

PERAN AMPLITUDO PEAK R ELEKTROKARDIOGRAM DALAM MENDIAGNOSIS PENYAKIT JANTUNG

Sabar Setiawidayat¹⁾

¹Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang
Email: sabarset@widyagama.ac.id

Abstrak

Keterbatasan informasi peak R dalam hasil pemeriksaan Electro cardiogram menyebabkan dilakukannya perhitungan manual menggunakan garis kotak-kotak pada *ECG paper*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai *peak amplitude peak* tiap siklus pada Elektro kardiogram diskrit, sehingga tidak diperlukan lagi perhitungan manual untuk mendiagnosis kondisi Jantung. Lead II digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan *peak amplitude* tiap siklus. Penerapan metode dua Filterisasi nilai amplitudo akan didapatkan nilai amplitudo maksimum yang sebenarnya pada tiap siklus. Filter pertama akan menghasilkan grup nilai-nilai amplitudo sedangkan filter kedua akan menghasilkan satu nilai tertinggi dari tiap grup nilai filter pertama sebagai nilai *peak R*. Durasi antara *peak R* (R_n) yang satu dengan *peak R* berikutnya (R_{n+1}) merupakan durasi siklus ke n. Dalam penelitian ini, data diskrit ECG diperoleh dari Physionet MIT-BIH dan Laboratorium CVCU RS Saiful Anwar Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 30 sampel *peak R* terdapat pasien kondisi normal 46.67%, kondisi hipertrofi 10.00% dan kondisi hipotrofi 43.33%, sedangkan berdasarkan *heart rate* maka jumlah sampel kondisi normal 90%, kondisi *bradycardia* 6.67% dan kondisi *tachycardia* 3.33%.

Kata kunci: diagnosis, heart rate, peak R, ECG diskrit

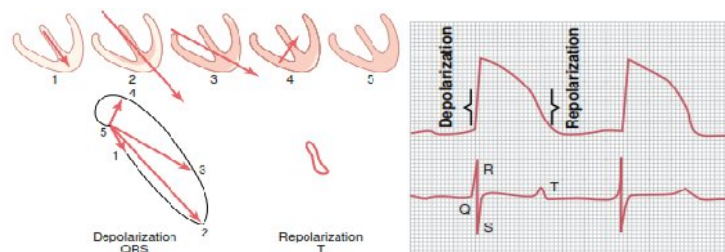
Abstract

Limitations of peak information R in the results of the examination Electrocardiogram causes manual calculation using a checkered line on ECG paper. This study aims to obtain peak amplitude values for each cycle on a discrete electrocardiogram, so that no manual calculation is needed to diagnose heart conditions. Lead II is used as a reference to get peak amplitude for each cycle. Application of the second method Filtering the amplitude value will get the actual maximum amplitude value in each cycle. The first filter will generate groups of amplitude values while the second filter will produce the highest value of each group first filter value as peak value R. The duration between peak R (R_n) one with the next peak R (R_{n+1}) is the duration of the cycle to n. In this study, discrete ECG data were obtained from Physionet MIT-BIH and CVCU Laboratory at Saiful Anwar Hospital in Malang. The results showed that of the 30 peak R samples there were 46.67% of normal patients, 10.00% hypertrophic condition and 43.33% of hypotrophic conditions, whereas based on heart rate the normal condition was 90%, bradycardia 6.67% and tachycardia 3.33%.

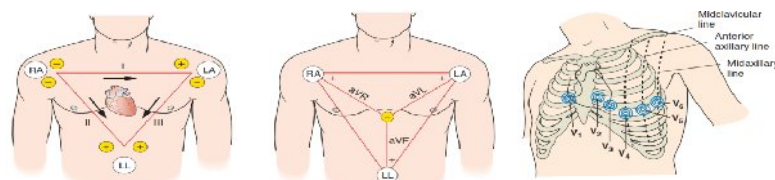
Keywords: diagnosis, heart rate, peak R, discrete ECG

