

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Studi

Studi yang berkaitan terhadap aritmia pada jantung pada penelitiannya dapat diperoleh didalam jurnal – jurnal ilmiah diantaranya:

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Indra Yessianto, dkk [7], dilakukan analisa penerapan perangkat EKG dengan menggunakan modul AD8232. Dalam penelitian tersebut dilakukan skema perancangan alat untuk dilakukan filtering berdasarkan metode Low Pass Filter (LPF) dan High Pass Filter (HPF) untuk mengolah sinyal EKG. Penentuan BPM diperoleh nilai error sebesar 1,33% dibandingkan pengujian manual. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Ferer Arnau, dkk [8], pengolahan derivative dari sinyal sangat dibutuhkan untuk memperoleh sinyal yang lebih bersih untuk dilakukan penentuan. Pengolahan Derivative signal dilakukan dengan menggunakan pengolahan sinyal diskrit dan menghasilkan sinyal yang mampu memisahkan variasi nilai Maximum, Minimum. Kesalahan relatif telah dipelajari sebagai persentase dan telah ditunjukkan bahwa kesalahan kurang dari 0,8% saat menggunakan filter FIR dengan hanya 13 koefisien dan menghasilkan nilai kesalahan kurang dari 1,03%. Penelitian berikutnya oleh Martin Manulang, dkk [9], pengolahan sinyal dilakukan dengan berfokus pada amplitud R,S,T untuk menentukan *myocardial infraction STEMI & ST elevation* . Pada penelitian dibutuhkan nilai R untuk memperoleh BPM pada perekaman yang berfungsi sebagai acuan nilai S,T. Sistem yang dikembangkan dengan modul AD8232 memiliki hasil yang identik secara visual dan perhitungan perbandingan dibandingkan dengan EKG standar medis. Penelitian selanjutnya oleh Aiyun Chen, dkk [10], penelitian ini berfokus pada pendeteksian QRS berdasarkan pada *ET* dan *PD Controlled Threshold* dengan memanfaatkan database MIT-DB. Pada prosesnya digunakan Bandpass filtering dan Derivative untuk mengolah sinyal menjadi lebih mudah untuk diolah, dan didapatkan akurasi setelah dilakukan filtering menggunakan beberapa algoritma pengolahan database sebesar > 90% dalam pengolahan QRS peak.

Rangkuman penelitian terdahulu yang terkait dengan prediksi pasang surut air laut dengan beragam metode dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

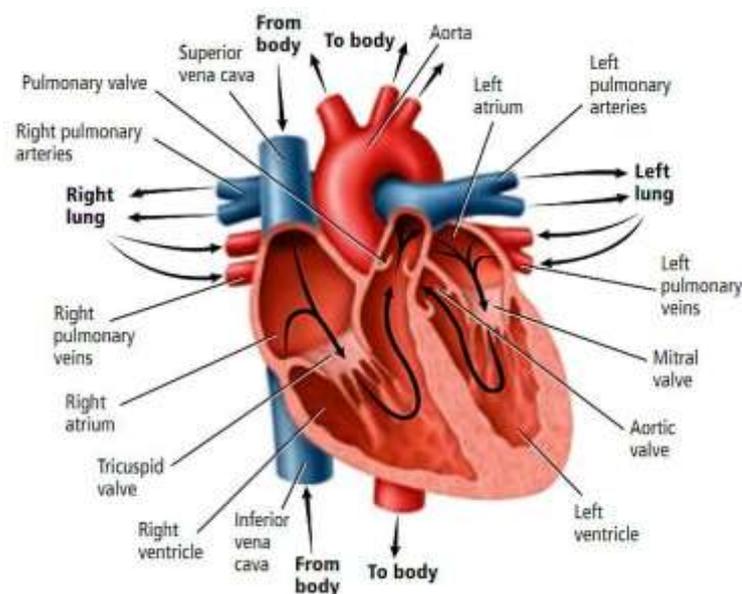
Peneliti	Tahun	Judul	Hasil
Yessianto, dkk [7]	2018	Perancangan Alat Monitoring Sinyal Jantung Menggunakan Arduino	Metode Low Pass Filter (LPF) dan High Pass Filter (HPF) untuk mengolah sinyal EKG dalam penentuan BPM diperoleh nilai error sebesar 1,33%.
Ferer Arnau, dkk [8]	2013	Operators to calculate the derivative of digital signals	Pengolahan Derivative signal dengan pengolahan sinyal diskrit dan menghasilkan sinyal variasi nilai Maximum, Minimum. Error rate kurang dari 0,8%, filter FIR dengan menghasilkan nilai kesalahan kurang dari 1,03%.
Martin Manulang, dkk [9]	2019	Implementation of AD8232 ECG Signal Classification Using Peak Detection	Sistem mampu mengenali myocardial

