

## Pengaplikasian *Unsupervised Learning* dengan Metode AHC untuk melakukan Segmentasi Harga Produk GPU (*Graphical Processing Unit*)

Laksamana Sulthan Alam .S <sup>(1)</sup>, Muhammad Faisal <sup>(2)\*</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang

e-mail : laksamana13sulthan@gmail.com

\* Penulis korespondensi.

Artikel ini diajukan 11 Oktober 2021, direvisi xx xxxx 2020, diterima xx xxxx 2020, dan dipublikasikan xx xxxx 2020.

### Abstract

*More and more technology manufacturing companies are developing, making products easier to obtain by consumers. One such technology is the Graphical Processing Unit or abbreviated as GPU. GPU has a vital role in running a computer system, namely to display graphics as output. However, GPUs themselves have different levels of specifications and also different marketing targets. The purpose of segmentation using the AHC method is to perform price differentiation based on predetermined criteria. These criteria will later be used to carry out the Clusterization process to group GPU Classes.***Keywords: GPU, GPU Components, AHC, Clusterization**

### Abstrak

Semakin banyaknya perusahaan manufaktur teknologi yang berkembang, membuat produk semakin mudah didapatkan oleh konsumen. Salah satu teknologi itu adalah *Graphical Processing Unit* atau disingkat sebagai GPU. GPU memiliki peran yang vital dalam menjalankan sebuah system computer yaitu untuk menampilkan grafik sebagai output. Namun GPU sendiri memiliki tingkat spesifikasi yang berbeda dan juga target pemasaran yang berbeda. Tujuan segmentasi dengan menggunakan metode AHC ini, dilakukan untuk melakukan diferensiasi harga berdasarkan kriteria yang ditentukan. Kriteria ini nantinya akan digunakan untuk melakukan proses Klusterisasi untuk mengelompokkan Kelas GPU.

**Kata Kunci: GPU, Komponen GPU, AHC, Kluterisasi**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

GPU merupakan singkatan dari Graphic Processing Unit adalah sebuah bagian dari komputer atau desktop yang bekerja sebagai pengolah grafis. Tanpa adanya GPU, tampilan Graphical User Interface (GUI) tidak akan muncul pada keluaran; dalam hal ini adalah monitor atau proyektor. GPU memiliki cara processing yang berbeda dengan CPU. Menurut Intel, GPU adalah prosesor yang terdiri dari banyak inti yang lebih kecil dan lebih khusus. Dengan bekerja sama, inti menghadirkan performa luar biasa saat tugas pemrosesan dapat dibagi dan diproses di berbagai inti. Sedangkan CPU Dibuat dari jutaan transistor, dan dapat memiliki beberapa inti pemrosesan dan umumnya disebut sebagai otak komputer. Sehingga CPU bekerja kearah Logic, sedangkan GPU bekerja kearah pengolahan grafis. Terdapat beberapa brand-brand besar dalam dunia Industri GPU diantaranya adalah Nvidia dan AMD Radeon. Kedua perusahaan ini bersaing dengan memberikan, kualitas, deals, yang menarik minat konsumen. Hal yang menjadi rahasia umum diantara perusahaan adalah AMD Radeon menawarkan harga yang lebih murah. Salah satu contohnya adalah perbandingan produk flagship kedua perusahaan, RTX 3090Ti dan RX 6900xt dengan harga peluncuran masing-masing \$1.500 dan \$650 (UserBenchmark, 2021). Dari kedua produk flagship ini, kita tidak mengetahui bahwa kedua produk tersebut bersaing di High Level GPU, namun dengan harga yang timpang. Hal ini kemudian menjadi pertanyaan, bagaimana perusahaan melakukan penggolongan kelas GPU, karena dokumentasi terkait penentuan harga dari masing-masing perusahaan tidak dipublikasikan. Untuk itu peneliti berusaha melakukan clusterisasi Low-End GPU hingga High-End GPU untuk melihat proses pengelompokan apabila menggunakan metode Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC).



