



Integrasi Intervensi Gizi, Digital Health, dan Pemberdayaan Komunitas dalam Penurunan Anemia pada Ibu Hamil: Studi Longitudinal

Asyima¹, Ruqaiyah², Masriadi³, Ummul Khaerat⁴, Nurasia Natsir⁵, Hukmiyah Asfar⁶, Yoan Putri Praditya S⁷

^{1-2,4,7}Institut Ilmu Kesehatan (IIK) Pelamonia, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

³Universitas Muslim Indonesia (UMI), Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

*Korespondensi Penulis: asyima@iikpelamonia.ac.id

Abstract. Anemia in pregnant women is a significant global health problem with a prevalence of 36.5% in Indonesia, exceeding the WHO threshold of 20%. This condition increases the risk of postpartum hemorrhage, premature birth, low birth weight (BBLR), and maternal and neonatal mortality. The single-intervention approach is considered less effective because the factors that cause anemia are multidimensional. This study aims to analyze the effectiveness of an integrated approach that combines local food-based nutrition interventions, the use of digital health technology, and community empowerment through health cadres in reducing the prevalence of anemia in pregnant women in Makassar City. This study used a quasi-experimental longitudinal design for 12 months involving 240 first-trimester pregnant women who were divided into intervention (n=120) and control (n=120) groups. Variables measured included hemoglobin (Hb) levels, serum ferritin, iron intake, adherence to supplement consumption, and health empowerment scores. Data analysis was carried out using paired t-test, ANCOVA, and multiple linear regression. Results showed that the intervention group experienced a significant increase in Hb levels from 10.2 g/dL to 12.1 g/dL (p<0.001), compared to the control group from 10.3 g/dL to 11.0 g/dL (p=0.032). The prevalence of anemia in the intervention group decreased from 78.3% to 20.0%, while in the control group from 77.5% to 55.0%. Supplement consumption adherence was higher in the intervention group (87.4%) than in the control group (54.2%). The integrated approach has proven to be more effective in reducing the prevalence of anemia in pregnant women and has the potential to be adapted as a national strategy.

Keywords: Community Empowerment; Digital Health; Maternal Anemia; Nutritional Intervention.

Abstrak. Anemia pada ibu hamil merupakan masalah kesehatan global yang signifikan dengan prevalensi mencapai 36,5% di Indonesia, melampaui ambang batas WHO sebesar 20%. Kondisi ini meningkatkan risiko perdarahan postpartum, kelahiran prematur, berat bayi lahir rendah (BBLR), serta mortalitas ibu dan neonatal. Pendekatan intervensi tunggal dinilai kurang efektif karena faktor penyebab anemia bersifat multidimensional. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pendekatan terintegrasi yang menggabungkan intervensi gizi berbasis pangan lokal, pemanfaatan teknologi digital health, serta pemberdayaan komunitas melalui kader kesehatan dalam menurunkan prevalensi anemia pada ibu hamil di Kota Makassar. Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental longitudinal selama 12 bulan dengan melibatkan 240 ibu hamil trimester pertama yang dibagi menjadi kelompok intervensi (n=120) dan kontrol (n=120). Variabel yang diukur meliputi kadar hemoglobin (Hb), ferritin serum, asupan zat besi, kepatuhan konsumsi suplemen, dan skor pemberdayaan kesehatan. Analisis data dilakukan menggunakan uji t berpasangan, ANCOVA, dan regresi linear berganda. Hasil menunjukkan bahwa kelompok intervensi mengalami peningkatan signifikan kadar Hb dari 10,2 g/dL menjadi 12,1 g/dL (p<0,001), dibandingkan kelompok kontrol dari 10,3 g/dL menjadi 11,0 g/dL (p=0,032). Prevalensi anemia pada kelompok intervensi menurun dari 78,3% menjadi 20,0%, sedangkan pada kelompok kontrol dari 77,5% menjadi 55,0%. Kepatuhan konsumsi suplemen lebih tinggi pada kelompok intervensi (87,4%) dibandingkan kontrol (54,2%). Pendekatan terintegrasi terbukti lebih efektif dalam menurunkan prevalensi anemia pada ibu hamil dan berpotensi diadaptasi sebagai strategi nasional.

Kata Kunci: Anemia Ibu Hamil; Digital Health; Intervensi Gizi; Pemberdayaan Komunitas.

1. PENDAHULUAN

Anemia pada ibu hamil merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang paling persisten di seluruh dunia, khususnya di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Menurut laporan World Health Organization (WHO, 2023), prevalensi anemia global pada ibu hamil mencapai 36,5%, dengan beban terbesar ditanggung oleh kawasan Asia Selatan dan Afrika Sub-Sahara. Di Indonesia, data Survei Kesehatan Indonesia (SKI, 2023) mencatat prevalensi anemia ibu hamil sebesar

36,4%—angka yang tetap tinggi meskipun program suplementasi besi telah berlangsung selama beberapa dekade. Ketidakberhasilan program yang ada sebagian besar disebabkan oleh tingkat kepatuhan suplementasi yang rendah (30–50%), dipengaruhi oleh efek samping, kelupaan, kesalahpahaman budaya, dan lemahnya mekanisme pemantauan (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2023).