		Method For Determining RST Point	infarction berdasarkan ciri-ciri STEMI dan S Depression dan menghasilkan akurasi lebih dari 90%.
Aiyun Chen, dkk [10]	2020	A Real Time QRS Detection Algorithm Based on ET and PD Controlled Threshold Strategy	Pemanfaatan metode Exponensial Transormasi (ET) dan <i>Propotional Derivative</i> (PD) mampu mendeteksi QRS dengan prediktivitas positif, dan akurasi deteksi QRS masing-masing adalah 99,90%, 99,92%, dan 99,82%.

2.2 Jantung dan Atrial Fibrilasi

2.2.1 Jantung

Jantung dan pembuluh darah merupakan bagian dari sistem kardiovaskular yang merupakan organ vital dalam tubuh dimana letak dari organ ini pada dada sebelah kiri diatas diafragma. Fungsi jantung pada dasarnya adalah memompa darah ke seluruh tubuh.



Gambar 2. 1 Bagian dalam Jantung [11]

Secara struktur anatomi jantung terbagi dalam 4 ruang utama yaitu 2 serambi (atrium) yaitu serambi kanan dan serambi kiri, serta 2 bilik (ventrikel) yaitu bilik kanan dan bilik kiri. Dari sisi luar untuk menjaga dan melindungi organ didalamnya, jantung terlapsi oleh kantong perikardium yang terdiri dari lamina viseralis yang menempel pada dinding jantung dan lamina panistalis sebelah luar jantung. Selain itu terdapat oleh rongga dada yang berfungsi menjaga jantung terbentur langsung oleh benda asing dari luar.

Berdasarkan strukturnya terdapat 2 buah katup dalam jantung yaitu katup atrioventikuler (valvular bikuspidal) yang berfungsi sebagai pengarah aliran darah jantung agar mengalir dalam satu arah yang terdapat diantara serambi dan bilik jantung. Katup atrioventikuler berfungsi dalam mencegah aliran darah dari bilik ke

serambi selama fase kontraksi ventrikel untuk memompa darah ke arteri (Sistolik). Selain itu katup yang kedua adalah katup semilunaris yaitu katup aorta dan pulmonalis yang berfungsi mencegah aliran balik dari aorta dan arteri pulmonalis kiri ke bilik selama fase rileks dari jantung ketika seluruh jantung santai dan darah mengalir ke bilik atas jantung.

2.2.2 Atrial Fibrillation

Fibrilasi Atrial atau Atrium Fibrillation (AF) merupakan kondisi aritmia yang sering terjadi pada manusia, Aritmia merupakan bagian dari penyakit jantung dimana permasalahan dari jenis penyakit jantung ini berkaitan terhadap laju atau irama detak jantung. Selama aritmia, kondisi yang terjadi pada irama detak jantung tidak beraturan diantaranya jantung dapat berdetak terlalu cepat, terlalu lambat, atau dengan irama yang tidak teratur. Ketika jantung berdetak terlalu kencang, kondisi ini disebut takikardia, sedangkan ketika jantung berdetak terlalu lambat, kondisi ini disebut bradikardia.

Ukuran denyut jantung dari 2 bentuk mendasar mengenai kondisi jantung diantaranya Takikardia, terjadi jika denyut jantung $>100x$ /menit dan Bradikardia, terjadi jika denyut jantung $<60x$ /menit

Takikardi dapat terjadi dikarenakan curah jantung yang berkurang dengan waktu pengisian ventrikel yang pendek / singkat, sedangkan pada bradikardi terjadi oleh karena curah jantung berkurang akibat frekuensi ejeksi ventrikel yang berkurang.