PENDAHULUAN

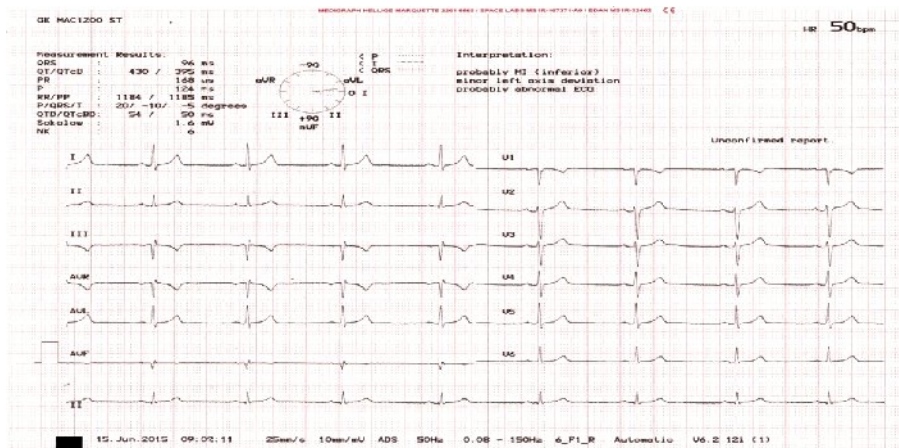
Electrocardiogram adalah gambaran gelombang kelistrikan Jantung yang dipresentasikan oleh *Electro cardiography* (Chia, 2000). Periodiknya propagasi impuls dari serabut syaraf *Pacemaker* (SA node, AV node, Purkinje fibre) ke otot-otot Jantung menimbulkan siklus-siklus depolarisasi dan repolarisasi pada otot Jantung (Widjaja et al., 2010). Depolarisasi akan menimbulkan kontraksi otot sedangkan repolarisasi akan menimbulkan relaksasi otot. Otot Jantung terdiri dari otot *Atrium* (serambi, kiri dan kanan) dan otot *Ventricle* (bilik, kiri dan kanan) (Iaizzo, 2005). Einthoven menamakan Depolarisasi otot *Atrium* sebagai gelombang P, depolarisasi *Ventricle* sebagai gelombang QRS dan repolarisasi *Ventricle* sebagai gelombang T (Jones, 2007). Amplitude peak R adalah beda potensial tertinggi dari tiap siklus Elektro kardiogram sebagai akibat adanya depolarisasi maksimum dari otot *Ventricle*. Propagasi Impuls dari *Pacemaker* yang menjalar dari SA node hingga *Purkinje fibre* akan sampai pada permukaan kulit tubuh karena tubuh manusia adalah penghantar yang baik (Cameron and Skofronick, 1978). Dalam Pemeriksaan standard klinis, 12 electrode dipasang pada permukaan kulit tubuh, yaitu 6 sadapan dibagian Ekstremitas (lead I, II, III, aVR, aVF, aVL) dan 6 sadapan dibagian dada (lead V1, V2, V3, V4, V5, V6) (Foster, 2007). Gambar 1 menunjukkan depolarisasi dan repolarisasi yang terjadi pada otot Jantung, gambar 2 memperlihatkan lokasi pemasangan *electrode* pada pemeriksaan standard klinis sedangkan gambar 3 memperlihatkan Elektro kardiogram hasil pemeriksaan standard klinis.



Gambar 1. Depolarisasi dan Repolarisasi pada Otot Jantung (Guyton and Hall, 2006)



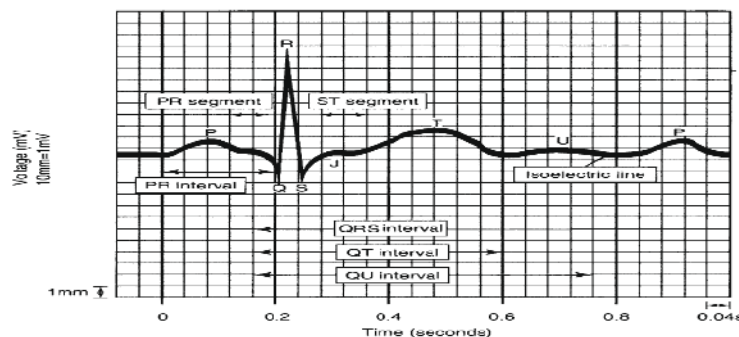
Ekstremitas bipolar Ekstremitas Unipolar Precordial
Gambar 2. Lokasi pemasangan Electrode pada pemeriksaan standard klinis (John, 2003)



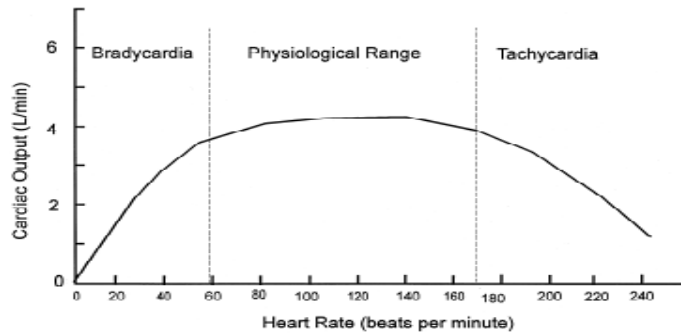
Gambar 3. Elektro kardiogram hasil pemeriksaan Standard klinis

