

Karakterisasi sinyal elektrokardiogram dari perangkat portabel 6-lead sebagai alternatif alat kontrol kesehatan jantung

Nurhasanah^{1*}, Freddy Haryanto², dan Siti Nurul Khotimah²

¹ Prodi Magister Pengajaran Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, 40132, Bandung, Indonesia

² Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, 40132, Bandung, Indonesia

*Email: Nananhf235@gmail.com

Naskah Masuk	5 Agustus 2022
Naskah Revisi	8 Januari 2023
Naskah Diterima	3 Maret 2023
Naskah Terbit	23 Juni 2023

Abstrak: Perkembangan teknologi dan pandemi covid-19 mendorong inovasi di dunia kesehatan termasuk alat elektrokardiograf (EKG). Inovasi tersebut berupa alat EKG portabel yang dapat digunakan secara mandiri oleh pengguna. Mereka yang memiliki komorbid seperti penyakit kardiovaskular tetap dapat memantau kondisi kesehatan jantungnya saat isolasi mandiri. Contoh alat EKG portable tersebut adalah Kardia Mobile 6-lead yang merupakan pengembangan dari Kardia Mobile 1-lead. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sinyal EKG pada lead I dengan membandingkan hasil pengukuran dari Kardia Mobile 6-lead terhadap alat EKG Klinis (SE-1201 12-lead) ditinjau dari interval RR. Subjek dalam penelitian ini berjumlah sepuluh orang pada rentang usia 22-46 tahun dengan kondisi jantung normal. Pengukuran setiap perangkat EKG dilakukan selama 30 detik. Setelah itu, sinyal EKG didigitasi melalui lima tahapan. Tahapan tersebut adalah *scanning*, *crop region of interest*, *image binarization*, *pixel to vector conversion*, dan *plotting*. Sinyal EKG hasil digitasi ini dianalisis menggunakan metode *heart rate variability* (HRV), berdasarkan domain waktu. Variabel yang dianalisis yaitu rata-rata interval RR, *standard deviation of RR interval* (SDRR), dan *root mean square of successive differences* (rMSSD) dari interval RR. Hasil pengukuran menggunakan Kardia Mobile 6-lead untuk masing-masing variabel adalah 0,709 ms, 0,010 ms, dan 0,012 ms, sedangkan dengan menggunakan SE-1201 12-lead adalah 0,743 ms, 0,030 ms, dan 0,040 ms. Data tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan (*P-value*) sebesar $0,261 > 0,005$ yang diketahui dari hasil uji t. Oleh karena itu, kesimpulan dari penelitian ini karakteristik dari Kardia Mobile 6-lead hampir sama dengan EKG klinis.

Kata kunci: EKG portable, HRV, Kardia Mobile, Lead I.

Keywords: HRV, Kardia Mobile, Lead I, Portable ECG.

1. Pendahuluan

Coronavirus disease 2019 (COVID-19), yang telah menjadi pandemi, memberikan dampak global terhadap kesehatan masyarakat dan pelayanan kesehatan. Virus ini tidak hanya menyebabkan pneumonia, tetapi juga memiliki dampak terhadap sistem kardiovaskular (jantung).¹ Pasien yang memiliki komorbid seperti penyakit kardiovaskular merupakan populasi yang berisiko tinggi ketika menderita COVID 19. Karena itu, alat yang dapat memantau kondisi jantung secara berkala sangat diperlukan saat pasien terinfeksi virus ini.² Fungsi vital yang diperankan oleh jantung dapat dilihat dari isyarat yang dihasilkan oleh aktivitas kelistrikannya. Alat yang dapat digunakan untuk memantau aktivitas kelistrikan ini dikenal dengan Elektrokardiograf. Sedangkan rekaman isyarat fisiologi yang dihasilkan dari aktivitas kelistrikan jantung baik ketika fase repolarisasi maupun depolarisasi disebut dengan elektrokardiogram (EKG).³

Alat EKG untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Dr. Einthoven. Alat EKG ini terdiri dari empat elektroda yang menghasilkan 3-lead, dibuat dengan string-galvanometer. Lalu, sejalan dengan penemuan-penemuan para ahli alat ini berkembang menjadi 12-lead yang digunakan sebagai standar klinis hingga saat ini.⁴ Pada mulanya, alat EKG menggunakan baterai kendaraan yang beratnya hampir 20 kg. Kemudian, inovasi terus dilakukan pada bidang elektronika hingga penemuan transistor yang berukuran semakin kecil. Dampaknya adalah ukuran alat EKG ini semakin

kecil dan semakin ringan. Selain itu, pada awalnya masih memerlukan banyak kabel untuk mengoperasikan alat ini. Namun, sejalan dengan perkembangannya kabel yang digunakan untuk menghubungkan alat dengan tubuh pengguna sudah semakin sederhana. Bahkan penemuan microchip baru-baru ini membuat alat EKG bisa dioperasikan tanpa menggunakan kabel.⁵ Banyak penelitian yang dilakukan oleh para ahli untuk meningkatkan efektifitas dari alat ini diantaranya sistem otomatisasi dan penambahan fitur koneksi jaringan Internet ke peranti IoT (*internet of thing*), yang memungkinkan pengiriman data jarak jauh lintas kota bahkan antar negara, merupakan satu diantara efektivitas yang dapat diterapkan.⁶