Atrial Fibrilasi memiliki karakteristik :

- a) Ketidakteraturan interval RR yaitu tidak ada pola repetitif pada EKG.
- b) Tidak ada gambaran gelombang P yang jelas pada EKG.
- c) Siklus atrial (jika terlihat) yaitu interval di antara dua aktivasi atrial sangat bervariasi < 200 ms per menit atau >300 ms kali per menit. Kontraksi jantung normal dimulai dari impuls listrik di atrium kanan. Impuls ini berasal dari daerah atrium disebut nodus sinoatrial atau sinus alat pacu jantung alami.
- d) Sewaktu impuls bergerak melalui atrium menghasilkan gelombang kontraksi otot. Hal ini menyebabkan atrium berkontraksi.

- e) Impuls mencapai nodus atrioventrikuler didalam dinding otot antara 2 ventrikel. Lalu terjadi jeda untuk memberikan waktu masuk darah dari atrium ke ventrikel.
- f) Impuls kemudian berlanjut ke ventrikel menyebabkan kontras ventrikel yang mendorong darah keluar dari jantung dalam satu detak jantung.
- g) Jika jantung takikardia denyut jantung dianggap cepat.
- h) Jika jantung bradikardia denyut jantung dianggap lambat (bradikardi). Pada fibrilasi atrium, beberapa impuls berjalan melalui atrium pada saat yang sama.
- i) Karena kontraksi tidak terkoordinasi, kontraksi atrium tidak teratur, kacau dan sangat cepat. Atrium dapat berkontraksi 400-600/menit.
- j) Impuls yang tidak teratur ini mencapai nodus AV dengan sangat cepat, tetapi tidak semuanya melewati nodus AV, sehingga ventrikel berdetak lebih lambat, sering kali rata-rata 110-180 detak/menit dengan irama yang tidak teratur.
- k) Dengan hasil yang cepat, detak jantung yang tidak teratur menyebabkan gelombang yang tidak teratur dan kadang-kadang terjadi sensasi berdebar pada dada.

Selama fibrilasi atrium, dua serambi jantung bagian atas (atrium) menjadi tidak teratur dalam koordinasi dengan dua serambi bawah (ventrikel) jantung. Hasil dari ketidakteraturan kondisi ini adalah denyut jantung tidak teratur dan menjadi sering berdenyut dengan cepat, sehingga menyebabkan beberapa kondisi diantaranya aliran darah yang buruk ke tubuh, gejala jantung berdebar, serta sesak napas yang berakibat tubuh melemah. Atrial fibrilasi memiliki potensi besar terhadap peningkatan risiko terjadinya pembekuan darah penyebab stroke.

Tes yang paling umum digunakan untuk mendiagnosis AF adalah dengan EKG. Selain itu dokter/pakar akan menjalankan tes lain sesuai kebutuhan, pakar dapat merekomendasikan obat-obatan, penempatan alat yang dapat memperbaiki detak jantung yang tidak teratur, atau operasi untuk memperbaiki saraf yang terlalu merangsang jantung.

2.2.3 Ritme Jantung

Ritme rata-rata jantung adalah frekuensi sebuah jantung berdetak dalam satu menit. Ritme jantung (*heartrate*) memiliki satuan bpm (*beat per minute*). Ada banyak teori dan algoritma mengenai perhitungan ritme rata-rata jantung. Pada alat EKG konvensional, ritme rata-rata jantung dihitung berdasarkan jumlah kotak mikro antar dua detak atau puncak R. Perhitungan ritme rata-rata jantung dapat diformulasikan menjadi:

$$HR = \frac{300}{y} \quad \dots(2.1)$$



Gambar 2. 2 Bentuk kotak mikro pada kertas EKG

(Sumber : <http://www.cvphysiology.com/>)

dengan y adalah jumlah kotak sedang pada kertas EKG yang senilai dengan 5 buah kotak kecil antara kedua puncak R. Secara umum, perhitungan detak jantung juga dapat dilakukan dengan rumus dengan R merupakan puncak dari grafik PQRST.

$$BPM = \frac{60 \cdot 1000}{R_2 - R_1} \quad \dots(2.2)$$

2.3 Elektrokardiogram

2.3.1 Elektrokardiogram

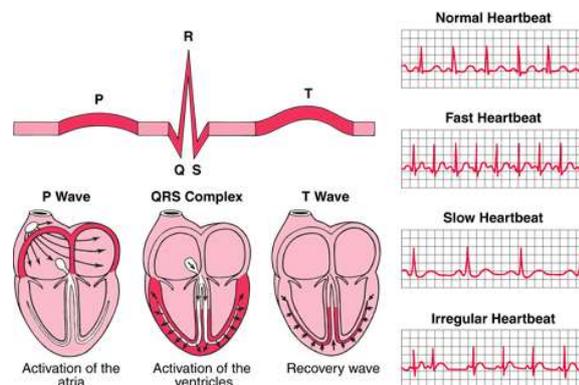
EKG adalah suatu alat bantu yang biasa digunakan oleh dokter untuk mengetahui aktivitas kelistrikan yang terjadi pada proses kerja jantung dengan hasil output menggambarkan grafis mengenai puncak aktifitas elektris dari serabut otot jantung, berupa kurva tegangan fungsi waktu yang terdiri dari berbagai puncak.

