Rancang Bangun Alat Pengukuran Berat, Tinggi, Tekanan Darah Dan *Fetal Doppler* Berbasis *Internet Of Things*

1st Gempar Alamsyah
Teknik Komputer
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
gemparalamsyahhh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Yanuar Hariyawan
Teknik Komputer
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
myanuar@telkomuniversity.ac.id

3rd Eka Sari Oktarina
Teknik Komputer
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
ekasario@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Bidan memiliki peran penting dalam memastikan kesehatan ibu hamil dan janinnya melalui berbagai pemeriksaan rutin. Pemeriksaan ini melibatkan penggunaan alat-alat medis yang esensial, termasuk alat pengukur tinggi badan, alat pengukur berat badan, alat pengukur tekanan darah, dan fetal doppler. Alat pengukur tinggi badan dan berat badan digunakan untuk memantau pertumbuhan dan perkembangan ibu hamil. Alat pengukur tekanan darah berfungsi untuk mendeteksi adanya hipertensi atau tekanan darah rendah yang dapat mempengaruhi kesehatan ibu dan janin. Fetal doppler, alat yang digunakan untuk mendengar denyut jantung janin, memungkinkan bidan untuk memastikan kesehatan dan kesejahteraan janin. Penggunaan peralatan ini secara teratur oleh bidan sangat penting dalam deteksi dini masalah kesehatan dan intervensi yang tepat, guna memastikan kehamilan yang sehat dan persalinan yang aman. Seiring perkembangan teknologi, buku KIA yang digunakan oleh ibu hamil kini telah berkembang menjadi aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk penyuluhan kesehatan. Aplikasi ini memungkinkan bidan untuk memberikan informasi dan penyuluhan secara lebih efisien dan tepat waktu, serta memudahkan pemantauan kondisi kesehatan ibu hamil dan janin secara lebih akurat dan real-time. Dengan aplikasi ini, diharapkan deteksi dini masalah kesehatan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan intervensi yang tepat dapat segera dilakukan, demi memastikan kehamilan yang sehat dan persalinan yang aman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan memiliki rata-rata error sebesar 13.74% untuk pengukuran sistolik, 19.31% untuk pengukuran diastolik, serta 0.24% untuk pengukuran tinggi dan berat badan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses pemeriksaan dapat dilakukan lebih cepat dan akurat, serta mempermudah pencatatan data secara digital melalui aplikasi IoT.

Kata kunci— Alat ukur, berat badan, tinggi badan, tekanan darah, fetal doppler, Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

Pemeriksaan kehamilan merupakan bagian penting dalam menjaga kesehatan ibu dan janin, membantu deteksi dini potensi komplikasi, termasuk stunting. Stunting dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti postur tubuh ibu yang pendek, interval kehamilan kurang dari dua tahun, jumlah kelahiran yang banyak, usia ibu saat menikah kurang dari 20 tahun atau terlalu tua, serta kekurangan nutrisi selama kehamilan sebagai faktor utama[1]. Faktor-faktor saat proses kelahiran, seperti kegagalan inisiasi menyusu dini (IMD), tidak adanya pemberian ASI eksklusif, penyapihan dini, serta kondisi sosial ekonomi dan sanitasi lingkungan juga berperan dalam meningkatkan risiko stunting. Di pedesaan, kesadaran ibu hamil terhadap pemeriksaan kesehatan rutin masih rendah, diperparah oleh keterbatasan alat kesehatan, biaya tinggi, dan jarak ke fasilitas kesehatan yang jauh[2].

Posyandu memiliki peran penting sebagai layanan kesehatan primer yang dapat menyediakan pemeriksaan awal, dengan tindak lanjut ke puskesmas jika ditemukan kelainan. Namun, penggunaan alat manual yang harus bergantian antara posyandu untuk balita dan layanan kesehatan lainnya menjadi tantangan dalam efisiensi dan kualitas layanan. Penggunaan alat manual dapat memperlambat proses skrining, dan keterbatasan alat di posyandu menyebabkan penundaan layanan bagi masyarakat [3]. Oleh karena itu, solusi berupa alat kesehatan modern dan efisien diperlukan untuk meningkatkan layanan masyarakat.

Penelitian ini mengusulkan rancang bangun alat pengukuran berat, tinggi, tekanan darah, dan fetal doppler berbasis Internet of Things (IoT) sebagai solusi inovatif terhadap kendala pengukuran antropometri, terutama di daerah dengan keterbatasan fasilitas kesehatan. Dengan teknologi IoT, alat ini memungkinkan pengukuran lebih akurat, terintegrasi, dan dapat diakses secara real-time. Akurasi pengukuran sangat penting dalam memastikan hasil yang tepat sesuai standar medis, khususnya bagi anak balita yang membutuhkan pemantauan pertumbuhan optimal. Alat ini diharapkan dapat mengurangi kesalahan manual, menyediakan data yang langsung dapat diakses dan dianalisis oleh tenaga medis, serta meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap hasil pengukuran. Implementasi alat ini juga diharapkan dapat meningkatkan frekuensi dan kualitas pemeriksaan rutin, mendukung intervensi medis yang lebih cepat dan tepat, serta meningkatkan kesadaran masyarakat untuk memantau kesehatan mereka dan keluarga.

