menawarkan pemahaman baru tentang bagaimana faktor lingkungan dapat memodulasi gen yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan anak (4). Namun penelitian epigenetik pada kasus stunting di Indonesia masih sangat terbatas. Padahal, informasi ini penting dalam menyusun strategi penanggulangan stunting yang lebih presisi.

Selain faktor biologis, faktor sosial ekonomi termasuk ketahanan pangan diketahui berperan besar dalam kejadian stunting (5). Rendahnya pendapatan, pendidikan, serta akses layanan kesehatan berhubungan dengan keterbatasan pengetahuan ibu, praktik gizi yang kurang tepat, serta keterbatasan pangan dan zat gizi (6). Pengetahuan ibu berkontribusi hingga 23% dalam disparitas stunting pada keluarga miskin (7). Meskipun hubungan sosial ekonomi dengan status gizi telah banyak diteliti, mekanisme biologisnya masih belum sepenuhnya dipahami. Salah satu teori menyebutkan bahwa faktor sosial ekonomi dapat memodifikasi ekspresi gen melalui perubahan metilasi DNA, yang berpengaruh terhadap kesehatan jangka panjang, termasuk inflamasi dan kecerdasan anak (8, 9). Balita dari keluarga dengan ketahanan pangan rendah memiliki risiko dua kali lipat lebih besar mengalami stunting (6). Selain berkurangnya akses pangan bergizi, kondisi ini juga meningkatkan paparan kontaminan seperti aflatoksin, pestisida, dan logam berat yang dapat mengganggu pola metilasi DNA. Kerawanan pangan juga menyebabkan tekanan psikososial yang dapat menyebabkan perubahan epigenetik (9).

Pola asuh yang baik akan memastikan terpenuhinya kecukupan gizi balita (10). Sebaliknya, pada pola asuh yang kurang baik rawan terjadi pemberian ASI yang tidak optimal, dan kurangnya asupan gizi makro dan mikro seperti folat, vitamin B12, dan zinc merupakan faktor risiko terjadinya stunting (11, 12). Salah satu mekanismenya adalah melalui regulasi epigenetik, di mana beberapa zat gizi tersebut merupakan kofaktor penting dalam siklus satu karbon yang berperan dalam metilasi DNA (13, 14). Pemberian ASI eksklusif dan diteruskan hingga 24 bulan signifikan mencegah stunting, sedangkan balita yang tidak menerima ASI eksklusif berisiko hampir tiga kali lipat mengalami stunting dibandingkan balita yang menerima ASI eksklusif (15, 16).

Pemberian ASI eksklusif dapat memengaruhi variasi metilasi DNA yang menentukan tumbuh kembang anak. ASI dapat mentransmisikan faktor-faktor epigenetik seperti MiRNA (17, 18). Higiene dan sanitasi juga merupakan faktor yang sangat penting dalam pencegahan stunting (19). Disparitas higiene dan sanitasi mempengaruhi prevalensi stunting sebesar 17% pada balita dari keluarga miskin. Selain itu, praktik higiene dan sanitasi yang kurang baik meningkatkan risiko paparan parasit yang dapat memodulasi epigenetik (20). Meskipun hubungan antara faktor sosial ekonomi, pola asuh, sanitasi dan higiene dengan status gizi telah banyak diteliti, mekanisme biologisnya masih belum sepenuhnya dipahami.

Terdapat tiga pendekatan penting dalam pemecahan masalah stunting. Pertama, pendekatan integratif antara biologi molekuler dan faktor sosial-lingkungan di mana analisis epigenetik dipadukan dengan kajian sosial ekonomi, pola asuh, higiene, dan sanitasi untuk memahami bagaimana lingkungan memengaruhi ekspresi gen yang berperan dalam pertumbuhan anak. Kedua, pendekatan integratif antara paparan gizi yang tidak adekuat, stres sosial ekonomi, dan kondisi lingkungan yang buruk dapat mengubah regulasi gen melalui mekanisme epigenetik, sehingga berdampak pada gangguan pertumbuhan anak. Ketiga, pengembangan intervensi pencegahan stunting yang lebih presisi dan berkelanjutan, yang didasarkan pada bukti biologis dan sosial.