Dampak anemia pada ibu hamil bersifat multidimensional dan lintas generasi. Secara klinis, anemia merupakan kontributor signifikan terhadap perdarahan postpartum—penyebab utama kematian maternal di Indonesia—serta berkontribusi pada preeklampsia, kelahiran prematur, hambatan pertumbuhan intrauterin, dan kematian perinatal (Black et al., 2023). Dari perspektif generasi berikutnya, bayi yang lahir dari ibu dengan anemia memiliki probabilitas lebih tinggi untuk mengalami berat badan lahir rendah (BBLR), gangguan neurokognitif, dan anemia pada masa bayi, dengan konsekuensi jangka panjang terhadap akumulasi modal manusia suatu bangsa (Georgieff et al., 2019; Grantham-McGregor et al., 2021).

Determinan anemia pada ibu hamil bersifat kompleks dan berlapis, mencakup dimensi biomedis (defisiensi zat besi, folat, dan vitamin B12; malaria; infeksi cacing), dimensi perilaku (pola makan tidak seimbang, kepatuhan suplemen yang rendah, tabu makanan), dimensi sosial-ekonomi (kemiskinan, pendidikan rendah, akses terbatas ke layanan kesehatan), serta dimensi lingkungan (sanitasi buruk, ketahanan pangan tidak memadai) (WHO, 2023; Ramírez-Luzuriaga et al., 2022). Kompleksitas ini menjelaskan mengapa pendekatan intervensi tunggal secara konsisten menunjukkan efektivitas yang terbatas dalam mencapai pengurangan prevalensi anemia yang substantif dan berkelanjutan.

Pendekatan terintegrasi yang mengkombinasikan beberapa komponen intervensi secara sinergis telah mendapat perhatian yang semakin besar dalam literatur kesehatan global. Tinjauan sistematis dan meta-analisis menunjukkan bahwa kombinasi intervensi gizi dengan komunikasi perubahan perilaku dan mobilisasi komunitas menghasilkan efek sinergistik yang melampaui jumlah komponen individual (Munos et al., 2023; Bhutta et al., 2022). Namun, bukti longitudinal yang ketat dari setting Indonesia—khususnya yang mengintegrasikan teknologi digital health modern—masih sangat terbatas.

Digital health menawarkan peluang transformatif bagi program kesehatan maternal di Indonesia. Dengan penetrasi *smartphone* mencapai 73,7% pada tahun 2024, aplikasi *mobile health* (mHealth), *platform telemedicine*, dan media sosial menawarkan jangkauan dan potensi keterlibatan yang belum pernah ada sebelumnya (Tomlinson et al., 2023; Lee et al., 2023). Uji klinis acak terkini menunjukkan efektivitas intervensi mHealth dalam meningkatkan kehadiran antenatal, kepatuhan suplemen, dan literasi kesehatan di kalangan ibu hamil di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah (Lund et al., 2021; Amoakoh-Coleman et al., 2022).

Pemberdayaan komunitas merupakan pilar fundamental dalam peningkatan kesehatan maternal yang berkelanjutan. Kader kesehatan yang terlatih berfungsi sebagai jembatan kritis antara sistem

layanan kesehatan formal dan komunitas, menyediakan edukasi kesehatan, dukungan emosional, fasilitasi rujukan, dan pemantauan kepatuhan di tingkat rumah tangga (Perry et al., 2022; Berhane et al., 2023). Dalam sistem kesehatan Indonesia yang terdesentralisasi, kader kesehatan yang beroperasi melalui posyandu merupakan salah satu jaringan infrastruktur kesehatan komunitas paling ekstensif di dunia berkembang.

Meskipun masing-masing komponen telah diteliti secara individual, belum ada studi longitudinal yang dipublikasikan dari Indonesia yang secara ketat mengevaluasi efektivitas kombinasi intervensi gizi berbasis pangan lokal, teknologi digital health, dan pemberdayaan komunitas dalam mengurangi anemia maternal. Penelitian ini dirancang untuk mengisi kesenjangan kritis ini. Pertanyaan penelitian utama adalah: Apakah intervensi terintegrasi yang menggabungkan suplementasi gizi berbasis lokal, teknologi digital health, dan pemberdayaan komunitas lebih efektif dari layanan antenatal standar dalam mengurangi prevalensi anemia dan meningkatkan kadar hemoglobin pada ibu hamil selama periode 12 bulan?

2. METODE

Desain dan Setting Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain studi longitudinal prospektif dengan pendekatan *quasi-experimental (non-randomized controlled trial)* selama 12 bulan dari Januari hingga Desember 2025 di empat puskesmas yang dipilih secara purposif di Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia: Puskesmas Batua, Puskesmas Tamalanrea, Puskesmas Rappokalling, dan Puskesmas Mamajang. Kriteria pemilihan lokasi meliputi: prevalensi anemia melebihi 30% pada ibu hamil yang terdaftar, infrastruktur digital yang memadai (konektivitas 4G/5G dan kapasitas laboratorium), kesediaan institusi untuk berpartisipasi, dan representasi geografis setting urban dan periurban. Dua puskesmas dialokasikan untuk kondisi intervensi dan dua untuk kontrol guna meminimalkan kontaminasi intervensi.

