

DETEKSI PENYAKIT GAGAL JANTUNG BERDASARKAN SINYAL EKG MENGUNAKAN NAIVE BAYES

Preddy Desmon¹, Adiwijaya ², Dody Qory Utama³

^{1,2,3}Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung
¹preddydesmon@students.telkomuniversity.ac.id, ²adiwijaya@telkomuniversity.ac.id,
³dodyqory@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Gagal jantung merupakan masalah kesehatan masyarakat yang banyak ditemukan dan menjadi salah satu penyakit yang sangat berbahaya. Resiko terkena penyakit ini sangat besar terjadi pada usia lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis seseorang terkena penyakit gagal jantung atau tidak terkena penyakit gagal jantung (normal). Sinyal EKG (ElektroKardioGram) merupakan data yang digunakan untuk mengetahui detak jantung seseorang yang akan diteliti. Sinyal EKG kemudian akan diperhalus menggunakan wavelet, kemudian akan diolah lagi dengan Metode Naive Bayes. Metode Naive Bayes digunakan dalam mengklasifikasi sinyal yang sudah di ekstraksi menjadi penentuan hasil akhir. Hasil prediksi dari Naive bayes mendapat akurasi 70% .

Kata kunci : Gagal Jantung, Naive Bayes, EKG, wavelet

Abstract

Heart failure is a public health problem that many found and became one of the most dangerous diseases. The risk of this disease is very large in the elderly. This study aims to analyze a person affected by heart failure or not affected by heart failure (normal). ECG signal (ElectroKardioGram) is the data used to knowing a person's heartbeat to be studied. The ECG signal will then be decomposed using a wavelet, then it will be processed again with the Naive Bayes Method. The Naive Bayes method is used in classifying the already extracted signals into the final result determination. Predicted results from Naive bayes got 70% accuracy.

Keywords: Congestive Heart Failure Naive Bayes, EKG, wavelet

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Pola makan yang buruk dan pola hidup yang tidak sesuai tata cara pola hidup sehat dapat berakibat pada munculnya berbagai macam penyakit, seperti obesitas, kolesterol, gangguan pencernaan, kelainan pada jantung dan penyakit lainnya. Penyakit jantung merupakan kategori penyakit yang membahayakan, menurut badan kesehatan dunia (WHO) dalam publikasinya menyatakan bahwa gagal jantung merupakan penyakit sebagai penyebab utama kematian. Pernyataan ini juga utarakan Dinas Kesehatan Republik Indonesia yang menyatakan bahwa penyakit jantung merupakan penyebab kematian terbesar di Indonesia.

Jantung merupakan struktur kompleks yang terdiri dari jaringan fibrosa, otot jantung dan jantung konduksi listrik. Jantung mempunyai fungsi utama untuk memompakan darah. Hal ini dapat dilakukan dengan baik bila kemampuan otot jantung untuk memompakan cukup baik, serta irama pemompaan yang baik[1]. Bila jantung memompa dengan tidak cukup baik maka akan sangat berisiko terkena penyakit jantung atau gagal jantung. Untuk mendiagnosis orang tersebut terkena gagal jantung atau tidak dengan cara merekam kodisi pada jantung. Elektrokardiogram (EKG) adalah tes medis untuk mendeteksi kelainan jantung dengan cara mengukur aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung, sebagaimana jantung berkontraksi. EKG dapat membantu mendiagnosis mengenai kelainan jantung [2, 17].

Gagal jantung (Congestive Heart Failure) adalah salah satu jenis penyakit jantung. Penyakit ini apabila tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan komplikasi serius seperti syok kardiogenik, episode tromboemboli, efusi perikardium dan tamponade perikardium. Meskipun berbagai macam penyakit jantung seperti gangguan katup telah menurun akibat teknologi penatalaksanaan yang canggih, namun gagal jantung masih tetap merupakan ancaman kesehatan yang dapat menimbulkan kematian.

Kesalahan mendiagnosa seseorang terkena penyakit jantung atau tidak, merupakan resiko yang besar bagi dokter. Untuk membantu mempermudah kesalahan diagnosa medis tugas akhir ini menerapkan teknik yang bisa memprediksi penyakit tersebut. Metode yang digunakan adalah Naive Bayes, metode ini mengklasifikasi data EKG yang sebelumnya telah di ekstraksi dengan wavlet[3]. Naive Bayes telah berpengaruh besar dalam membantu

mendiagnosa penyakit-penyakit yang sulit di prediksi dengan metode lain. Kali ini akan di coba untuk membantu mendiagnosa penyakit gagal jantung dan mencari tingkat akurasi terhadap penyakit ini.