Satu diantara contoh perangkat EKG tanpa menggunakan kabel dan memanfaatkan fasilitas internet yaitu Kardia Mobile yang diproduksi oleh perusahaan bernama AliveCor. Alat ini merupakan bagian dari keluarga perangkat ponsel yang dapat merekam elektrokardiogram (EKG). Diantara produk dari AliveCor adalah Kardia Mobile 1-lead dan Kardia Mobile 6-lead.⁷ Perangkat Kardia Mobile 1-lead hanya menghasilkan lead I yang dapat digunakan untuk mendeteksi AFib saja. Sedangkan, setiap hasil pengukuran EKG dengan 6-lead akan menghasilkan lead I, II, III, aVR, aVF, dan aVL. Keenam hasil pengukuran tersebut secara otomatis akan dianalisis untuk mendeteksi enam jenis gangguan pada jantung.⁸

Kardia Mobile 1-lead telah diproduksi terlebih dahulu dari pada Kardia Mobile 6-lead. Karena itu, Kardia Mobile 1-lead telah diuji dalam beberapa penelitian. Adapun penelitian-penelitian tersebut diantaranya adalah studi oleh Lau dan rekannya menyatakan bahwa,⁹ sensitivitas perangkat AliveCor Kardia 1-lead untuk mendeteksi fibrilasi atrium adalah sebesar 98% dan spesifisitas sebesar 97%. Lalu, perkiraan serupa diperoleh pula dalam penelitian oleh Lowers dan rekannya yang menunjukkan akurasi sebesar 98,5% dan spesifisitas sebesar 91,4%. Dalam penelitian lainnya oleh Pak-Hei Chan, menunjukkan prevalensi atrial fibrilasi sebesar 2,7%, sensitivitas alat hanya sebesar 71,4%.¹⁰ Terakhir, penelitian oleh Jesus dan rekannya menunjukkan sensitivitas, akurasi, dan spesifisitas alat berturut-turut sebesar 87%, 91%, dan 92%.¹¹

Sebaliknya, publikasi terkait Kardia Mobile 6-lead belum banyak ditemukan sebagaimana pada Kardia Mobile 1-lead tersebut. Meskipun, Kardia Mobile 6-lead merupakan pengembangan dari Kardia Mobile 1-lead yang memiliki persentase akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas sangat tinggi dengan rata-rata diatas 90%, penelitian pada Kardia Mobile 6-lead untuk menguji variabel serupa tetap perlu dilakukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis karakterisasi terkait Kardia Mobile 6-lead. Tujuannya adalah untuk mengkarakterisasi sinyal EKG pada lead I dengan membandingkan hasil pengukuran dari Kardia Mobile 6-lead terhadap alat EKG Klinis (SE-1201 12-lead) ditinjau dari interval RR. Adapun yang menjadi subjek penelitian ini adalah orang dengan kondisi jantung normal berdasarkan hasil diagnosis dokter.

2. Bahan dan metode

2.1. Alat EKG

Alat EKG yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kardia Mobile 6-lead yang merupakan alat EKG portabel dan SE-1201 ECG 12-lead yang digunakan untuk klinis di rumah sakit RSUD Ade M Djoen Sintang. Bentuk kedua alat tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Alat pertama, Kardia Mobile 6-lead adalah alat EKG portabel yang merupakan bagian dari keluarga perangkat ponsel produk perusahaan bernama AliveCor.⁷ Setelah diinstal ke smartphone, aplikasi tersebut berkomunikasi menggunakan *Bluetooth* untuk membuat pelacakan sinyal EKG. Kardia Mobile 6-lead memiliki dua sensor di atas untuk kontak tangan kiri dan kanan. Selain itu, terdapat pula sensor ketiga di bagian bawah yang bisa diletakkan di lutut atau pergelangan kaki kiri. Penggunaan Kardia Mobile 6-lead tanpa gel dan kabel, dan alat ini menggunakan baterai sel koin CR2016 yang dapat digunakan selama satu tahun, serta hasil pengukuran dapat dilihat pada layar *smartphone user*. Alat ini menghasilkan rekaman EKG sebanyak enam lead dalam bentuk file *portable document format* (pdf) yang langsung sudah bisa diakses oleh *user*.

