

Seminar Tugas Akhir : "Uji Kinerja *Electrocardiograph* Dengan Menggunakan *Multipart Simulator* Sebagai Parameter *Quality Control*" darma_abg@yahoo.com

UJI KINERJA *ELECTROCARDIOGRAPH* DENGAN MENGGUNAKAN *MULTIPART SIMULATOR* SEBAGAI PARAMETER *QUALITY CONTROL*

Darma¹, Hj. Bidayatul Armynah², Paulus Lobo Gareso³

¹Mahasiswa Jurusan Konsentrasi Fisika Medik Jurusan Fisika FMIPA UNHAS

²Dosen Pembimbing Utama Jurusan Konsentrasi Fisika Medik Jurusan Fisika FMIPA UNHAS

³Dosen Pembimbing pertama Jurusan Konsentrasi Fisika Medik Jurusan Fisika FMIPA UNHAS
Univeristas Hasanuddin, Indonesia

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang "Uji *Electrocardiograph* (ECG) dengan Menggunakan *Multipart Simulator* Sebagai Parameter *Quality Control*" di RSUD. Haji Propinsi Sulawesi Selatan. Metode yang dilakukan adalah Membandingkan bacaan alat ukur standar dengan bacaan EKG melalui gambar grafik. Alat yang digunakan adalah *multipart simulator*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kalibrasi 1 mV menghasilkan selisih pengukuran setting dan terukur sebesar 0.2 % untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 2.1 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick, paper speed menghasilkan selisih pengukuran maksimal sebesar 0.1 % untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan -0.6 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick, heart rate menghasilkan selisih pengukuran maksimal sebesar 0.7 % untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 0.9 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick dan sensitifitas menghasilkan selisih pengukuran maksimal sebesar 0.3 % untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 0.8 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja EKG masih dalam kondisi baik tidak melebihi Toleransi yang diijinkan.

Kata kunci : *EKG, Multipart Simulator, Selisih Pengukuran*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Aktivitas jantung manusia dalam memompa dan mengatur sirkulasi darah dalam tubuh ternyata merupakan efek dari aliran bioelektrik jantung. Pergerakan bioelektrik jantung ini mengakibatkan denyutan jantung dalam memompa darah.

Proses pemompaan darah ini terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan listrik atau impuls. Rangsangan listrik berawal dari potensial aksi yang terjadi pada sel-sel otot jantung

sendiri. Potensial aksi berawal dari keadaan depolarisasi membran sel autoritmik saat tegangan di dalam sel +20 mV terhadap tegangan di luar sel dan keadaan repolarisasi saat tegangan di dalam sel -90 mV terhadap tegangan di luar sel. Untuk mengetahui aktivitas listrik otot jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh dengan *Electrocardiograph*.^[1]

Electrocardiograph (ECG) merupakan salah satu sarana untuk menganalisa diagnosis penyakit jantung. Alat ini merekam bioelektrik yang keluar dari jantung. Elektrokardiogram yang

merupakan hasil rekaman alat ini dapat menunjukkan adanya perubahan-perubahan bioelektrik yang di keluarkan oleh jantung.

B. Ruang Lingkup

Penelitian ini membahas tentang "Uji Kinerja *Electrocardiograph* (EKG) dengan Menggunakan *Multipart Simulator* Sebagai Parameter *Quality Control*". Penelitian ini menggunakan *Multipart Simulator* sebagai phantom pengganti jantung manusia. Adapun parameter yang dinilai adalah uji tegangan 1 mV, *paper speed*, *heart rate* (BPM) dan sensitivitas.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menguji kesesuaian pembacaan *multipart simulator* terhadap uji Kalibrasi 1 mV, *Paper Speed*, *Heart Rate* dan Sensitivitas.
2. Menentukan alat tersebut layak pakai atau tidak layak pakai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. *Electrocardiograph*

Elektrokardiogram merupakan sinyal fisiologis yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan jantung. Sinyal ini direkam menggunakan perangkat *electrocardiograph*. Perangkat ini bermacam-macam bentuknya sesuai dengan kepentingan perekaman sinyal EKG yang dilakukan. Misalnya untuk *standard clinical EKG*, menggunakan 12 elektroda, dan peraga biasanya berupa kertas rekam EKG, sedangkan untuk *monitoring EKG*, digunakan 1 atau 2 elektroda dengan peraga berupa sinyal yang ditampilkan pada CRT. Elektrokardiogram diperoleh sesuai dengan depolarisasi dan repolarisasi serambi dan bilik.