Hal yang dapat dibaca melalui EKG diantaranya :

- Denyut dan irama jantung
- Penebalan otot jantung (hipertrofi).
- Kerusakan bagian jantung.
- Gangguan aliran darah di dalam jantung.
- Pola aktifitas listrik jantung yang dapat menyebabkan gangguan irama jantung

Selain hal tersebut, EKG dapat menghasilkan grafis lain diantaranya riwayat serangan jantung (infark miokard), irama jantung abnormal (aritmia), pasokan darah dan oksigen ke jantung (iskemia) yang tidak memadai, dan penebalan berlebihan (hipertrofi) dinding otot jantung.

Kelainan tertentu yang terlihat pada EKG juga dapat menunjukkan tonjolan (aneurisma) yang berkembang di area yang lemah di dinding jantung. Aneurisma dapat terjadi akibat serangan jantung. Jika ritme abnormal (terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur), EKG juga dapat menunjukkan di mana di jantung mulai irama abnormal. Informasi tersebut membantu dokter mulai menentukan penyebabnya.



Gambar 2. 3 Pembacaan EKG [12]

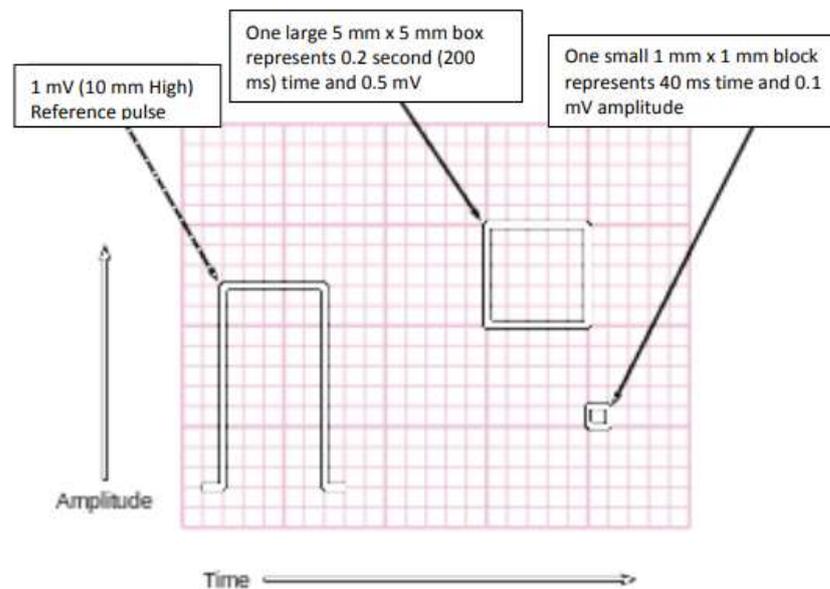
Elektrokardiogram merupakan merupakan alat bantu yang biasa digunakan oleh dokter untuk mengetahui aktivitas kelistrikan yang terjadi pada proses kerja jantung.

Pemeriksaan EKG dilakukan dengan menempelkan sadapan berupa lead (alat penerima impuls listrik jantung) di beberapa lokasi yang telah ditentukan.

Pemasangan sadapan pada tubuh digunakan sebagai monitor adanya perubahan tegangan antara elektroda yang ditempatkan pada berbagai posisi di tubuh. Pengukuran sinyal pada EKG dilakukan dengan pemilihan tiga titik bipolar yang pertama kali diperkenalkan oleh Einthoven yang terletak di lengan kanan, lengan kiri, dan kaki kiri.