Topik dan Batasannya

Topik yang dibahas dalam penelitian ini mendeteksi penyakit gagal jantung pada manusia dengan menggunakan sinyal EKG. Sinyal EKG yang digunakan dibagi menjadi interval 2 detik. Sinyal EKG tersebut lalu didekomposisi dengan menggunakan wavelet. Kemudian sinyal EKG yang telah didekomposisi dilakukan ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri dari penyakit gagal jantung. Mengklasifikasikan sinyal dengan metode Naive Bayes.

Batasan dalam mengerjakan penelitian ini adalah dataset menggunakan data dari Physionet. Data uji yang di gunakan data sinyal jantung (EKG). Analisis hanya digunakan untuk mendeteksi penyakit gagal jantung.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu mendeteksi dan mengimplentasikan dekomposisi wavelet dan naive bayes untuk mendeteksi penyakit gagal jantung berdasarkan sinyal EKG. Menganalisis informasi sistem pengklasifikasian yang di gunakan dan mengetahui akurasi dari penggunaan metode tersebut.

Organisasi Tulisan

Secara umum keseluruhan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bagian yaitu, bagian 1 Pendahuluan membahas tentang latar belakang, topik dan batasan masalah, tujuan penelitian, organisasi penelitian. Bagian 2 Studi terkait yaitu membahas teori mengenai fungsi jantung, EKG, gagal jantung wavelet dan Navie Bayes. Pada bagian 3 yaitu Sistem yang dibangun yaitu membahas rancangan sistem, pengolahan data dan sampai mendeteksi. Untuk bagian 4 membahas hasil pengujian dan analisis hasil pengujian. Terakhir pada bagian 5 yaitu membahas kesimpulan dari penelitian ini.

2. Studi Terkait

Jantung

Jantung merupakan sebuah organ yang terdiri otot. Cara bekerjanya menyerupai otot polos yaitu di luar kemauan kita (dipengaruhi oleh susunan saraf otonom). Bentuk jantung menyerupai jantung pisang, bagian atasnya tumpul (pangkal jantung) dan disebut juga basis kordis. Di sebelah bawah agak runcing yang disebut apeks kordis[4].

Letak jantung di dalam rongga dada sebelah depan (kavum mediastinum anterior), sebelah kiri bawah dari pertengahan rongga dada, diatas diafragma, dan pangkalnya terdapat di belakang kiri antara kosta V dan VI dua jari di bawah papilla mammae. Pada tempat ini teraba adanya denyutan jantung yang disebut iktus kordis. Ukurannya kurang lebih sebesar genggam tangan kanan dan beratnya kira-kira 250-300 gram[5].

Gagal Jantung

Penyakit jantung merupakan kondisi dimana jantung tidak mampu bekerja dengan maksimal atau bekerja dengan baik, sementara definisi serangan jantung adalah keadaan dimana jantung sama sekali berhenti berfungsi. Serangan jantung terjadi secara mendadak dan memiliki penyebab yang beraeka ragam, kondisi seperti ini sering juga disebut gagal jantung. Gagal jantung adalah salah satu jenis penyakit jantung. Gagal jantung secara progresif akan menyebabkan curah jantung (Cardiac output) menurun dan mengakibatkan kegagalan sirkulasi badan ini akan bermanifestasi sebagai keluhan dan tanda-tanda (symptoms and signs) gagal jantung dan dikenal sebagai sindrom gagal jantung [6].

Ciri penyakit gagal jantung [7]:

- Pembengkakan di pergelangan kaki dan perut
- Kenaikan berat badan
- Buang air meningkat pada malam hari
- Lemas
- Binggung
- Pusing kepala
- Batuk pada malam hari
- Nafsu makan berkurang

Elektrokardiogram (EKG)