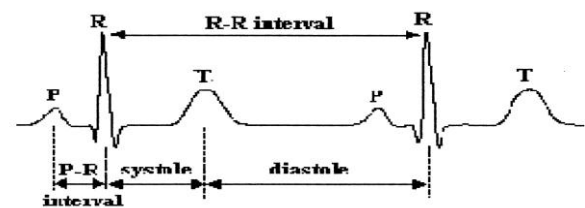
Untuk memperoleh elektrokardiogram beberapa elektrode dipasang pada permukaan tubuh pasien. Elektrode ini dihubungkan ke elektrokardiograf melalui kabel. Dari

grafik ini dokter akan mendapatkan informasi tentang aktivitas listrik otot jantung untuk membantu diagnosis tentang keadaan jantung.

Proses terjadinya sinyal EKG pada jantung dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Vektor depolarisasi (terjadi perubahan muatan listrik) kontraksi atrium dari sinus atrialis ke *nodulus atrio ventricularis*, saat terjadi menimbulkan gelombang P.
2. Gelombang R tanda akhir dari kontraksi atria dan awal dari kontraksi ventrikel.
3. Vektor yang timbul karena depolarisasi ventrikel membangkitkan *QRS* kompleks.
4. Vektor menimbulkan gelombang T disebabkan repolarisasi ventrikel.
5. Interval P-R adalah menandakan waktu dari permulaan kontraksi atrial sampai permulaan kontraksi ventrikel
6. Interval R-T menunjukkan kontraksi otot (*ventricel systole*), dan interval T-R menunjukkan adanya relaksasi otot (*ventricel diastole*).

Sebuah sinyal yang didapat dari EKG normal memiliki ciri-ciri sebagai berikut seperti pada Gambar II.1.



Gambar II.1. Gelombang EKG Normal^[3]

Interval antara R-R menandakan periode dari detak jantung yang dapat dikonversi menjadi *Heart Rate* :

$$HR = \frac{1500}{R - R} \text{ (bpm)}$$

..... (II.1)

R - R = adalah interval antara sinyal R dengan sinyal R yang diukur dalam milidetik. Interval R-R relatif konstan dari detak ke detak. Perubahan pada interval R-

R menandakan adanya kecepatan jantung yang tidak wajar.

II.2. Kertas EKG

Pada kertas EKG terdapat kotak – kotak dalam ukuran millimeter (mm), dimana :

- 1 kotak kecil = 1 mm x 1 mm
- 1 kotak sedang = 5 mm x 5 mm
- Pada setiap 5 kotak sedang terdapat 1 garis tanda menunjukkan panjang kertas EKG yaitu 5 x 5 mm = 25 mm

Pada rekaman EKG baku telah ditetapkan bahwa :

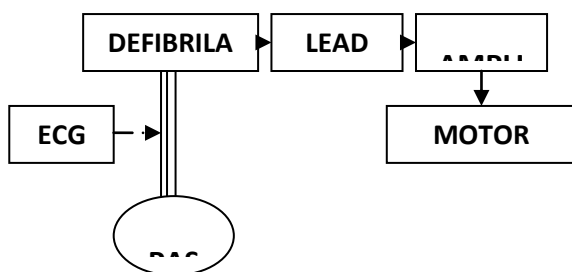
- Kecepatan rekaman/*Paper Speed* : 25 mm/detik
- Kekuatan amplitudo : 1 millivolt (mV) = 10 mm

Jadi ini berarti ukuran di kertas EKG :

- Pada garis horizontal
 - Tiap 1 mm = $1/25$ detik = 0,04 detik
 - Tiap 5 mm = $5/25$ detik = 0,20 detik
 - Tiap 25 mm = 1,00 detik
- Pada garis vertikal
 - 1 mm = 0,10 mV
 - 10 mm = 1,00 mV

II.3. Blok Diagram EKG

EKG merupakan instrumentasi medis yang di gunakan untuk mengukur beda potensial yang timbul akibat aktifitas listrik.^[8]