2.3.2 Kertas Pererekam EKG

Informasi mengenai keadaan jantung dapat diketahui melalui pola grafik yang dihasilkan didalam kertas perekam EKG. Pada kertas perekam EKG elektrokardiograf khusus berjalan dengan kecepatan 25 mm/s. Setiap kotak kecil kertas EKG berukuran 1 mm². Dengan kecepatan 25 mm/s, 1 kotak kecil kertas EKG sama dengan 0,04 s (40 ms). 5 kotak kecil menyusun 1 kotak besar, yang sama dengan 0,20 s (200 ms). Karena itu, ada 5 kotak besar per detik. 12 sadapan EKG berkualitas diagnostik dikalibrasikan sebesar 10 mm/mV, jadi 1 mm sama dengan 0,1 mV. Sinyal "kalibrasi" harus dimasukkan dalam tiap rekaman. Sinyal standar 1 mV harus menggerakkan jarum 1 cm secara vertikal, yakni 2 kotak besar di kertas EKG.

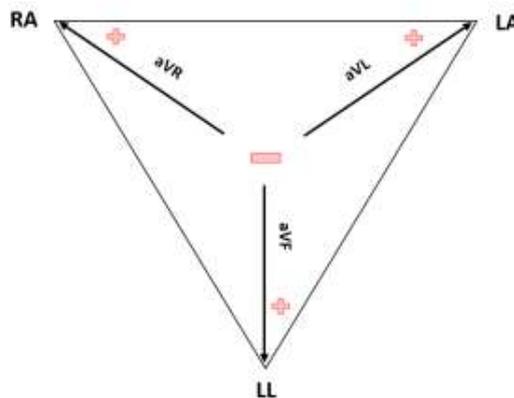


Gambar 2. 4 Kertas Perekam EKG [13]

2.3.3 Metode Pemasangan *Einthoven Triangle*

Pada penangkapan sinyal EKG, digunakan elektroda yang dipasang pada tubuh manusia berdasarkan metode – metode yang sudah diteliti oleh para ahli sejak dahulu. Sistem pemasangan elektroda memiliki beberapa prinsip dan yang saat ini banyak digunakan di rumah sakit menggunakan prinsip *12 lead*. *12 lead point of ECG* sendiri mengatur peletakan elektroda dengan 6 buah sudut pandang (*hexaxial leads*). Terdapat 6 sudut pandang yang dihasilkan dengan 3 *bipolar leads* (*lead I, II, III*) dan 3 *unipolar* atau *augmented leads* (*lead aVR, aVL, aVF*). Namun sekitar tahun 1930-an F.N Wilson menciptakan metode pemasangan yang lebih berfokus pada 3 prinsip *bipolar lead* yaitu *lead I, II, dan III*. *Einthoven Triangle* adalah segitiga khalayan yang menghubungkan vektor ketiga *lead*. Segitiga *Einthoven* merupakan dasar pengembangan *Trihexial Reference System* untuk menghitung aksis arah dan kekuatan listrik jantung (gabungan dari vektor diagram dua atau lebih *lead*) pada bidang frontal. Peletakan metode ini berfokus pada Left Arm (LA), Right Arm (RA), and Left Leg (LL) [14].

Bagan penempatan elektroda sesuai *Einthoven's Triangle* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 5 *Einthoven's Triangle*. [15]

Hubungan antara sisi kiri dan kanan elektroda bagian atas akan membentuk *lead I*. Hubungan antara sisi kiri atas dan bawah elektroda akan membentuk *lead II*, serta hubungan antara sisi kanan dan bawah elektroda akan membentuk *lead III*.

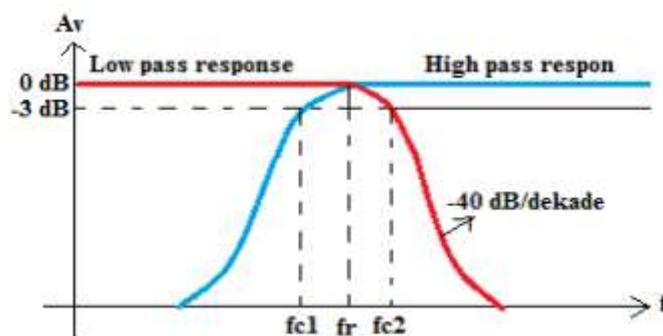
Metode ini dapat diimplementasikan dengan 2 cara yaitu :

1. menempatkan elektroda pada kedua sisi dada dan pinggang.
2. menempatkan elektroda pada kedua pergelangan tangan dan satu buah elektroda di bagian kaki atau paha.