Alat kedua, SE-1201 ECG 12-lead adalah jenis alat EKG yang banyak digunakan untuk klinis di rumah sakit. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengumpulkan sinyal EKG dari 12-lead secara bersamaan. Terdapat empat elektroda pada bagian kaki dan tangan dan enam elektroda pada bagian dada. Setiap elektroda pada alat EKG SE-1201 12-lead ini dihubungkan dengan kabel dan gel. Fungsi gel sebagai konduktor adalah untuk meningkatkan konduksi listrik antara kulit dan elektroda. Pemberian gel juga dapat menurunkan resistensi antara elektroda dan kulit agar diperoleh gambaran EKG yang jelas. Hasil pengukuran dari alat ini selain berbentuk kertas, data EKG dari alat ini dapat disimpan, dikirim, dan atau diekspor ke perangkat lainnya.¹²

2.2. Subjek penelitian

Pengambilan data penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2021 di rumah sakit umum daerah Ade M Djoen Sintang, Kalimantan Barat. Subjek yang dipilih sebanyak sepuluh dengan sebaran data yaitu 100% laki-laki dengan rentang usia 22 ± 46 tahun. Setiap subjek dalam penelitian ini diminta untuk memberikan persetujuan terkait akuisisi data EKG. Semua subjek menyetujui untuk terlibat dalam penelitian ini. Semua subjek penelitian dinyatakan dalam kondisi stabil atau memiliki jantung yang sehat (normal) berdasarkan diagnosis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang (EKG) oleh dokter yang ada di RSUD Ade M Djoen. Hasil EKG dari Kardia Mobile 6-lead dan SE-1201 12-lead menunjukkan perbedaan frekuensi denyut jantung pada setiap subjek, terlihat langsung dari *display* di kedua alat yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

No.	Nama	Jenis kelamin (L/P)	Usia (Tahun)	HR (bpm) display alat	
				KM	SE-1201
1.	Subjek I	L	22	82	75
2.	Subjek II	L	27	86	69
3.	Subjek III	L	27	88	70
4.	Subjek IV	L	28	86	80
5.	Subjek V	L	31	86	73
6.	Subjek VI	L	32	85	81
7.	Subjek VII	L	33	98	88
8.	Subjek VIII	L	36	80	88
9.	Subjek IX	L	39	81	81
10.	Subjek X	L	46	81	79

