

# Analisis Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran *Heart Rate* pada 3 Jenis Alat Elektrokardiogram (EKG)

Rizka Oktavia Ramadhani<sup>1</sup>, Kusnanto Mukti Wibowo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa Elektromedis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto

Jl. K.H. Ahmad Dahlan, Dukuwaluh, Kabupaten Banyumas, 53182

\*e-mail: kusnantomuktiwibowo@ump.ac.id

**Abstrak**— Elektrokardiogram (EKG) adalah alat penting dalam bidang kardiologi yang digunakan untuk mencatat aktivitas listrik jantung, termasuk mengukur detak jantung. Perbedaan dalam teknologi, kualitas perangkat, serta cara memproses sinyal pada berbagai merek EKG dapat memengaruhi tingkat ketepatan hasil pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tingkat ketepatan pengukuran detak jantung pada tiga merek EKG, yaitu Falcon, Schiller, dan Fukuda, dengan menggunakan phantom EKG sebagai acuan. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan metode eksperimental dan dilaksanakan di RSUD Majenang. Pemilihan data dilakukan menggunakan simulator EKG Fluke PS401 dengan pengaturan detak jantung standar, yaitu 30, 60, 120, 180, dan 240 BPM, yang diukur berulang pada masing-masing alat. Analisis data menggunakan metode *Bland–Altman* untuk menilai kesesuaian dan presisi pengukuran serta uji korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan linear antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga merek EKG memiliki tingkat ketepatan yang baik, ditandai dengan garis bias yang mendekati nol dan semua data berada dalam batas *Limit of Agreement*. Perbedaan dalam kemampuan presisi terlihat pada lebar pita *Limit of Agreement*, di mana EKG Fukuda menunjukkan pita yang paling sempit, diikuti oleh Schiller dan Falcon. Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan linear yang kuat dan positif pada ketiga alat.

**Kata kunci:** *Jantung, EKG, Fukuda, Schiller, Falcon*

**Abstract**— An electrocardiogram (ECG) is an essential tool in cardiology used to record the heart's electrical activity, including measuring heart rate. Differences in technology, device quality, and signal processing methods across ECG brands can impact the accuracy of measurement results. This study aims to analyze and compare the accuracy of heart rate measurements across three ECG brands: Falcon, Schiller, and Fukuda, using an ECG phantom as a reference. This study was conducted quantitatively using experimental methods at Majenang Regional General Hospital. Data were collected using a Fluke PS401 ECG simulator with standard heart rate settings of 30, 60, 120, 180, and 240 BPM, which were measured repeatedly on each device. Data analysis used the *Bland–Altman* method to assess the suitability and precision of measurements, and the Pearson correlation test to determine the linear relationship between variables. The results showed that all three ECG brands had a good level of accuracy, indicated by a bias line approaching zero and all data within the *Limit of Agreement*. Differences in precision are evident in the *Limit of Agreement* bandwidth, with the Fukuda ECG showing the narrowest bandwidth, followed by the Schiller and Falcon. Pearson's correlation test results show a strong, positive linear relationship across all three devices.

**Keywords:** *Heart rate, EKG, Fukuda, Schiller, Falcon*

## I. PENDAHULUAN

Kardiovaskuler atau penyakit jantung merupakan salah satu penyakit nomor satu yang menjadi penyebab kematian di seluruh dunia. Berdasarkan *World Health Organization* (WHO), dari 1,3 juta kematian yang terjadi di Indonesia pada tahun 2016, 35% diakibatkan oleh penyakit kardiovaskular. Negara berkembang menghadapi beban kardiovaskular yang tinggi, sementara kesadaran akan penyakit dan faktor risiko terkait masih terbatas. Penyakit kardiovaskular terjadi karena gangguan pada jantung serta

pembuluh darah. Diantara beberapa jenis penyakit kardiovaskuler, serangan jantung atau *myocardial infarction* (MI) menjadi penyakit yang paling sering terjadi [1].