2.4 Metode Pengolahan Sinyal

2.4.1 Bandpass Filtering

Band Pass Filter atau sering disingkat dengan BPF adalah filter atau penyaring frekuensi yang melewatkan sinyal frekuensi dalam rentang frekuensi tertentu yaitu melewatkan sinyal yang berada diantara frekuensi batas bawah hingga frekuensi batas atasnya. Dengan kata lain, Band Pass Filter atau Tapis Lolos Atas ini akan menolak atau melemahkan sinyal frekuensi yang berada diluar rentang yang ditentukan tersebut. Dalam metode bandpass filter, frekuensi sinyal yang masuk akan mampu melewatkan sinyal pada pita atau “sebaran” frekuensi tertentu atau melewatkan sinyal diantara batas frekuensi yang ditentukan. Rentang Frekuensi yang berada diantara Frekuensi batas atas (f_h) dan Frekuensi batas bawah (f_l) ini biasanya dikenal dengan filter Bandwidth.



Gambar 2. 6 Respon Bandpass Filter

(sumber : <http://elektro.um.ac.id/wp-content/uploads/2016/04/LAB-STL-02-Jobsheet-9-Band-Pass-Filter.pdf>)

Pada Proses Bandpass filter, sinyal yang diproses akan mengambil nilai diantara *Low Pass Response* dan *High Pass Response*. Rumus persamaan yang digunakan dalam perhitungan bandpass filter adalah :

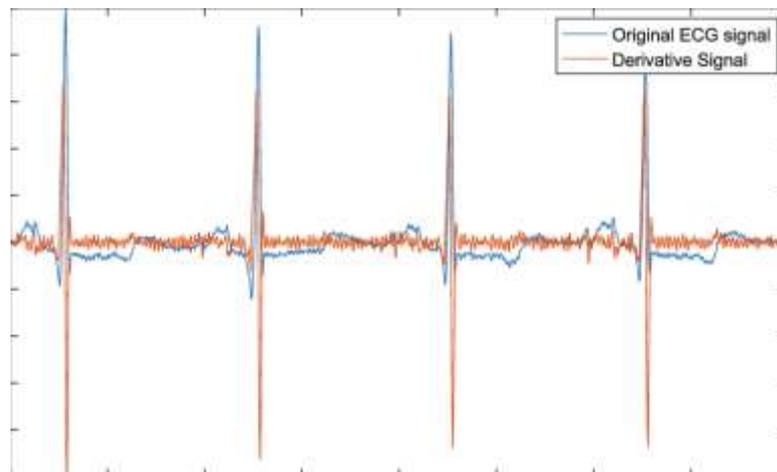
$$F_{low} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad \dots(2.3)$$

$$F_{high} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad \dots(2.4)$$

$$B = F_{high} - F_{low} \quad \dots(2.5)$$

2.4.2 Derivative

Derivative dalam bahasa Indonesia merupakan fungsi turunan, dimana kegunaan fungsi ini untuk menurunkan nilai terhadap waktu. Dengan melakukan derivative dalam pengolahan sinyal digital akan menghasilkan nilai gradien sehingga hasil sinyal yang dikeluarkan akan terlihat kemiringan terhadap sumbu x,y dengan tujuan untuk memperjelas pola P,Q,R,S,T pada grafik EKG[16].



Gambar 2. 7 Derivative Signal ECG [17]

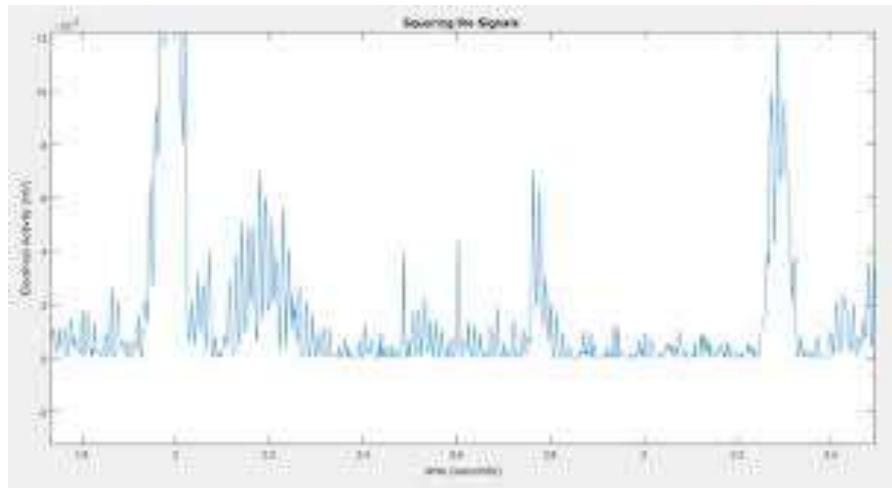
Berikut ini rumus yang digunakan dalam pengolahan Derivative :

