

Diagnosis EKG dengan Sistem Pakar menggunakan K-NN

Ipin Prasajo, Sri Kusumadewi

Magister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14 Yogyakarta 55510
Telp (0274) 895287 ext 122, fax (0274) 895007 ext 148
rm_prasajo@yahoo.com, cicie@fti.uui.ac.id

Abstract. EKG sudah banyak digunakan di rumah sakit sebagai alat untuk merekam aktifitas kelistrikan jantung, dari rekaman EKG tersebut dokter ahli penyakit jantung dapat mendiagnosis penyakit apa yang diderita pasien. Masalah diagnosis bukanlah perkara mudah, hanya dokter ahli penyakit jantung atau orang yang berpengalaman saja yang dapat melakukannya dengan baik. Untuk memudahkan diagnosis maka diperlukan alat bantu diagnosis, alat bantu tersebut menggunakan program komputer yang menggunakan sistem pakar dengan dilengkapi data base penyakit jantung sebagai basis pengetahuan dan menggunakan K- Nearest Neighborhood (K-NN) sebagai metode klasifikasinya. Pengguna tinggal memasukan nilai komponen dari rekaman EKG kedalam program komputer, selanjutnya komputer akan memberikan hasil diagnosisnya kemampuan sistem ini adalah dapat mengidentifikasi kondisi jantung sehat atau myocardial infarction dengan akurasi 80% dengan uji validitas menggunakan metode single decision threshold.

Keywords: Ekg, Sistem Pakar dan K-NN

1 Pendahuluan

Pola makan yang buruk dan pola hidup yang tidak sesuai dengan kaidah pola hidup sehat dapat berakibat pada munculnya beraneka macam penyakit, seperti obeisitas, kolesterol gangguan pencernaan, kelainan pada jantung dan penyakit lainnya. Penyakit jantung (kardiovaskuler) merupakan kategori penyakit yang membahayakan, menurut badan kesehatan dunia (WHO) dalam publikasinya menyatakan bahwa kardiovaskuler merupakan penyakit sebagai penyebab utama kematian¹⁸. Pernyataan ini juga dikemukakan Dinas Kesehatan Republik Indonesia yang menyatakan bahwa penyakit jantung (kardiovaskular) merupakan penyebab kematian utama di Indonesia².

Berdasarkan akibat yang ditimbulkan maka pemeriksaan kesehatan jantung sedini mungkin dapat mencegah terkena penyakit jantung dan dapat mengambil tindakan medis dengan cepat sebelum penyakit jantung menjadi lebih parah, sehingga dapat menurunkan tingkat kematian akibat penyakit jantung. Hal ini sejalan dengan program pemerintah melalui kemenkes dalam meningkatkan kualitas dan akses masyarakat terhadap layanan kesehatan dan menyediakan sarana dan prasarana kesehatan yang memadai⁴.

Sarana kesehatan untuk pemeriksaan dini mengenai penyakit jantung dapat direalisasikan penggunaan perangkat lunak komputer sebagai alat bantu diagnosis EKG yang dapat digunakan dengan mudah oleh

tenaga medis tanpa harus didampingi oleh dokter spesialis penyakit jantung, sehingga pemeriksaan jantung menjadi lebih mudah semudah pemeriksaan kolesterol, asam urat atau gula darah yang pemeriksaannya dapat dilakukan di tempat dokter praktek atau puskesmas dan tidak harus dilakukan di rumah sakit besar.

2 Tinjauan Pustaka

Model pengukuran yang diperkenalkan oleh Dina kicmerova yang mana menggunakan pengukuran interval QT dari isyarat EKG dengan menggunakan wavelet based dan template matching method. Pemodelan aritmia menggunakan McSharry model dengan neural network dan klasifikasi berdasarkan PVC beat dengan sumber data dari data base ECG dari MIT/BIH^{3,12}.