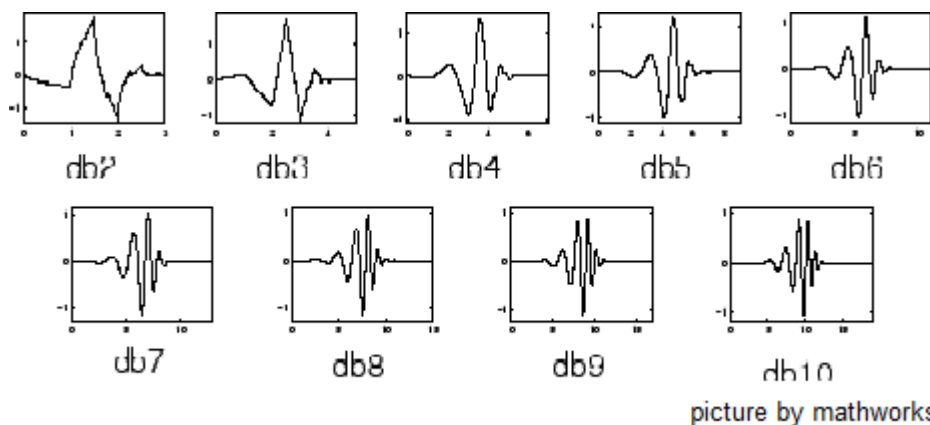
Elektrokardiogram (EKG) adalah sebuah alat biomedis yang berfungsi untuk mendeteksi dan merekam kondisi pada jantung. Pada penggunaan alat EKG akan menghasilkan sebuah rekaman yang akan didiagnosis oleh pihak dokter, rekaman dari alat EKG tersebut akan menunjukkan pola keadaan jantung yang bisa dikenali sehingga dapat diambil sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan diagnosis mengenai kelainan pada jantung [8].

- Memeriksa aktivitas elektrik jantung
- Menemukan penyebab nyeri dada, yang dapat disebabkan serangan jantung, inflamasi kantung sekitar jantung (perikarditis), atau angina.
- Menemukan penyebab gejala penyakit jantung, seperti sesak napas, pusing, pingsan, atau detak jantung lebih cepat atau tidak beraturan (palpitasi).
- Mengetahui apakah dinding ruang-ruang jantung terlalu tebal (hypertrophied)
- Memeriksa seberapa baik kerja suatu obat dan apakah obat tersebut memiliki efek samping terhadap jantung.
- Memeriksa apakah suatu alat mekanis yang dicangkok dalam jantung, misalnya pacemaker, bekerja dengan baik untuk mengendalikan denyut jantung.
- Memeriksa kesehatan jantung pada penderita penyakit atau kondisi tertentu, seperti hipertensi, kolesterol tinggi, diabetes, atau penyakit lainnya.

Wavelet

Wavelet berasal dari bahasa Prancis, ondelette yang berarti gelombang kecil. Wavelet adalah osilasi mirip gelombang dengan amplitudo yang di mulai dari nol, meningkat, dan kemudian menurun kembali. Ini biasanya divisualisasi sebagai osilasi singkat seperti yang dicatat oleh seismograf atau Ekg[9]. Umumnya wavelet biasanya digunakan untuk memproses sifat sinyal khusus dan dikombinasikan dengan bagian yang di kenal dari sinyal yang rusak untuk mengekstrak informasi. Ingrid Daubechies merupakan salah satu dari bintang paling cemerlang dalam bidang penelitian Wavelet.

Transform Wavelet Daubechies ditemukan oleh Igrid Daubechies pada tahun 1987. Daubechies Wavelet merupakan salah satu bagian dari orthogonal Wavelet. Adapun koefisien filter yang digunakan dalam jenis Wavelet ini didapat dari penurunan persamaan Wavelet secara matematis oleh Igrid Daubechies[10,20]. Daubechies Wavelet dapat memperhalus(smoothness) sinyal, untuk memperjelas informasi yang terkandung didalam sinyal tersebut. Penggunaan Daubechies Wavelet dapat menentukan hasil Ekstraksi Ciri yang digunakan untuk memprediksi Gagal Jantung



Gambar 2.1 Contoh sinyal menggunakan Wavelet Daubechies[10]

Naive Bayes

Naive Bayes Classifier merupakan sebuah metoda klasifikasi yang berakar pada teorema Bayes . Metode pengklasifikasian dengan menggunakan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes , yaitu memprediksi peluang di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya sehingga dikenal sebagai Teorema Bayes[11, 19].