Penelitian-penelitian sebelumnya tentang stunting umumnya berfokus pada aspek gizi atau kesehatan secara terpisah. Untuk mendapatkan pemahaman yang utuh, diperlukan penelitian dengan tiga pendekatan di atas, yakni yang secara kolektif mengintegrasikan analisis epigenetik dengan faktor lingkungan termasuk sosial ekonomi, pola asuh, higiene, dan sanitasi dalam konteks stunting pada anak balita.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor sosial ekonomi, pola asuh, higiene, dan sanitasi terhadap modifikasi epigenetik antara balita stunting dan non-stunting. Penelitian ini diharapkan dapat mengungkap mekanisme molekuler yang mendasari hubungan antara faktor-faktor tersebut dengan kejadian stunting. Hal tersebut dapat menjadi dasar untuk berbagai penelitian terapan intervensi pencegahan stunting secara lebih presisi dengan pendekatan epigenetik sehingga memberikan hasil yang lebih efektif.

BAB 2

METODOLOGI

2.1. Desain penelitian dan jenis responden

Penelitian ini menggunakan desain kasus-kontrol, yakni kasus balita stunting dan kontrol balita tidak stunting. Masing-masing sebanyak 110 pasang ibu-balita sehingga total besar sampel adalah 220 pasang ibu-anak atau 440 individu. Lokasi penelitian adalah beberapa desa di Kabupaten Bogor untuk mewakili masyarakat pergunungan, dan Kecamatan Cisolok Kabupaten Sukabumi untuk mewakili masyarakat pesisir. Responden dipilih secara purposive dengan kriteria anak balita berusia 24-59 bulan, memiliki ibu kandung yang bisa dan bersedia menjadi responden, dan tinggal di lokasi penelitian setidaknya 6 bulan terakhir. Balita yang menderita penyakit kronis, kembar, atau cacat bawaan tidak diikutsertakan dalam penelitian.

2.2. Jenis dan Cara Pengumpulan Data

Data karakteristik individu dan keluarga, status sosial ekonomi, pola asuh dan praktik higiene dan sanitasi dikumpulkan melalui wawancara langsung menggunakan kuesioner terstruktur oleh enumerator terlatih dengan kualifikasi minimal sarjana gizi. Karakteristik sosial ekonomi meliputi usia, pendidikan, pekerjaan, pendapatan, ukuran keluarga, jarak kelahiran, jumlah kelahiran, pengeluaran pangan dan non-pangan, serta aset keluarga. Ketahanan pangan sebagai bagian dari ekonomi dinilai menggunakan Food Insecurity Experience Scale (FIES). Pola asuh makan mencakup riwayat ASI (inisiasi menyusui dini, ASI eksklusif, dan pemberian ASI hingga 24 bulan) serta pola pemberian makan anak. Praktik higiene dan sanitasi diukur dengan kuesioner yang diadaptasi dari WHO. Data konsumsi pangan untuk mendukung gambaran pola makan anak juga dikumpulkan, yakni meliputi kebiasaan konsumsi jajanan, minuman manis, buah dan sayur, pangan hewani; household dietary diversity; serta tingkat kecukupan energi, zat gizi makro, dan zat gizi mikro (vitamin A, vitamin B12, zat besi, folat, kalsium, dan seng) yang dinilai menggunakan semi quantitative Food Frequency Questionnaire (SQ-FFQ) dan food recall 2x24 jam. Morbiditas penyakit infeksi yang dinilai mencakup ISPA, pneumonia, diare, tifoid, hepatitis, demam berdarah, dan filariasis. Status gizi berdasarkan tinggi atau panjang badan dan berat badan diperoleh dengan pengukuran langsung. Pemeriksaan fisik sederhana oleh dokter dilakukan untuk menilai eligibilitas calon responden. Pengambilan darah untuk analisis

epigenetik dilakukan oleh tenaga analis kesehatan terlatih. Darah sebanyak 7 ml (ibu) dan 5 ml (anak) darah akan diambil dengan metode phlebotomy.

Analisis data epigenetik dilakukan oleh mitra dari BB Binomika Kemkes yang menjadi mitra peneliti. Mesin sequencing dari Nanopore akan digunakan untuk membaca data metilasi. File FAST5 dari mesin sequencing akan diolah dengan aplikasi MinKNOW untuk dilakukan basecalling dan methylation calling. Selanjutnya, file akan disejajarkan dengan standar (reference of human genome) dengan aplikasi minimap2 dan dikonversi ke file BAM dan modbam2bed menggunakan aplikasi SAMtools.