.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet Of Things (IoT)

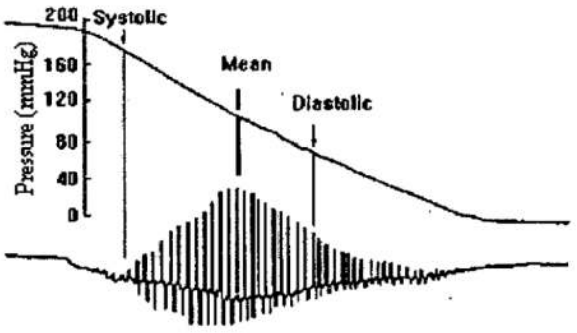
IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data melalui internet. Dalam penelitian ini, IoT digunakan untuk memproses dan menyimpan data hasil pengukuran agar dapat diakses secara real-time.

B. Tekanan Darah

Tekanan darah adalah gaya yang diberikan oleh darah terhadap dinding arteri saat mengalir melalui sistem peredaran darah. Pengukuran tekanan darah terdiri dari dua nilai utama, yaitu tekanan sistolik dan diastolik. Tekanan sistolik adalah tekanan tertinggi dalam arteri yang terjadi saat ventrikel jantung berkontraksi dan memompa darah ke seluruh tubuh, sedangkan tekanan diastolik adalah tekanan terendah yang terjadi saat jantung beristirahat di antara kontraksi, mencerminkan resistansi pembuluh darah terhadap aliran darah

C. Metode Osilometrik

Metode osilometrik merupakan teknik yang umum digunakan dalam tensimeter otomatis, di mana osilasi tekanan pada manset yang dihasilkan oleh denyut pembuluh darah digunakan untuk menentukan nilai tekanan darah[4].



GAMBAR 1
(METODE OSILOMETRIK[5])

D. Indeks Massa *Tubuh (BMI)*

Indeks Massa Tubuh *(BMI)* merupakan parameter untuk mengukur proporsi lemak tubuh berdasarkan berat dan tinggi badan, yang berlaku baik untuk pria maupun wanita dewasa. Kategori *BMI* dibagi menjadi beberapa rentang, yaitu *BMI* normal (18,5–24,9), kelebihan berat badan (25–29,9), dan obesitas (≥30). Nilai *BMI* digunakan sebagai indikator umum dalam menilai status gizi dan risiko kesehatan terkait berat badan.

E. TF Mini Plus Lidar

TF Mini Plus Lidar adalah sensor yang memancarkan sinar laser ke objek di permukaan bumi dan kemudian memantulkan kembali sinar laser untuk mengukur jarak antara objek dan posisinya. Kemudian data posisi dan orientasi sensor digunakan untuk membuat posisi tiga dimensi[6].

GAMBAR 2
(LIDAR)

F. *Sensor* MPX5700DP

Sensor ini digunakan untuk mengukur tekanan darah dengan metode osilometrik[7].

GAMBAR 3
(MPX5700DP)

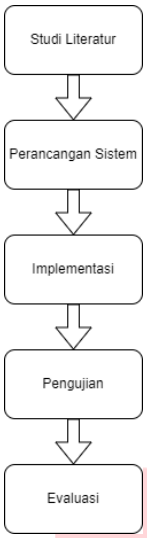
G. Load cell

Sensor ini berfungsi untuk mengukur berat badan dengan tingkat akurasi tinggi[8].

GAMBAR 4
(LOADCELL)

III. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis *IoT (Internet Of Things).* Proses penelitian mencakup perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi alat untuk memastikan alat yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan pengukuran berat badan, tinggi badan, tekanan darah, dan detak jantung janin secara akurat.



GAMBAR 5
(METODOLOGI PENELITIAN)

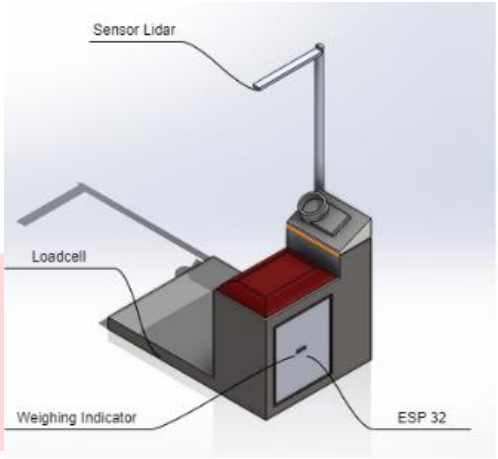
A. Desain Sistem

Sistem ini terdiri dari *ESP32* yang berfungsi untuk memproses dan mengirim data. Sensor *lidar* berfungsi sebagai pendeteksi tinggi badan, sementara sensor *load cell* berfungsi sebagai pendeteksi berat badan. Tensi meter digunakan sebagai alat pengukur tekanan darah. Data yang dikumpulkan akan dikirimkan ke Firebase, yang kemudian akan mengirimkan data tersebut untuk ditampilkan pada smartphone.