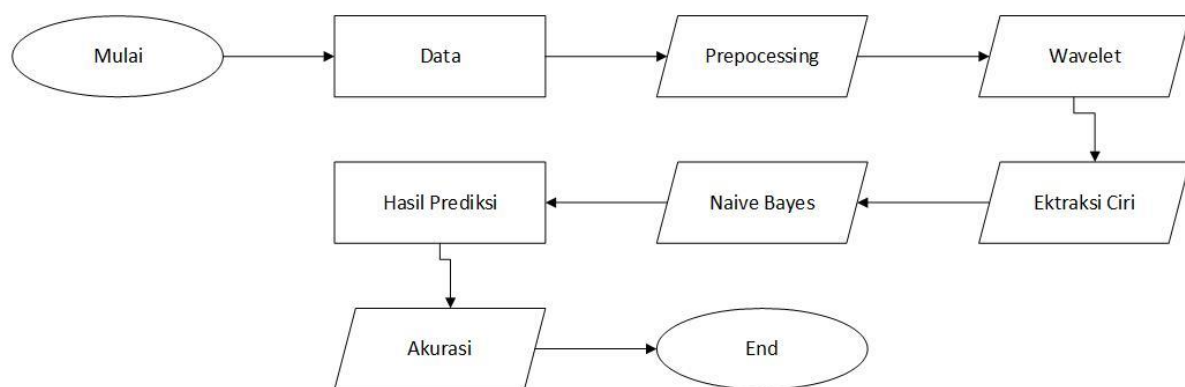
Pengklasifikasi probabilitas sederhana yang mengaplikasikan Teorema Bayes dengan asumsi ketidaktergantungan (tidak terhubung antar stage) yang tinggi. Keuntungan menggunakan naive bayes adalah bahwa metode ini hanya membutuhkan jumlah data latih (data training) yang sedikit untuk menentukan patokan parameter yang diperlukan dalam proses mengklasifikasi. Dalam penelitian ini Naive Bayes digunakan untuk memprediksi penyakit gagal jantung[12].

$$P(c_i|x) = \frac{P(x|c_i)P(c_i)}{P(x)} \quad (2.1)$$

- x : Data kondisi dengan class yang di ketahui
 c : Hipotesis data merupakan suatu class spesifik
 P(c|x) : probabilitas hipotesis berdasarkan kondisi
 P(c) : probabilitas hipotesis
 P(x|c) : probabilitas berdasarkan kondisi pada hipotesis
 P(x) : probabilitas kondisi class

3. Sistem yang Dibangun

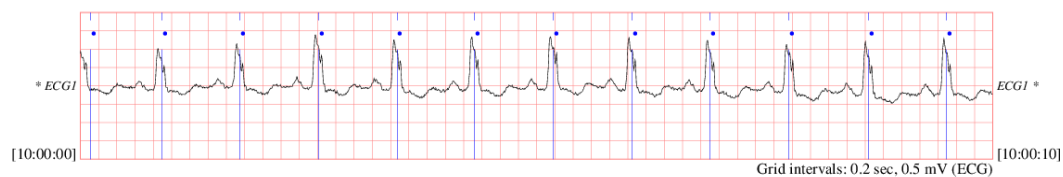
Langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan penyakit gagal jantung:



Gambar 3.2 Diagram perancangan sistem

A. Data

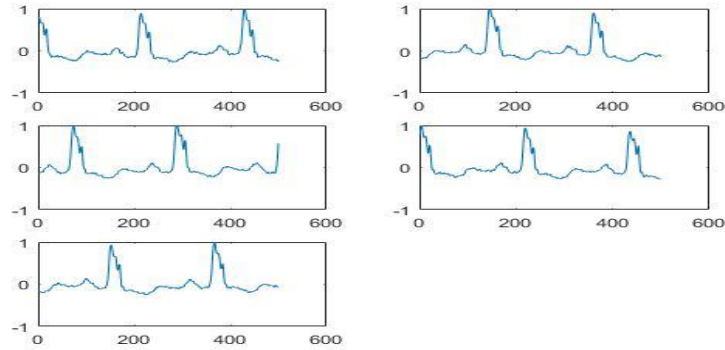
Data sinyal EKG diambil dari *database* yang tersedia di *physionet.org* [13, 22]. Data yang digunakan adalah gagal jantung (chf) dan normal (nsr) masing masing sebanyak 15 data. Durasi 10 detik, sampling frequency 128 Hz dan untuk data gagal jantung durasi 10 detik sampling frequency 250 Hz.