HR: *Heart rate*

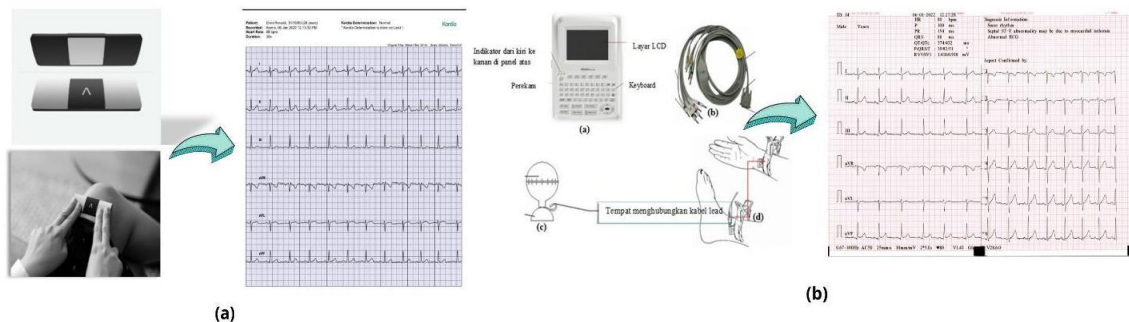
bpm: *beats per minute*

2.3. Tahapan pengolahan data

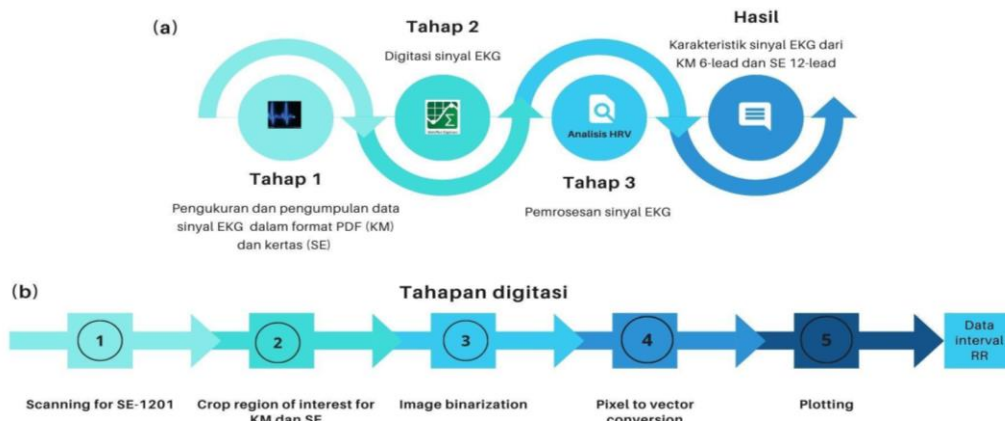
Sebagaimana terlihat pada Gambar 2 bagian (a), penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data, digitasi sinyal EKG, dan pemrosesan sinyal EKG. Pada tahap pertama, Setiap subjek melakukan perekaman EKG dengan menggunakan alat EKG portable 6-lead dan juga alat EKG 12-lead yang sudah teruji klinis. Perekaman terhadap subjek penelitian ini dilakukan selama 30 detik untuk masing-masing alat. Perekaman dengan alat EKG portable dilakukan langsung oleh peneliti. Sedangkan, perekaman dengan EKG 12-lead dilakukan oleh dokter yang bertugas di tempat pengambilan data. Bentuk data yang diperoleh dari hasil pengukuran Kardia Mobile 6-lead berupa data *Portable Document Format* (PDF), sedangkan SE-1201 12-lead masih berupa kertas yang perlu dilakukan *scanning* terlebih dahulu sebelum diproses lebih lanjut.

Pada tahap kedua penelitian ini, proses digitasi dilakukan dalam lima tahapan yaitu *scanning*, *crop region of interest*, *image binarization*, *pixel to vector conversion*, dan *plotting* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Cara yang digunakan untuk digitasi sinyal EKG baik dari Kardia Mobile 6-lead maupun SE-1201 12-lead yaitu menggunakan *webplotdigitizer* pada tahap *image binarization* dan *Pixel to vector conversion*. Aplikasi ini adalah alat digitasi berbasis web yang tersedia secara gratis bagi penggunaannya. Keluaran dari *webplotdigitizer* berupa titik-titik data yang dapat diunduh dalam bentuk spreadsheet Microsoft Excel.¹³ Tahap ketiga, setelah sinyal EKG melalui proses digitasi selanjutnya akan dianalisis

menggunakan analisis *heart rate variability* (HRV) berdasarkan domain waktu (*time domain*) ditinjau dari interval RR tiap sinyal EKG.



Gambar 1. Alat dan hasil EKG (a) Kardia Mobile 6-lead halaman ke tiga, dan (b) SE-1201 12-lead dari subjek IV.



Gambar 2. Tahapan penelitian (a) alur pengolahan sinyal EKG, dan (b) proses digitasi sinyal EKG dari kedua alat.

2.4. Digitasi sinyal EKG

Seperti yang terlihat pada Gambar 2 bagian (b), tahap pertama pada proses digitasi ini adalah pemindaian (*scanning*) sinyal EKG. Sinyal yang perlu dilakukan pemindaian adalah sinyal EKG dari SE-1201 12-lead. Hal ini dikarenakan keluaran sinyal EKG dari SE-1201 12-lead masih dalam bentuk kertas (analog) sehingga pemindaian perlu dilakukan untuk mengubah sinyal tersebut ke bentuk digital. Hasil pindaian SE-1201 12-lead disimpan dalam format *Portable Document Format* (PDF) dengan resolusi 600 dpi. Resolusi tersebut dipilih agar gambar tidak pecah saat diperbesar dalam rangka memilih daerah yang akan di digitasi. Alat scanner yang digunakan pada penelitian ini adalah Epson *Workforce DS-410*, yang memiliki resolusi *optical scan* 600 x 600 dpi dengan resolusi *output* 50 – 1200 dpi, secara vertikal. Pemindaian secara vertikal dipilih untuk memperoleh digitasi yang lebih akurat dan cepat.¹¹ Adapun hasil Kardia Mobile 6-lead sudah tersimpan dalam bentuk PDF, jadi peneliti dapat secara langsung mengolah sinyal EKG dari alat tersebut.

Tahap kedua, *crop region of interest* untuk KM dan SE, setelah semua sinyal EKG hasil perekaman dari kedua alat tersimpan dalam bentuk PDF, tahapan berikutnya adalah melakukan pemilihan area yang akan di digitasi. Adapun area yang akan di digitasi pada masing-masing alat (Kardia Mobile 6-lead dan SE-1201 12-lead) yaitu lead I. Luasan area yang dipilih untuk setiap lead berdasarkan panjang empat interval RR atau dalam rentang waktu sekitar 2 ms sampai 4 ms untuk sumbu x dan 1 ms sampai 2 ms untuk sumbu y. Selanjutnya, area yang sudah ditetapkan tadi disimpan dalam *joint photographic expert group format* (JPEG).