Keterbatasan informasi peak R dalam hasil pemeriksaan Elektro kardiogram menyebabkan dilakukan perhitungan secara manual menggunakan garis kotak-kotak pada ECG paper (John, 2003). Perhitungan dengan cara ini membutuhkan waktu dan hasilnya kurang akurat. Beberapa peneliti yang telah mengusulkan metode penentuan nilai *amplitude peak R* dengan basis gelombang Elektro kardiogram diantaranya adalah (Ali Thariq and Jung H, 2015), (Arkadiy, 2015), (Ashish Birle et al., 2015), (Bawa and Sabherwal, 2014), (Crema et al., 2016), (Devy Widjaja et al., n.d.), (Hussain A. Jaber AL-Ziarjawey and Ilyas Çankaya, 2015), (Pankhuri Trivedi and Shahanaz Ayub, PhD, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *amplitude peak R* tiap siklus dan durasi tiap siklus berbasis data diskrit. Nilai *amplitude peak R* adalah nilai amplitude maksimum pada tiap siklus sedangkan durasi siklus adalah durasi waktu antara posisi peak R dengan posisi peak R berikutnya (Setiawidayat and Joegijantoro, 2018), (Setiawidayat et al., 2016b), (Setiawidayat et al., 2016a). Satu siklus dalam kertas *ECG paper* diperlihatkan pada gambar 4 sedangkan batasan jumlah denyut per menit (heart rate) ditunjukkan di gambar 5.



Gambar 4 .Acuan perhitungan manual pada kotak-kotak kertas ECG(Stouffer, 2007)



Gambar 5. Batasan HR bradikardia, normal dan takhikardia(Braunwald, 2001)

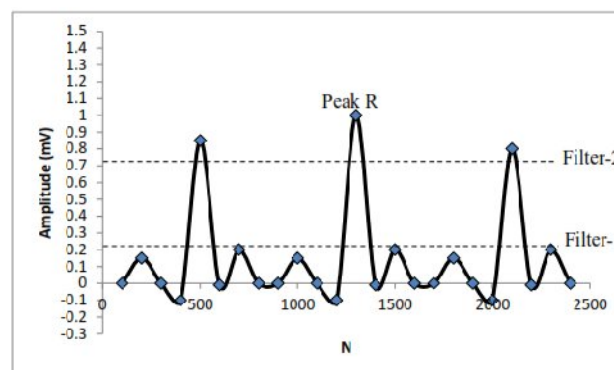
METODE PENELITIAN

Objek dari penelitian ini adalah sampel data diskrit sinyal ECG. Data sampel diperoleh dari MIT-BIH Physionet(dengan cara mengunduh file) dan dari CVCU rumah sakit Saiful Anwar Malang. Data dari CVCU adalah data hasil pemeriksaan langsung kepada pasien di rumah sakit menggunakan perangkat Elektro kardiograf diskrit (ECGd) (Setiawidayat, 2017),(Setiawidayat and Putri, 2016).

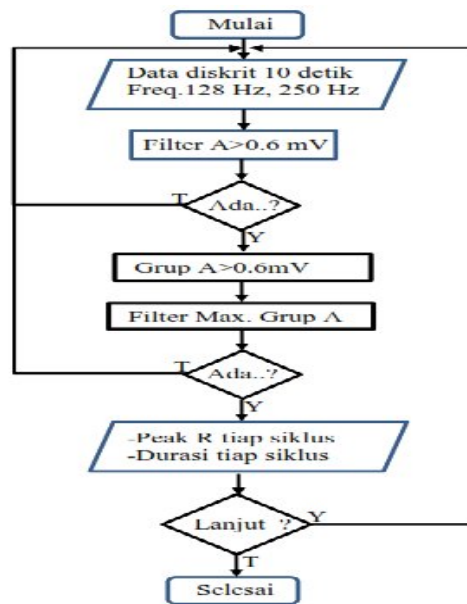
Penelitian ini dirancang dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data diskrit ECG selama 10 detik
 - a. Mengunduh 20 *record sample* dari MIT-BIH Physionet
 - b. Pemeriksaan 10 pasien langsung menggunakan perangkat ECGd
2. Pemrograman Filterisasi menggunakan Excel
 - a. Program graph dan plot Electro cardiogram
 - b. Program Filter amplitude dandurasi

Gambar 6 mengilustrasikan tahapan filterisasi untuk mendapatkan nilai amplitude peak R sedangkan gambar 7 menunjukkan diagram alir untuk program komputer.