Pengawasan terhadap individu yang menderita gangguan kardiovaskular sangat penting untuk menghindari cedera dan kematian akibat penyakit jantung dan pembuluh darah, termasuk di dalamnya analisis EKG (Elektrokardiogram) [2]. EKG merupakan salah satu pemeriksaan diagnostik utama dalam bidang kardiologi

yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik jantung. Pemeriksaan ini memiliki peran penting dalam mendeteksi gangguan irama, iskemia miokard, serta kelainan konduksi jantung. Prinsip kerja EKG adalah dengan memanfaatkan rambatan kelistrikan jantung pada permukaan kulit. Bioelectric signal dari jantung merambat melalui media tubuh dan disadap dengan menggunakan elektroda yang dipasangkan pada titik tertentu pada tubuh pasien. Sinyal tersebut kemudian diproses dengan pengolahan sinyal untuk menjadi sinyal luaran dengan bentuk gelombang spesifik, sehingga dapat menjadi acuan untuk menentukan kondisi kesehatan jantung pasien. Proses primer pada EKG berupa tahap akuisisi sinyal, pra pemrosesan sinyal, ekstraksi fitur, pemrosesan sinyal, visualisasi dan pemilihan sinyal. Sedangkan proses tambahan dari pesawat EKG berkaitan dengan pengolahan data digital berupa kompresi data, penyimpanan data, pemodelan dan enkripsi data [3].

Seiring perkembangan teknologi, alat EKG telah mengalami transformasi signifikan dari sistem analog menjadi digital dengan kemampuan penyimpanan data, transmisi elektronik, serta interpretasi otomatis berbasis algoritma komputer. Standar performa alat EKG juga terus diperbarui oleh lembaga internasional seperti *American Heart Association (AHA)* dan *International Electrotechnical Commission (IEC)* untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil rekaman. Salah satu produsen EKG yang telah lama dikenal secara global adalah Fukuda Denshi asal Jepang. Perusahaan ini dikenal dengan inovasi di bidang rekam jantung sejak tahun 1930-an dan produknya banyak digunakan dalam studi klinis di Asia. Alat EKG Fukuda memiliki keunggulan dari sisi akurasi sinyal, kestabilan perekaman, serta fitur interpretasi otomatis yang mendukung berbagai penelitian klinis [4].

Sementara itu, Schiller AG merupakan perusahaan asal Swiss yang telah mengembangkan berbagai sistem kardiologi digital, termasuk EKG diagnostik, EKG stres, serta sistem pemantauan jantung terintegrasi. Produk EKG Schiller seperti *CardioVit series* dikenal dengan antarmuka yang intuitif, kecepatan analisis tinggi, serta kemampuan konektivitas dengan sistem *Electronic Medical Record (EMR)*. Berbeda dengan dua merek internasional tersebut, Falcon merupakan merek EKG yang beredar di Indonesia dan banyak digunakan di rumah sakit maupun klinik sebagai alternatif alat EKG dengan harga yang lebih terjangkau. Namun, literatur ilmiah yang meneliti kinerja alat EKG Falcon masih sangat terbatas. Informasi mengenai akurasi, sensitivitas, serta kestabilan sinyal perangkat ini umumnya berasal dari spesifikasi teknis distributor atau hasil evaluasi internal fasilitas kesehatan.

Setiap alat kesehatan wajib dilakukan kalibrasi secara berkala. Kalibrasi adalah kegiatan untuk mengukur kebenaran nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur dan bahan ukur. Kalibrasi dilakukan agar hasil pengukuran tetap akurat dan alat bisa bekerja sesuai standar kualitas. Hal ini juga diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 54/Menkes/Per/VIII/2015 tentang pengujian dan kalibrasi pada sarana pelayanan kesehatan. Pasal 2 ayat 1 menyatakan bahwa setiap alat kesehatan wajib dikalibrasi agar hasil keluaran atau kinerjanya tetap benar dan penggunaannya aman [5].

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan terhadap standar ukur yang dapat dilacak (*traceable*) ke standar

nasional atau internasional. Menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology (VIM)*, kalibrasi adalah rangkaian kegiatan yang menghubungkan nilai dari alat ukur atau sistem pengukuran dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dengan besaran yang diukur dalam kondisi tertentu [6]. Hasil pengukuran yang tidak konsisten atau keluar dari batas yang ditentukan dapat memengaruhi hasil diagnosis Kesehatan [7].

Kalibrasi EKG bisa dilakukan secara internal maupun eksternal. Kalibrasi internal dilakukan dengan memanfaatkan fitur kalibrasi otomatis di perangkat EKG. Kalibrasi eksternal dilakukan dengan menggunakan perangkat bantu kalibrasi dari vendor yang disebut phantom (simulator). Simulator EKG bisa digunakan sebagai alternatif bagi pasien atau objek uji coba dalam penelitian EKG. Menurut Roberto Benitz dan rekan-rekannya, Simulator EKG merupakan perangkat yang digunakan untuk mengkalibrasi EKG dengan cara menghasilkan sinyal yang memiliki karakteristik mirip dengan aktivitas listrik jantung melalui penggunaan komponen elektronik [8].