Gambar 3.3 Data sinyal gagal jantung (chf) [13]

B. Preprocessing

Pada tahap *Preprocessing* ada dua tahap yang digunakan dalam tahap ini yaitu pemotongan sinyal dan normalisasi amplitude. Pemotongan sinyal berguna untuk memperjelas atau mempermudah pengambilan titik pada sinyal tersebut. Pemotongan dilakukan dengan memperpendek durasi sinyal, yang sebelumnya 10 detik menjadi 2 detik pada setiap data sinyal.



Gambar 3.4 pembagian data

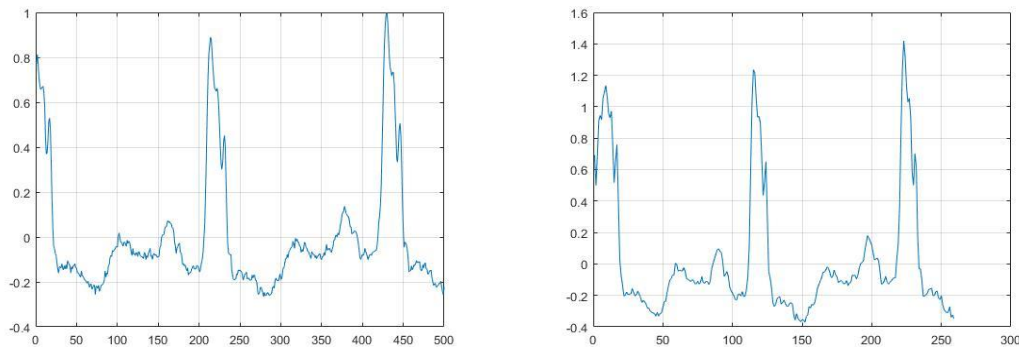
Proses normalisasi diperlukan karena data yang digunakan memiliki amplitudo yang beragam, untuk menyamakan amplitudo dapat dilakukan dengan memasukan persamaan berikut ini[14].

$$S'(i) = \frac{S(i)}{S_{max}} \tag{3.2}$$

- Dengan $S'(i)$ = Hasil normalisasi sinyal ke-i
- $S(i)$ = Nilai sinyal ke-i
- S_{max} = Nilai sinyal terbesar

C. Wavelet

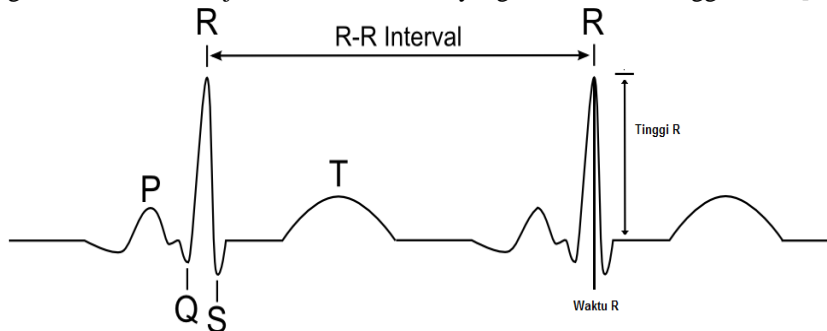
Pada penelitian ini menggunakan skema wavelet untuk meperhalus sinyal (smoothness). Wavelet Daublechis yang di gunakan dalam penelitian ini adalah db4 yang digunakan setelah data dinormalisasi. Pada tahap ini sinyal diperhalus untuk mendapatkan lebih detail informasi yang terdapat dalam sinyal. Perbandingan data belum di smoothness dan sesudah:



Gambar 3.5 Perbedaan sinyal sebelum dan sesudah diperhalus

D. Ekstraksi Ciri

Tahap berikutnya setelah smoothness adalah proses identifikasi pada tahap ekstraksi ciri, pada tahap ini mengambil beberapa bagian yang dianggap penting untuk data latih (data traning). Ekstraksi ciri ini digunakan sebagai pembanding adalah Interval R, jumlah titik R, waktu yang di titik R dan tinggi titik R[15].



Gambar 3.6 Letak titik R, interval R, Tinggi R dan waktu R

E. Naive Bayes

Untuk proses klasifikasinya digunakan naive bayes sebagai classifier. Data yang sudah melalui ekstraksi ciri akan disimpan dan menjadi data latih naive bayes. Data latih tersebut bertujuan sebagai pembanding untuk memprediksi data uji. Data uji tersebut akan di golongkan sesuai kelasnya berdasarkan classnya.