Gambar II.3. Blok Diagram EKG

Keterangan :

Elektroda-elektroda di letakkan pada anggota badan dan dada pasien, dan di hubungkan ke EKG. *Defibrillation Protection Unit* berfungsi untuk mencegah atau menghindari kemungkinan adanya kebocoran arus listrik dari alat ke tubuh

pasien. *Lead Selector Switch* berfungsi untuk menentukan kombinasi-kombinasi pengukuran atau rekaman. *Amplifier* berfungsi menaikkan sinyal ECG yang di terima oleh elektroda-elektroda yang sebesar 1 mV. *Amplifier* menaikkan sinyal tersebut ke level yang cocok untuk mengendalikan atau menggerakkan motor *stylus*.

II.4. Quality Control (Kendali mutu)

Prosedur pengendalian mutu untuk elektrokardiogram sangat penting dan harus diperhatikan. kesalahan yang paling umum dalam prosedur EKG adalah kontak kulit yang tidak memadai, baseline, penempatan lead yang salah, terbalik kabel lead, dan gangguan AC. Agar meminimalkan kesalahan, perlu disusun prosedur standar pesawat EKG. Disamping itu kendali mutu bacaan EKG perlu dilakukan secara berkala untuk menjamin hasil masih tetap sesuai spesifikasinya.

II.5. Pengujian dan kalibrasi

Akurasi suatu instrumen tidak dengan sendirinya timbul dari rancangan yang baik. Rancangan suatu instrumen merupakan hasil kompromi antara kinerja, stabilitas, keandalan dan biaya serta faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Akurasi dapat diperoleh hanya dari kegiatan kalibrasi yang benar, sedangkan stabilitas dan keandalan dapat diketahui dari pengujian, atas dasar inilah perlunya dilakukan pengujian dan kalibrasi terhadap instrumen secara teratur. Dewan Standar Nasional menyatakan suatu filosofi yaitu : "setiap instrumen harus dianggap tidak cukup baik untuk dipergunakan, sampai terbukti melalui pengujian dan kalibrasi bahwa instrumen tersebut memang baik ". Dengan mengacu pada filosofi tersebut, maka terhadap instrumen yang masih baru harus dilakukan pengujian atau kalibrasi sebelum dipergunakan.^[10]

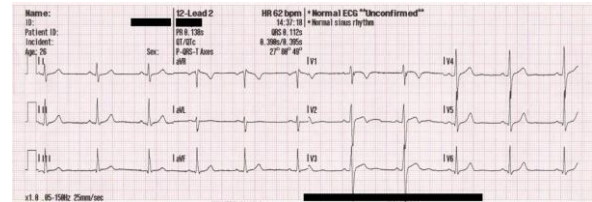
Pengujian adalah kegiatan untuk menentukan satu atau lebih karakteristik dari suatu bahan atau instrumen, sehingga dapat dipastikan kesesuaian antara karakteristik dengan spesifikasinya.

II.6.1. DENYUT NADI (*HEART RATE*)

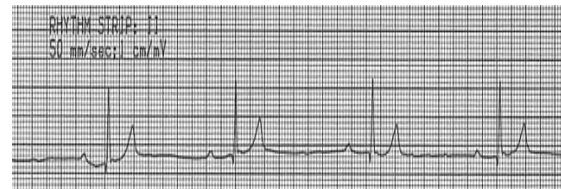
Denyut nadi (*Heart Rate*) adalah frekuensi irama denyut/detak jantung yang dapat dipalpasi (diraba) di permukaan kulit pada tempat-tempat tertentu. Pada jantung normal tiap-tiap denyut berasal dari nodus (irama sinus normal, *NSR=Normal Sinus Rhythm*) Waktu istirahat, jantung berdenyut kira-kira 70 kali kecepatannya berkurang waktu tidur dan bertambah karena emosi, kerja, demam, dan banyak rangsangan yang lainnya. Denyut nadi maksimum untuk orang dewasa adalah 180-200 denyut per menit. Tempat meraba denyut nadi adalah : pergelangan tangan bagian depan sebelah atas pangkal ibu jari tangan (*Arteri radialis*), dileher sebelah kiri/kanan depan otot *sternocleidomastoides* (*Arteri carotis*), dada sebelah kiri tepat di apex jantung (*Arteri temporalis*) dan di pelipis^[10].