Proses pengelompokan data menggunakan Agglomerative hierarchical Clustering dimulai dengan setiap pengamatan sebagai clusternya sendiri kemudian terus mengelompokkan pengamatan ke dalam kelompok yang semakin besar. Hal ini menghasilkan sebuah organisasi hirarki data yang dapat digunakan untuk mengelompokkan kumpulan data dan dari hirarki ini kelompok-kelompok tertentu dapat dipilih (Myatt & Johnson, 2009). Data-data ini berupa kriteria yang akan diolah dengan menggunakan metode ini. Setelah akan dilakukan perbandingan antara hasil klusterisasi AHC dengan retail harga pasar.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah tidak adanya dokumentasi yang jelas mengenai penentuan harga retail dan pengelompokannya oleh brand-brand GPU. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk melakukan proses mimicking clusterisasi harga dengan menggunakan metode AHC dan kemudian membandingkannya dengan Harga-harga retail yang berada di Internet.

## 1.3. Tujuan Penelitian

- 1.3.1. Membangun Program yang mampu menjalankan clusterisasi Harga GPU dengan metode Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC)

## 1.4. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada produk dari Brand Nvidia dan AMD Radeon saja. Hal ini karena belum ada brand-brand lain yang memiliki segmentasi produk lengkap dari High-End hingga Low-End seperti kedua brand tersebut. Batasan lain yang akan dilakukan adalah kriteria yang digunakan untuk diolah didalam AHC dibatasi hanya 6 saja, yaitu Teknologi Arsitektur, Jumlah Memori, VRAM GDDR, PCIe Gen, dan Memory Bus Width, dan Harga Retail GPU.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian yang akan dijadikan studi literatur untuk mengetahui dan melakukan komparasi mengenai penggunaan AHC di subjek yang berbeda. Studi literatur yang direferensikan berupa Paper, Jurnal, dan Skripsi.

No	Judul	Peneliti	Metode	Tahun
1	Penerapan Agglomerative Hierarchical Clustering untuk segmentasi Pelangga	Widyawati, Wawan L.K.S, Yustina Retno W.U	AHC dengan Manhattan Distance dan Average Linkage	2020
2	Sistem Informasi Prediksi Tamu Homestay Mengulangi Kedatangannya	Maria Atik Sunarti E. Elves Umbulolo	AHC	2018
3	Penerapan Algoritma AHC dalam Aplikasi Pembagian Kelas Siswa Baru	Marjiyono	Hierarchical Clustering Algorithm	2015
4	Pengelompokan Data Menggunakan Hierarchical Clustering AHC	Novialita Pitaloka, Kiki Maulana, Angelina Prima Kuninati	AHC dengan pendekatan Average, Simple, Complete Linkage.	2009
5	Komparasi Algoritma K-Means dan AHC untuk Curah Hujan di Indonesia	Yosep Nuryaman, Ayuni Asistiyasari, Afri Yudha	K-Means dan AHC	2018



6	Implementasi Agglomerative Hierarchical Clustering pada Data Produksi dan Penjualan Perusahaan	Emi Ariska	AHC dengan pendekatan Average, Simple, Complete Linkage. Dan Penggunaan Euclidian Distance	2018
7	Clustering Data Kredit Bank Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering Average Linkage	Ginanjari Abdurrahman	AHC dengan pendekatan Average Linkage	2018
8	Pengelompokan Sekolah Menengah Atas di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan Hasil Ujian Nasional Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering	Vina Puspitasari	AHC dengan pendekatan Average, Simple, Complete Linkage.	2016
9	Analisis Pengelompokan Jumlah Penumpang Bus Trans Jogja menggunakan metode Clustering K-Means dan Agglomerative Hierarchical Clustering	Lisna Zahrotun	K-Means dan AHC	2015
10	Aplikasi Hierarchical Clustering Pada Permasalahan Pengelompokan Virus Flu Burung	Otmilda Hapsari Sudiro	Hierarchical Clustering	2018