Beda dengan metode yang digunakan kicmirona, Nugroho meneliti pengenalan pola grafik rekaman EKG menggunakan jaringan saraf tiruan (JST back propagation) sebagai solusi penafsiran pola rekaman EKG. Metode ini memiliki kemampuan mengenali pola – pola yang telah diajarkan dengan akurat namun gagal dalam pengenalan pola yang mirip¹⁵.

Sedangkan pada penelitian ini membangun EKG yang dilengkapi dengan tool yang dapat mengenali pola sinyal EKG yang selanjutnya akan menampilkan hasil diagnosis dengan menggunakan sistem pakar dengan data base sumber dari PTB diagnostic ecg data base (ptbdb)³ dan pengetahuan dari dokter ahli jantung.

2.1 Elektrokardiograf (EKG)

Elektrokardiograf adalah ilmu yang mempelajari tentang Elektrokardio-gram (EKG), atau alat yang digunakan untuk mengetahui pulsa dan isyarat jantung yang dapat dilihat pada layar monitor. Elektrokardio-gram jantung merupakan alat medis yang digunakan bersama elektrokardiograf berupa catatan atau gambar grafik yang didapatkan dari tubuh manusia melalui elektrode-elektrode yang akan menangkap pancaran potensial arus bioelektrik jantung^{7,9}.

Gelombang EKG, diwakilkan dengan huruf P, Q, R, S, T, dan U. Penamaan gelombang (garis-garis penyimpangan) tersebut didasarkan pada penamaan yang dilakukan oleh Du bois-Reymond yang mengambil huruf 'o' dari kata Origin (garis X) dalam diagram kartesius sebagai garis ekulibrium atau garis keseimbangan pada aliran listrik. Sehingga untuk menamakan penyimpangan dipilihlah huruf setelah huruf 'o' yaitu huruf 'p' dan seterusnya. Sedangkan Einthoven menggunakan garis 'o' atau garis X ini sebagai garis waktu dari diagramnya. Berikut adalah fungsi dari masing-masing gelombang^{5,7,9,17}:

Gelombang P.

Gelombang P menggambarkan aktivitas depolarisasi atrium (sistol atrium), merupakan gelombang pertama siklus jantung, setelah gelombang P pertama terjadi karena stimulasi atrium kanan serta bentuk downslope berikutnya terjadi karena stimulasi atrium kiri. Karakteristik gelombang P yang normal adalah lembut dan tidak tajam, durasi normal 0,08 – 0,10 detik dan tinggi tidak lebih dari 2,5 mm (0,25 mV).

Kepentingan:

menandakan adanya aktifitas atria.

Menunjukkan arah aktifitas atria.

Menandakan tanda-tanda hipertrofi atria.

Karena arah impuls gelombang P sejajar sumbu sadapan II dan karena elektroda V1 paling dekat dengan atrium kanan, maka gelombang P dan perubahan-perubahannya paling jelas terlihat pada sadapan II dan IV.

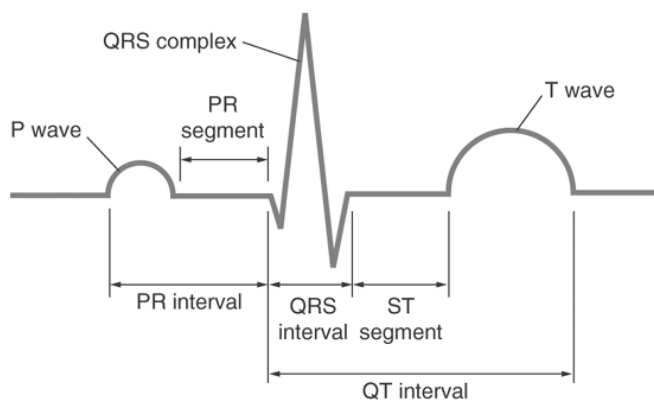


Fig 1. Gelombang EKG¹⁶

Gelombang Q.

Merupakan defleksi kebawah pertama dari kompleks QRS. Gelombang Q menggambarkan awal dari fase depolarisasi ventrikel.

Nilai normal gelombang Q

lebar sama atau lebih dari 0,04 detik (1 mm).