II.6.2. KECEPATAN KERTAS (*PAPER SPEED*)

Kecepatan kertas (*Paper Speed*) sebuah EKG berjalan di atas kertas dengan kecepatan 25 mm/s, setiap kotak kecil kertas EKG berukuran 1mm². Dengan kecepatan 25 mm/s, 1 kotak kecil kertas EKG sama dengan 0,04 s (40 ms). 5 kotak kecil menyusun 1 kotak besar yang sama dengan 0,20 s (200 ms). Karena itu ada 5 kotak besar per menit. 12 sandapan EKG berkualitas diagnostic dikalibrasikan sebesar 10 mm/mV jadi 1 mm sama dengan 0,1 mV. Sinyal standar 1 mV harus menggerakkan jarum 1 cm secara vertical, yakni 2 kotak besar di kertas EKG.



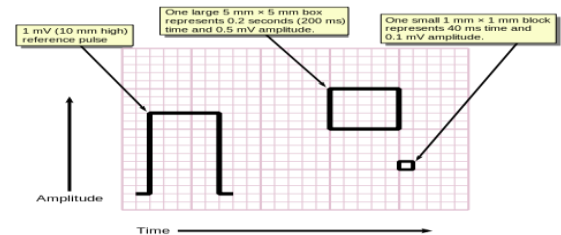
Gambar II.6. Grafik EKG dengan paper speed 25 mm/detik^[10]



Gambar II.7. Grafik ECG dengan paper speed 50 mm/detik^[10]

II.6.3. Sensitivitas (*Amplitudo*)

Sensitivitas pada EKG menunjukkan tingginya puncak gelombang yang dihasilkan oleh gambaran elektrokardiografi. Berikut dapat dilihat contoh-contoh penentuan amplitude.^[10]



Gambar II.8. Grafik amplitudo EKG^[10]

Menurut ECRI (Emergency Care Research Institute) No.410-20010301-01 nilai standar untuk pengujian dan kalibrasi Electrocardiograph adalah dapat dilihat pada tabel II.5.

Tabel II.4. Standar Pengujian EKG

No	Parameter	Penunjan Alat	Toleransi
1	Kalibrasi 1 mV(mV)	1	± 5 %
2	<i>Paper Speed</i> (mm/s)	25	± 2 %
		50	

3	<i>Heart Rate</i> (BPM)	30	$\pm 5 \%$
		60	
		120	
		180	
		240	
4	Sensitivitas(m m/mV)	0.5	$\pm 5 \%$
		1.0	
		2.0	

Pada Tabel II.4 di jelaskan bahwa untuk parameter kalibrasi 1 mV atau pengukuran uji tegangan 1 mV toleransi yang telah ditentukan adalah $\pm 5\%$, *Paper Speed* toleransinya $\pm 2 \%$, dan untuk parameter *Heart Rate* toleransinya adalah $\pm 5 \%$ sedangkan untuk sensitivitas toleransi yang ditentukan itu sebesar $\pm 5\%$.

II.7. DIAL CALIPER

Dial Caliper atau *Digital Caliper* adalah merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengukur dimensi/panjang suatu grafik atau benda secara presisi.



Gambar II.8 Pengukuran grafik dengan *Dial caliper*

Tabel II.5 Koreksi Alat ukur Standar /*Dial Caliper*

No	Parameter		Koreksi Alat Standar
1	Uji Cal	1 mV	0.025 mV
2	<i>Paper Speed</i>	25 mm/s	0.04 mm/s

		50 mm/s	0.05 mm/s
3	Sensitivitas	0.5 mV	0.015 mV
		1.0 mV	0.025 mV
		2.0 mV	0.039 mV
4	<i>Heart Rate</i>	30	0.05 BPM
		60	0.06 BPM
		120	0.07 BPM
		180	0.08 BPM
		240	0.09 BPM

Tabel II.6 Koreksi Alat ukur Standar /*Multipart Simulator*

No	Parameter		Koreksi Alat Standar
1	Sensitivitas	0.5 mV	-0.001
		1.0 mV	-0.002
		2.0 mV	-0.002
2	<i>Heart Rate</i>	30	-0.003
		60	-0.004
		120	-0.005
		180	-0.006
		240	-0.007