Gambar 6. Ilustrasi Filter amplitude peak R



Gambar 7. Diagram alir proses perolehan amplitude peak R dan Durasi tiap siklus

Data diskrit ECG lead II selama 10 detik hasil sampling 128 Hz dari Physionet MIT-BIH dan data diskrit hasil pemeriksaan ECG lead II di CVCU (250 Hz) digunakan sebagai data. Nilai integer (posisi n) dari nilai-nilai amplitude > 6 mV dimasukkan dalam grup Amplitudo. Dilakukan filterisasi maksimum nilai amplitudo yang terdapat pada tiap grup sehingga diperoleh satu nilai maksimum pada tiap grup. Nilai amplitudo pada tiap grup merupakan nilai peak R. Durasi antara peak R (R_n) yang satu dengan peak R berikutnya (R_{n+1}) merupakan durasi siklus ke n.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Salah satu file data hasil pemeriksaan langsung ditunjukkan pada gambar 8 sedangkan data unduhan dari MIT-BIH Physionet ditunjukkan pada gambar 9a dan 9b.

A250-A12-001 [Compatibility Mode] - Microsoft Excel															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Code data	:	A250-A12-001					Sex/Status	:	Male					
2	Age	:	23					Height/Weight	:	165/67					
3	Blood type	:	AB					Date of Check	:	04/04/2015					
4															
5	N	I	II	III	aVL	aVR	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6	time	
6	1	0.229	0.188	-0.051	-0.214	0.130	0.084	0.238	0.326	0.375	0.312	0.284	0.493	0.000	
7	2	0.291	0.132	-0.032	-0.172	0.113	0.059	0.225	0.465	0.480	0.436	0.332	0.419	0.004	
8	3	0.139	0.126	-0.025	-0.142	0.098	0.047	0.222	0.404	0.427	0.359	0.431	0.530	0.008	
9	4	0.124	0.109	-0.034	-0.117	0.083	0.042	0.249	0.530	0.570	0.546	0.222	0.222	0.012	
10	5	0.085	0.084	0.030	-0.069	0.032	0.032	0.266	0.501	0.515	0.297	0.221	0.221	0.016	
11	6	0.042	0.079	0.021	-0.064	0.006	0.005	0.222	0.232	0.264	0.242	0.272	0.171	0.020	
12	7	0.020	0.066	0.046	-0.042	-0.012	0.006	0.229	0.287	0.306	0.184	0.210	0.108	0.024	
13	8	-0.002	0.035	0.075	-0.026	-0.022	0.004	0.224	0.222	0.145	0.127	0.142	0.042	0.038	
14	9	-0.024	0.054	0.060	-0.004	-0.042	0.047	0.172	0.072	0.080	0.061	0.079	-0.016	0.032	
15	10	-0.057	0.007	0.064	0.023	-0.061	0.023	0.165	0.026	0.032	0.067	0.027	-0.057	0.036	

Gambar 8. Samples as text record A250-A12-001

Time (hh:mm:ss.mmm)	ECG1 (mV)	ECG2 (mV)	Filtered time (hh:mm:ss.mmm)	MIT (mV)	BIH (mV)
[00:04:00.000]	0.160	0.320	0:00.000	-0.210	0.195
[08:04:00.008]	-0.155	-0.225	0:00.003	-0.310	0.195
[08:04:00.016]	-0.155	-0.225	0:00.006	-0.310	0.195
[08:04:00.024]	0.200	0.300	0:00.009	-0.310	0.195
[08:04:00.032]	-0.155	-0.225	0:00.012	-0.310	0.195
[08:04:00.040]	-0.155	-0.225	0:00.015	-0.310	0.195
[08:04:00.048]	0.180	0.280	0:00.018	-0.310	0.195
[08:04:00.056]	-0.095	-0.185	0:00.021	-0.210	0.195
[08:04:00.064]	-0.095	-0.185	0:00.024	-0.290	0.195
[08:04:00.072]	0.060	0.090	0:00.027	-0.285	0.175
[08:04:00.080]	-0.065	-0.055	0:00.030	-0.245	0.175
[08:04:00.088]	-0.125	-0.045	0:00.033	-0.015	0.170
[08:04:00.096]	-0.125	-0.045	0:00.036	-0.015	0.170
[08:04:00.104]	-0.125	-0.045	0:00.039	-0.015	0.170
[08:04:00.112]	-0.125	-0.045	0:00.042	-0.275	0.175
[08:04:00.120]	-0.165	-0.015	0:00.045	-0.275	0.170
[08:04:00.128]	-0.165	-0.015	0:00.048	-0.275	0.170
[08:04:00.136]	-0.165	-0.015	0:00.051	-0.260	0.195