Dataset memiliki 2 class yaitu gagal jantung dan normal. Cara mengetahui probabilitas (P) masing masing class dengan cara:

$$P(c_i) = \frac{P(c_i)}{P(c_1) + P(c_2)}$$

- $P(c_1) = \text{jumlah (gagal jantung)} / (\text{jumlah(gagal jantung)} + \text{jumlah(normal)})$
 $P(c_1) = 65/130 = 0,5$
- $P(c_2) = \text{jumlah (normal)} / (\text{jumlah(gagal jantung)} + \text{jumlah(normal)})$
 $P(c_2) = 65/130 = 0,5$

Langkah selanjutnya adalah menghitung conditional probabilities. Disini probabilitas setiap nilai input terhadap nilai class.

$$P(x|c_i) = \frac{P(x \cap c_i)}{P(c_i)}$$

Variabel tinggi

- $P(\text{Tinggi|gagal jantung}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal jantung)} / \text{jumlah class gagal jantung}$
 $P(x|c_1) = 3 / 65 = 0,04615$
- $P(\text{Tinggi|normal}) = \text{jumlah (tinggi di class normal)} / \text{jumlah class normal}$
 $P(x|c_2) = 1 / 65 = 0,01538$

Variabel waktu

- $P(\text{waktu|gagal jantung}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal jantung)} / \text{jumlah class gagal jantung}$
 $P(x|c_1) = 4 / 65 = 0,06153$
- $P(\text{waktu|normal}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal normal)} / \text{jumlah class normal}$
 $P(x|c_2) = 2 / 65 = 0,03076$

Variabel interval

- $P(\text{interval|gagal jantung}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal jantung)} / \text{jumlah class gagal jantung}$
 $P(x|c_1) = 3 / 65 = 0,04615$
- $P(\text{interval|normal}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal normal)} / \text{jumlah class normal}$
 $P(x|c_1) = 1 / 65 = 0,01538$

Variabel jumlah titik

- $P(\text{jumlah titik |gagal jantung}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal jantung)} / \text{jumlah class gagal jantung}$
 $P(x|c_1) = 5 / 65 = 0,07692$
- $P(\text{interval|normal}) = \text{jumlah (tinggi di class gagal normal)} / \text{jumlah class normal}$
 $P(x|c_1) = 2 / 65 = 0,03076$

Prediksi naive bayes

Peluang class gagal jantung

$$\begin{aligned} P(c_1|x) &= P(\text{tinggi|gagal jantung}) \times P(\text{waktu|gagal jantung}) \times P(\text{interval|gagal jantung}) \times P(\text{jumlah titik|gagal jantung}) \\ &= 0,04615 \times 0,06153 \times 0,04615 \times 0,07692 \\ &= 0,00001 \end{aligned}$$

Peluang class normal

$$\begin{aligned} P(c_2|x) &= P(\text{tinggi|normal}) \times P(\text{waktu|gagal jantung}) \times P(\text{interval|normal}) \times P(\text{interval|normal}) \\ &= 0,01538 \times 0,03076 \times 0,01538 \times 0,03076 \\ &= 0,0000002 \end{aligned}$$

F. Akurasi

Tahap terakhir dari penelitian adalah perhitungan akurasi. Perhitungan akurasi sangat penting karena menentukan metode yang digunakan cocok untuk penyakit gagal jantung. Semakin tinggi nilai akurasinya semakin efektif dan semakin akurat prediksi penyakit terhadap pasien. Berikut adalah rumus perhitungan akurasi [16]:

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{\text{Jumlah data yang dikenali secara benar}}{\text{Jumlah data yang diujikan}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Tabel 3.1 Ilustrasi akurasi Matrix

		Nilai Sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	TP (True Positive)	FP (False Positive)
	FALSE	FN (False Negative)	TN (True Negative)

4. Evaluasi

Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil dari pengujian penentuan bobot kriteria dengan menggunakan metode Naive Bayes:

Tabel 3.2 Hasil ekstraksi ciri gagal jantung (chf)

No	Jumlah Titik	Waktu R (Hz)			Interval R (Hz)			Tinggi R (mm)		
		1	2	3	1	2	3	Tinggi ke 1	Tinggi ke 2	Tinggi ke 3
1	2	25	252		25	227		8.900000e-01	1.200000e+00	
2	3	9	115	223	9	106	108	1.100000e+00	1.200000e+00	1.400000e+00
3	2	81	189		81	108		1.400000e+00	1.300000e+00	
4	2	45	153		45	108		1.400000e+00	1.400000e+00	
5	3	7	118	226	7	111	108	1.400000e+00	1.300000e+00	1.200000e+00
...
65	2	20	122		20	102		1.400000e+00	5.700000e-01	5.700000e-01