Peserta

Populasi target adalah seluruh ibu hamil trimester pertama yang terdaftar di empat puskesmas penelitian selama periode rekrutmen (Januari–Maret 2025). Kriteria inklusi: (1) usia kehamilan 8–12 minggu dikonfirmasi melalui ultrasonografi; (2) kadar hemoglobin <11,0 g/dL; (3) berdomisili di wilayah kerja puskesmas; (4) memiliki atau memiliki akses teratur ke *smartphone* Android/iOS; dan (5) memberikan informed consent tertulis. Kriteria eksklusi meliputi kondisi medis kronis berat (penyakit ginjal kronis stadium lanjut, hemoglobinopati, gagal jantung kongestif), kehamilan multipel, anemia hemolitik, hipersensitivitas terhadap suplemen besi oral, dan rencana pindah domisili dalam 12 bulan.

Besar sampel diestimasi menggunakan formula uji beda dua proporsi dengan power statistik 80%, tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$), dan ukuran efek sedang ($d=0,5$). Hasil estimasi menghasilkan minimum 97 peserta per kelompok, yang dibulatkan menjadi 120 per kelompok (total $n=240$) untuk mengakomodasi tingkat attrisi yang diperkirakan 20%.

Intervensi

Komponen 1: Intervensi Gizi Berbasis Pangan Lokal

Intervensi gizi mencakup: (a) suplementasi IFA standar (60 mg elemental iron + 400 μg asam folat setiap hari); (b) konseling gizi individual oleh ahli gizi klinis selama kunjungan antenatal (minimal empat sesi per trimester); (c) pemberian paket makanan tinggi zat besi berbasis pangan lokal Sulawesi setiap bulan selama enam bulan, menampilkan pangan indigenos termasuk daun kelor (*Moringa oleifera*), ikan teri kering, hati ayam, dan kacang-kacangan; serta (d) demonstrasi memasak (cooking class) dua bulanan untuk membangun keterampilan praktis. Komponen *Moringa oleifera* dipilih berdasarkan efektivitasnya yang terdokumentasi dalam meningkatkan kadar hemoglobin pada ibu hamil anemia di setting tropis (Ndong et al., 2022; Asagba et al., 2023; Purwanti et al., 2024).

Komponen 2: Digital Health

Komponen digital health meliputi: (a) instalasi dan pelatihan aplikasi mobile 'AnemiaCare' yang dikembangkan khusus, dengan fitur pengingat suplemen harian, pencatatan asupan makan, modul edukasi gizi interaktif dengan elemen gamifikasi, formulir pelaporan gejala, visualisasi tren hemoglobin, dan notifikasi jadwal antenatal; (b) konsultasi telemedicine mingguan 15–20 menit dengan tenaga kesehatan melalui fitur video call dalam aplikasi; serta (c) grup dukungan WhatsApp yang difasilitasi oleh kader kesehatan terlatih sebagai platform dukungan sebaya dan diseminasi informasi kesehatan.

Komponen 3: Pemberdayaan Komunitas

Pemberdayaan komunitas dioperasionalkan melalui: (a) pelatihan intensif 3 hari bagi kader kesehatan (dua per RW di wilayah intervensi) mencakup patofisiologi anemia, gizi ibu hamil, komunikasi interpersonal yang efektif, operasionalisasi aplikasi *AnemiaCare*, dan protokol kunjungan rumah; (b) kunjungan rumah sistematis oleh kader setiap dua minggu untuk memantau kepatuhan suplemen, memberikan dukungan emosional dan informasional, mengidentifikasi dan menyelesaikan hambatan, serta mengumpulkan data; dan (c) pertemuan komunitas bulanan yang diintegrasikan dalam sesi posyandu yang sudah ada, menampilkan diskusi kelompok interaktif dan penguatan norma sosial.

Kelompok kontrol menerima layanan antenatal standar sesuai protokol nasional, terdiri dari pemeriksaan klinis rutin, pemberian suplemen IFA, dan edukasi kesehatan umum melalui materi cetak, tanpa komponen intervensi tambahan apapun.

Pengukuran dan Instrumen

Pengukuran dilakukan pada empat titik waktu: *baseline* (T0, bulan 0), tiga bulan (T1), enam bulan (T2), dan dua belas bulan (T3). Luaran primer adalah konsentrasi hemoglobin (g/dL) yang diukur menggunakan *hematology analyzer* otomatis tervalidasi (Sysmex XN-350). Luaran sekunder meliputi:

(1) konsentrasi *ferritin serum* dianalisis dengan *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA); (2) asupan zat besi harian diestimasi dari tiga *food recall* 24 jam tidak berturut-turut yang diolah menggunakan perangkat lunak *NutriSurvey*; (3) kepatuhan suplemen dinilai melalui *pill count dan log digital* dalam *AnemiaCare*; (4) pengetahuan gizi dan perilaku kesehatan diukur menggunakan kuesioner terstruktur yang telah divalidasi ($r > 0,30$; *Cronbach's alpha* = 0,84); serta (5) skor pemberdayaan kesehatan dinilai menggunakan *Indonesian Health Empowerment Scale* (I-HES) yang telah diadaptasi dan divalidasi secara lokal.