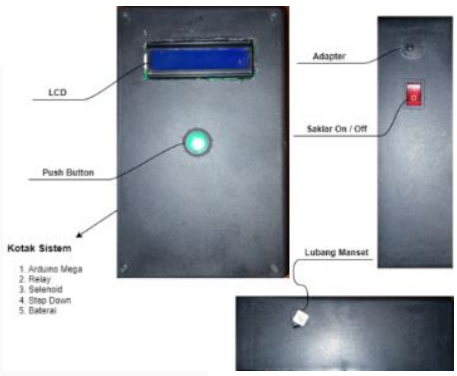
GAMBAR 6
(SKEMA SISTEM)

B. Desain Perangkat Keras

Perangkat keras sistem ini dirancang untuk melakukan pengukuran berat badan, tinggi badan, dan tekanan darah secara otomatis. Komponen utama yang digunakan meliputi sensor *lidar* untuk mengukur tinggi badan berdasarkan pemantulan cahaya laser, serta *load cell* dan *weighing indicator* untuk mengukur berat badan. Sistem ini dikendalikan oleh *ESP32* sebagai *mikrokontroler* utama yang mengolah data dari sensor dan menampilkannya melalui *LCD display*. Pengguna dapat memulai proses pengukuran dengan menekan *push button*. Selain itu, terdapat kotak sistem yang berisi komponen seperti *ESP32, relay, solenoid, step-down regulator,* dan baterai, yang berperan dalam pengendalian keseluruhan perangkat. Untuk pengukuran tekanan darah, sistem dilengkapi dengan lubang manset sebagai tempat pemasangan manset tekanan darah. Daya sistem disuplai melalui adaptor dan dikendalikan dengan sakelar *on/off*. Dengan kombinasi sensor dan *mikrokontroler* berbasis *IoT,* sistem ini memungkinkan pengukuran kesehatan secara efisien dan otomatis.



GAMBAR 7
(DESAIN PERANGKAT KERAS TINGGI DAN BERAT)



GAMBAR 8
(DESAIN PERANGKAT KERAS TENSI)

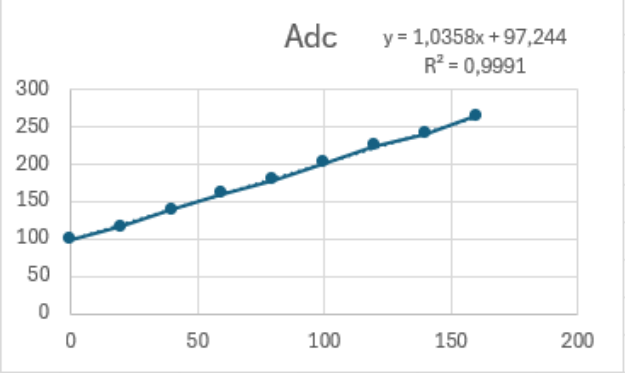
C. Kalibrasi Sensor

Proses kalibrasi sensor *MPX5700DP* dilakukan untuk memastikan sensor mampu mengukur tekanan dengan akurat. Dalam kalibrasi ini, nilai tekanan yang diukur dalam satuan mmHg dibandingkan dengan keluaran data sensor dalam bentuk nilai *ADC (Analog-to-Digital Conversion)*. Data hasil pengukuran tersebut kemudian diplot ke dalam grafik untuk melihat hubungan antara tekanan *(mmHg)* dan nilai *ADC*.

TABEL 1
(KALIBRASI SENSOR)

mmHg	*ADC*
0	99
20	116
40	139
60	160
80	178
100	201

120	224
140	240
160	264



GAMBAR 9
(GRAFIK LINIER KALIBRASI SENSOR)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari alat *IoT* berbasis sensor *MPX5700DP* terhadap alat standar yang telah terkalibrasi guna memverifikasi keandalan dan validitasnya. Alat referensi yang digunakan mencakup *sphygmomanometer digital* untuk tekanan darah, timbangan digital untuk berat badan, alat ukur tinggi badan manual, serta *fetal doppler* untuk detak jantung janin. Data yang dikumpulkan meliputi tekanan darah sistolik dan diastolik, berat badan, tinggi badan, serta detak jantung janin, dengan pengukuran dilakukan pada tiga kelompok usia (20, 21, dan 22 tahun) pada tiga waktu berbeda dalam sehari (08:00, 13:00, dan 17:00) guna mengevaluasi performa alat dalam kondisi bervariasi. Sebanyak 30 subjek terlibat untuk memastikan hasil yang lebih representatif. Perbandingan hasil dilakukan secara terstruktur untuk menilai akurasi alat IoT serta kesesuaiannya dengan perangkat referensi.

A. Alat Pengujian

Pada penelitian ini, digunakan beberapa alat pengujian yang telah terstandarisasi untuk membandingkan hasil pengukuran dari perangkat *IoT*. Alat-alat pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perangkat IoT berbasis sensor *MPX5700DP*

   Alat *IoT* yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan sensor *MPX5700DP* untuk mengukur tekanan darah sistolik dan diastolik. Perangkat ini juga dilengkapi dengan modul *load cell* untuk pengukuran berat badan dan sensor *lidar* untuk mengukur tinggi badan. Semua data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara otomatis ke *firebase* untuk dianalisis lebih lanjut

GAMBAR 10
(ALAT BERAT DAN TINGGI)

GAMBAR 11
(TENSIMETER IOT)

2. *Sphygmomanometer Digital*

Digunakan sebagai pembanding untuk mengukur tekanan darah sistolik dan diastolik pada setiap subjek penelitian. *Sphygmomanometer* digital memiliki akurasi yang baik dan sering digunakan dalam pengukuran tekanan darah klinis. Alat ini berfungsi untuk memvalidasi hasil pengukuran tekanan darah yang diambil dari perangkat *IoT*.