Tabel 3.3 Hasil ekstraksi ciri normal

No	Jumlah Titik	Waktu R (Hz)		Interval R (Hz)		Tinggi R (mm)	
		1	2	1	2	Tinggi ke 1	Tinggi ke 2
1	1	113		113		1.500000e+00	1.500000e+00
2	1	24		24		1.500000e+00	1.500000e+00
3	1	53		53		1.400000e+00	1.400000e+00
4	2	42	124	42	82	1.300000e+00	1.500000e+00
5	2	35	117	35	82	1.300000e+00	1.100000e+00
...
65	1	92		92		1.300000e+00	1.300000e+00

Tabel 3.4 Hasil ekstraksi ciri data uji

No	Waktu R (Hz)	Interval R (Hz)	Tinggi R (mm)
----	--------------	-----------------	---------------

	Jumlah Titik	1	2	1	2	Tinggi ke 1	Tinggi ke 2
1	2	9	123	9	114	8.800000e-01	1.300000e+00
2	1	59		59		1.200000e+00	1.200000e+00
3	2	9	123	9	114	8.400000e-01	1.200000e+00
4	2	9	123	9	114	9.200000e-01	1.300000e+00
5	1	111		111		1.200000e+00	1.200000e+00
6	1	47		47		1.200000e+00	1.200000e+00
7	1	111		111		1.200000e+00	1.200000e+00
8	1	111		111		1.200000e+00	1.200000e+00
9	1	111		111		1.200000e+00	1.200000e+00
10	2	8	123	8	115	9.000000e-01	1.300000e+00
...
20	2	63	154	63	91	1.300000e+00	1.400000e+00

Tabel 3.5 Hasil Prediksi Navie Bayes

Prediksi Normal(Nsr)		Prediksi Gagal jantung(chf)	
Nilai Sebenarnya	Nilai Prediksi	Nilai Sebenarnya	Nilai Prediksi
Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Normal
Normal	Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung
Normal	Normal	Gagal Jantung	Normal
Normal	Normal	Gagal Jantung	Normal
Normal	Gagal Jantung	Gagal Jantung	Normal

Tabel 3.6 Akurasi Matrix

		Nilai Sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	6	2
	FALSE	4	8

Hasil akurasi

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= (TP + FF / \text{Total data}) \times 100\% \\
 &= (14 / 20) \times 100\% \\
 &= 70\%
 \end{aligned}$$

5. Kesimpulan

Pengujian yang telah dilakukan pada sinyal EKG untuk menentukan penyakit gagal jantung dengan metode naive bayes dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Penggunaan Waktu RR, Interval RR, Tinggi RR, dan Jumlah RR cukup untuk mengidentifikasi penyakit gagal jantung dengan normal.
2. Metode naive bayes sangat cocok digunakan dikarenakan setiap stage tidak saling terhubung atau saling independent.
3. Akurasi yang diperoleh sebesar 70%.
4. Akurasi tergolong rendah disebabkan data yang digunakan sangat terbatas.