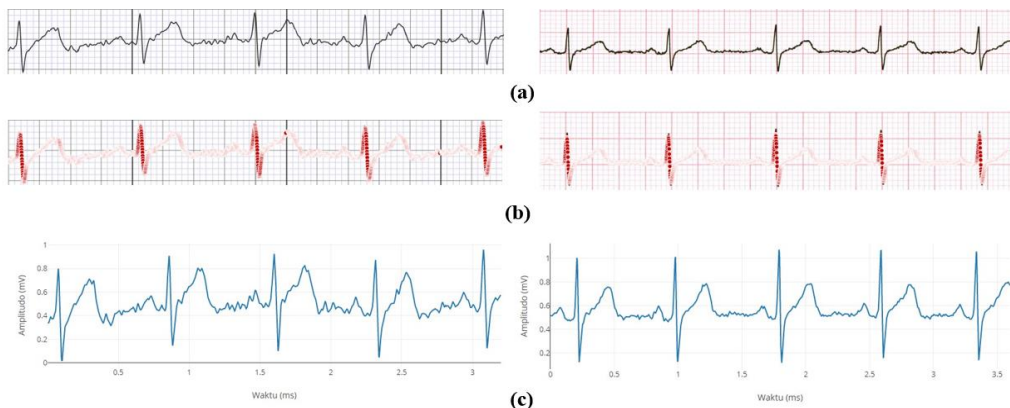
Tahap ketiga, *image binarization* adalah proses menerjemahkan gambar berwarna menjadi gambar biner. Proses ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi *webplotdigitizer*. Tujuan dari binerisasi gambar adalah untuk menghilangkan

kisi-kisi (kotak-kotak kecil) pada kertas EKG dengan menetapkan ambang batas warna RGB (*read, green, blue*). Warna pada kisi-kisi yang mengganggu tersebut diapit diambang batas dan diubah menjadi putih sebelum proses binerisasi dimulai. Hasil akhirnya adalah latar belakang berwarna putih dengan sinyal EKG berwarna biru.

Tahap keempat, *pixel to vector conversion* adalah proses mengubah data biner dari gambar ke vektor. Tahapan ini dilakukan untuk pengambilan data yang lebih baik dari gambar. Vektor menggandakan jumlah kolom piksel yang dianalisis, karena beberapa puncak yang diplot sebagai garis hitam vertikal berurutan terkadang dari gambar resolusi rendah.¹¹ Setiap komponen vektor adalah bilangan kompleks. Dua komponen kolom yang sama memiliki bagian real yang identik, yaitu pada indeks kolom dari matriks piksel. Dua bagian imajiner berurutan (dari bagian real yang sama) mengukur batas atas dan bawah garis hitam vertikal, yaitu sinyal EKG yang diteliti. Sebagai contoh, vektor 2D $N = [\dots; 10+32i; 10+33i; \dots]$ memiliki koordinat garis hitam vertikal yang terbentang dari garis 32 sampai garis 33 pada kolom 10. Algoritma pada proses digitasi mencari data dari piksel pertama (kiri bawah) hingga piksel terakhir (kanan atas). Setelah sumbu aslinya dihapus dari grafik EKG, nilai vertikal bawah dan posisi kolom pertama digunakan sebagai referensi untuk pemindaian EKG.

Pada proses ini, kita sering menemukan bagian dari grafik di mana gambarnya tidak lagi bersambung. Oleh karena itu, untuk memberikan vektor 1D yang konsisten, komponen dalam posisi ini diperkirakan melalui metode numerik yang dikenal dengan interpolasi. Jenis interpolasi pada *webplotdigitizer* yang digunakan adalah *x step with interpolation* yang memiliki kemampuan untuk menduga nilai yang terdapat di antara dua nilai lainnya. Penggunaan menu ini dikarenakan titik-titik data pada sinyal EKG tidak seragam. Pada aplikasi ini algoritma bekerja dengan mengidentifikasi titik-titik data secara teratur pada sumbu X yang berada di antara X_0 dan X_1 dan Y_0 dan Y_1 . Titik-titik data ditempatkan pada unit interval Δx secara terpisah (dengan besar selisih setiap titik yaitu 0,001). Algoritma ini menginterpolasi data yang hilang menggunakan *splines cubic*. Metode numerik ini cocok digunakan untuk kurva dengan garis putus-putus atau deret hanya dengan titik-titik data.¹³