Melihat pentingnya pemeriksaan EKG dalam diagnosis penyakit jantung serta beragamnya alat EKG yang beredar di pasaran, maka penelitian yang membandingkan tingkat akurasi pengukuran *heart rate* diharapkan dapat memberikan gambaran objektif tentang keakuratan hasil rekaman. Hasilnya dapat menjadi bahan pertimbangan bagi rumah sakit, klinik, maupun lembaga pengadaan alat kesehatan dalam menentukan pilihan perangkat yang sesuai dengan kebutuhan pelayanan medis di Indonesia.

## II. STUDI PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Martina Murniawati Gulo dan Yulizham pada tahun 2020 menunjukkan bahwa hasil kalibrasi alat EKG menggunakan Phantom EKG dalam beberapa pengaturan kecepatan kertas dan sensitivitas masih berada dalam batas toleransi  $\pm 5\%$ . Pengujian dilakukan pada beberapa setting seperti kecepatan kertas 25 mm/s dan 50 mm/s serta sensitivitas 5 mm/mV, 10 mm/mV, dan 20 mm/mV. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Phantom EKG efektif dalam mengevaluasi kinerja alat EKG, termasuk dalam pengukuran parameter terkait BPM dan gelombang EKG lainnya [9].

Selain itu, penelitian oleh Erna Kusuma Wati dan Syalma Nova Herdenita pada tahun 2021 juga membuktikan bahwa kalibrasi EKG dengan menggunakan EKG Simulator mampu menghasilkan data pengukuran yang akurat dengan tingkat ketidakpastian yang masih bisa diterima. Pengujian mencakup kalibrasi tingkat tegangan, laju rekaman, sinyal sinusoidal, serta sinyal EKG. Hasilnya menunjukkan semua parameter masih dalam batas toleransi yang ditentukan, sehingga alat EKG dianggap layak digunakan. Hal ini menunjukkan pentingnya penggunaan simulator EKG sebagai alat banding dalam menjaga akurasi pengukuran BPM dan parameter EKG lainnya [10].

Sedangkan Kusumaningtyas dkk. (2023) melaporkan kegiatan pelatihan pemeliharaan dan perbaikan alat rekam jantung (EKG) di RSUD Dr. Soewondo Kendal yang ditujukan untuk meningkatkan kompetensi personel IPSRS dalam menjaga kinerja dan usia pakai peralatan

elektromedis. Kegiatan ini dilakukan melalui pemaparan materi, diskusi, analisis kerusakan alat EKG, uji fungsi menggunakan phantom simulator 12 lead, hingga penggantian komponen yang rusak. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan wawasan serta kesadaran pentingnya pemeliharaan dan perbaikan alat EKG guna menunjang pelayanan kesehatan yang optimal [3].

Sejalan dengan itu, penelitian oleh Ishmah pada tahun 2022 mengevaluasi sadapan prekordial EKG SafOne dari aspek teknologi berdasarkan penilaian tenaga kesehatan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa EKG SafOne dinilai sangat baik dari segi kegunaan, keamanan, efisiensi, pengurangan kesalahan penempatan elektroda, serta kepuasan pengguna. Alat ini terbukti mampu mempercepat proses pemasangan elektroda V1–V6 dan meminimalkan kesalahan posisi, sehingga berimplikasi positif terhadap efektivitas pemeriksaan EKG. Kedua penelitian tersebut menegaskan bahwa aspek pemeliharaan alat dan inovasi teknologi sadapan EKG memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan dan keandalan hasil pemeriksaan EKG [2].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Phantom EKG atau EKG Simulator merupakan metode yang efektif dan dapat diandalkan dalam pengujian serta kalibrasi alat EKG. Metode ini sangat relevan digunakan dalam penelitian perbandingan pengukuran BPM antara alat EKG dengan nilai referensi dari simulator, sehingga bisa dijadikan dasar dalam penulisan skripsi yang membahas evaluasi akurasi pengukuran BPM pada alat EKG.