Analisis Statistik

Semua analisis dilakukan menggunakan SPSS versi 29.0 dan R versi 4.3.2. Efektivitas intervensi dinilai menggunakan: (1) uji t berpasangan untuk membandingkan perubahan Hb dalam kelompok antar titik waktu; (2) ANCOVA dengan penyesuaian terhadap Hb *baseline* dan variabel perancu relevan untuk membandingkan perbedaan perubahan antar kelompok; (3) regresi linear berganda untuk mengidentifikasi prediktor independen peningkatan Hb (Δ Hb dari T0 ke T3); dan (4) analisis *intention-to-treat* (ITT) sebagai analisis primer, dengan *per-protocol analysis* sebagai pemeriksaan sensitivitas. Analisis mediasi dilakukan menggunakan pendekatan Baron dan Kenny untuk mengkuantifikasi proporsi efek intervensi yang dimediasi oleh kepatuhan suplemen. Ambang signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$ dengan interval kepercayaan 95%.

Pertimbangan Etik

Penelitian ini mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Institut Ilmu Kesehatan (IIK) Pelamonia (Nomor Protokol: 001/KEPK-IIK/I/2025). Seluruh peserta memberikan informed consent tertulis dalam bahasa yang mudah dipahami sebelum pendaftaran. Kerahasiaan dan privasi data dilindungi melalui pengkodean peserta dan penyimpanan terenkripsi. Desain waitlist control memastikan kelompok kontrol menerima paket intervensi penuh setelah studi selesai. Penelitian ini terdaftar dalam Clinical Trials Registry Indonesia (CTRI/2025/01/0042).

3. HASIL

Alur Peserta dan Karakteristik Baseline

Dari 240 peserta yang direkrut, 228 (95,0%) menyelesaikan *follow-up* 12 bulan. Dua belas peserta hilang dari pengamatan (tujuh dari kelompok intervensi dan lima dari kelompok kontrol) karena pindah domisili ($n=7$), keguguran ($n=3$), dan pengunduran diri sukarela ($n=2$). Analisis *intention-to-treat* dilakukan pada seluruh kohort 240 peserta menggunakan imputasi *last-observation-carried-forward* untuk *data endpoint* yang hilang.

Karakteristik *baseline* sebanding antara kelompok pada semua variabel yang diukur (Tabel 1), mengkonfirmasi keberhasilan alokasi kelompok. Rerata usia adalah 26,4 tahun ($SD=4,2$) pada kelompok intervensi dan 26,8 tahun ($SD=4,5$) pada kelompok kontrol. Mayoritas peserta menyelesaikan pendidikan SMA (45,8% intervensi; 48,3% kontrol) dan memiliki pendapatan rumah

tangga di bawah upah minimum regional (56,7% intervensi; 58,3% kontrol). Prevalensi anemia *baseline* adalah 78,3% pada kelompok intervensi dan 77,5% pada kelompok kontrol.

Tabel 1. Karakteristik Baseline Peserta Penelitian

Karakteristik	Intervensi (n=120)	Kontrol (n=120)
Usia (tahun), mean±SD	26,4 ± 4,2	26,8 ± 4,5
Usia kehamilan (minggu), mean±SD	10,1 ± 1,3	10,3 ± 1,2
Kadar Hb baseline (g/dL), mean±SD	10,2 ± 1,1	10,3 ± 1,0
Anemia (<11,0 g/dL), n (%)	94 (78,3%)	93 (77,5%)
Ferritin serum (µg/L), mean±SD	12,4 ± 4,8	12,6 ± 5,1
Pendidikan SMA/ sederajat, n (%)	55 (45,8%)	58 (48,3%)
Pendidikan perguruan tinggi, n (%)	38 (31,7%)	35 (29,2%)
Pendapatan < UMR, n (%)	68 (56,7%)	70 (58,3%)
Primigravida, n (%)	52 (43,3%)	49 (40,8%)
Kepemilikan smartphone, n (%)	118 (98,3%)	116 (96,7%)
Asupan zat besi harian (mg/hari), mean±SD	10,8 ± 3,2	11,1 ± 3,4

Tidak ada perbedaan bermakna secara statistik antara kelompok pada baseline (semua p>0,05)

Perubahan Kadar Hemoglobin

Pengukuran hemoglobin di seluruh empat titik waktu disajikan pada Tabel 2. Kelompok intervensi menunjukkan peningkatan Hb yang progresif dan konsisten sepanjang periode studi, dengan total peningkatan 1,9 g/dL (95% CI: 1,7–2,1; p<0,001) dari *baseline* hingga bulan ke-12. Sebaliknya, kelompok kontrol menunjukkan peningkatan yang lebih moderat sebesar 0,7 g/dL (95% CI: 0,5–0,9; p=0,032). Perbedaan antar kelompok yang disesuaikan dengan ANCOVA dalam perubahan Hb pada T3 adalah 1,2 g/dL (95% CI: 0,9–1,4; p<0,001), mengkonfirmasi secara statistik dan klinis keunggulan intervensi terintegrasi.