GAMBAR 12
(TENSI)

3. Timbangan Digital

Alat ini digunakan untuk mengukur berat badan subjek. Timbangan *digital* digunakan sebagai alat pembanding untuk memastikan akurasi pengukuran berat badan oleh modul *load cell* dalam perangkat *IoT*

GAMBAR 13
(TIMBANGAN DIGITAL)

4. Alat ukur tinggi badan manual

Alat pengukur tinggi badan manual digunakan untuk memvalidasi hasil pengukuran tinggi badan yang dilakukan oleh sensor *ultrasonik* pada perangkat *IoT*. Alat ini berfungsi sebagai acuan pengukuran yang telah terkalibrasi dengan baik.

GAMBAR 14
(ALAT UKUR TINGGI MANUAL)

5. Fetal Doppler

Fetal doppler digunakan untuk mengukur detak jantung janin *(BPM)*. Alat ini berfungsi untuk memonitor kondisi janin dalam kandungan dengan mendeteksi frekuensi gelombang suara yang dipantulkan oleh detak jantung janin. Hasil pengukuran *BPM* dari *fetal doppler* akan ditampilkan dalam bentuk data yang kemudian dikirimkan ke *platform firebase* secara otomatis. Data *BPM* ini akan digunakan untuk mengevaluasi akurasi perangkat *IoT* dalam mengukur detak jantung janin dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dari *fetal doppler*

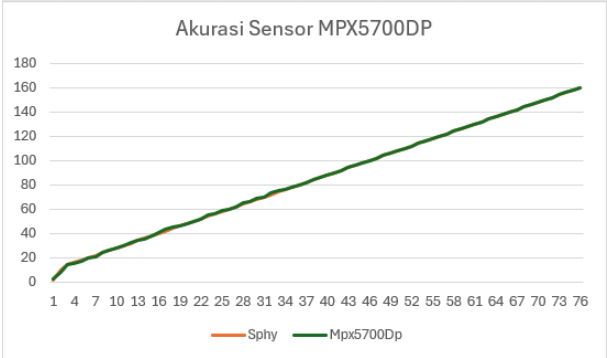
GAMBAR 15
(FETAL DOPPLER)

B. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis perbedaan antara hasil pengukuran alat *IoT* dan alat pasaran. Data yang diolah meliputi:

1. Akurasi Sensor

Sebelum sensor diimplementasikan pada alat, dilakukan uji akurasi untuk memastikan bahwa sensor dan *ADC* mampu mengukur tekanan dengan presisi yang dibutuhkan. Untuk itu, digunakan *aneroid sphygmomanometer* sebagai standar pengujian.



GAMBAR 16
(GRAFIK AKURASI SENSOR)

Grafik hasil pengujian menunjukkan hubungan antara hasil pengukuran sensor *MPX5700DP* dan alat pembanding *sphygmomanometer*, di mana garis hasil sensor *MPX5700DP* (warna hijau) sangat mendekati hasil *sphygmomanometer* (warna oranye). Hal ini menunjukkan bahwa sensor *MPX5700DP* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur tekanan darah, dengan akurasi sebesar 98,6% dan *error* sebesar 1,4%.

2. Pengujian Tekanan Darah

Pengujian tekanan darah dilakukan setelah detak jantung terdeteksi. Tekanan darah dibagi menjadi dua nilai, yaitu sistolik dan diastolik. Tekanan sistolik menandakan batasan tekanan tertinggi saat darah mengalir, sedangkan tekanan diastolik menunjukkan tekanan terendah dalam siklus jantung. Hasil pengukuran tekanan darah untuk masing-masing kelompok usia dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

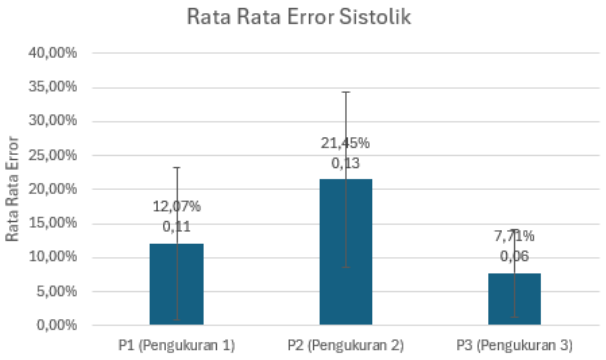
TABEL 2
(HASIL PENGUJIAN TEKANAN SISTOLIK)