### III. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menganalisa tingkat akurasi pengukuran *heart rate* dengan metode pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin kita ketahui. Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian yang sarat dengan nuansa angka angka dalam teknik pengumpulan data di lapangan. Secara umum tujuan penelitian ada tiga macam yaitu bersifat penemuan, pembuktian, dan pengembangan. Penemuan berarti data yang diperoleh dari penelitian itu adalah data yang betul-betul baru yang sebelumnya belum pernah diketahui. Pembuktian berarti data yang diperoleh itu digunakan untuk membuktikan adanya keraguan raguan terhadap informasi atau pengetahuan tertentu. Pengembangan berarti memperdalam dan memperluas pengetahuan yang telah ada. Secara umum data yang diperoleh dari penelitian dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah [11].

Penelitian berlangsung pada bulan Oktober sampai Desember tahun 2025. Dimulai dengan studi literatur, merencanakan gap penelitian, melakukan penelitian, serta analisis data. Pengambilan data EKG dilakukan pada tanggal 22 November 2025 di RSUD Majenang dengan menggunakan alat Simulator EKG seperti pada gambar 4. EKG yang digunakan dalam penelitian adalah EKG dengan merek Fukuda ME Cardisuny C320 (2019) yang tertera pada gambar 1, Schiller Cardiovit At 101 (2022)

yang dapat dilihat pada gambar 2, dan Falcon Tech 301 (2024) yang dapat dilihat pada gambar 3.

#### A. Hasil Pengambilan Data

Data diambil berdasarkan nilai referensi panthom EKG dengan menggunakan 5 titik yakni, 30 bpm, 60 bpm, 120 bpm, 180 bpm, dan 240 bpm. Setiap alat secara bergantian diukur dengan menggunakan panthom. Hasil pengambilan data disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai BPM

PANTHOM (BPM)	FUKUDA (BPM)	SCHILLER (BPM)	FALCON (BPM)
30	30	30	30
60	59.83	59.83	59.66
120	120	120	119.66
180	180.83	180.66	179.83
240	240	240	239.33

Nilai hasil pengambilan data diolah secara statistik seperti pada tabel 2 untuk mengetahui nilai standar deviasi, bias, nilai *upper LoA*, dan *nilai lower LoA*. Data statistik ini akan menjadi bahan untuk membuat grafik plot *Bland-Altman* dan korelasi pearson.

Tabel 2. Hasil Olah Statistik

NAMA ALAT	STDV	BIAS	UPPER LoA	LOWER LoA
FUKUDA	0.441114	-0.13793	0.864583	-0.86458
SCHILLER	-0.1	0.402578	0.789053	-0.78905
FALCON	0.3	0.651259	1.276467	-1.27647

#### B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. EKG Fukuda ME Cardisuny C320 keluaran tahun 2019



Gambar 1. EKG Fukuda ME Cardisuny C320

2. EKG Schiller Cardiovit At 101 keluaran tahun 2022



Gambar 2. EKG Schiller Cardiovit At 101

## 3. EKG Falcon Tech 301 keluaran tahun 2024



Gambar 3. EKG Falcon Tech 301

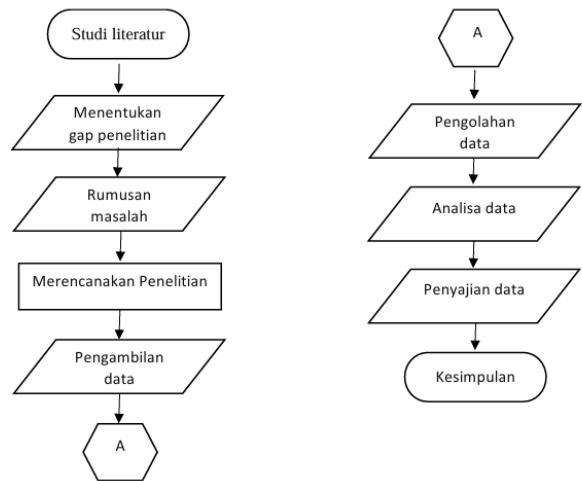
## 4. Simulator EKG Fluke PS401



Gambar 4. Simulator EKG Fluke PS401

## C. Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami topik secara lebih dalam, sehingga membantu mengenali apa saja yang akan dibahas dalam penelitian. Kemudian, dilakukan analisis untuk menemukan celah atau permasalahan yang belum banyak dibahas sebelumnya dan layak untuk diteliti lebih lanjut. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan, kemudian dirumuskan masalah penelitian agar penelitian memiliki arah dan tujuan yang jelas. Selanjutnya dibuat rencana penelitian secara sistematis agar proses penelitian menjadi lebih lancar dari mulai awal sampai akhir. Setelah rencana penelitian selesai, dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan sebagai bahan untuk menganalisis dan disimpulkan. Data yang sudah dikumpulkan kemudian diolah sesuai dengan standar dan referensi yang digunakan. Hasil pengolahan data dianalisis untuk membandingkan hasil pengukuran dari ketiga merek EKG dengan phantom. Data yang telah dianalisis disajikan dalam bentuk diagram agar lebih menarik dan memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian. Pada tahap terakhir, peneliti menyimpulkan hasil penelitian setelah seluruh proses telah dilakukan secara lengkap dari awal hingga akhir.