2.3 Analisis Data

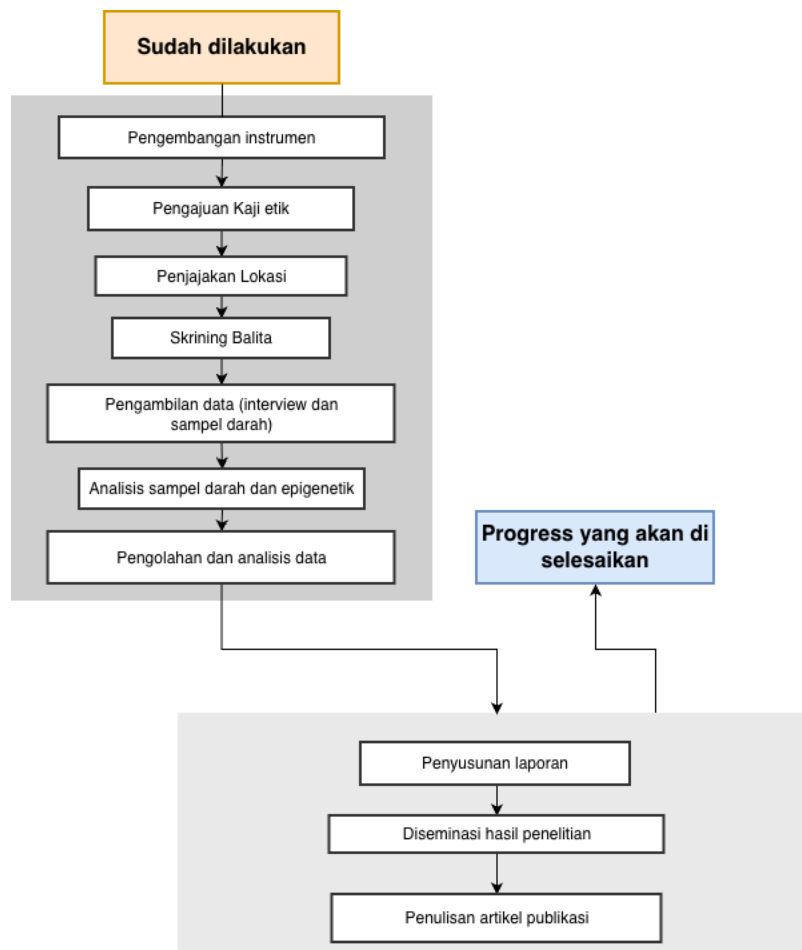
Pengolahan data dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik variabel, dan secara analisis meliputi analisis bivariat menggunakan uji beda t antara balita stunting dan non-stunting, korelasi Pearson atau Chi-square untuk menguji hubungan antara variabel sosial ekonomi, pola konsumsi, ketahanan pangan, praktik pemberian makan, dan aspek hygiene-sanitasi dengan kejadian stunting serta parameter epigenetik, dan analisis multivariat menggunakan regresi logistik untuk mengidentifikasi pengaruh simultan variabel independen terhadap stunting. Analisis jalur (path analysis) digunakan untuk mengevaluasi peran mediasi regulasi epigenetik dalam hubungan tersebut. Software SPSS 21 for Windows digunakan untuk analisis statistik umum, sedangkan data epigenetik dianalisis dengan perangkat lunak bioinformatika R.

BAB 3

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

3.1. Sampling dan pengumpulan data sosial ekonomi

Tahapan penelitian yang telah dilaksanakan hingga saat ini mencakup seluruh proses persiapan dan pelaksanaan awal pengumpulan data. Kegiatan yang sudah diselesaikan meliputi pengembangan instrumen penelitian, pengajuan kaji etik, penjajakan lokasi penelitian, dan skrining balita sebagai tahap awal penentuan subjek. Pengambilan data lapangan telah dilakukan pada tanggal 1–2 Desember 2025 di Desa Cikahuripan, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi, melalui wawancara responden serta pengambilan sampel biologis.



Gambar 1. Progress Timeline Penelitian

Seluruh data sosial ekonomi yang diperoleh telah dikumpulkan dan dianalisis pada tahap awal. Selain itu, sampel untuk analisis epigenetik telah dikirim ke BB Biogenomika untuk proses sekuensing epigenetik, sedangkan sampel untuk pemeriksaan profil darah telah dikirim ke Laboratorium Diagnos (Rincian kegiatan ada pada logbook peneliti).