Dalamnya lebih dari 25% amplitudo gelombang R.

kepentingan: menunjukkan adanya nekrosis miokard (infrak miokard). gelombang Q pada sadapan aVR adalah keadaan yang normal.

Gelombang R.

Gelombang R adalah defleksi pertama dari kompleks QRS. Menggambarkan fase depolarisasi ventrikel. kepingan menandakan adanya hipertrofi ventrikel dan menandakan adanya BBB(bundle branch block)

Gelombang S.

Gelombang S adalah defleksi negatif setelah gelombang R. menggambarkan fase depolarisasi ventrikel kepingan : hampir sama dengan gelombang R dan kompleks QRS menggambarkan seluruh fase depolarisasi ventrikel.

Gelombang T.

Gelombang T menggambarkan fase repolarisasi ventrikel, arah normal sesuai dengan arah gelombang utama kompleks QRS.

Amplitudo normal

kurang dari 10mm di sadapan dada

kurang dari 5mm di sadapan ekstrimis

minimum 1mm

kepingan, menandakan adanya iskemik/infrak dan menandakan adanya kelainan elektrolit

Gelombang U.

Asal-usulnya tidak diketahui dan paling jelas terlihat di sadapan dada V1 – V4.

kepingan: bila amplitudo $U > T$ menandakan adanya hipokalemia dan Gelombang U yang terbalik terdapat pada iskemia dan hipertrofi.

Interval PR.

Interval PR merupakan penjumlahan dari waktu depolarisasi atria dan waktu perlambatan dari simpul AV(AV node delay). Interval PR adalah jarak antara permulaan gelombang P sampai dengan permulaan kompleks QRS. Nilai normal interval PR ditentukan oleh frekuensi jantung, bila denyut jantung lambat maka interval PR akan menjadi lebih panjang dengan Batas normal 0,12 – 0,2 detik.

Kepentingan : Interval PR $< 0,12$ detik : terdapat pada keadaan hantaran dipercepat(syndroma WPW).

Interval PR $> 0,2$ detik : terdapat pada blok AV. Interval berubah-ubah : terdapat pada wandering pacemaker.

Segmen PR .

Segmen PR dibentuk dari akhir gelombang P sampai awal kompleks QRS dan merupakan penentu garis isoelektris.

Kompleks QRS, menggambarkan interval waktu pendepolarisasian ventrikel.

Interval QT, merupakan aktivitas total ventrikel (mulai dari depolarisasi hingga repolarisasi ventrikel). Diukur mulai awal kompleks QRS hingga akhir gelombang T. Durasi normal rata-rata kurang dari 0,38 detik.

Segmen ST.

Segmen ST merupakan tanda awal repolarisasi ventrikel dari kiri dan kanan. Titik pertemuan antara akhir kompleks QRS dan awal segmen ST disebut J point. Jika J point berada di bawah garis isoelektris disebut depresi J point dan jika di atas garis isoelektris disebut elevasi J point.

2.2 Sistem Pakar

Kecerdasan buatan merupakan bidang ilmu komputer yang mendayagunakan komputer untuk memecahkan masalah yang kompleks dengan cara mengikuti proses penalaran manusia sehingga dapat berperilaku cerdas seperti manusia. Salah satu teknik kecerdasan buatan yang menirukan proses penalaran manusia adalah sistem pakar. Aktifitas manusia yang ditirukan seperti penalaran, penglihatan, pembelajaran, pemecahan masalah, pemahaman bahasa alami dan sebagainya¹⁰.

Pengatahuan sistem pakar dibentuk dari kaidah atau pengalaman tentang perilaku elemen dari domain bidang pengalaman tertentu. Pengetahuan pada sistem pakar diperoleh dari orang yang mempunyai pengetahuan pada suatu bidang (pakar bidang tertentu), buku-buku, jurnal ilmiah, majalah, maupun dokumentasi tercetak lainnya. Sumber pengetahuan tersebut bisa dikenal dengan sumber keahlian.