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

Pada gambar 5 dijelaskan mengenai diagram alur penelitian dari awal hingga akhir. Diagram alur berfungsi untuk mempermudah penulis dalam melaksanakan penelitian sampai akhirnya bisa melakukan penulisan hasil dan menyajikan data dengan baik dan benar.

## D. Teknik Pengambilan dan Pengolahan Data

Teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah dengan memanfaatkan alat simulator EKG sebagai pengganti pasien. Pengambilan data dilakukan dengan setting standar *BPM* (Beats Per Menit) sesuai standar mentri Kesehatan yaitu 30, 60, 120, 180, dan 240. Pengukuran ini dilakukan secara berulang dengan total 6 kali pengukuran dalam satu alat.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode statistika yaitu uji korelasi pearson untuk mengetahui hubungan antar variable. Selanjutnya akan dilakukan analisis data antar alat-simulator, dengan menggunakan *Bland Altman Plot* [12]. *Bland Altman Plot* adalah metode data plotting yang digunakan dalam analisis kesesuaian antara dua metode.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

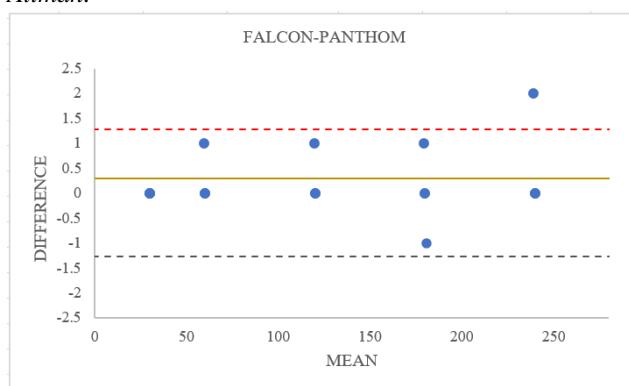
Penelitian ini merupakan penelitian yang membandingkan tingkat akurasi pengukuran *heart rate* (HR) pada tiga merek EKG, yaitu Falcon, Schiller, dan Fukuda dengan phantom EKG sebagai alat banding. Analisis dilakukan menggunakan diagram *Bland Altman* dan uji korelasi pearson yang disajikan pada gambar 6 sampai 11.

Analisis *Bland–Altman* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana hasil pengukuran *BPM* dari alat EKG dan Phantom EKG sama. Dalam diagram *Bland–Altman*, garis bias yang mendekati nol menunjukkan bahwa kesalahan dalam pengukuran bersifat acak dan bukan kesalahan yang konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa alat EKG sudah terkalibrasi dengan baik dan hasil pengukurnya dapat dipercaya. Titik-titik data yang tersebar di sekitar garis bias juga mengindikasikan bahwa perbedaan hasil pengukuran tidak tergantung pada nilai *BPM* yang diukur, sehingga tidak ada bias proporsional.

Garis *Upper Limit of Agreement* (*Upper LoA*) pada diagram *Bland–Altman* menunjukkan batas terbesar dari perbedaan pengukuran yang masih bisa diterima. Jika garis *Upper LoA* berada dekat dengan garis bias, maka variasi dalam hasil pengukuran kecil dan hasil *BPM* antara ECG

dan Phantom ECG konsisten. Jika garis Upper LoA menjauh dari garis bias, ini menunjukkan adanya peningkatan variasi data, yang mungkin disebabkan oleh noise sinyal, keterbatasan resolusi alat, atau respons alat terhadap perubahan sinyal. Namun, selama nilai Upper LoA masih dalam batas toleransi yang ditentukan, hasil ini tetap diterima secara klinis.