3.2. Progress data Epigenetik

Sampel darah yang telah dikumpulkan dikirim ke BB Binomika dalam waktu maksimal 24 jam setelah pengambilan darah untuk menjaga kualitas dan integritas material biologis. Setibanya di laboratorium, sampel terlebih dahulu diproses untuk memperoleh *buffy coat*, yaitu fraksi darah yang kaya akan leukosit dan merupakan sumber utama DNA genom untuk analisis lanjutan. Setelah isolasi *buffy coat* selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah ekstraksi DNA untuk memperoleh DNA dengan kualitas dan kuantitas yang memadai untuk proses sekuensing.

Tabel 1. Ringkasan jumlah sampel penelitian

Area	Tanggal sampling	Jumlah ibu - anak	Jumlah individu
Cisolok, Sukabumi, karangpapak	1 Des 2025	26	52
	2 Des 2025	34	68
Total		60	120

DNA yang telah memenuhi persyaratan mutu kemudian dianalisis menggunakan platform Oxford Nanopore Technologies (ONT) PromethION P48. Luaran awal dari proses sekuensing berupa file POD5 dan FAST5, yang selanjutnya dikonversi ke format BAM untuk keperluan pemrosesan dan analisis lebih lanjut. Proses *basecalling* dilakukan menggunakan perangkat lunak MinKNOW dengan dukungan Dorado (versi/acuan 24.02.26), sementara parameter HAC (High Accuracy) digunakan untuk menghasilkan akurasi pembacaan basa yang lebih tinggi. Sinyal elektrik yang terbaca selama molekul DNA melewati pori nanopore dianalisis untuk membedakan basa yang termodifikasi dan yang tidak termodifikasi. Hasil dari proses ini kemudian dirangkum dalam berkas sekunder untuk analisis asosiasi, yaitu VCF dan BED-Methyl. File VCF digunakan untuk menyimpan informasi varian genetik, sedangkan file BED-Methyl menyajikan informasi lokasi genom beserta status atau tingkat metilasi pada wilayah tertentu. Progres saat ini telah dilakukan sekuensing pada 65 sampel dan sisanya masih dalam proses, karena kapasitas pembacaan mesin per sampel yang cukup lama.

Tahapan berikutnya adalah menunggu dan menindaklanjuti hasil analisis sekuensing epigenetik serta profil darah, kemudian mengintegrasikan hasil tersebut dengan data sosial ekonomi dan variabel penelitian lainnya melalui penajaman uji statistik, analisis korelasi, dan pengolahan data lanjutan.

3.3 Hasil analisis data sosial ekonomi sementara

Analisis statistik sementara telah dilakukan dan disajikan pada Tabel 1 (data digabung secara keseluruhan dalam payung penelitian stunting). Penelitian akan dilanjutkan dengan penyusunan laporan penelitian secara komprehensif, diseminasi hasil penelitian kepada pihak terkait, serta penulisan artikel publikasi ilmiah, sehingga seluruh temuan dapat terdokumentasi dengan baik dan memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan intervensi dan kebijakan penanggulangan stunting. Interpretasi hasil sementara dari hasil analisis ini adalah sebagai berikut:

- Analisis karakteristik dasar dan klinis pada 229 balita yang terdiri atas 115 kelompok kasus dan 114 kelompok kontrol, terlihat bahwa kedua kelompok secara umum memiliki kesetaraan pada sejumlah variabel demografis dasar. Tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik pada usia anak, distribusi jenis kelamin, urutan kelahiran, jarak kelahiran dengan kakak terdekat, maupun metode persalinan, median usia anak dan proporsi jenis kelamin ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kelompok kasus dan kontrol memiliki karakteristik dasar yang relatif sebanding dalam baseline populasi penelitian ini.
- Perbedaan yang sangat jelas ditemukan pada indikator antropometri anak. Kelompok kasus memiliki rerata tinggi badan yang lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol ($87,23 \pm 5,54$ cm vs $95,23 \pm 5,90$ cm; $p < 0,001$), demikian pula pada berat badan ($11,48 \pm 1,77$ kg vs $13,63 \pm 1,94$ kg; $p < 0,001$). Nilai HAZ score pada kelompok kasus juga secara konsisten lebih rendah, dengan median -2,69 dibandingkan dengan -1,12 pada kelompok kontrol ($p < 0,001$), yang memperkuat validitas klasifikasi status stunting pada kedua kelompok. Selain itu, ukuran indikator pertumbuhan dan status gizi lain seperti **lingkar lengan atas** dan **lingkar kepala** juga lebih rendah secara bermakna pada kelompok kasus (masing-masing $p < 0,001$). **Temuan ini menunjukkan bahwa balita pada kelompok kasus tidak hanya mengalami hambatan pertumbuhan linier, tetapi juga menunjukkan ukuran tubuh dan parameter pertumbuhan lain yang lebih rendah secara keseluruhan. Profil antropometri anak pada baseline**

telah menggambarkan perbedaan biologis yang tegas antara kelompok stunting dan non-stunting.