Adapun cara penentuan dan perhitungan nilai kalibrasi 1 mV, *Paper Speed*, *Heart Rate* (BPM) dan sensitivitas pada pesawat EKG adalah sebagai berikut :

I. Penentuan Kalibrasi 1 mV

Hasil pengukuran grafik ditambah nilai koreksi *Dial Caliper* dibagi 10, dibagi 10 karena 10 mm = 1 mV

II. Penentuan *Paper Speed* (mm/s)

Hasil pengukuran puncak grafik ditambah koreksi *Dial Caliper* itulah yang menjadi *paper speed*.

III. Penentuan *Heart Rate* (BPM)

Seperti yang telah dijelaskan pada halaman sebelumnya (Hal.6) bahwa interval antara R – R menandakan periode dari detak jantung yang dapat di konversi menjadi *Heart Rate* : $HR = 1500 / R-R$, maka perhitungannya adalah 1500 dibagi hasil pengukuran jarak R-R ditambah nilai koreksi *Multipart Simulator*.

IV. Penentuan Sensitivitas

Hasil pengukuran ditambah nilai koreksi *Dial Caliper* kemudian dibagi 10 kemudian ditambah dengan nilai koreksi *Multipart Simulator*.

Adapun contoh perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 1 dengan catatan bahwa untuk 1 mV dan *Paper Speed* hanya ditambah koreksi *Dial Caliper* sedangkan untuk *Heart Rate* dan Sensitivitas ditambah dengan koreksi *Dial Caliper* dan *Multipart Simulator*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Untuk mengetahui aktivitas elektrik otot jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh. Perekaman dapat dilakukan pada permukaan tubuh sebab tubuh adalah konduktor yang baik. Perekaman ini dilakukan dengan menempelkan elektrode-elektrode pada lokasi tertentu yang disebut sandapan (*lead*) pada permukaan kulit. Elektrode berfungsi sebagai sensor yang mengubah besaran kimia dari energi ionis menjadi besaran elektrik. Untuk mengetahui kinerja suatu pesawat EKG maka diperlukan suatu kegiatan untuk mengendalikan mutu suatu peralatan yang lebih dikenal dengan *Quality Control* (QC). Dalam kendali mutu ini dilakukan serangkaian pengujian dengan menggunakan suatu alat yang dapat menggantikan posisi jantung manusia. Alat tersebut adalah *Multipart Simulator*.

Pesawat EKG yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah pesawat EKG Merk Bionet buatan Jerman dan Merk Burdick buatan Korea

3.1.1 Pengujian *Paper Speed*

Selanjutnya pengujian ini menguji kecepatan kertas dalam menghasilkan gambar grafik EKG. Nilai kecepatan kertas EKG umumnya menggunakan 25 mm/s dan 50 mm/s. nilai kecepatan kertas tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran pada gambar grafik EKG. Adapun hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel IV.2 dan IV.3.

Tabel III.2. Hasil pengukuran paper speed pesawat EKG Merk A

No	Paper Speed Setting (mm/s)	Paper Speed Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	25	25. 24	25. 24	25.2 4	25. 24	25. 24	25.2 4
2	50	50. 05	50. 05	50.0 5	50. 05	50. 05	50.0 5

Tabel III.3. Hasil pengukuran paper speed pesawat EKG Merk B

Pada Tabel IV.2 dan IV.3 hasil

No	Paper Speed Setting (mm/s)	Paper Speed Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	25	24. 94	24. 94	24. 94	24. 94	24. 94	24.94
2	50	50. 05	50. 05	50. 05	50. 05	50. 05	50.05

pengukuran kecepatan kertas masing-masing pesawat EKG menunjukkan bahwa pesawat EKG merk A lebih kecil dari pesawat EKG merk B baik pada kecepatan 25 mm/s maupun 50 mm/s, namun keluaran yang dihasilkan oleh kedua alat tersebut konstan mulai dari pengukuran pertama sampai dengan pengukuran yang kelima.