$$y(nT) = \frac{1}{8} [2x(nT) + x(n-T) - x(n-3T) - 2x(n-4T)] \frac{d}{dT} \quad \dots(2.6)$$

2.4.3 Squaring

Dalam pengolahan sinyal digital dikenal metode squaring, dimana dalam metode ini nilai suatu amplitude pada sinyal akan diperkuat sehingga data point pada sinyal tersebut menjadi bernilai positif dan dengan melakukan squaring pada nilai data,

frekuensi pada sinyal positif akan semakin kuat dikarenakan pada proses squaring nilai input data akan di kuadratkan [18].



Gambar 2. 8 Sinyal Squaring [19]

$$y(n) = x^2(n) \quad \dots(2.7)$$

2.5 Problem Solving Agent

Kecerdasan buatan merupakan suatu *entitas* ilmiah cerdas yang diciptakan dan dimasukkan kedalam mesin (komputer) untuk dapat melakukan pekerjaan seperti yang dilakukan manusia [20]. Agen Cerdas merupakan bagian dari objek autonomous yang mengamati dan bertindak sesuai dengan lingkungannya [21]. Didalam Kecerdasan buatan terdapat 2 fokus dalam penciptaan suatu agen cerdas yaitu berpusat pada *Human* dan *Rational*, Pada focus tersebut dijabarkan menjadi 4 buah pendekatan yang menjadi dasar pembuatan agen / sistem diantaranya [22]:

1. *Thinking Humanly*

Pada pendekatan ini, suatu agen mampu berfikir seperti layaknya manusia berfikir dimana pemikiran manusia tidak hanya berfikir mengenai sebuah ilmu, tetapi juga mempelajari mengenai perasaan. Penilaian agen yang mampu diberikan pada pendekatan ini hanya dengan menilai berdasarkan perilaku atau hal yang umum biasa dilakukan manusia.

2. *Acting Humanly*

Pendekatan ini, suatu agen cerdas akan dapat berperilaku selayaknya manusia dimana agen memiliki pengetahuan yang banyak sehingga pengguna agen tidak dapat membedakan antara manusia dan agen karena

kemampuan berperilakunya menyerupai manusia. Dalam contoh agen cerdas yang menjadi dasar pendekatan ini adalah *Turing Test Approach* dimana agen mampu belajar dan menjawab sesuai seperti manusia saat diuji dalam bilik yang berbeda.

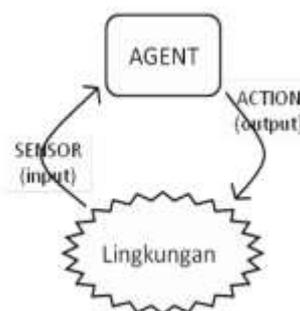
3. *Thinking Rationally*

Pendekatan *Thinking Rationally* merupakan pendekatan dengan adanya alasan dan acting dalam pengolahannya. Pendekatan ini sangat dikenal dengan pendekatan logika “Jika – Maka” yang berarti setiap perintah dan informasi yang dimiliki agen, maka memiliki dasar yang menjadi alasan agen bertindak / memproses sesuatu hal.

4. *Acting Rationally*

Pendekatan ini merupakan pendekatan dengan berdasarkan pada perilaku agen yang rasional. Pendekatan ini berfokus pada agen untuk mampu melakukan tindakan rasional dengan berdasarkan pengetahuan dan alasan sehingga diperoleh keputusan yang berdasar / rasional untuk tindakan yang dilakukan agen.

Pembentukan agen cerdas dalam buku Stuart Russell (2003), bahwa konsep agen cerdas berfokus pada agen yang rasional dimana cerdas berarti agen mampu memiliki alasan dalam pemrosesan, bertindak dan berperilaku. Dalam memecah agen rasional diperlukan kemampuan dalam menganalisis *Agent & Environment* [22].