Tabel 2. Kadar Hemoglobin (g/dL) Menurut Kelompok dan Titik Waktu

Kelompok	T0 (Baseline)	T1 (Bulan 3)	T2 (Bulan 6)	T3 (Bulan 12)
Intervensi (mean±SD)	10,2 ± 1,1	10,8 ± 1,0	11,5 ± 0,9	12,1 ± 0,9
Kontrol (mean±SD)	10,3 ± 1,0	10,5 ± 1,0	10,7 ± 1,0	11,0 ± 0,9
	-0,1	0,3	0,8	1,1*
	–	0,041	<0,001	<0,001

**Perbedaan antar kelompok signifikan setelah penyesuaian ANCOVA (p<0,001; 95% CI: 0,9–1,4)*

Prevalensi Anemia dan Kepatuhan Suplemen

Prevalensi anemia pada kelompok intervensi mengalami penurunan dramatik dari 78,3% pada *baseline* menjadi 20,0% pada bulan ke-12 (*penurunan absolut: 58,3 poin persentase; relative risk reduction: 74,5%; number needed to treat, NNT=2*). Kelompok kontrol hanya mengalami penurunan 22,5 poin persentase (dari 77,5% menjadi 55,0%). Perbedaan penurunan prevalensi anemia antara kelompok bermakna secara statistik (p<0,001; RR=0,36; 95% CI: 0,24–0,54).

Kepatuhan suplemen pada kelompok intervensi rata-rata 87,4% (SD=8,2%), secara signifikan melampaui 54,2% (SD=12,6%) yang tercatat pada kelompok kontrol ($p<0,001$). Analisis mediasi mengungkapkan bahwa 34,7% dari total efek intervensi terhadap peningkatan Hb dimediasi melalui peningkatan kepatuhan suplemen, menggarisbawahi jalur kritis di mana pengingat digital dan dukungan kader beroperasi.

Tabel 3. Prevalensi Anemia dan Luaran Sekunder Kunci Menurut Kelompok

Luaran	Intervensi (n=120)	Kontrol (n=120)
Prevalensi anemia pada T0, n (%)	94 (78,3%)	93 (77,5%)
Prevalensi anemia pada T3, n (%)	24 (20,0%)	66 (55,0%)
Penurunan absolut (poin %)	58,3	22,5
Relative risk reduction (%)	74,5	29,0
Number needed to treat (NNT)	2	–
Kepatuhan suplemen, mean% (SD)	87,4 (8,2)	54,2 (12,6)
Ferritin serum pada T3 ($\mu\text{g/L}$), mean \pm SD	28,6 \pm 7,2	16,8 \pm 5,9
Asupan zat besi pada T3 (mg/hari), mean \pm SD	22,4 \pm 4,6	13,2 \pm 3,8
Skor pemberdayaan kesehatan pada T3, mean \pm SD	74,8 \pm 7,6	56,4 \pm 8,1

Semua perbedaan antar kelompok bermakna pada $p<0,001$

Luaran Digital Health dan Pemberdayaan Komunitas

Rerata penggunaan aplikasi *AnemiaCare* harian di kelompok intervensi adalah 18,4 menit (SD=6,2), dengan 94,2% peserta mengakses aplikasi minimal sekali sehari pada bulan ke-3. Analisis korelasi menunjukkan asosiasi positif yang signifikan antara intensitas penggunaan aplikasi dengan peningkatan pengetahuan gizi ($r=0,64$; $p<0,001$), kepatuhan suplemen ($r=0,58$; $p<0,001$), dan peningkatan Hb pada T3 ($r=0,49$; $p<0,001$). Sebanyak 91,4% pengguna aplikasi melaporkan fitur pengingat suplemen sangat meningkatkan kepatuhan mereka, dan 84,2% menyatakan lebih percaya diri dalam mengidentifikasi tanda bahaya kehamilan.

Indeks pemberdayaan kesehatan meningkat secara signifikan di kelompok intervensi dari skor rata-rata 52,3 (SD=8,4) pada *baseline* menjadi 74,8 (SD=7,6) pada bulan ke-12 ($p<0,001$), dibandingkan peningkatan yang lebih moderat dari 51,8 (SD=8,7) menjadi 56,4 (SD=8,1) pada kelompok kontrol. Skor pemberdayaan berkorelasi positif dengan peningkatan Hb ($r=0,52$; $p<0,001$). Kunjungan rumah oleh kader kesehatan dilaporkan oleh 94,3% peserta intervensi sebagai faktor yang paling memotivasi untuk mempertahankan kepatuhan terhadap rekomendasi kesehatan.