Pengetahuan-pengetahuan tersebut direpresentasikan dalam format tertentu, dan dihimpun dalam suatu basis pengetahuan. Basis pengetahuan ini selanjutnya dipakai sistem pakar untuk menentukan penalaran atas problema yang dihadapi.

Sistem pakar sebagai sebuah program yang difungsikan untuk menirukan pakar manusia harus bisa melakukan hal-hal yang dapat dikerjakan oleh orang pakar. Untuk membangun sistem yang seperti itu maka komponen-komponen yang harus dimiliki sistem pakar menurut Giarratno dan Riley sebagai berikut¹⁰:

- a. Antar muka pengguna (user interface)
- b. Basis pengetahuan (knowledge base)
- c. Mekanisme inferensi (inference machine)
- d. Memori kerja (working memory)

K- Nearest Neighbour (K-NN).

K-nearest neighbor (K-NN) merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi pola. Konsep dasar dari K-NN adalah mencari jarak terdekat antara dua data yang

akan dievaluasi dengan tetangga terdekatnya dalam data pelatihan. Pada K-NN tidak hanya menghasilkan satu jarak terdekat saja, namun akan menghasilkan sebanyak K jarak terpendek (Keedwell et al, 2005:132)¹³.

Misalkan diketahui N pasangan data pelatihan ($X_i, I = 1,2,\dots,N$) dengan variable V_j ($j=1,\dots,m$). N pasangan data tersebut telah terklasifikasikan kedalam P kelas, yaitu C_1,\dots, C_p . Apabila diberikan sebuah kasus baru, sebut saja Y, maka dengan K-NN kita dapat menentukan pada kelas mana Y akan berada. Langkah awal K-NN adalah menghitung jarak Y terhadap semua data pelatihan ($X_i, I = 1,2,\dots,N$). perhitungan jarak dengan konsep Euclidean dapat diterapkan untuk kasus ini. Katakanlah d_i merupakan jarak antara Y dengan data pelatihan ke-i (X_i), yang dihitung dengan konsep Euclidean sebagai berikut:

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M (Y_j - X_{ij})^2} \quad (1)$$

Dengan

$I = 1,2,\dots,N$. merupakan jumlah data dalam basis data

j = merupakan atribut yang akan dievaluasi

Y = data yang akan dievaluasi

X = data basis pengetahuan

3 Pemodelan

Sistem ini berfungsi untuk mendiagnosis penyakit jantung berdasarkan hasil cetakan kertas pemeriksaan EKG. Hasil yang tercetak pada kertas EKG seperti pada gambar 3, kemudian dimasukan oleh user kedalam sistem seperti pada gambar 4. Data input yang dimasukan adalah besaran waktu PR interval, PR segment, QRS complex, ST segment dan QT interval. Selanjutnya sistem akan menevaluasi data input dengan basis pengetahuan didalam sistem dan hasilnya berupa diagnosis penyakit jantung. Cara membaca besaran waktu dengan menghitung jumlah kotak kecil pada kertas EKG. Berikut ini adalah gambar blok diagram dari sistem.

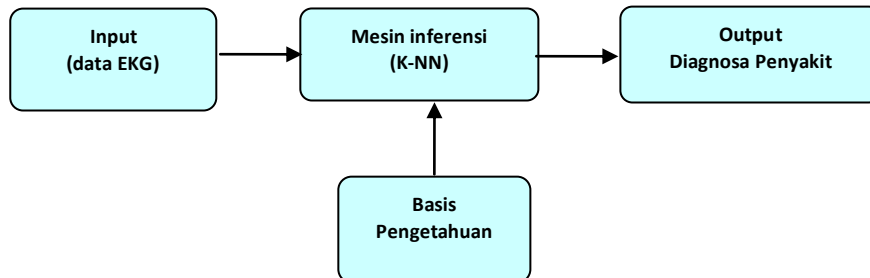


Fig 2. Blokdiagram sistem pakar diagnosis EKG



Fig 3. Kertas EKG

Basis pengetahuan dalam sistem pakar berisi nilai besaran waktu dari komponen EKG yang terdiri dari PR interval, PR segment, QRS interval, ST segment, QT interval dan kode penyakit, seperti terlihat pada table 1. Padahal tada yang diperoleh dari kertas EKG berupa jumlah kotak, untuk itu dalam sistem akan mengkonversi dari jumlah kotak menjadi nilai dalam mili detik, sesuai dengan ketentuan baku yaitu 1 kotak kecil mewakili 40 mili detik.