Daftar Pustaka

- [1] Brunner & Suddarth. (2002). *Keperawatan Medikal Bedah Volume 2*. Jakarta : EGC
- [2] Lind., P. G., da Silva, L. R., Andrade Jr., J. S., Herrmann, H. J. (2007). “*Spreading Hoax in Social Networks*”. Physical Review E 76:33, 36117
- [3] Muralidharana dan V. Sugumaranc, 2012. A comparative study of Naïve Bayes classifier and Bayes net classifier for fault diagnosis of monoblock centrifugal pump using wavelet analysis. Applied Soft Computing. Volume 12, Issue 8, August 2012, Pages 2023-2029
- [4] C.PEARCE ELYN, 2007. *Anatomi dan Fisiologi untuk paramedis*. PT.Gramedia, Jakarta
- [5] Dharma, surya (2009). *Pedoman Praktis systematika interpretasi EKG*. EGC. Jakarta.
- [6] Hampton, John R (2006). *The ECG Made Easy*, EGC, Jakarta
- [7] ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012
- [8] Baughman, C. Diane & Hackley JoAnn, 2000, *Keperawatan Medikal bedah Buku Saku untuk Brunner dan Suddarth*, Edisi 1, Alih bahasa : Yasmin Asih, Editor Monica Ester, Jakarta : EGC
- [9] Kauhsoik, 2014. *Analysis Of Biomedical Signals Using Wavelets*. Thesis. Department of Electronics and Communication Engineering. M.M Engineering College. Maharishi Markandeshwar University. Mullana.
- [10] Anggi Tiara Citra Ekinasti, 2014 “ANALISIS DAN EKSTRAKSI CIRI SINYAL SUARA JANTUNG MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DISKRIT,”
- [11] panda, mrutyunjaya. and mana R, patra. 2007 Network intrusion detection using baive bayes. Journal. Department of Computer Science, Behampur University, India.
- [12] “*Materi pertemuan navie bayes*” , [online], Available: “<http://imamcs.lecture.ub.ac.id/2015/02/materi-pertemuan-ke-5-pengenalan-pola-pengpol-semester-genap-2014-2015/> [Diakses 12 mei 2018]
- [13] “*PhysioBank Atm*” , [online], Available: <https://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM> [Diakses 3 januari 2018]
- [14] Achmad Rizal, “Perbandingan Skema Dekomposisi Paket Wavelet untuk Pengenalan Sinyal EKG,” JNTETI, Vol.4, No.2., Mei, 2005
- [15] S. Padmavathia dan E. Ramanujam, 2015. Naïve Bayes Classifier for ECG abnormalities using Multivariate Maximal Time Series Motif. ScienceDirect. Procedia Computer Science 47 (2015) 222 – 228
- [16] “*perbedaan : precision, recall & accuracy*” , [online], Available : <https://dataq.wordpress.com/2013/06/16/perbedaan-precision-recall-accuracy/> [Diakses 1 Desember 2017]
- [17] Dinda Karlia Destiani, Adiwijaya, Dody Qori Utama, 2018. Study of Wavelet and Line Search Techniques on Modified Backpropagation Polak-Ribiere Algorithm for Heart Failure Detection. In 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). IEEE.
- [18] Mubarok, M.S., Adiwijaya and Aldhi, M.D., 2017, August. Aspect-based sentiment analysis to review products using Naïve Bayes. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1867, No. 1, p. 020060). AIP Publishing.
- [19] Al Mira Khonsa Izzaty, Mohamad Syahrul Mubarok, Nanang Saiful Huda, Adiwijaya, 2018. A Multi-label Classification on Topics of Quranic Verses in English Translation Using Tree Augmented Naïve Bayes. In 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). IEEE.
- [20] Rohmawati A., Adiwijaya, 2017. A Daubechies Wavelet Transformation to Optimize Modeling Calibration of Active Compound on Drug Plants. In 5th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). Pp.1-4. IEEE
- [21] Adiwijaya, Maharani, M., Dewi, B.K., Yulianto, F.A. and Purnama, B., 2013. digital image compression using graph coloring quantization based on wavelet-SVD. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 423, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- [22] Astrima Manik, Adiwijaya, Dody Qori Utama. 2018. Classification of Electrocardiogram Signals using Principal Component Analysis and Levenberg Marquardt Backpropagation for Detection Ventricular Tachyarrhythmia, Journal of Data Science and its Applications (JDSA) Vol. 1, No.1

- [23] Nurcahyo, S. and Nhita, F., 2014, May. Rainfall Prediction in Kemayoran Jakarta Using Hybrid Genetic Algorithm (GA) and Partially Connected Feedforward Neural Network (PCFNN). In Information and Communication Technology (ICoICT), 2014 2nd International Conference on (pp. 166-171). IEEE.
- [24] Setiawati, E. Adiwijaya, and Tjokorda, A.B.W., 2015, May. Particle swarm optimization on follicles segmentation to support PCOS detection. In Information and Communication Technology (ICoICT), 2015 3rd International Conference on (pp. 369-374). IEEE.
- [25] Adiwijaya. 2014. Aplikasi Matriks dan Ruang Vektor. Yogyakarta, Graha Ilmu 1, 210
- [26] Adiwijaya, 2016, Matematika Diskrit dan Aplikasinya, Bandung, Alfabeta
- [27] Aziz, R.A., Mubarak, M.S. and Adiwijaya, A., 2016, September. Klasifikasi topik pada lirik lagu dengan metode multinomial naive bayes. In Indonesia Symposium on Computing (IndoSC) 2016