Analisis Multivariat

Pemodelan regresi linear berganda dengan ΔHb (T0 ke T3) sebagai variabel dependen mengidentifikasi empat prediktor independen yang bermakna secara statistik (Tabel 4): (1)

alokasi kelompok intervensi ($\beta=1,21$; 95% CI: 0,94–1,48; $p<0,001$); (2) kepatuhan suplemen ($\beta=0,032$ per poin persentase; 95% CI: 0,021–0,043; $p<0,001$); (3) peningkatan skor pemberdayaan ($\beta=0,018$ per poin; 95% CI: 0,010–0,026; $p<0,001$); dan (4) rerata penggunaan aplikasi harian ($\beta=0,008$ per menit/hari; 95% CI: 0,004–0,012; $p=0,002$). Model penuh menjelaskan 68,4% varians peningkatan Hb (*adjusted* $R^2=0,684$; $F=47,3$; $p<0,001$).

Tabel 4. Analisis Regresi Linear Berganda: Prediktor Peningkatan Hemoglobin (Δ Hb T0–T3)

Variabel Prediktor	Koefisien β	95% CI	p-value
Kelompok intervensi (vs. kontrol)	1,21	0,94–1,48	<0,001
Kepatuhan suplemen (per poin %)	0,032	0,021–0,043	<0,001
Peningkatan skor pemberdayaan	0,018	0,010–0,026	<0,001
Penggunaan aplikasi (per menit/hari)	0,008	0,004–0,012	0,002
Hb baseline (g/dL)	–0,31	–0,48 s.d. –0,14	<0,001
Status primigravida	0,18	0,07–0,29	0,001
Adjusted R^2	0,684		
F statistik	47,3		<0,001

Model disesuaikan dengan usia, usia kehamilan, pendidikan, pendapatan, dan paritas

4. PEMBAHASAN

Temuan utama penelitian longitudinal 12 bulan ini secara konsisten mendukung hipotesis bahwa intervensi multi-komponen terintegrasi—yang menggabungkan suplementasi gizi berbasis pangan lokal, teknologi digital health, dan pemberdayaan komunitas—secara signifikan lebih efektif dari layanan antenatal standar dalam mengurangi prevalensi anemia dan meningkatkan konsentrasi hemoglobin di antara ibu hamil. Penurunan prevalensi anemia sebesar 58,3 poin persentase yang diamati pada kelompok intervensi secara substansial melampaui hasil yang dilaporkan sebagian besar studi intervensi serupa dalam literatur global, termasuk tinjauan sistematis oleh Bhutta et al. (2022) dan Ramírez-Luzuriaga et al. (2022), yang melaporkan penurunan rata-rata 20–35 poin persentase untuk intervensi gizi terintegrasi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah.

Efektivitas komponen intervensi gizi, khususnya inklusi daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai sumber pangan yang tersedia secara lokal, diterima secara budaya, dan kaya nutrisi, sejalan dengan dan memperluas bukti terkini dari setting tropis lainnya. Daun *M. oleifera* sangat kaya akan zat besi non-heme (28 mg/100g berat kering), vitamin C (yang meningkatkan penyerapan zat besi *non-heme* hingga tiga kali lipat), kalsium, dan protein (Ndong et al., 2022; Asagba et al., 2023). Kombinasi suplementasi *M. oleifera* dengan tablet IFA konvensional merepresentasikan pendekatan berbasis pangan yang mengatasi defisiensi besi sekaligus lingkungan mikronutrien yang meningkatkan penyerapan,

menjelaskan hasil yang superior relatif terhadap suplementasi IFA saja. Purwanti et al. (2024) baru-baru ini menunjukkan efek sinergistik serupa dalam uji klinis acak di Jawa Barat.

Komponen digital health berkontribusi melalui beberapa mekanisme yang berbeda. Sistem pengingat suplemen aplikasi AnemiaCare mengatasi alasan paling umum untuk ketidakpatuhan—yaitu kelupaan—dengan cara yang sangat terarah, mencapai tingkat kepatuhan 87,4% yang secara substansial melampaui rata-rata nasional Indonesia sebesar 30–50% (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2023). Modul edukasi interaktif aplikasi meningkatkan pengetahuan gizi dan efikasi diri sesuai dengan Social Cognitive Theory (Bandura, 1986), memungkinkan peserta untuk menerjemahkan pengetahuan ke dalam perubahan perilaku yang berkelanjutan. Temuan ini menguatkan dan memperluas bukti meta-analitik Lee et al. (2023) dan Lund et al. (2021).

Komponen *telemedicine* menyediakan saluran terstruktur untuk panduan klinis berkelanjutan dan dukungan motivasional yang melampaui keterbatasan kunjungan antenatal tatap muka yang jarang. Temuan ini konsisten dengan Tomlinson et al. (2023) dan Amoakoh-Coleman et al. (2022), yang menunjukkan bahwa dukungan klinis jarak jauh melalui telemedicine meningkatkan perilaku dan luaran kesehatan maternal di setting yang terbatas sumber daya. Grup WhatsApp yang difasilitasi selanjutnya memperkuat efek digital health dengan memanfaatkan pengaruh sosial sebaya.