Tahap kelima, *plotting* adalah suatu teknik grafis untuk mewakili kumpulan data yang biasanya disajikan dalam bentuk grafik. Pada tahapan ini plot dilakukan terhadap kumpulan titik-titik data dari sinyal EKG yang telah di digitasi. Tujuannya yaitu untuk memvisualisasikan atau menunjukkan hubungan antar variabel yang ada pada kumpulan data. Adapun variabel yang ditinjau pada penelitian ini adalah amplitudo (potensial membran) pada sumbu y dan waktu pada sumbu x. Pada *webplotdigitizer* kumpulan data disimpan dalam format *comma separated values* (csv) yang cukup menyulitkan untuk dilakukan plot secara langsung. Format csv tersebut perlu diubah terlebih dahulu ke bentuk *microsoft excel open xml spreadsheet* (xlsx) untuk memudahkan proses plot data yang ada dalam bentuk grafik dengan Microsoft Excel.



Gambar 4. Proses digitasi kiri dari Kardia Mobile 6-lead dan kanan SE-1201 12-lead (a) hasil binerisasi, (b) hasil *pixel to vector conversion*, (c) hasil *plotting* menggunakan *webplotdigitizer*.

2.5. Analisis HRV dan uji statistik

Beberapa besaran fisis pada parameter statistik untuk analisis HRV dengan RR interval yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu pengukuran secara langsung interval RR atau kecepatan detak jantung seperti rata-rata dan pengukuran perbedaan antara interval RR seperti *root mean square of successive differences*/rMSSD, dan *standard*

deviation of RR interval (SDRR). Adapun komponen statistic yang digunakan berdasarkan variabel-variabel tersebut dituliskan pada persamaan 1 – 3.¹⁴ Kardia Mobile dan SE-1201 memiliki 6 lead yang sama, namun pada penelitian ini peneliti hanya menggunakan Lead I untuk itu setiap Lead I dari masing-masing subjek akan dianalisis baik rata-rata interval maupun rMSSDnya. Jadi, total data yang akan dianalisis dari 10 subjek sebanyak 20 hasil digitasi dengan 80 total interval RR. Selanjutnya, nilai pada variabel yang telah ditentukan tersebut diuji statistik menggunakan uji-t berpasangan, yang ada pada Microsoft excel, tujuannya untuk melihat hubungan antar karakteristik pada Kardia Mobile 6-lead dan SE-1201 12-lead.

$$\overline{RR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N RR_i \quad (1)$$

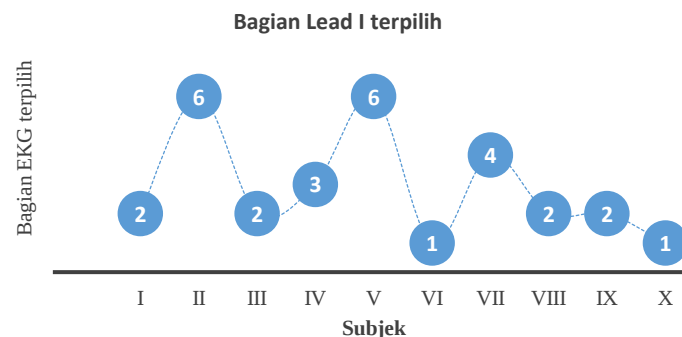
$$SDRR = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2} \quad (2)$$

$$rMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2} \quad (3)$$

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil

Berdasarkan Gambar 1, Kardia Mobile 6-lead menghasilkan lebih banyak interval RR dibandingkan SE-1201 12-lead yang hanya menghasilkan satu baris sinyal EKG untuk masing-masing lead. Setiap hasil SE-1201 12-lead terdiri dari 4 atau 5 interval RR, sedangkan Kardia Mobile 6-lead menghasilkan lebih dari 24 interval RR. Oleh karena itu, jumlah interval RR yang diambil untuk Kardia Mobile 6-lead sebanyak empat interval RR agar saat dianalisis sebanding dengan SE-1201 12-lead. Lead I pada Kardia Mobile 6-lead dibagi menjadi empat hingga enam bagian yang mana yaitu terdiri dari empat interval RR. Interval RR pada Kardia Mobile dari satu lead dipilih berdasarkan standar deviasi yang terkecil dari beberapa bagian interval RR dengan menggunakan persamaan 2. Adapun bagian dari sinyal EKG Kardia Mobile 6-lead yang akan digunakan pada analisis karakterisasi dalam penelitian ini ditunjukkan pada grafik Gambar 3.