Sedangkan untuk kode penyakit mewakili penyakit hasil diagnosis yaitu untuk kode penyakit 1 mewakili penyakit Myocardial Infarction dan untuk kode penyakit 2 mewakili Health Control

Table 1. Contoh dari basis pengetahuan

No	P-R Interval (mili detik)	P-R Segment (mili detik)	QRS Interval (mili detik)	S-T Segment (mili detik)	Q-T Interval (mili detik)	Kode Penyakit
1	150	30	95	120	343	1
2	163	56	53	157	341	1
3	167	47	83	99	290	1
..
4	138	45	68	5	243	2
5	124	21	73	114	345	2
6	128	23	105	203	380	2

No	P-R Interval (mili detik)	P-R Segment (mili detik)	QRS Interval (mili detik)	S-T Segment (mili detik)	Q-T Interval (mili detik)	Kode Penyakit
7	149	53	66	79	351	2
..

4 Pembahasan

Konsep perhitungan K-NN dalam sistem ini adalah mencari selisih jarak dari masing-masing komponen EKG data yang akan dievaluasi dengan semua komponen EKG dari semua data pelatihan (sebagai basis pengetahuan) menggunakan konsep Euclidean dengan persamaan sebagai berikut:

$$d_i = \sqrt{(P_{Rint} - x_{iPRint})^2 + (P_{Rseg} - x_{iPRseg})^2 + (QRS_{int} - x_{iQRSint})^2 + (S_{Tseg} - x_{iSTseg})^2 + (Q_{Tint} - x_{iQTint})^2} \quad (2)$$

Selanjutnya dipilih sejumlah K jarak terpendek. Banyaknya kelas yang paling banyak dengan jarak terdekattersebut akan menjadi kelas dimana data evaluasi tersebut berada.

Secara umum proses klasifikasi dengan K-NN dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut¹³:

1. Tentukan Parameter K = jumlah tetangga terdekat.
2. Hitung jarak antara data yang akan dievaluasi dengan semua data pelatihan ($d_i, i = 1, 2, \dots, N$).
3. Urutkan jarak yang terbentuk (urutan naik) dan tentukan jarak terdekat sampai urutan ke-K.
4. Pasangkan kelas yang bersesuaian.
5. Cari jumlah kelas terbanyak dari tetangga terdekat tersebut, dan tetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang dievaluasi.

Sebagai contoh, bila akan mengevaluasi suatu penyakit dengan data PR interval = 3.25 kotak kecil, PR segment = 1 kotak kecil, QRS interval = 2.25 kotak kecil, ST segment = 3.25 kotak kecil, dan QT interval = 9.25 kotak kecil, maka langkah perhitungannya adalah sebagai berikut

Pertama, ubah besaran kotak kecil menjadi besaran mili detik dengan mengalikan 40, sehingga menjadi PR interval = $3.25 \times 40 = 130$, PR segment = $1 \times 40 = 40$, QRS interval = $2.25 \times 40 = 90$, ST segment = $3.25 \times 40 = 130$, dan QT interval = $9.25 \times 40 = 370$.

Kedua, tentukan nilai K, nilai K = 20, karena dalam sistem ini jumlah anggota kelas terkecil adalah 20.