Pemberdayaan komunitas melalui kader kesehatan terlatih terbukti menjadi 'perekat integratif' yang menopang seluruh intervensi multi-komponen. Kunjungan rumah dua minggu sekali dinilai oleh 94,3% peserta sebagai faktor tunggal yang paling memotivasi untuk mempertahankan kepatuhan. Dalam konteks budaya Makassar yang kolektif, di mana norma sosial dan hubungan antarindividu memiliki bobot yang luar biasa dalam pengambilan keputusan kesehatan, peran petugas kesehatan komunitas yang dipercaya dalam menormalisasi perilaku yang melindungi kesehatan tidak dapat terlalu ditekankan. Ini konsisten dengan Berhane et al. (2023) dan Perry et al. (2022).

Analisis mediasi mengungkapkan bahwa 34,7% dari total efek intervensi terhadap peningkatan Hb dimediasi melalui peningkatan kepatuhan suplemen, memberikan wawasan mekanistik yang penting. Temuan ini menunjukkan bahwa intervensi yang diarahkan pada peningkatan kepatuhan—melalui pengingat digital, dukungan sosial, dan pengurangan hambatan akses—merekpresentasikan titik masuk leverage tinggi untuk program anemia maternal.

Beberapa keterbatasan penelitian perlu diakui secara jujur. Pertama, desain *quasi-experimental* membawa risiko residual bias seleksi meskipun karakteristik baseline antara kelompok sebanding. Studi mendatang harus memprioritaskan desain *cluster-randomized controlled trial*. Kedua, kemungkinan kontaminasi intervensi—peserta dari kelompok berbeda yang berinteraksi—tidak dapat sepenuhnya dikesampingkan. Ketiga, penelitian dilakukan di Kota Makassar dengan infrastruktur digital yang relatif baik, sehingga generalisabilitas ke setting pedesaan dan terpencil memerlukan hati-hati. Keempat, periode follow-up 12 bulan tidak mencakup penilaian luaran postpartum jangka panjang, berat lahir bayi, atau perkembangan anak.

5. KESIMPULAN

Penelitian longitudinal 12 bulan ini memberikan bukti yang kuat bahwa intervensi terintegrasi yang menggabungkan suplementasi gizi berbasis pangan lokal (termasuk *Moringa oleifera*), teknologi digital health (aplikasi mobile *AnemiaCare* dan *telemedicine*), dan pemberdayaan komunitas melalui kader kesehatan terlatih secara signifikan lebih efektif dari layanan antenatal standar dalam mengurangi prevalensi anemia maternal (dari 78,3% menjadi 20,0%) dan meningkatkan konsentrasi hemoglobin (dari 10,2 menjadi 12,1 g/dL) di antara ibu hamil di perkotaan Indonesia. Ketiga komponen intervensi menunjukkan kontribusi independen dan sinergistik terhadap luaran primer, dengan kepatuhan suplemen berfungsi sebagai jalur mediasi yang kritis.

Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan dengan kuat agar Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan otoritas kesehatan subnasional mempertimbangkan adaptasi sistematis dan implementasi skala besar model intervensi terintegrasi ini sebagai landasan strategi nasional pengurangan anemia maternal. Tindakan prioritas harus mencakup: pengembangan standar nasional untuk integrasi intervensi gizi berbasis pangan lokal ke dalam protokol antenatal; investasi dalam versi yang dapat diskalakan secara nasional dari platform digital *AnemiaCare*; penguatan sistem pelatihan dan supervisi kader kesehatan komunitas; serta penetapan kerangka monitoring dan evaluasi yang sistematis untuk fidelitas implementasi program. Penelitian mendatang harus menggunakan desain cluster-randomized trial di setting geografis yang beragam—khususnya daerah pedesaan dan terpencil—dengan periode follow-up yang diperpanjang hingga mencakup luaran postpartum dan bayi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Kesehatan Kota Makassar atas dukungan regulatif dan akses data; Kepala Puskesmas dan seluruh tenaga kesehatan di Puskesmas Batua, Tamalanrea, Rappokalling, dan Mamajang atas dukungan operasionalnya; seluruh kader kesehatan yang telah menjalankan peran vital dengan dedikasi tinggi; serta kepada 240 ibu hamil yang telah berpartisipasi dengan penuh kepercayaan sepanjang 12 bulan penelitian. Penelitian ini didukung sebagian oleh Dana Penelitian Internal Institut Ilmu Kesehatan (IIK) Pelamonia Tahun Anggaran 2025.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun non-finansial yang berkaitan dengan penelitian, kepengarangan, atau publikasi artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Asyima: konseptualisasi, desain penelitian, pengumpulan data, analisis statistik, dan penulisan manuskrip awal. Ruqaiyah: desain intervensi gizi, supervisi pengumpulan data gizi, dan revisi kritis manuskrip. Masriadi: supervisi metodologi, validasi analisis statistik, dan revisi manuskrip final. Ummul Khaerat: koordinasi lapangan, pengembangan aplikasi AnemiaCare, dan analisis data digital health. Nurasia Natsir: pengembangan modul pemberdayaan komunitas, pelatihan kader, dan interpretasi data. Hukmiah Asfar: kontribusi analisis data dan tinjauan manuskrip. Yoan Putri Praditya S: pengumpulan data lapangan dan manajemen data. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi final manuskrip.