- Pada aspek klinis, hasil pemeriksaan hematologi anak menunjukkan adanya beberapa perbedaan bermakna antara kelompok kasus dan kontrol. Kadar hemoglobin anak pada kelompok kasus lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol (11,30 vs 11,90 g/dL; $p=0,013$), demikian pula nilai hematokrit ($34,59 \pm 3,25$ vs $35,82 \pm 3,45$; $p=0,006$). Jumlah leukosit pada kelompok kasus lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol (9,45 vs 8,27; $p=0,013$). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa anak stunting dalam populasi penelitian cenderung memiliki status hematologis yang kurang baik, khususnya terkait parameter yang berkaitan dengan anemia dan kemungkinan respons inflamasi atau infeksi. Temuan ini relevan untuk dianalisis lebih lanjut dalam kaitannya dengan jalur biologis yang mungkin berkontribusi terhadap gangguan pertumbuhan.

Tabel 2. Karakteristik Baseline dan Klinis Subjek Stunting (case) dan Non-stunting (control)

Baseline and Clinical Characteristic	Overall (n=229)	Case (n=115)	Control (n=114)	P value
Child				
Age (Months)	41 (34,49)	40 (31,48)	42.5 (35,50)	0.081
Sex				
male	129 (56.3%)	64 (55.7%)	65 (57.0%)	0.894
Female	100 (43.7%)	51 (44.3%)	49 (43.0%)	
Height	91.19 ± 6.98	87.23 ± 5.54	95.23 ± 5.90	<0.001
Weight	12.55 ± 2.14	11.48 ± 1.77	13.63 ± 1.94	<0.001
HAZ Score	-2.04 (-2.69,-1.13)	-2.69 (-3.05,-2.40)	-1.12 (-1.61,-0.58)	<0.001
Lingkar Lengan (LILA)	15.50 (14.60,16.50)	15.00 (14.40,16.00)	16.00 (15.00,16.60)	<0.001
Lingkar kepala (LIKA)	48.00 (47.00,49.05)	47.50 (46.50,48.30)	48.70 (47.60,49.90)	<0.001
Birth order	2 (2,3)	2 (2,3)	2 (2,3)	0.765
Birth interval with youngest older sibling (months)	72 (49,108)	72 (49,117)	72 (48,96)	0.696
Mode of delivery				

Baseline and Clinical Characteristic	Overall (n=229)	Case (n=115)	Control (n=114)	P value
Spontaneous vaginal	188 (82.1%)	96 (83.5%)	92 (80.7%)	0.481
Assisted vaginal	6 (2.6%)	4 (3.5%)	2 (1.8%)	
Cesarean section	35 (15.3%)	15 (13.0%)	20 (17.5%)	
Hematology results				
Ferritin	30.10 (15.30,49.40)	29.40 (15.90,46.10)	31.85 (14.20,53.40)	0.603
Hb	11.50 (10.90,12.30)	11.30 (10.60,12.10)	11.90 (11.10,12.30)	0.013
Hematocrit	35.20 ± 3.40	34.59 ± 3.25	35.82 ± 3.45	0.006
Leucocyte	8.73 (6.55,11.06)	9.45 (7.31,11.61)	8.27 (5.83,10.40)	0.013
Platelet	416 (358,511)	426 (348,533)	412 (369,492)	0.945
Erythrocyte	4.84 (4.56,5.18)	4.80 (4.50,5.18)	4.86 (4.60,5.19)	0.143
Family				
Paternal age	37 (31,43)	37 (31,43)	37 (31,43)	0.848
Paternal education				
Did not attend school	1 (0.4%)	1 (0.9%)	0 (0.0%)	0.342
Did not complete primary school	26 (11.4%)	17 (14.9%)	9 (7.9%)	
Primary school	55 (24.1%)	28 (24.6%)	27 (23.7%)	
Junior high school	65 (28.5%)	33 (28.9%)	32 (28.1%)	
Senior High School	74 (32.5%)	33 (28.9%)	41 (36.0%)	
College/university	7 (3.1%)	2 (1.8%)	5 (4.4%)	
Paternal occupation				
Farmer	6 (2.6%)	3 (2.7%)	3 (2.6%)	0.645
Self-employed	46 (20.3%)	20 (17.7%)	26 (22.8%)	
Laborer	110 (48.5%)	57 (50.4%)	53 (46.5%)	
Teacher	6 (2.6%)	2 (1.8%)	4 (3.5%)	
Civil servant	2 (0.9%)	1 (0.9%)	1 (0.9%)	
Private employee	18 (7.9%)	10 (8.8%)	8 (7.0%)	