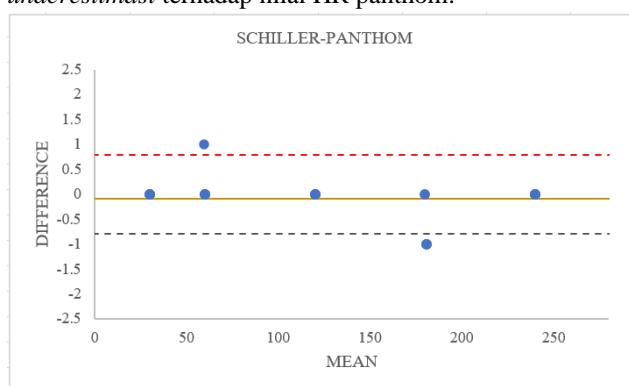
Hal yang sama berlaku untuk garis *Lower Limit of Agreement* (Lower LoA), yang menunjukkan batas terkecil dari perbedaan pengukuran. Jika Lower LoA mendekati garis bias, maka kesalahan pengukuran negatif sangat kecil. Jika Lower LoA menjauh dari garis bias, ini menunjukkan adanya variasi hasil pengukuran yang lebih rendah dari nilai referensi. Dalam hasil penelitian ini, jarak Lower LoA ke garis bias relatif seimbang dengan Upper LoA, sehingga menunjukkan distribusi kesalahan yang simetris dan acak. Pada gambar 6 menunjukkan hasil pengujian antara EKG Falcon dengan panthom menggunakan analisis *Bland Altman*.



Gambar 6. Bland Altman Falcon-Panthom

Garis bias pada diagram ini tampak berada dekat dengan garis nol, yang menunjukkan bahwa secara rata-rata tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pengukuran HR oleh EKG Falcon dengan panthom. Hal ini mengindikasikan bahwa EKG Falcon memiliki akurasi yang baik. Namun, garis *Lower Limit of Agreement* (Lower LoA) dan garis *Upper Limit of Agreement* (Upper LoA) cenderung lebih lebar dibanding diagram lainnya, hal ini menunjukkan adanya variasi pengukuran sedikit lebih besar daripada alat lain, namun pengukuran ini masih dalam batas toleransi sehingga EKG Falcon masih termasuk dalam alat yang memiliki presisi pengukuran baik.

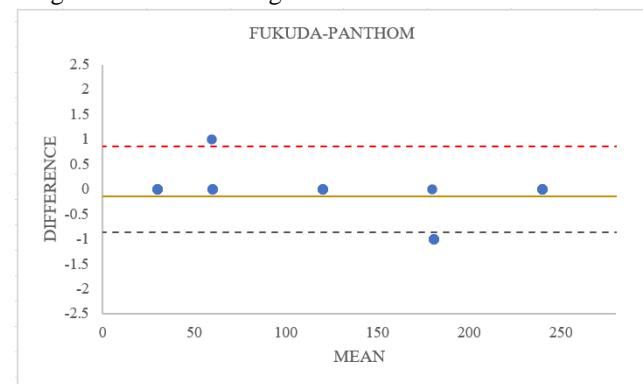
Berbeda dengan gambar 7 yang menunjukkan hasil pengukuran antara EKG Schiller dengan panthom. Pengukuran ini menunjukkan adanya garis bias yang lebih mendekati nol, hal ini menandakan bahwa secara umum EKG Schiller tidak mengalami *overestimasi* maupun *underestimasi* terhadap nilai HR panthom.



Gambar 7. Bland Altman Schiller-Panthom

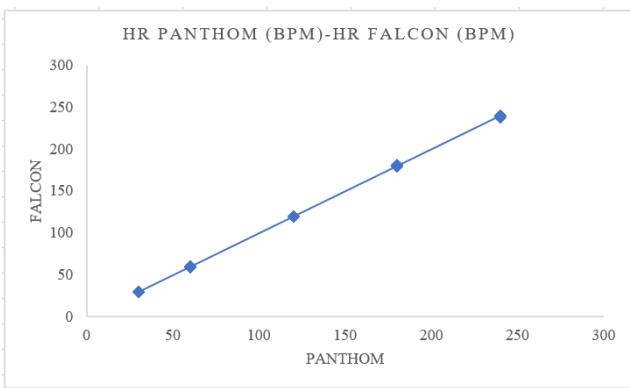
Garis rata-rata pada diagram ini sangat dekat dengan nilai nol, yang secara statistik menunjukkan bahwa rata-rata perbedaan hasil pengukuran antara EKG Schiller dan phantom hampir tidak ada. Hal ini menandakan bahwa tidak terdapat kesalahan sistematis, sehingga EKG Schiller tidak cenderung memberikan nilai yang lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan nilai referensi. Selain itu, penyebaran titik-titik data yang simetris di sebelah atas dan bawah garis rata-rata menunjukkan bahwa kesalahan dalam pengukuran bersifat acak dan tidak dipengaruhi oleh besarnya nilai detak jantung yang diukur, sehingga tidak ada bias proporsional. Lebar pita Lower LoA dan Upper LoA cenderung lebih sempit dibandingkan EKG Falcon, hal ini menunjukkan adanya tingkat konsistensi hasil pengukuran lebih baik. Pita LoA yang lebih lebar bisa diakibatkan oleh noise sinyal maupun respon perangkat terhadap perubahan nilai HR pada panthom. Secara statistik, pita LoA yang sempit menunjukkan presisi yang lebih baik serta konsistensi hasil pengukuran yang lebih tinggi.