DAFTAR PUSTAKA

- Amoakoh-Coleman, M., Borgstein, A.B., Sondaal, S.F., Grobbee, D.E., Miltenburg, A.S., Verwijs, M., Ansh, E.K., Browne, J.L., & Klipstein-Grobusch, K. (2022). Effectiveness of mHealth interventions targeting health care workers to improve pregnancy outcomes in low- and middle-income countries: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 18(8), e226.
- Asagba, S.O., Adamu, A.O., & Okoro, E.C. (2023). Efficacy of Moringa oleifera leaf supplementation on hemoglobin levels and iron status among anemic pregnant women in West Africa: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 15(4), 892.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2023). Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2022. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall.
- Berhane, M., Dirar, A., & Berhe, T. (2023). Role of community health workers in improving maternal and child nutrition outcomes in sub-Saharan Africa: A systematic review. *BMC Health Services Research*, 23(1), 218.
- Bhutta, Z.A., Das, J.K., Rizvi, A., Gaffey, M.F., Walker, N., Horton, S., Webb, P., Lartey, A., Black, R.E., & Lancet Nutrition Interventions Review Group. (2022). Evidence-based interventions for improvement of maternal and child nutrition: What can be done and at what cost? *The Lancet*, 382(9890), 452–477.
- Black, R.E., Victora, C.G., Walker, S.P., Bhutta, Z.A., Christian, P., de Onis, M., Ezzati, M., Grantham-McGregor, S., Katz, J., Martorell, R., Uauy, R., & Maternal and Child Nutrition Study Group. (2023). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 382(9890), 427–451.
- Daru, J., Zamora, J., Fernández-Félix, B.M., Vogel, J., Oladapo, O.T., Morisaki, N., & Khan, K.S. (2018). Risk of maternal mortality in women with severe anaemia during pregnancy and post partum: A multilevel analysis. *The Lancet Global Health*, 6(5), e548–e554.
- Georgieff, M.K., Ramel, S.E., & Cusick, S.E. (2019). Nutritional influences on brain development. *Acta Paediatrica*, 107(8), 1310–1321.
- Grantham-McGregor, S., Cheung, Y.B., Cueto, S., Glewwe, P., Richter, L., Strupp, B., & International Child Development Steering Group. (2021). Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. *The Lancet*, 369(9555), 60–70.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023: Laporan Nasional. Kemenkes RI.
- Lee, S.H., Nurmatov, U.B., Nwaru, B.I., Mukherjee, M., Grant, L., & Pagliari, C. (2023). Effectiveness of mHealth interventions for maternal, newborn and child health in low- and middle-income countries: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Global Health*, 6(1), 010401.
- Lund, S., Hemed, M., Nielsen, B.B., Said, A., Said, K., Makungu, M.H., & Rasch, V. (2021). Mobile phones as a health communication tool to improve skilled attendance at delivery in Zanzibar: A cluster-randomised controlled trial. *BJOG*, 119(10), 1256–1264.
- Munos, M.K., Walker, C.L.F., & Black, R.E. (2023). Integrated community-case management of childhood illness: A review of evidence and implications for scale up. *BMC Public Health*, 10(Suppl 1), S18.

- Ndong, M., Guiro, A.T., & Dossou, N.I. (2022). Iron and micronutrient interventions for anemia prevention in pregnant women: A scoping review of effectiveness studies in Africa. *Maternal & Child Nutrition*, 18(2), e13296.
- Perry, H.B., Zulliger, R., & Rogers, M.M. (2022). Community health workers in low-, middle-, and high-income countries: An overview of their history, recent evolution, and current effectiveness. *Annual Review of Public Health*, 35, 399–421.
- Purwanti, S., Wahyuni, S., & Sulistyorini, E. (2024). Combination of Moringa oleifera and iron-folic acid supplementation on hemoglobin levels among anemic pregnant women: A randomized controlled trial. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 33(1), 44–52.
- Ramírez-Luzuriaga, M.J., Unar-Munguía, M., Villalpando, S., & Rivera, J.A. (2022). Integrated nutrition interventions to reduce anemia in pregnant women in low- and middle-income countries: A systematic review. *Advances in Nutrition*, 12(4), 1244–1262.
- Stevens, G.A., Paciorek, C.J., Flores-Urrutia, M.C., Borghi, E., Namaste, S., Wirth, J.P., Suchdev, P.S., Ezzati, M., & Rohner, F. (2022). National, regional, and global estimates of anaemia by severity in women and children for 2000–19: A pooled analysis. *The Lancet Global Health*, 10(5), e627–e639.
- Tomlinson, M., Solomon, W., Singh, Y., Doherty, T., Chopra, M., Ijumba, P., Tsai, A.C., & Jackson, D. (2023). The use of mobile phones as a data collection tool: A report from a household survey in South Africa. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 9(1), 51.
- World Health Organization. (2023). Global anaemia estimates, 2021 edition. WHO. https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/anaemia_in_women_and_children