Waktu	P1 20 Tahun			P2 21 Tahun			P3 22 Tahun		
	IoT	Arm	*Error*	*IoT*	Arm	*Error*	*IoT*	Arm	*Error*
	109	102	6,86%	78	98	25,64%	135	130	3,85%
	87	95	9,20%	84	99	17,86%	117	117	0,00%
08:00	101	98	3,06%	118	107	10,28%	151	151	0,00%
	99	96	3,13%	115	116	0,87%	127	122	4,10%
	111	91	21,98%	101	89	13,48%	126	110	14,55%
13:00	116	91	27,47%	135	112	20,54%	96	108	12,50%
	89	89	0,00%	95	122	28,42%	136	114	19,30%
	113	95	18,95%	80	107	33,75%	121	113	7,08%
	94	93	1,08%	94	138	46,81%	122	117	4,27%
17:00	120	93	29,03%	89	104	16,85%	126	113	11,50%
Rata Rata *Error*			**12,07%**			**21,45%**			**7,71%**
Total Rata Rata *Error*			**13,75%**						

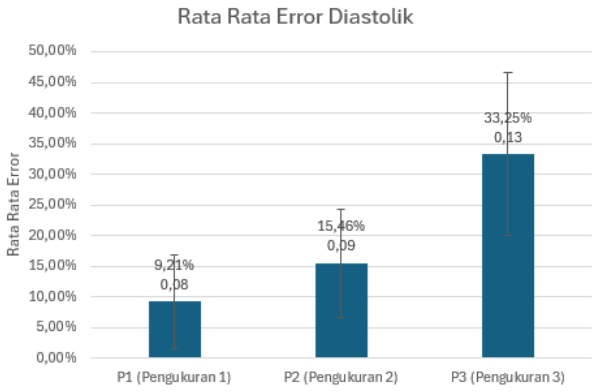
TABEL 3
(HASIL PENGUJIAN TEKANAN DIASTOLIK)

Waktu	P1 20 Tahun			P2 21 Tahun			P3 22 Tahun		
	IoT	Arm	*Error*	*IoT*	Arm	*Error*	*IoT*	Arm	*Error*
	65	64	1,56%	59	75	27,12%	97	80	21,25%
	63	57	10,53%	57	63	10,53%	104	73	42,47%
08:00	65	57	14,04%	74	78	5,41%	116	88	31,82%
	58	57	1,75%	79	73	8,22%	106	73	45,21%
	58	57	1,75%	76	63	20,63%	89	75	18,67%
13:00	86	69	24,64%	79	71	11,27%	72	64	12,50%
	60	53	13,21%	64	77	20,31%	89	61	45,90%
	82	74	10,81%	51	60	17,65%	91	63	44,44%
	56	55	1,82%	74	77	4,05%	74	60	23,33%
17:00	84	75	12,00%	51	66	29,41%	94	64	46,88%
Rata Rata Error			**9,21%**			**15,46%**			**33,25%**
Total Rata Rata Error			**19,31%**						

Pada Tabel 2 dan Tabel 3 terdapat data hasil pengujian akurasi tekanan darah yang menggabungkan nilai sistolik dan diastolik untuk menghasilkan tekanan darah keseluruhan. Nomor hasil pada kedua tabel tersebut dinyatakan dalam unit *mmHg* atau milimeter merkuri, yang merupakan standar umum untuk mengukur tekanan darah.



GAMBAR 17
(GRAFIK ERROR SISTOLIK)



GAMBAR 18
(GRAFIK ERROR DIASTOLIK)

Gambar 17 dan Gambar 18 menunjukkan grafik rata-rata error dalam pengukuran tekanan darah sistolik dan diastolik menggunakan sensor *MPX5700DP* dibandingkan dengan alat pembanding sphygmomanometer untuk masing-masing subjek (P1, P2, dan P3). Pada pengukuran tekanan darah sistolik, *error* rata-rata tertinggi terjadi pada P2 sebesar 21,45%, sedangkan P1 dan P3 menunjukkan *error* yang lebih rendah, masing-masing 12,07% dan 7,71%. P2 juga memiliki standar deviasi tertinggi (0,13), menunjukkan fluktuasi pengukuran yang lebih besar, sementara P1 (0,11) dan P3 (0,06) lebih stabil. Untuk pengukuran tekanan darah diastolik, *error* rata-rata tertinggi terjadi pada P3 dengan 33,25%, diikuti oleh P2 dengan 15,46%, dan P1 dengan 9,21%. Standar deviasi menunjukkan bahwa P3 memiliki variasi data terbesar (0,13), sedangkan P1 (0,08) dan P2 (0,09) lebih konsisten. Meskipun terdapat variasi *error* antar subjek, hasil menunjukkan bahwa pengukuran tekanan darah sistolik lebih stabil dibandingkan dengan diastolik, terutama pada P1 dan P3. *Error* yang lebih tinggi pada P2 untuk tekanan sistolik dan pada P3 untuk tekanan diastolik dapat disebabkan oleh faktor eksternal yang mempengaruhi ketepatan pengukuran.

3. Pengujian data ke *firebase*

Pada pengujian ini, dilakukan pencatatan waktu antara saat alat selesai melakukan pengukuran tekanan darah dan waktu ketika data berhasil diterima oleh *firebase*. Pengujian bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat alat *IoT* dapat mengirimkan data ke *server* dalam kondisi jaringan *WiFi* yang stabil.