Ketiga, menghitung jarak masing – masing komponen dari data yang akan dievaluasi dengan semua data pelatihan. Menggunakan persamaan (2)

$$d_i = \sqrt{(50 - 30)^2 + (10 - 10)^2 + (5 - 10)^2 + (20 - 30)^2 + (43 - 170)^2}$$

$$d_i = \sqrt{400 + 00 + 25 + 00 + 129}$$

$$d_1 = \sqrt{1354}$$

$$d_1 = 36,8$$

Begitu seterusnya untuk semua data pelatihan sehingga diperoleh 20 tetangga terdekat dan kelas paling banyak adalah sebagai hasil diagnosis yaitu **Normal / sehat**.

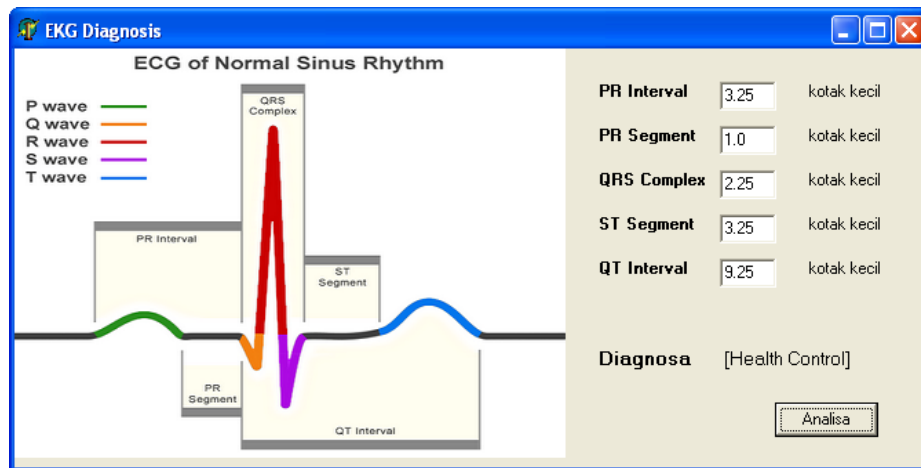


Fig. 4. Tampilan Aplikasi Diagnosis EKG

5 Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan evaluasi data yang sudah diketahui hasil diagnosis. Jumlah data yang dievaluasi adalah 10 data untuk kondisi normal dan 10 data untuk myocardial infarction seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No	Kenyataan	Sisitem Pakar
1	Normal	Normal
2	Normal	Normal
3	Normal	Normal
4	Normal	Normal
5	Normal	Normal
6	Normal	Normal
7	Normal	Normal
8	Normal	Normal
9	Normal	Normal
10	Normal	Normal
11	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
12	Myocardial Infarction	Normal
13	Myocardial Infarction	Normal
14	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
15	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
16	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
17	Myocardial Infarction	Normal
18	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
19	Myocardial Infarction	Myocardial Infarction
20	Myocardial Infarction	Normal

Untuk mengetahui tingkat keakuratan dari sistem maka dilakukan perhitungan dengan metode single decision threshold dengan featuranya adalah penyakit maka dapat dijelaskan sebagai berikut^{11,13}:

Model keputusan

		+	-	
Kenyataan	+	TP	FN	100%
	-	FP	TN	100%

TP (True Positive).

Menunjukkan jumlah pasien yang terserang penyakit X baik berdasarkan data riil maupun secara model keputusan.

TN (True Negative).

Menunjukkan jumlah pasien yang tidak terserang penyakit X baik berdasarkan data riil maupun secara model keputusan.

FP (False Positive).

Menunjukkan jumlah pasien yang tidak menderita penyakit X berdasarkan data riil, tetapi secara model menderita penyakit X.

FN (False Negative).

Menunjukkan jumlah pasien yang menderita penyakit X berdasarkan data riil, tetapi secara model tidak menderita penyakit X.

Tabel 2. Perbandingan antara kenyataan dengan hasil diagnosis sistem

Kenyataan	Model Keputusan	
	Diagnosis	Normal
Normal	10	0
Myocardial Infarction	4	6

Nilai validitas sistem dapat dihitung dengan cara menghitung nilai dari TP, TN, FP dan FN dari table 2.

$$TP = 10 + 6 = 16$$

$$TN = 6 + 10 = 16$$

$$FP = 4 + 0 = 4$$

$$FN = 0 + 4 = 4$$

$$\text{validitas } T = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

$$T = \frac{16 + 16}{16 + 16 + 4 + 4} \times 100\% = 80\%$$

Jadi tingkat keakuratan dari sistem pakar ini adalah 80%.