(a)

(b)

Gambar 9. Samples as text MIT-BIH record 16265 dan record105

Hasil Filterisasi amplitude peak R danHeart rate

Hasil filterisasi amplitude peak R ditunjukkan pada tabel 1 sedangkan diagnosis kondisi Jantung berdasarkan *heart rate* ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1.Hasil Filterisasi peak R berikut Posisi n diskritnya

No	Record Sampel	peak R (mV) / Posisi n																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	A-101	2.183	2.212	2.245	1.980	2.288	2.121	1.817	2.114	1.631	1.902	1.873	1.941	1.781	1.784			
		117	279	444	608	942	1108	1272	1434	1596	1757	1918	2078	2237	2397			
2	A-102	2.438	2.575	2.575	2.559	2.598	2.428	2.480	2.627	2.775	2.817	2.794	2.683	2.523	2.516			
		14	195	378	587	749	934	1121	1308	1518	1685	1867	2052	2233	2417			
3	A-103	2.420	2.365	2.342	2.360	2.324	2.265	2.287	2.302	2.291	2.251	2.241	2.238	2.226				
		173	343	518	697	877	1058	1243	1429	1614	1794	1947	2155	2340				
4	A-104	10.603	10.563	10.509	10.594	10.525	10.523	10.611	10.572	10.591	10.594	10.605						
		185	391	609	833	1058	1290	1527	1751	1975	2207	2436						
5	A-105	-0.280	-0.431	-0.350	-0.335	-0.408	-0.293	-0.352	-0.418	-0.286								
		87	345	611	872	1141	1418	1691	1968	2247								
6	A-110	-3.602	-3.693	-4.012	-3.638	-3.772	-3.965	-3.843	-4.053	-3.835	-3.906	-4.051	-4.020	-3.650	-4.138	-4.480	-4.366	
		102	227	354	480	608	734	860	986	1113	1240	1364	1488	1615	1740	1863	1987	
7	A-120	-0.371	-0.333	-0.321	-0.246	-0.25	-0.404	-0.346	-0.421	-0.233	-0.275	-0.438						
		40	429	664	888	1101	1316	1461	1607	1836	2042	2263						
8	A-150	-0.705	-0.751	-0.742	-0.835	-0.623	-0.757	-0.751	-0.876	-0.821	-0.917	-0.674						
		145	358	588	799	1035	1232	1466	1667	1898	2102	2415						
9	A-175	2.446	0.804	2.596	2.431	0.871	2.714	2.503	2.296	2.462	2.598	1.088	2.428					
		25	164	452	661	806	1085	1294	1499	1706	1913	2049	2323					
10	N-16265	2.635	2.675	2.755	2.855	2.735	2.855	2.955	1.815	2.725	2.775	2.745	2.755	2.655	2.825	2.835	2.745	
		44	125	206	287	366	446	525	604	683	761	840	920	1000	1080	1161	1244	
11	N-16272	1.065	1.055	1.355	1.665	1.585	1.335	1.335	1.315	1.485	1.585							
		38	158	273	386	500	615	737	858	979	1213							
12	N-16273	3.095	3.195	3.485	3.345	2.925	3.325	3.425	3.555	3.245	3.235	3.035	3.185	3.225	3.015	3.015	3.285	3.225
		4	79	154	229	305	382	456	531	609	691	775	858	938	1017	1096	1174	1251
13	N-16420	1.895	1.825	1.695	1.665	1.645	2.155	1.875	1.735	2.125	1.805	1.595	1.645	1.365	1.795	1.855	1.775	
		32	114	196	280	360	442	523	604	685	765	846	924	1002	1079	1157	1235	
14	N-16483	1.435	1.515	1.505	1.465	1.435	1.375	1.615	1.495	1.496	1.305	1.585	1.375	1.505	1.255	1.325	1.375	
		22	102	181	261	340	419	498	579	659	741	822	904	987	1070	1152	1234	
15	N-16539	1.745	1.685	1.555	1.255	1.755	1.595	1.655	1.465	1.725	1.495	1.775	1.645	1.675				
		68	174	284	394	492	590	691	799	902	1002	1093	1184	1276				
16	N-16773	2.945	2.495	3.065	2.985	3.035	2.745	2.805	2.985	3.145	3.025	2.795	2.855	2.875				