TABEL 4
(WAKTU PENGIRIMAN DATA KE FIREBASE)

No	*Systolic (mmHg)*	*Diastolic (mmHg)*	Waktu Pengukuran (WIB)	Waktu Pengiriman ke *Firebase* (WIB)	Selisih Waktu (detik)
1	117	80	04:56:58	04:57:15	17
2	106	70	05:03:31	05:03:40	9
3	94	60	05:08:17	05:08:30	13
4	113	70	05:09:00	05:09:09	9
5	101	80	05:09:17	05:09:30	13
6	96	65	05:09:46	05:09:55	9
7	112	76	05:10:12	05:10:27	15
8	115	87	05:10:44	05:11:01	17
9	112	78	05:11:23	05:11:33	10
10	125	85	05:12:01	05:12:15	14
11	110	75	05:12:50	05:13:00	10
12	119	82	05:13:20	05:13:35	15
13	106	68	05:14:05	05:14:20	15
14	100	64	05:14:40	05:14:50	10
15	130	90	05:15:10	05:15:25	15
16	118	79	05:15:45	05:16:00	15
17	105	72	05:16:10	05:16:20	10
18	112	80	05:16:50	05:17:05	15
19	108	74	05:17:20	05:17:30	10
20	121	86	05:18:00	05:18:15	15

4. Hasil Pengukuran Berat dan Tinggi Badan

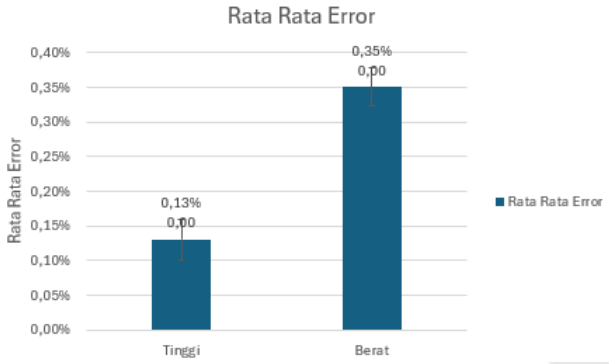
Pengukuran tinggi dan berat badan dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil alat IoT dengan alat pasaran pada 30 subjek, menunjukkan bahwa alat IoT memiliki akurasi yang sangat tinggi. Rata-rata error untuk pengukuran tinggi badan adalah 0,13%, sedangkan untuk berat badan sebesar 0,35%, dengan total rata-rata error gabungan sebesar 0,24%. Perhitungan error dilakukan menggunakan rumus :

$$Error = \frac{Hasil\ IoT - Hasil\ Pasaran}{Hasil\ Pasaran}\ x\ 100\% \qquad (1)$$

Meskipun nilai error pengukuran berat badan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi badan, keduanya masih berada dalam batas akurasi yang sangat baik. Selain itu, standar deviasi sebesar 0,00 pada kedua pengukuran menunjukkan bahwa hasilnya sangat konsisten tanpa adanya fluktuasi yang signifikan, sehingga alat *IoT* ini dapat diandalkan untuk pengukuran tinggi dan berat badan secara presisi.

TABEL 5
(HASIL PENGUKURAN BERAT DAN TINGGI)

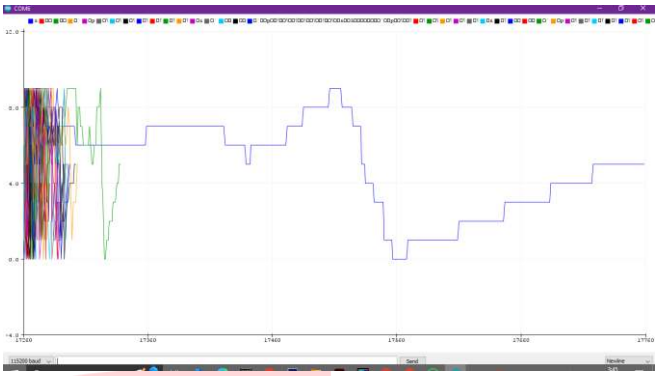
No	Tinggi		Berat		Error Tinggi	Error Berat
	IoT	Pasaran	IoT	Pasaran		
1	165,2	165,5	62,4	62,7	0,18%	0,48%
2	170,5	170,3	70,1	69,8	0,12%	0,43%
3	155,8	156	50,3	50,1	0,13%	0,40%
4	180	179,8	75,6	75,4	0,11%	0,27%
5	162,4	162,6	58,9	58,7	0,12%	0,34%
6	167	167,3	65,2	65,5	0,18%	0,46%
7	159,3	159,1	54,6	54,4	0,13%	0,37%
8	175,6	175,5	72,3	72,1	0,06%	0,28%
9	160,4	160,6	55,2	55,4	0,12%	0,36%
10	172,8	172,6	68,7	68,9	0,12%	0,29%
11	168,2	168	64,5	64,7	0,12%	0,31%
12	158,7	158,9	52,8	52,6	0,13%	0,38%
13	164	164,3	60,1	60,3	0,18%	0,33%
14	161,5	161,8	56,4	56,2	0,19%	0,36%
15	176,3	176	73,9	73,7	0,17%	0,27%
16	169,8	170	66,8	66,5	0,12%	0,45%
17	157,9	158,2	51,5	51,7	0,19%	0,39%
18	174,5	174,3	69,4	69,6	0,11%	0,29%
19	162,2	162,4	59,8	60	0,12%	0,33%
20	178	177,8	74,5	74,2	0,11%	0,40%
21	163,7	163,9	57,1	57,3	0,12%	0,35%
22	171,6	171,8	63,9	64,1	0,12%	0,31%
23	177,1	177,3	71,2	71,4	0,11%	0,28%
24	165,9	166,1	62,1	62,3	0,12%	0,32%
25	160,7	160,9	55,6	55,8	0,12%	0,36%
26	173,2	173	67,8	68	0,12%	0,29%
27	166,5	166,7	61,3	61,5	0,12%	0,33%
28	175,3	175,1	72	72,2	0,11%	0,28%
29	168,9	168,7	64	64,2	0,12%	0,31%
30	164,4	164,6	58,3	58,5	0,12%	0,34%
rata rata					**0,13%**	**0,35%**
total rata rata error					**0,24%**	