Penyebab tingkat keakuratan dari sistem pakar 80% adalah kurangnya jumlah anggota dari masing-masing penyakit dalam basis pengetahuan, untuk itu perlu ditambahkan jumlah anggota dari masing-masing penyakit dalam basis pengetahuan.

6 Kesimpulan dan Saran

Hasil dari pengujian dan analisa dari sistem, dapat disimpulkan bahwa Penggunaan Metode K-NN dalam klasifikasi penyakit berdasarkan besaran waktu dari komponen EKG menghasilkan akurasi sebesar 80%.

Setelah mengetahui hasil dari penelitian, maka ada beberapa saran untuk meningkatkan kemampuan sistem yaitu:

- Jumlah penyakit yang dapat didiagnosis diperbanyak
- Jumlah anggota dari masing-masing kelas diperbanyak untuk meningkatkan tingkat akurasi

7 Pustaka

1. Bps. (2012). Jumlah dan distribusi penduduk. Jakarta. Diakses pada maret 2012 dari <http://website www.bps.go.id>
2. Bppsdmk. (2012). Menkes: Akses masyarakat terhadap pelayanan kesehatan jantung meningkat. Diakses pada maret 2012 http://www.bppsdmk.depkes.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=173:menkes-akses-mas.
3. Data base EKG. Diakses pada maret 2012 dari <http://www.physionet.org/physiobank/database/>
4. Depkes (2012). Kemenkes tingkatkan kualitas dan akses masyarakat terhadap pelayanan jantung. Diakses pada maret 2012 dari <http://www.depkes.go.id/index.php/berita/press-release/1856-kemenkes-t>
5. Dharma, surya (2009). Pedoman Praktis systematika interpretasi EKG. EGC. Jakarta
6. Fauziah, Mila, (2008). *Jurnal ELTEK, Volume 06 Nomor 01*, April 2008-ISSN 1693-4024
7. Hampton, John R (2006). *The ECG Made Easy*, EGC, Jakarta.
8. Hampton, John R (2003). *The ECG in Practice*, EGC, Jakarta
9. Haroen T. Renardi dan Kasiman Sutomo (1992). *Pengantar Kardiologi*. Widya Medika. Jakarta.
10. Hartarti, Sri., Iswanti, Sari. (2008). *Sistem Pakar dan Pengembangannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
11. Hermaduanty, Ninki., Kusumadewi, Sri. (2008). *Sistem Pendukung Keputusan Penentu Status Gizi dengan Metode K-Nearest Neighborhood berbasis SMS*. Tugas Akhir. Yogyakarta : Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
12. Kickmerova, D. (2009). *Methodes for Detection and Classification in ECG analysis*. Doctoral dissertation, Brno University of Technology, Brno.
13. Kusumadewi, Sri., Fauziah, Ami., Khoiruddin, Arwan A., Wahid, Fathul., Setiawan, M. Andri., Rahayu, Nur Wijayaning., Hidayat, Taufik., dan Prayudi, Yudi. (2009). *Informatika Kesehatan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
14. Muttaqien Fauzan (2011). *EKG Funny*. Avicenna Pustaka. Banjarmasin
15. Nugroho, E.S (2011). *Pengenalan Pola Sinyal Elektrokardiograf(EKG) dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Diagnosis kelainan Jantung Manusia*, UNDIP. Website www.eprint.undip.ac.id.
16. Thaler, Malcolm S. (2010). *Only EKG Book You'll Ever Need*, The, 6th Edition. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia.
17. Widjaja soetopo (2009). *EKG Praktis*. Binarupa Aksara. Tangerang.
18. WHO.(2011). *Cardiovascular diseases*. Diakses februari 2012. dari http://www.who.int/entity/cardiovascular_diseases/en/