3.1.2 Pengujian *Heart Rate* (BPM)

Pengujian *heart rate* (BPM) dalam penelitian ini ditujukan untuk mengetahui ketepatan deteksi denyut jantung oleh pesawat EKG. *Heart rate* (BPM) yang di uji adalah 30, 60, 120, 180 dan 240 BPM. *Heart rate* ini disetting pada alat ukur standar sebagai pengganti organ jantung melalui EKG rate pada alat tersebut. Adapun hasil gambar grafik dapat dilihat pada lampiran penelitian ini, sedangkan hasil pengukuran gambar grafik dari berbagai settingan tersebut dapat dilihat pada tabel III.4 dan III.5.

Tabel III.4. Hasil pengukuran *heart rate* (BPM) pesawat EKG Merk A

No	Heart Rate Setting (BPM)	Heart Rate Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	30	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11	30.11
2	60	60.28	60.28	60.28	60.28	60.28	60.28
3	120	120.099	120.099	120.099	120.099	120.099	120.099
4	180	180.074	180.074	180.074	180.074	180.074	180.074
5	240	241.195	241.195	240.01	240.01	241.195	241.195

Tabel III.5. Hasil pengukuran *Heart Rate* (BPM) pesawat EKG Merk B

No	Heart Rate Setting (BPM)	Heart Rate Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	30	29.75	29.75	29.75	30.05	29.75	29.81
2	60	59.56	59.56	59.56	59.56	59.56	59.56
3	120	120.99	120.99	120.99	120.99	120.99	120.99
4	180	182.94	182.94	182.94	181.83	181.83	182.50

5	240	241.95	241.95	240.01	240.01	240.01	240.79
---	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Pada Tabel III.4 dan III.5 menunjukkan bahwa hasil pengukuran *heart rate* pesawat EKG merk A lebih besar nilai setting, sedangkan pesawat EKG merk B lebih kecil dari nilai setting, namun keluaran yang dihasilkan oleh kedua alat tersebut relatif konstan mulai dari pengukuran pertama sampai dengan pengukuran yang kelima.

3.1.3 Pengujian Sensitifitas

Selanjutnya pengujian terakhir pada penelitian ini adalah melakukan pengukuran sensitifitas yang dimulai dari 0.5 mV, 1 mV sampai 2 mV. Pengujian ini sama halnya dengan pengukuran *heart rate* dimana penyetingan sensitifitas dilakukan pada alat standar kemudian dibaca melalui gambar grafik hasil print dari masing-masing pesawat EKG tersebut. Adapun nilai sensitifitas yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel III.6 dan III.7, sedangkan gambar grafik dapat dilihat pada halaman lampiran penelitian ini.

Tabel III.6. Hasil pengukuran sensitifitas pesawat EKG Merk A

No	Sensitivitas Setting (mV)	Sensitivitas Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	0.5	0.516	0.516	0.511	0.511	0.511	0.513
2	1	1.040	1.040	1.040	1.040	1.040	1.04
3	2	1.642	1.642	1.642	1.642	1.642	1.642

Tabel III.7. Hasil pengukuran sensitifitas pesawat EKG Merk B

No	Sensitivitas Setting (mV)	Sensitivitas Terukur					Rata-Rata
		I	II	III	IV	V	
1	0.5	0.51	0.51	0.501	0.501	0.501	0.505

2		0. 9 8 0	0. 9 8 0				
	1			0.9 75	0.9 75	0.9 80	0.978
3		1. 9 8 7	1. 9 8 2				
	2			1.9 82	1.9 87	1.9 87	1.985

Pada Tabel III.6 dan III.7 menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensitifitas kedua pesawat EKG merk A dan EKG merk B lebih besar nilai setting, kecuali pada setting 1 mV pesawat EKG merk B memiliki keluaran lebih kecil dari nilai setting, namun keluaran yang dihasilkan oleh kedua alat tersebut relatif konstan mulai dari pengukuran pertama sampai dengan pengukuran yang kelima.