Gambar 2. 9 Hubungan Agen Cerdas dan Lingkungan [23]

Struktur Agen berdasarkan pembentukan agen cerdas dibagi dalam 4 prinsip yaitu:

- a. Simple reflex agents
- b. Model-based reflex agents
- c. Goal-based agents
- d. Utility-based agents

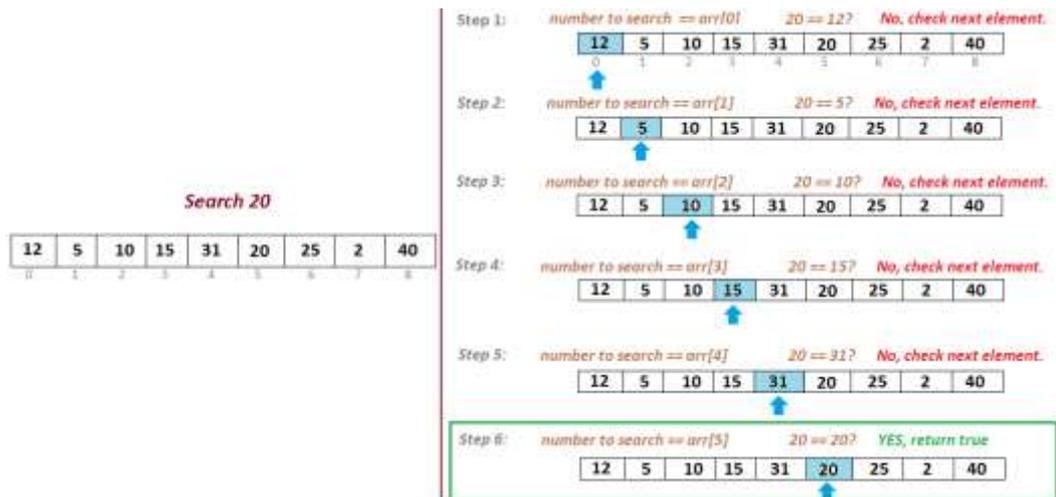
Dalam pembentukan struktur agen, dibutuhkan pengidentifikasian terhadap prinsip PEAS yaitu Performance, Environments, Actuators, dan Sensors.

2.6 Algoritma Pencarian Sequential

Sequential Search adalah proses membandingkan setiap elemen array satu persatu secara beruntun dimulai dari elemen pertama hingga elemen yang dicari ditemukan atau hingga elemen terakhir dari array [24]. Metode Sequential Search atau disebut pencarian beruntun dapat digunakan untuk melakukan pencarian data baik pada array yang sudah terurut maupun yang belum terurut. Proses yang terjadi pada metode pencarian ini adalah sebagai berikut [25] :

- 1) Membaca array data.
- 2) Menentukan data yang dicari.
- 3) Mulai dari data pertama sampai dengan data terakhir, data yang dicari dibandingkan dengan masing-masing data di dalam array.

Jika data yang dicari tidak ditemukan maka semua data atau elemen array dibandingkan sampai selesai. Jika data yang dicari ditemukan maka perbandingan akan dihentikan Proses pencarian data dengan metode ini cukup sederhana dan mudah. Proses pencarian data dilakukan dengan mencocokkan data yang dilakukan secara berurut satu demi satu dimulai dari data ke-1 hingga data pada urutan terakhir. Jika data yang dicari mempunyai nilai yang sama dengan data yang ada dalam kelompok data, berarti data telah ditemukan. Jika data yang dicari tidak ada yang cocok dengan data dalam sekelompok data, data tersebut tidak ada dalam sekelompok data. Selanjutnya kita tinggal menampilkan hasil yang diperoleh tersebut.



Gambar 2. 10 Sequential Search

Adapun Proses Algoritma Sequential Searching adalah sebagai berikut:

- a. Pertama data melakukan perbandingan satu per satu secara berurutan dalam kumpulan data dengan data yang di cari sampai data tersebut ditemukan atau tidak ditemukan.
- b. Pada dasarnya, pencarian ini hanya melakukan pengulangan data dari 1 sampai dengan jumlah data (n).
- c. Setiap pengulangan, dibandingkan data ke-i dengan data yang sedang dicari.
- d. Apabila data sama dengan yang dicari, berarti data telah berhasil di temukan. Sebaliknya apabila sampai akhir melakukan pengulangan tidak ada data yang sama dengan yang dicari, berarti data tidak ada yang ditemukan.