Hasil pengukuran EKG Fukuda dengan phantom disajikan pada gambar 8 yang menunjukkan kesesuaian pengukuran yang terbaik dibandingkan ketiga alat yang diuji. Garis rata-rata pada diagram ini sangat dekat dengan garis nol, yang secara statistik menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata antara hasil EKG Fukuda dan phantom sangat kecil dan tidak signifikan.

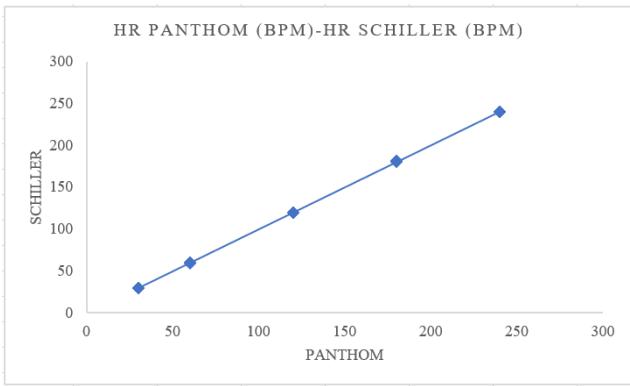


Gambar 8. Bland Altman Fukuda-Panthom

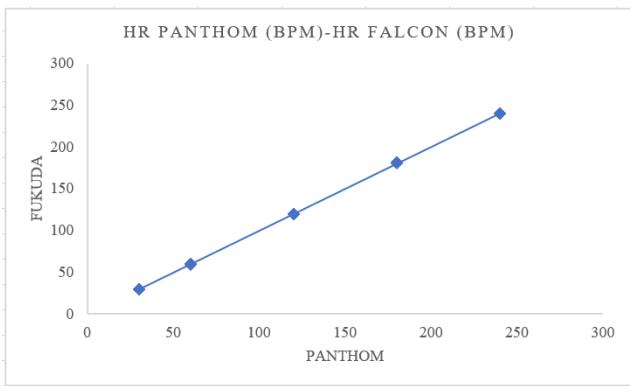
Hal ini menunjukkan akurasi yang sangat tinggi serta tidak adanya kecenderungan EKG Fukuda untuk memberikan hasil yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Selain itu, batas atas dan bawah kesepakatan pada diagram ini terlihat lebih sempit, yang menunjukkan variasi perbedaan pengukuran sangat kecil dan standar deviasi perbedaan rendah. Secara statistik, hal ini menunjukkan bahwa EKG Fukuda memiliki presisi dan kemampuan mengulang pengukuran yang baik. Titik-titik data juga terdistribusi secara acak dan merata di sekitar garis rata-rata tanpa membentuk pola tertentu, yang menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran tidak tergantung pada tingkat denyut jantung yang dihasilkan phantom. Dengan kata lain, EKG Fukuda menunjukkan performa yang stabil di berbagai nilai detak jantung, baik yang rendah maupun tinggi. Maka dapat disimpulkan bahwa EKG Fukuda memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan uji korelasi pearson untuk mengetahui hubungan antar variabel.