3.2 Pembahasan

Pengujian dan pengukuran keakuratan bacaan pesawat EKG berfungsi untuk melihat tingkat penyimpangan dari nilai yang diketahui. Penyimpangan bacaan pesawat EKG terhadap nilai yang diketahui pada alat ukur standar disajikan pada selisih pengukuran antara yang terukur dengan yang disetting. Pada penelitian ini juga akan membandingkan penyimpangan bacaan terhadap toleransi yang dikeluarkan oleh badan standar (ECRI) masing-masing parameter yang diuji. Untuk pengujian kalibrasi 1 mV toleransi yang diizinkan adalah sebesar $\pm 5\%$, *Paper Speed* $\pm 2\%$, *Heart Rate* $\pm 5\%$ dan sensitifitas $\pm 5\%$. Selanjutnya penelitian ini akan menampilkan hasil pembahasan satu persatu dari semua parameter yang diuji.

3.2.1 Pengujian *Paper Speed*

Pengujian *paper speed* atau kecepatan kertas dalam menghasilkan gambaran grafik EKG ditujukan untuk menjamin bahwa bacaan alat sesuai spesifikasinya. Kecepatan kertas yang lazim digunakan adalah 25 mm/s dan 50

mm/s. untuk kecepatan 25 mm/s berarti dalam 1 detik ditempuh 25 mm, sedangkan untuk kecepatan 50 mm/s berarti dalam 1 detik ditempuh 50 mm.

Tabel III.9 Hasil pengukuran *paper speed* pesawat EKG

No	Paper Speed Setting (mm/s)	Nilai Rata-Rata Paper Speed Terukur		Selisih Pengukuran Setting dan Terukur (%)	
		A	B	A	B
1	25	24.94	25.24	- 0.24	0.96
2	50	50.05	51.30	0.1	2.6

Hasil penelitian pada Tabel III.9 menunjukkan bahwa nilai selisih pengukuran untuk *paper speed* dari masing-masing pesawat EKG berkisar antara 0.96 % s/d 0.1 %. Ini berarti parameter *paper speed* yang diujikan pada penelitian ini masih sesuai dengan spesifikasi bacaan alat. Kecepatan kertas dalam melakukan print gambar grafik sangat menentukan kebenaran hasil, olehnya itu perlu diperhatikan keadaan kertas, jarum grafik serta penyangga kertas EKG bekerja sebagaimana mestinya.

3.2.2 Pengujian *Heart Rate* (BPM)

Heart Rate atau biasa diistilahkan denyut jantung mempunyai pengertian frekuensi irama denyut/detak jantung yang dapat dipalpasi (diraba) di permukaan kulit pada tempat-tempat tertentu. Untuk mendapatkan nilai yang akurat perlu alat bantu untuk mendeteksi denyut jantung tersebut. Alat yang lazim digunakan dalam dunia medik adalah EKG. EKG itu sendiri perlu dilakukan kendali mutu untuk menjamin bacaannya masih sesuai spesifikasi. Dalam kendali mutu pengujian ini sangat penting artinya karena penilaian *heart rate* menentukan keadaan umum jantung yang diperiksa. Berikut nilai keakuratan pesawat EKG yang diuji dalam penelitian ini yang diformulasikan

dalam selisih pengukuran alat dan standar kemudian dibandingkan pada batas toleransi yang dikeluarkan oleh badan standar yaitu ECRI.

Tabel III.10 Hasil pengukuran Heart Rate pesawat EKG

No	Sensitivitas Setting (mV)	Nilai Rata-Rata Sensitivitas Terukur		Selisih Pengukuran Setting dan Terukur (%)	
		A	B	A	B
1	0.5	0.513	0.505	2.6	1
2	1	1.040	0.978	4	-2.2
3	2	1.642	1.985	17.9	-0.8

Pada Tabel III.10 menunjukkan bahwa nilai selisih pengukuran paling besar diperoleh pada pesawat EKG merk B dengan nilai 1.1 % pada setting 240 BPM, sedangkan selisih pengukuran terendah diperoleh pada pesawat EKG merk Bionet dengan nilai 0.4 % pada setting 30 dan 180 BPM. Jika dibandingkan batas toleransi yang dikeluarkan oleh badan standar (ECRI) sebesar ± 5 %, maka hasil pengujian tersebut masih dalam batas toleransi sehingga kedua alat tersebut masih direkomendasikan baik untuk pelayanan medik. Hal-hal penting yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil *heart rate* seakurat mungkin yaitu kabel penghubung antara pesawat EKG dan kulit dan lead agar selalu dibersihkan setiap alat selesai dipakai.