		24	135	250	367	476	581	683	781	875	962	1052	1143	1243				
17	N-16786	2.945	2.935	2.525	2.865	2.805	2.755	2.525	2.805	2.825	2.805	2.335	2.895					
		89	194	297	406	520	627	735	844	948	1047	1153	1261					
18	N-16795	0.885	0.985	0.805	0.655	0.835	0.825	0.855	0.925	0.925	0.695	0.875						
		47	159	274	397	519	641	760	878	998	1105	1202						
19	N-17052	1.185	1.385	1.285	1.325	1.175	1.465	1.425	1.275	1.325	1.405	1.135						
		14	136	262	390	511	625	739	851	964	1073	1182						
20	N-17453	2.455	2.255	2.545	2.555	2.335	2.465	2.305	2.365	2.285	2.175	2.305	2.395	2.355	2.185			
		48	148	250	353	454	549	642	734	824	913	1000	1091	1186	1278			
21	A250-A12-001	0.989	0.96	1.021	0.779	0.837	0.806	0.751	0.807	0.892	0.925	0.892						
		174	385	591	824	1044	1300	1574	1771	2017	2266	2494						
22	A250-A12-002	1.093	1.174	1.082	0.871	0.723	0.942	1.235	1.345	1.200	1.049	1.089						
		129	345	576	809	1032	1249	1481	1721	1953	2171	2401						
23	A250-A12-003	1.264	1.710	1.714	1.600	1.116	1.251	1.345	1.205	1.314	1.497	1.423	1.226					
		78	266	453	641	837	1038	1247	1455	1666	1881	2096	2305					
24	A250-A12-004	1.012	1.049	1.354	1.208	1.155	1.089	1.002	0.767	0.767	1.180	1.101	1.124	1.183	1.326			
		30	215	395	576	762	948	1125	1305	1491	1671	1848	2026	2209	2383			
25	A250-A12-005	1.183	1.217	1.231	1.327	1.327	1.446	1.520	1.435	1.347	1.364	1.320	1.078	1.205				
		183	363	538	712	886	1062	1240	1420	1605	1790	1975	2157	2341				
26	A250-A12-006	1.048	1.049	1.015	1.023	1.051	1.137	1.075	1.069									
		75	383	694	1007	1322	1634	1949	2263									
27	A250-A12-007	1.050	1.043	1.347	1.252	1.230	1.309	1.649	2.246	2.116	1.429	1.219	1.183					
		102	312	519	725	934	1142	1351	1559	1769	1980	2197	2409					
28	A250-A12-008	1.942	2.030	2.016	2.016	2.091	1.976	1.903	2.031	2.093	2.054	2.115	1.908	1.784	1.781			
		63	170	404	572	737	902	1082	1265	1442	1627	1805	1983	2166	2341			
29	A250-A12-009	0.406	0.367	0.290	0.461	0.097	0.049	0.682	0.616	0.167	-0.120	0.049	0.231	0.453	0.430			
		64	234	402	570	735	903	1073	1237	1413	1601	1779	1955	2134	2330			
30	A250-A12-010	0.582	0.475	0.618	0.595	0.531	0.431	0.322	0.473	0.758	1.039	1.074	1.081	1.013	0.915	0.763	0.675	
		38	190	343	497	652	810	966	1121	1272	1422	1574	1729	1887	2045	2199	2353	

Pembahasan

Tabel 1 merupakan hasil pemeriksaan Jantung selama 10 detik. Amplitude tertinggi terdapat pada sampel A-104 yaitu 10.611 mV pada siklus ke 7, dengan jumlah siklus atau peak R sebanyak 11 peak R. Jumlah siklus atau peak R terendah ditunjukkan pada sampel A250-A12-006 yaitu sebanyak 8 peak R. Jika batas normal peak R lead II adalah 1.6mV hingga 3 mV (Iaizzo, 2005) dan frekuensi atau heart rate (HR) kondisi normal adalah 60 bpm hingga 100 bpm (Skills Lab. Sistem Kardiovaskular, 2009) maka diagnosis sampel A-104 ini adalah hipertensi dengan HR 11 kali 6 = 66 bpm. Sampel A250-A12-006 memiliki peak R tertinggi sebesar 1.069 mV dengan HR 8 kali 6 = 48 bpm maka diagnosis sampel ini adalah Hipotensi dengan frekuensi dibawah normal.