GAMBAR 19
(GRAFIK ERROR TINGGI DAN BERAT)

5. Hasil Pengukuran dari fetal doppler

Grafik hasil pengukuran detak jantung menggunakan fetal doppler menunjukkan perubahan intensitas sinyal seiring waktu, dengan sumbu X merepresentasikan rentang waktu dalam detik atau milidetik, dan sumbu Y menunjukkan amplitudo sinyal dalam rentang **-4.0 hingga 12.0**. Puncak-puncak yang lebih tinggi dalam grafik menunjukkan detak jantung yang terdeteksi dengan kuat dan jelas, sedangkan penurunan amplitudo di antara puncak-puncak tersebut dapat mengindikasikan sinyal yang lebih lemah atau adanya gangguan. Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai detak jantung manusia yang terdeteksi, dengan fluktuasi yang mencerminkan stabilitas serta kualitas sinyal yang diterima oleh alat fetal doppler.



GAMBAR 20
(GRAFIK DETAK JANTUNG)

C. Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan untuk menginterpretasikan data yang telah diperoleh dari pengujian alat *IoT*. Hasil menunjukkan bahwa perangkat *IoT* memiliki akurasi tinggi dalam berbagai parameter yang diuji. Rata-rata *error* untuk pengukuran berat badan adalah 0,35%, tinggi badan 0,13%, tekanan darah 13,75% mendekati nilai dari alat referensi. Analisis dilakukan untuk setiap parameter sebagai berikut:

1. **Analisis Pengukuran Berat dan Tinggi Badan** Pengukuran berat dan tinggi badan dibandingkan antara alat *IoT* dan alat standar menunjukkan hasil yang sangat konsisten dengan rata-rata error sebesar 0,35% untuk berat badan dan 0,13% untuk tinggi badan. Data menunjukkan bahwa alat IoT mampu menghasilkan pengukuran yang sangat mendekati alat standar, sebagaimana divisualisasikan dalam Gambar 19. Grafik ini menampilkan hasil pengukuran dari masing-masing subjek, dengan perbedaan yang sangat kecil antara alat IoT dan alat referensi.
2. **Analisis Pengukuran Tekanan Darah** Hasil Perbedaan akurasi antara sensor *MPX5700DP* yang mencapai 98,6% dan *error* pada pengukuran tekanan darah yang cukup besar sistolik 13,75% dan diastolik 19,31% dapat dijelaskan oleh beberapa faktor utama. Pertama, metode pengujian sensor *MPX5700DP* dalam kalibrasi dilakukan menggunakan botol tekanan yang menghasilkan tekanan statis dan stabil. Kalibrasi sensor untuk menunjukkan performa maksimalnya dalam kondisi ideal tanpa adanya variabilitas eksternal. Sebaliknya, saat digunakan untuk mengukur tekanan darah, sensor harus menangkap tekanan dinamis yang terus berubah akibat denyut jantung dan elastisitas pembuluh darah, yang jauh lebih kompleks dibandingkan tekanan statis dalam kalibrasi.

   Selain itu, dalam pengukuran tekanan darah, nilai sistolik dan diastolik diperoleh melalui metode *osilometrik*, yang bergantung pada interpretasi osilasi tekanan dalam manset. Metode ini tidak langsung membaca tekanan darah secara absolut, melainkan mendeteksi pola *fluktuasi*

tekanan untuk kemudian dikonversi ke nilai tekanan sistolik dan diastolik menggunakan algoritma tertentu. Keakuratan metode ini sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti posisi lengan, kebocoran manset, pergerakan pasien, dan kualitas pemrosesan sinyal, yang semuanya dapat menambah tingkat *error*.

3. **Analisis Pengukuran Detak Jantung** yang dihasilkan menggunakan alat *fetal doppler* menunjukkan *fluktuasi* intensitas sinyal yang terdeteksi seiring waktu, dengan pola yang menggambarkan perubahan detak jantung secara kontinu. Pola garis biru pada gambar 20 mewakili sinyal utama yang mengindikasikan detak jantung yang terdeteksi. Puncak-puncak yang muncul pada gambar 4.9 menunjukkan periode di mana detak jantung terdeteksi dengan jelas dan kuat, sementara penurunan amplitudo sinyal antara puncak menggambarkan periode di mana sinyal lebih lemah atau mungkin terganggu.