3.2.3 Pengujian Sensitifitas

Pengujian sensitifitas bertujuan untuk mengetahui ketepatan bacaan sensitifitas pesawat EKG jika ditinjau dari nilai toleransi yang dikeluarkan oleh badan standar. Adapun nilai kesalahan relatif yang menjadi tolak ukur dapat dilihat pada Tabel III.11.

Tabel III.11 Hasil pengukuran sensitifitas pesawat EKG

No	Heart Rate Setting (BPM)	Nilai Rata-Rata Heart Rate Terukur		Selisih Pengukuran Setting dan Terukur (%)	
		A	B	A	B
1	30	30.11	30.20	0.4	0.7
2	60	60.28	60.52	0.5	0.9
3	120	120.80	120.02	0.7	0.0
4	180	180.74	181.83	0.4	1.0
5	240	241.17	242.73	0.5	1.1

Pada Tabel III.11 menunjukkan bahwa nilai selisih pengukuran paling besar diperoleh pesawat EKG dengan merk B yaitu sebesar 0.8 % pada setting 2 mV diikuti setting 0.5 dan 1 mV dengan nilai selisih pengukuran masing-masing 0.6 dan 0.4 %. Namun semua hasil pengukuran pada kedua alat masih dalam batas toleransi yaitu sebesar ± 5 %.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

IV.1 Kesimpulan

Analisis untuk kalibrasi 1 mV menghasilkan selisih pengukuran setting dan terukur sebesar 0.2 % untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 2.1 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick, *Paper Speed* menghasilkan selisih pengukuran maksimal sebesar 0.1% untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan -0.6 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick, *Heart Rate* menghasilkan selisih pengukuran maksimal sebesar 0.7% untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 0.9 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick dan sensitifitas menghasilkan

selisih pengukuran maksimal sebesar 0.3% untuk pesawat EKG dengan merk bionet dan 0.8 % untuk pesawat EKG dengan merk Burdick.

Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja yang dihasilkan oleh kedua pesawat EKG di RSUD Haji tersebut secara statistik tidak mengalami perbedaan yang signifikan dan tidak melebihi batas toleransi yang diizinkan, sehingga dinyatakan masih layak untuk dipakai.

IV.2. Saran

1. Untuk menjamin mutu pelayanan, sebaiknya setiap pesawat EKG perlu dilakukan pengujian secara berkala, baik itu pada saat penerimaan pesawat baru (uji fungsi awal), pemantauan kinerja rutin secara periodik (bersifat harian, mingguan ataupun bulanan), dan perbaikan (*maintenance*).
2. Perlu adanya prosedur penggunaan alat yang dapat dijadikan acuan dan standarisasi kinerja (performa) alat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Braunwald E. (Editor), *Heart Disease : A Textbook of Cardiovascular Medicine, Fifth Edition*, Philadelphia, W.B. Saunders Co.,
2. Tompkins, W. J. (1993), *Biomedical Signal Processing*, Prentice Hall, New Jersey
- Widjaja, S. (1990). *ECG Praktis*, Binarupa Aksara, Jakarta.
3. Widjaja, S. (1990). *ECG Praktis*, Binarupa Aksara, Jakarta.
4. Webster, J. G. (1998). *Medical Instrumentation Application and Design*, John Wiley & Son, Inc, New York.
5. Braunwald E. (Editor), *Heart Disease : A Textbook of Cardiovascular Medicine, Fifth Edition*, p. 153-176, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1997.
6. O'Keefe J, Zinsmeister A, Gibbons R (1989). "Value of normal

electrocardiographic findings in predicting resting left ventricular function in patients with chest pain and suspected coronary artery disease".

7. Burdon Sanderson J (1878). "Experimental results relating to the rhythmical and excitatory motions of the ventricle of the frog heart". *Proc Roy Soc Lond*
8. Bazett HC (1920). "An analysis of the time-relations of electrocardiograms".
9. Departemen Kesehatan RI : *Pedoman pengujian kalibrasi alat kesehatan*, 2001.
10. Muffichatum, 2006. *Hubungan antara Tekanan Panas, Denyut Nadi dan produktivitas Kerja pada pekerja pandai besi Paguyuban wesi Aji Dororejo Batang*.