Dengan mengamati peak R tertinggi dan cara perhitungan HR maka kondisi tiap sampel berdasarkan nilai *amplitude peak R* dan jumlah siklus ditunjukkan hasilnya pada tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Jantung berdasarkan peak R dan HR

No	Record Sampel	Peak R Max (mV)	Σ Siklus (10 detik)	Heart Rate (bpm)	Diagnosis	
					peak R	HR
1	A-101	2.288	14	84	Normal	Normal
2	A-102	2.817	14	84	Normal	Normal
3	A-103	2.42	13	78	Normal	Normal
4	A-104	10.611	11	66	Hipertrof	Normal
5	A-105	-0.431	9	54	Hipotrof	Bradycardia
6	A-110	-4.48	16	96	Hipotrof	Normal
7	A-120	-0.438	11	66	Hipotrof	Normal
8	A-150	-0.917	11	66	Hipotrof	Normal
9	A-175	2.714	12	72	Normal	Normal
10	N-16265	2.955	16	96	Normal	Normal
11	N-16272	1.665	10	60	Normal	Normal
12	N-16273	3.555	17	102	Hipertrof	Tachycardia
13	N-16420	2.155	16	96	Normal	Normal
14	N-16483	1.615	16	96	Normal	Normal
15	N-16539	1.775	13	78	Normal	Normal
16	N-16773	3.145	13	78	Hipertrof	Normal
17	N-16786	2.945	12	72	Normal	Normal
18	N-16795	0.985	11	66	Hipotrof	Normal
19	N-17052	1.465	11	66	Hipotrof	Normal
20	N-17453	2.555	14	84	Normal	Normal
21	A250-A12-001	1.021	11	66	Hipotrof	Normal
22	A250-A12-002	1.345	11	66	Hipotrof	Normal
23	A250-A12-003	1.714	12	72	Normal	Normal
24	A250-A12-004	1.354	14	84	Hipotrof	Normal
25	A250-A12-005	1.446	13	78	Hipotrof	Normal
26	A250-A12-006	1.137	8	48	Hipotrof	Bradycardia
27	A250-A12-007	2.246	12	72	Normal	Normal
28	A250-A12-008	2.215	14	84	Normal	Normal
29	A250-A12-009	0.682	14	84	Hipotrof	Normal
30	A250-A12-010	1.081	16	96	Hipotrof	Normal

Berdasarkan tabel 2 maka jumlah sampel peak R kondisi normal 46.67%, hipertrof 10.00% dan hipotrof 43.33%. Berdasarkan heart rate maka terdapat jumlah sampel normal 90%, bradycardia 6.67% dan Tachycardia 3.33%.

KESIMPULAN

1. Penerapan Filter maksimum nilai amplitude pada data diskrit akan diperoleh nilai-nilai *peak R* pada tiap siklus dan *heart rate*
2. Durasi antara amplitude *peak R* (R_n) ke amplitudo *peak R* (R_{n+1}) merupakan durasi siklus terdapatnya *peak R* (R_n)
3. Berdasarkan nilai amplitude *peak R* maka dari 30 sampel terdapat pasien kondisi normal 46.67%, kondisi hipertrof 10.00% dan kondisi hipotrof 43.33%
4. Berdasarkan *heart rate* dari 30 sampel maka terdapat jumlah sampel kondisi normal 90%, kondisi *bradycardia* 6.67% dan kondisi *tachycardia* 3.33%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti atas kepercayaan yang telah diberikan kepada peneliti atas hibah pendanaan dalam pelaksanaan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) tahun 2017-2018.

REFERENSI

- Ali Thariq, B., Jung H, K., 2015. R-peak detection in ECG signal compression for heartbeat rate patients at 1 kHz using High Order Statistic Algorit. J. Multidiciplinary Eng. Sci. Technol. JMEST 2, 7.
- Arkadiy, K., 2015. The Algorithm of Estimation of Parameters of Heart Rate, PQ and ST Intervals with Daily Monitoring Using a Portable Multifunction Device, in: 2015 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). Presented at the 2015 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT), pp. 82–84. <https://doi.org/10.1109/EnT.2015.25>
- Ashish Birle, Suyog Malviya, Deepak Mittal, 2015. A Novel Technique of R-Peak Detection for ECG Signal Analysis: Variable Threshold Method. Int. J. Adv. Res. Electron. Commun. Eng. IJARECE 4.
- Bawa, kartika, Sabherwal, P., 2014. R-Peak Detection by Modified Pan-Tompkins Algorithm | IJOART Editor - Academia.edu [WWW Document]. URL https://www.academia.edu/8224161/R-Peak_Detection_by_Modified_Pan-Tompkins_Algorithm (accessed 6.6.17).
- Braunwald, E., 2001. Heart Physiology and Pathology, Ninth Edition. ed. Boston, Massachusetts.
- Cameron, J.R., Skofronick, J.G., 1978. Medical physics. Wiley.
- Chia, B., 2000. Cnical Electrocardiography, Third Edition. ed. World Scientific, New Jersey.