Gambar 9. Pearson Panthom-Falcon



Gambar 10. Pearson Panthom-Schiller



Gambar 11. Pearson Panthom-Fukuda

Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson dari gambar 9, 10, dan 11 yang masing-masing membandingkan pengukuran denyut jantung antara phantom dengan EKG merek Falcon, Schiller, dan Fukuda, terlihat adanya hubungan linear yang kuat pada ketiga diagram tersebut. Pola distribusi data di setiap diagram menunjukkan bahwa peningkatan nilai denyut jantung yang dihasilkan oleh phantom diikuti secara searah oleh hasil pengukuran dari ketiga merek EKG. Hal ini menunjukkan bahwa EKG Falcon, Schiller, dan Fukuda mampu menangkap perubahan denyut jantung dengan baik dan konsisten. Tingkat korelasi yang tinggi menunjukkan keselarasan tren pengukuran antar alat, namun analisis ini hanya menunjukkan kekuatan hubungan linear dan belum menunjukkan tingkat kesepakatan mutlak.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perbandingan pengukuran denyut jantung menggunakan tiga jenis alat EKG (Fukuda,

Schiller, dan Falcon) dengan phantom EKG sebagai acuan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Semua alat EKG yang diuji menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik, ditandai dengan nilai bias yang mendekati nol dalam analisis Bland–Altman, sehingga tidak terdapat kesalahan sistematis yang signifikan dalam pengukuran denyut jantung.
- 2) Alat EKG Fukuda memiliki tingkat presisi terbaik, yang terlihat dari lebar pita *Limit of Agreement* (LoA) yang paling sempit dibandingkan dengan alat lainnya, sehingga menghasilkan konsistensi dan kestabilan pengukuran yang lebih baik pada berbagai angka denyut jantung.
- 3) Alat EKG Falcon menunjukkan variasi hasil pengukuran yang paling besar, ditandai dengan lebar pita LoA, meskipun semua hasil pengukuran tetap berada dalam batas toleransi yang diterima secara klinis.

Untuk meningkatkan keakurasi alat, kalibrasi secara berkala sangat penting, terutama pada alat dengan variasi hasil lebih tinggi, agar pengukuran tetap akurat dan mendukung keandalan proses diagnosis klinis.

## REFERENSI

- [1] A. Winursito, "Pengembangan Sistem Monitoring Kesehatan Jantung Tahan Noise Berbasis Sinyal EKG," *JSTIE (Jurnal Sarj. Tek. Inform.)*, vol. 10, no. 2, p. 56, 2022, doi: 10.12928/jstie.v10i2.24153.
- [2] Y. N. Ishmah, Sri Utami, Yulia Rizka, and Wan Nishfa Dewi, "Evaluasi Sadapan Prekordial Ecg Safone Dari Aspek Teknologi," *Riau Nurs. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 98–106, 2022, doi: 10.31258/mj.1.1.98-106.
- [3] P. Kusumaningtyas, Imam Tri Harsoyo, R. Z. Asari, and S. Ranty, "Perbaikan Alat Rekam Jantung (Elektrokardiograf/Ekg) Di RSUD Dr. Soewondo Kendal," *Abdi Teknology*, vol. 4, no. 1, pp. 210–215, 2023, doi: 10.23917/abditeknology.v4i1.1908.
- [4] T. Fx-, "M ultifunctional electrocardiograph with proven basics plus flexibility !," Fukuda Denshi U.
- [5] "Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 54 Tahun 2015 tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan," KEMENKES Indonesia. Accessed: Nov. 26, 2025. [Online]. Available: <https://farmalkes.kemkes.go.id/unduh/permekes-54-2015/>
- [6] ISO/CASCO Committee On Conformity, "Iso/lec 17025 Testing and Calibration Laboratories," ISO. Accessed: Nov. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/ISO-IEC-17025-testing-and-calibration-laboratories.html>
- [7] N. A. MESSAKH, "Rancang Bangun Calibrator ECG."
- [8] N. Kholis, "RANCANG BANGUN SIMULATOR ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN FPGA YANG TERINTEGRASI DENGAN SOFTWARE PYTHON," pp. 619–625, 2020.
- [9] M. M. Gulo, "ANALISA KALIBRASI ALAT ELECTROCARDIOGRAPH MENGGUNAKAN ELECTROCARDIOGRAPH SIMULATOR ( PHANTOM ECG )," vol. 4, no. 1, pp. 7–12, 2020.
- [10] E. K. Wati, "Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan Pada Electrocardiograph," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 6, no. 1, p. 50, 2021, doi: 10.31258/string.v6i1.100

- 10.30998/string.v6i1.9225.
- [11] A. F. Djollong, "Tehnik pelaksanaan penelitian kuantitatif (," vol. II, no. September, pp. 86–100, 2014.
- [12] P. Kebugaran, J. Paru, and D. Baku, "PENGGUNAAN TES LAPANGAN 1 , 6 KM METODA ROCKPORT UNTUK TREADMILL METODA BRUCE Pendahuluan Percobaan Hasil dan Pembahasan," vol. II, no. 2, pp. 38–41, 2017.