Baseline and Clinical Characteristic	Overall (n=229)	Case (n=115)	Control (n=114)	p value
Security	9 (4.0%)	7 (6.2%)	2 (1.8%)	
Fisher	30 (13.2%)	13 (11.5%)	17 (14.9%)	
Maternal Age	33 (28,38)	32 (27,37)	33 (29,38)	0.198
Maternal height	151.13 ± 5.83	150.08 ± 5.89	152.19 ± 5.61	0.006
Maternal weight	58.30 (51.00,66.40)	55.20 (50.40,64.40)	60.70 (52.30,69.30)	0.016
Maternal BMI	25.85 (22.33,29.33)	25.53 (21.60,28.80)	26.21 (23.00,30.16)	0.152
Maternal Hematology results				
Ferritin	81.40 (53.10,117)	75.00 (47.10,122.00)	83.75 (53.80,114.00)	0.747
Hb	13.60 (12.80,14.30)	13.80 (12.70,14.50)	13.45 (12.90,14.00)	0.107
Hematocrit	41.70 (39.20,43.70)	42.10 (39.10,44.00)	41.50 (39.40,43.10)	0.379
Leucocyte	8.93 (7.60,10.37)	8.91 (7.88,10.71)	8.97 (7.35,10.23)	0.427
Platelet	340 (294,389)	329 (284,389)	346.50 (302,389)	0.132
Erythrocyte	5.02 (4.76,5.33)	5.05 (4.80,5.40)	5.00 (4.73,5.29)	0.362
Maternal Education				
Did not complete primary school	13 (5.7%)	9 (7.8%)	4 (3.5%)	0.547
Primary school	53 (23.1%)	28 (24.3%)	25 (21.9%)	
Junior high school	90 (39.3%)	43 (37.4%)	47 (41.2%)	
Senior High School	63 (27.5%)	29 (25.2%)	34 (29.8%)	
College/university	10 (4.4%)	6 (5.2%)	4 (3.5%)	
Mother occupation				
Self-employed	21 (9.2%)	11 (9.6%)	10 (8.8%)	0.558
Laborer	3 (1.3%)	3 (2.6%)	0 (0.0%)	
Government staff	2 (0.9%)	1 (0.9%)	1 (0.9%)	
Teacher	6 (2.6%)	4 (3.5%)	2 (1.8%)	
Civil servant	1 (0.4%)	1 (0.9%)	0 (0.0%)	
Private employee	1 (0.4%)	0 (0.0%)	1 (0.9%)	

Baseline and Clinical Characteristic	Overall (n=229)	Case (n=115)	Control (n=114)	P value
Housewife	191 (83.4%)	93 (80.9%)	98 (86.0%)	
Others	4 (1.7%)	2 (1.7%)	2 (1.8%)	
Number of under-five children in household	1 (1,4)	1 (1,1)	1 (1,1)	0.349
Household size	4 (4,5)	4 (4,5)	4 (4,5)	0.936
Paternal income per month	2.100.000 (1.500.000,3.000.000)	2.000.000 (1.500.000,3.000.000)	2.100.000 (1.500.000,3.500.000)	0.695
Maternal income per month	1.000.000 (400.000,3.000.000)	1.650.000 (475.000,3.000.000)	960.000 (150.000,1.800.000)	0.141
Total household income per month	2.400.000 (1.500.000,4.000.000)	2.400.000 (1.400.000,3.600.000)	2.500.000 (1.500.000,4.000.000)	0.988
Own land/rice field/garden	10 (4.4%)	5 (4.3%)	5 (4.4%)	1.000
Own motorcycle	150 (65.5%)	74 (64.3%)	76 (66.7%)	0.781
Own car	3 (1.3%)	3 (2.6%)	0 (0.0%)	0.247
Housing status				
Own the house	91 (40.4%)	50 (44.2%)	41 (36.6%)	0.375
Rent the house	20 (8.9%)	11 (9.7%)	9 (8.0%)	
Lives with parents and/or relatives	114 (50.7%)	52 (46.0%)	62 (55.4%)	