- Crema, C., Depari, A., Flammini, A., Vezzoli, A., 2016. Efficient R-peak detection algorithm for real-time analysis of ECG in portable devices, in: 2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS). Presented at the 2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/SAS.2016.7479846>
- Devy Widjaja, Steven Vandeput, Joachim Taelman, Marijke AKA Braeken, Ren ' ee A Otte, n.d. Accurate R Peak Detection and Advanced Preprocessing of Normal ECG for Heart Rate Variability Analysis. *Comput. Cardiol.* 2010 4.
- Foster, D.B., 2007. Twelve-Lead Electrocardiography, Second. ed. Springer-Verlag London, London.
- Guyton, A.C., Hall, J.E., 2006. Textbook of Medical Physiology, 11th ed. Elsevier Saunders, Mississippi.
- Hussain A. Jaber AL-Ziarjawey, Ilyas Çankaya, 2015. Heart Rate Monitoring and PQRST Detection Based on Graphical User Interface with Matlab. *Int. J. Inf. Electron. Eng.* vol.5 no.4, 6. <https://doi.org/DOI:10.7763/IJIEE.2015.V5.550>
- Iaizzo, P.A., 2005. Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices, ANSI Z39.48-1984 (American National Standards Institute) Permanence of Paper for Printed Library Materials. ed. © 2005 Humana Press Inc., Totowa, New Jersey 07512.
- John, R.H., 2003. The ECG in Practice, Fourth Edition. ed. Churchill Livingstone An imprint of Elsevier Science Limited, Nottingham UK.
- Jones, S.A., 2007. ECG Success: Exercises in ECG Interpretation, 1 edition. ed. F.A. Davis Company, Philadelphia.
- Pankhuri Trivedi, Shahanaz Ayub, PhD, 2014. Detection of R Peak in Electrocardiogram. *Int. J. Comput. Appl.* 0975 – 8887 vol.97 no.20, 4.
- Setiawidayat, S., 2017. Software Design for the Representation of Parameter values of Electrocardiogram 12-lead. 4th Int. Conf. Adv. Mol. Biosci. Biomed. Eng. ICAMBBE 2017 4th, 6.
- Setiawidayat, S., Joegijantoro, R., 2018. Algorithm for the Representation of Parameter Values of Electrocardiogram. *Telkomnika* Vol.16, no.3, 8. <https://doi.org/DOI:10.12928/TELKOMNIKA.v16i3.6934>
- Setiawidayat, S., Putri, S.I., 2016. Filtering data diskrit Elektrokardiogram untuk penentuan PQRST dalam satu Siklus. *SENTIA* 2016 8.
- Setiawidayat, S., Sakti, S., Sargowo, D., 2016a. Determining the ECG 1 cycle wave using Discrete data. *J. Theor. Appl. Inf. Technol.* vol.88, no.1, 8.
- Setiawidayat, S., Sargowo, D., Sakti, S.P., Andarini, S., 2016b. The Peak of the PQRST and the Trajectory Path of Each Cycle of the ECG 12-Lead Wave. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 4, 169–175.

- Skills Lab. Sistem Kardiovaskular, F.U.H., 2009. Acuan Pemeriksaan EKG. FK Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Stouffer, G.A., 2007. Practical ECG Interpretation Clues to Heart Disease in Young Adults, first. ed. Blackwell Publishing was acquired by John Wiley & Sons in February 2007. Blackwell's publishing program, University of North Carolina.
- Widjaja, D., Vandeput, S., Taelman, J., Braeken, M.A., Otte, R.A., Bergh, B.R.V. den, Huffel, S.V., 2010. Accurate R peak detection and advanced preprocessing of normal ECG for heart rate variability analysis, in: 2010 Computing in Cardiology. Presented at the 2010 Computing in Cardiology, pp. 533–536.