Gambar 3. Bagian Lead I yang dipilih untuk Kardia Mobile 6-lead dari sepuluh subjek

Sinyal EKG dari kedua alat yaitu Kardia Mobile 6-lead dan SE-1201 12-lead yang telah melalui proses digitasi dan pemilihan, khusus untuk Kardia Mobile 6-lead, selanjutnya dianalisis karakterisasinya menggunakan metode HRV. Analisis yang dilakukan yaitu berupa merata-ratakan nilai interval RR dari lima nilai RR yang terdapat dalam satu bagian sinyal EKG, menghitung standar deviasi, dan menghitung rMSSD. Perhitungan terhadap rMSSD dilakukan untuk melihat aktivitas parasimpatis jantung. Hasil analisis sinyal EKG dari kedua alat terhadap interval RRnya untuk sepuluh subjek pada lead I tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata interval RR dan rMSSD pada kedua alat EKG

Lead I						
No	Subjek	Rata-rata Interval RR $\pm$ SD (ms)		rMSSD (ms)		<i>P-value</i> (sigma=0,005)
		KM	SE	KM	SE	
1	I	0,736 $\pm$ 0,006	0,725 $\pm$ 0,038	0,008	0,044	0,261
2	II	0,691 $\pm$ 0,005	0,868 $\pm$ 0,033	0,011	0,052	
3	III	0,687 $\pm$ 0,007	0,893 $\pm$ 0,026	0,009	0,038	
4	IV	0,719 $\pm$ 0,011	0,702 $\pm$ 0,022	0,013	0,034	
5	V	0,688 $\pm$ 0,013	0,784 $\pm$ 0,023	0,017	0,022	
6	VI	0,707 $\pm$ 0,007	0,701 $\pm$ 0,017	0,008	0,020	
7	VII	0,619 $\pm$ 0,029	0,699 $\pm$ 0,076	0,027	0,095	
8	VIII	0,742 $\pm$ 0,002	0,623 $\pm$ 0,032	0,004	0,049	
9	IX	0,747 $\pm$ 0,014	0,698 $\pm$ 0,022	0,021	0,037	
10	X	0,749 $\pm$ 0,004	0,734 $\pm$ 0,013	0,007	0,012	
Nilai rata-rata		0,709 $\pm$ 0,010	0,743 $\pm$ 0,030	0,012	0,040	

SD: *standard deviation*

Kemudian, untuk melihat hubungan antara hasil analisis variabel-variabel tersebut kita dilakukan uji statistik menggunakan uji-t. Perhitungan dilakukan dengan meninjau nilai interval RR dari Kardia Mobile 6-lead dan SE-1201 12-lead. Hasil perhitungan menggunakan Microsoft excel menunjukkan *P-value* >0,005 (Tabel 2).

3.2. Pembahasan

Dari data grafik Gambar 3 untuk Kardia Mobile 6-lead, kita dapat melihat bahwa dari sepuluh subjek terdapat beberapa subjek yang bagian terpilih dari lead I berada pada bagian yang sama. Subjek tersebut diantaranya subjek I, III, VIII, dan IX di bagian dua, subjek II dan V di bagian enam, subjek VI dan X di bagian satu. Adapun, dua subjek berada di bagian yang berbeda dari lainnya yaitu subjek VI di bagian tiga dan subjek VII di bagian VII. Perbedaan bagian lead I yang memiliki standar deviasi terkecil pada beberapa subjek dapat dikarenakan kondisi fisiologis subjek, perubahan stabilitas alat saat pengukuran, maupun hasil digitasi.

Selanjutnya, sinyal-sinyal EKG dari kedua alat yang telah melalui proses digitasi dan pemilihan, khusus untuk Kardia Mobile 6-lead, dianalisis karakteristiknya menggunakan metode HRV. Sinyal EKG pada lead I masing-masing alat dari sepuluh subjek yang telah dianalisis menunjukkan nilai rata-rata interval RR pada setiap subjek memiliki nilai yang berbeda. Adapun, hasil karakterisasi untuk Kardia Mobile 6-lead menunjukkan rata-rata interval RR dari sepuluh subjek berada pada rentang 0,619 ms hingga 0,749 ms. Nilai standar deviasi dari pengukuran dengan alat portabel tersebut sebesar 0,002 ms hingga 0,029 ms. Kemudian, hasil analisis sinyal EKG pada SE-1201 12-lead menunjukkan rata-rata interval RR berada pada rentang 0,623 ms hingga 0,893 ms dengan standar deviasi sekitar 0,013 ms hingga 0,038 ms. Perubahan nilai SD yang cukup besar terjadi pada subjek VII baik dari Kardia Mobile 6-lead maupun SE-1201 12-lead. Sedangkan, subjek lainnya perubahan interval RR maupun SDnya masih dalam rentang yang cukup kecil.