- Karakteristik keluarga menunjukkan bahwa sebagian besar indikator sosial-demografi orang tua dan rumah tangga relatif homogen antara kelompok kasus dan kontrol. Usia ayah dan ibu tidak berbeda secara bermakna, demikian pula tingkat pendidikan ayah dan ibu, jenis pekerjaan orang tua, jumlah balita dalam rumah tangga, ukuran rumah tangga, pendapatan ayah, pendapatan ibu, total pendapatan rumah tangga, kepemilikan lahan, kendaraan, dan status tempat tinggal. Tidak adanya perbedaan signifikan pada berbagai indikator sosial ekonomi ini menunjukkan bahwa secara deskriptif kedua kelompok berasal dari latar sosial ekonomi yang relatif sebanding. Hal ini menjadi kekuatan tersendiri dalam desain kasus-kontrol karena meminimalkan kemungkinan bias akibat ketimpangan karakteristik rumah tangga yang terlalu besar antara kelompok.

- Pada karakteristik maternal ditemukan dua variabel yang berbeda secara bermakna antara kelompok, yaitu tinggi badan ibu dan berat badan ibu. Ibu pada kelompok kasus memiliki tinggi badan yang lebih rendah dibandingkan dengan ibu pada kelompok kontrol ($150,08 \pm 5,89$ cm vs $152,19 \pm 5,61$ cm; $p=0,006$), serta berat badan yang juga lebih rendah ($55,20$ kg vs $60,70$ kg; $p=0,016$). Sementara itu, indeks massa tubuh ibu dan seluruh parameter hematologi maternal—termasuk ferritin, hemoglobin, hematokrit, leukosit, trombosit, dan eritrosit—tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. **Temuan mengenai tinggi badan ibu memiliki makna akademik yang penting karena tinggi badan maternal sering digunakan sebagai indikator status gizi jangka panjang dan kondisi lintas generasi, yang dapat mencerminkan akumulasi pengaruh biologis dan sosial sejak masa pertumbuhan ibu sendiri.** Dengan demikian, hasil ini mendukung hipotesis bahwa stunting pada anak tidak hanya berkaitan dengan kondisi anak saat ini, tetapi juga dapat berhubungan dengan faktor maternal yang bersifat kronis dan lintas

BAB 4

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, hasil karakteristik dasar ini menunjukkan bahwa perbedaan utama antara kelompok kasus dan kontrol terletak pada indikator antropometri anak, beberapa parameter hematologi anak, serta karakteristik fisik maternal tertentu, sementara sebagian besar variabel demografis dan sosial ekonomi rumah tangga tampak relatif sebanding. Pola ini memberikan dasar yang kuat untuk analisis lanjutan, khususnya dalam menguji bagaimana faktor sosial ekonomi, pola asuh, higiene, sanitasi, profil klinis, dan faktor biologis lainnya berkontribusi terhadap kejadian stunting. Dalam konteks laporan kemajuan penelitian, temuan karakteristik dasar ini penting karena menegaskan bahwa data yang telah diperoleh mampu membedakan karakteristik kasus dan kontrol secara konsisten, sekaligus menyediakan landasan empiris untuk tahap berikutnya, yaitu analisis hubungan yang lebih kompleks melalui uji statistik lanjutan, korelasi, regresi logistik, dan integrasi dengan hasil pemeriksaan biologis serta epigenetik. Analisis statistik akan dilanjutkan untuk melihat *landscape* populasi penelitian secara umum dan akan dilanjutkan dengan penulisan manuskrip sebagai luaran utama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Indonesia PPR. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 [Internet]. 2019;313. Available from: file:///C:/Users/alifi/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Peraturan Presiden Republik Indonesia - 2019 - Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional.pdf
2. Munira S, Puspasari D, Trihono, Thaha R, Musadad A, Junadi P, et al. Survei Kesehatan Indonesia (SKI). Kementerian Kesehat RI. 2023;1–964.
3. Soliman A, De Sanctis V, Alaaraj N, Ahmed S, Alyafei F, Hamed N, et al. Early and long-term consequences of nutritional stunting: From childhood to adulthood. *Acta Biomed*. 2021;92(1):1–12.
4. Ramsteijn AS, Ndiaye M, Kalashikam RR, Htet MK, Yadav Dm D, Augustine LF, et al. Epigenetic studies in children at risk of stunting and their parents in India, Indonesia and Senegal: A UKRI GCRF Action Against Stunting Hub protocol paper. *BMJ Paediatr Open*. 2024;8(Suppl 1):6–11.
5. Nurmahfuzhah N, Herawati T, Defina. The relationship of economic pressure and financial management on parenting quality in stunted children. *BIO Web Conf*. 2025;153:02027
6. Suryani Wahyuningrum S, Riyanto S, Hidayat T, Ashar H. Socioeconomic As Stunting Predictor on Children Aged 24-59 Months At Before and During Covid-19 Pandemic. *J Berk Epidemiol*. 2023;11(1):76–84.
7. Widyaningsih V, Mulyaningsih T, Rahmawati FN, Adhitya D. Determinants of socioeconomic and rural-urban disparities in stunting: evidence from Indonesia. *Rural Remote Health*. 2022;22(1):1–9.
8. Cerutti J, Lussier AA, Zhu Y, Liu J, Dunn EC. Associations between indicators of socioeconomic position and DNA methylation: a scoping review. *Clin Epigenetics* [Internet]. 2021;13(1):1–20. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13148-021-01189-0>
9. Raffington L, Tanksley PT, Sabhlok A, Vinnik L, Mallard T, King LS, et al. Socially Stratified Epigenetic Profiles Are Associated With Cognitive Functioning in Children and Adolescents. *Psychol Sci*. 2023;34(2):170–85.
10. Dewi M, Ekawidayani KR, Khomsan A, Pravansa AA. Pola Asuh Makan dan Konsumsi Pangan Balita Anemia di Kabupaten Cirebon. *Amerta Nutrition*, 2022. 6(3)