   Meskipun terdapat beberapa *fluktuasi* kecil dalam gambar 20, pola secara keseluruhan menunjukkan kestabilan, yang menandakan bahwa fetal doppler mampu mendeteksi detak jantung dengan cukup akurat. *Fluktuasi* ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk perubahan posisi probe, gerakan tubuh, atau gangguan dari perangkat elektronik lain yang dapat memengaruhi kualitas sinyal. Namun, meskipun ada gangguan atau variasi kecil, sinyal utama yang tergambar oleh garis biru tetap mencerminkan detak jantung yang konsisten dan teratur, yang merupakan indikasi bahwa pengukuran yang dilakukan dapat dipercaya.

   Pengukuran detak jantung ini juga memungkinkan untuk menghitung *BPM (beats per minute)* dengan mengukur interval antara puncak-puncak yang muncul pada grafik. Dengan interval yang relatif teratur, detak jantung yang terdeteksi kemungkinan berada dalam kisaran normal, yaitu antara 60 hingga 100 *BPM*, tergantung pada kondisi saat pengukuran. Dalam hal ini, fetal doppler memberikan hasil yang konsisten dan stabil, meskipun ada gangguan yang mempengaruhi beberapa bagian seperti yang terlihat pada gambar 20.

   Secara keseluruhan, hasil pengukuran detak jantung menggunakan alat fetal doppler dapat diandalkan untuk memantau kondisi kardiovaskular secara *real-time*. Meskipun ada *fluktuasi* kecil yang dapat terjadi karena faktor eksternal, pola utama yang dihasilkan tetap menunjukkan hasil yang sangat baik dalam mendeteksi detak jantung dengan tingkat akurasi yang tinggi. Alat ini terbukti efektif dalam memberikan informasi mengenai kondisi detak jantung secara tepat dan stabil.

4. **Perbandingan Berdasarkan Waktu Pengukuran** Pengukuran dilakukan pada tiga waktu berbeda dalam sehari pagi, siang, sore untuk melihat pengaruh waktu terhadap akurasi alat. Hasil menunjukkan bahwa error tertinggi cenderung terjadi pada sore hari, yang mungkin disebabkan oleh perubahan kondisi tubuh subjek akibat aktivitas harian.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan alat pengukuran berat badan, tinggi badan, tekanan darah, dan *fetal doppler* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk mendukung peningkatan kualitas layanan kesehatan, terutama di posyandu. Alat ini dirancang untuk mempermudah proses pengukuran fisik dengan tingkat akurasi tinggi, mencapai 98,6% pada pengujian sensor tekanan *MPX5700DP*. Data yang dihasilkan dapat dikirimkan secara real-time ke aplikasi berbasis Firebase, memungkinkan akses mudah bagi tenaga medis dan pasien. Hasil pengujian menunjukkan alat ini dapat menggantikan alat manual dengan efisiensi waktu dan kualitas data yang lebih baik.

Penggunaan teknologi *IoT* pada alat ini juga memberikan solusi untuk mengatasi keterbatasan peralatan kesehatan di posyandu, terutama di wilayah dengan akses terbatas ke fasilitas medis. Dengan sistem yang terintegrasi, alat ini mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat, yang mendukung deteksi dini risiko kesehatan seperti hipertensi pada ibu hamil dan risiko *stunting* pada bayi. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat menjadi inovasi yang bermanfaat dalam mendukung upaya pelayanan kesehatan masyarakat secara lebih baik.

REFERENSI

[1] M. Munanadia, “Perilaku Ibu Hamil Dalam Pencegahan Stunting Di Puskesmas Panarung,” *Bunda Edu-Midwifery Journal (BEMJ)*, vol. 5, no. 2, pp. 31–36, 2022, doi: 10.54100/bemj.v5i2.66.

[2] N. A. Putri, F. Agus, and M. Ibnu Kahtan, “Determinan Rendahnya Kunjungan Antenatal Care (ANC) di Desa Simpang Empat Kecamatan Tangaran Kabupaten Sambas,” *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura*, vol. 3, pp. 821–830, 2017.

[3] Rokom, “Puskesmas dan Posyandu Prima Untuk Menjaga Masyarakat Tetap Sehat,” 2023, [Online]. Available: https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20230308/4342541/42541/

[4] F. UGHI and G. A. DEWANTO, “Karakteristik Osilometrik dari Simulator Tekanan Darah,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 1, p. 15, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v5i1.15.

[5] M. Vizcay, “Sensores de Presion,” p. 29, 2005.

[6] I. W. K. E. Putra, “Sistem Kerja Sensor Laser pada LIDAR,” *Jurnal Media Komunikasi Geografi*, vol. 17, no. 1, pp. 59–70, 2016.

[7] A. W. Wasid and N. M. Soleh Ridwan, “Pengukuran Volume Paru-Paru Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Memanfaatkan Sensor Mpx5700Dp,” *Jurnal Informatika dan Komputasi: Media Bahasan, Analisa dan Aplikasi*, vol. 15, no. 01, pp. 16–24, 2021, doi: 10.56956/jiki.v15i01.88.

[8] X. D. Crystallography, “Sensor Loadcell,” vol. 1, pp. 1–23, 2016.