Kemudian, analisis HRV pada sinyal EKG berupa rMSSD pada setiap subjek dapat dilihat untuk subjek normal berdasarkan pengukuran selama 30 detik sebesar 0,004 – 0,027 ms untuk Kardia Mobile 6-lead dan sebesar 0,012 – 0,095 ms untuk SE-1201 12-lead. Sebagaimana, interval RR pada rMSSD juga perubahan nilai yang cukup besar terdapat pada subjek VII. Hal ini dapat dikarenakan adanya proses penurunan kualitas digitasi dari sinyal EKG pada subjek tersebut, sehingga menimbulkan selisih nilai yang cukup besar dari nilai pada lead lainnya.

Terakhir untuk melihat hubungan antara hasil analisis variabel-variabel tersebut, dilakukan uji statistik menggunakan uji-t. Hasil perhitungan menggunakan Microsoft excel menunjukkan $p\text{ value} > 0,005$ yaitu $0,261 > 0,005$, nilai ini artinya tidak ada perbedaan yang signifikan dari pengukuran menggunakan Kardia Mobile 6-lead maupun SE-1201 12-lead berdasarkan nilai interval RR dari kedua alat.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengolahan dan analisis terhadap data hasil penelitian, maka kita dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut diantaranya karakteristik sinyal EKG pada lead I dari Kardia Mobile 6-lead yang ditinjau dari interval RR, dan rMSSD memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan SE-1201 12-lead dibuktikan dengan nilai $p\text{ value} > 0,005$. Pada penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari Kardia Mobile 6-lead maupun SE-1201 12-lead dengan raw datanya. Selain itu, perlu pula dilakukan analisis pada hasil pengukuran dari Kardia Mobile dari beberapa lead lainnya.

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada program penelitian P2MI ITB dan pihak rumah sakit RSUD Ade M djoen sebagai tempat pengambilan data penelitian untuk karya tulis ini.

Referensi

- 1 E Burhan, AD Susanto, SA Nasution, dkk , “Panduan diagnosis dan tatalaksana penyakit kardiovaskular pada pandemi covid-19 (terjemahan dokumen European Society of Cardiology 21 April 2020)”, PERKI, (2020).
- 2 DY Hasanah, ES Nauli, PP Dewi, LD Suryani, NM Suryana, VKP Putri, W Aditya, "Gangguan Kardiovaskular pada Infeksi COVID 19," Indonesian Journal of Cardiology, **41**(2):59-68, (2020).
- 3 A Dupre, S Vincent, PA Iaizzo, "Basic ECG Theory, Recordings, and Interpretation," in *Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices*, Tatowa, Humana Press, 191-201, (2015).
- 4 M Al Ghatri dan L Joseph, "A brief review: history to understand fundamentals of electrocardiography," Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives, **14383**(2):1-5, (2012).
- 5 P Sahni, *From Room to Wrist: The Evolution of the ECG*, Medanta, (2018).
- 6 J Jusak, dan I Puspasari, "Wireless Tele-Auscultation for Phonocardiograph Signal Recording Through Zigbee Networks," IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile, 95-100, (2015).
- 7 T AliveCor. *ser Manual for KardiaTM by AliveCor*, USA: AliveCor, (2011).
- 8 T AliveCor. *Instructions for Use (IFU) for Kardia Mobile 6L (AC-019)*, USA: AliveCor, (2019).
- 9 J Lau, N Lowres, L Neubeck, D Brieger, C Galloway, D Albert, dan S Freedman. "iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: a novel technology to prevent stroke," International Journal of Cardiology, 193–212, (2013).
- 10 P Chan, C Wong, L Pun, et al, "Head-to-head comparison of the AliveCor heart monitor and micro life watch bp office AFIB for atrial fibrillation screening in a primary care setting," Circulation, **135**:110-112, (2016).
- 11 P Jesús, G Antonio-Javier, M Marín, J Garcia-Haro, "A Prototype Framework Design for Assisting the Detection of Atrial Fibrillation Using a Generic Low-Cost Biomedical Sensor," Sensor, **896**(20):1-19, (2020).
- 12 Edan. *User Manual SE-1201*, Edan Instruments, (2011).
- 13 D. Drevo, R. F. Sophie, L. Allura, dan Malcolm, "Intercoder Reliability and Validity of WebPlotDigitizer in Extracting Graphed Data," Behavior Modification, **41**(2):323-339, (2017).
- 14 G. Mitko, G. Evgeniya, dan G. Galya, "Healthcare Data Analytics and Management," in *Mathematical methods of ECG data analysis*, Amsterdam, Elsevier, 177-209, (2019).