11. Ekawidayani KR, Khomsan A, Dewi M, Thariqi YA. Nutrition Knowledge, Breastfeeding and Infant Feeding Practice of Mothers in Cirebon Regency. *Amerta Nutrition*, 2022. 6(2)
12. Efniyanti F, Dewi M, Khomsan A, Ekawidayani KR. Riwayat Pemberian ASI Eksklusif, Status Gizi, dan Status Anemia Balita di Kecamatan Gegesik, Kabupaten Cirebon: Exclusive Breastfeeding History, Nutritional Status, and Anemia Status of Toddler at Gegesik Cirebon Regency. (2023). *Jurnal Ilmu Gizi Dan Dietetik*, 1(3), 181-188.
13. Barbosa WM, Almança CCJ, Fretias FV, Conti C, de Assis Pinheiro J, de Barros AA, et al. Epigenetic alteration of BDNF gene, social and health status as predictors of food and nutrition insecurity among familiar coffee farmers. *J Hum Growth Dev*. 2022;32(3):227–
14. Yesayan AH, Chetta M, Babayan BG, Yesayan TA, Esoyan SS, Sevoyan GG. The epigenetic impact of daily diet food choices on human health and chronic diseases. *Funct Foods Heal Dis*. 2024;14(10):739–50.
15. Permatasari RP, Simbolon D, Yunita Y. Stunting Prevention through Exclusive Breastfeeding in Indonesia: A Meta-Analysis Approach. *Amerta Nutr*. 2024;8(1SP):105–
16. Tello B, Rivadeneira MF, Moncayo AL, Buitrón J, Astudillo F, Estrella A, et al. Breastfeeding, feeding practices and stunting in indigenous Ecuadorians under 2 years of age. *Int Breastfeed J* [Internet]. 2022;17(1):1–15. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13006-022-00461-0>
17. Briollais L, Rustand D, Allard C, Wu Y, Xu J, Rajan SG, et al. DNA methylation mediates the association between breastfeeding and early-life growth trajectories. *Clin Epigenetics* [Internet]. 2021;13(1):1–17. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13148-021-01209-z>
18. Ozkan H, Tuzun F, Taheri S, Korhan P, Akokay P, Yılmaz O, et al. Epigenetic Programming Through Breast Milk and Its Impact on Milk-Siblings Mating. *Front Genet*. 2020;11(October):1–14.
19. Yuniar WP, Khomsan A, Dewi M, Ekawidayani KR. Hubungan antara perilaku gizi dan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) dengan status gizi baduta Di Kabupaten Cirebon. *Amerta Nutrition*, 2020. 4(2).

20. Gabain IL, Ramsteijn AS, Webster JP. Parasites and childhood stunting – a mechanistic interplay with nutrition, anaemia, gut health, microbiota, and epigenetics. *Trends Parasitol* [Internet]. 2023;39(3):167–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2022.12.004>