Tabel 1. Studi Kepustakaan

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. GPU

Unit Pemrosesan Grafis (GPU) adalah perangkat lunak yang sangat besar arsitektur multi-thread dan kemudian banyak digunakan untuk komputasi grafis. Unit Pemrosesan Grafis (GPU), adalah perangkat komputasi yang dirancang untuk secara efisien melakukan perhitungan yang diperlukan untuk menghasilkan keluaran visual dari data program. (Ramani Shursti K., dkk. 2015). GPU pertama kali dibuat oleh Nvidia dan istilah ini dipopulerkan pada tahun 1999. GPU pertama yang dibuat adalah GeForce 256, dengan spesifikasi single-processor. Kemudian selanjutnya disusul oleh ATI Technologies (kini diakuisisi menjadi AMD Radeon), pada tahun 2002 dengan produknya yaitu Radeon 9700. (Ramani Shursti K., dkk. 2015) GPU bekerja dengan mengedepankan Throughput ketimbang latensi, serta pemrosesan data dilakukan berdasarkan konsep Data Parallelism, yaitu menjalankan single kernel di banyak elemen. Tiap element data dipisah dan dieksekusi di tempat yang beda namun dengan operasi yang sama. Konsep ini diterapkan mengingat GPU memproses grafis visual, dan bukan logic seperti CPU yang mengedepankan Task Paralelism dan minimum latency. Technology GPU tiap tahun semakin berkembang. Salah satunya adalah perkembangan arsitektur GPU tiap tahunnya. Nvidia memiliki perkembangan Arsitektur dari Fermi hingga Ampere (CandyTech, 2021). Dan AMD TeraScale hingga RDNA (Abhek Gulati, 2019). Kedua GPU memiliki pendekatan yang berbeda, perkembangan arsitektur antara keduanya memiliki kesamaan yaitu Manufacturing Process (28nm, 8nm, etc), Transistor, TDP, dan lain sebagainya.

### 2.2.2. VRAM GDDR

VRAM (Video Random Access Memory) adalah komponen yang melekat pada GPU yang memiliki fungsi untuk menyimpan data sementara yang berkaitan dengan texture, framebuffer, dll. Secara mendasar VRAM berfungsi sebagai memori untuk menyimpan berbagai data grafis yang dibutuhkan oleh GPU guna merender sebuah gambar dan kemudian ditampilkan ke monitor



(Indoworks, 2018). VRAM memiliki beberapa tipe memory, salah satu jenis memory VRAM yang banyak digunakan saat ini adalah GDDR (Graphic Double Data Rate). GDDR diperkenalkan oleh NVIDA pada tahun 1999. Berikut adalah versi lengkap dari GDDR

No	Module Type	Chip Type	Memory Clock	Transfer/s	Transfer Rate
1	GDDR	-	-	-	-
2	GDDR2	-	500mhz	-	16GB/s
3	GDDR3	64 lane	625mhz	2.5GT/s	19.9GB/s
4	GDDR4	64 lane	625mhz	2.2GT/s	17.6GB/s
5	GDDR5	64 lane	625-1000mhz	5-8GT/s	40-64GB/s
6	GDDR5X	64 lane	625-875mhz	10-12GT/s	80-112GB/s
7	GDDR6	64 lane	875-1000mhz	14-16GT/s	112-128GB/s

Tabel 2. GDDR Type (Wikipedia)

### 2.2.3. PCIe

PCIe atau Peripheral Component Interconnect Express adalah koneksi standar yang digunakan untuk menghubungkan antar perangkat komputer. Slot PCIe ini biasanya digunakan untuk menghubungkan perangkat ke motherboard, seperti GPU, Soundcard, Network Card, dll. Berdasarkan data yang diperoleh dari howstuffworks.com, PCI dikembangkan mulai dari lab pengembangan arsitektur milik Intel pada 1990. Saat itu, PCI dikembangkan sebagai alternatif bus ISA/EISA, namun sayangnya PCI belum begitu populer saat itu. Dua tahun kemudian, pada tahun 1993, pengembangan PCI diambil alih oleh PCI Special Interest Group (PCISG). PCI ini kemudian direvisi untuk bertahan cukup lama. Berikut adalah versi dari PCIe dari dulu hingga yang terbaru.

No	Generation	Bandwith	Transfer	Frequency
1	PCIe 1.0	8 GB/s	2.5 GT/s	2.5 Ghz
2	PCIe 2.0	16 GB/s	5 GT/s	5 Ghz
3	PCIe 3.0	32 GB/s	8 GT/s	8 Ghz
4	PCIe 4.0	64 GB/s	16 GT/s	16 Ghz
5	PCIe 5.0	128 GB/s	32 GT/s	32 Ghz
6	PCIe 6.0	256 GB/s	64 GT/s	64 Ghz

Tabel 3. PCIe Generation (tomshardware.com)

### 2.2.4. Memory Bus Width

Memory Bus Width adalah kapasitas satuan lebar data yang untuk diproses. Ada beberapa antarmuka memori di seluruh sistem komputer. Karena berkaitan dengan GPU, Antarmuka Memori adalah lebar-bit fisik bus memori. Setiap siklus clock (miliar per detik), data ditransfer sepanjang bus memori ke dan dari memori di kartu. Lebar antarmuka ini; biasanya didefinisikan sebagai "384-bit" atau serupa, adalah jumlah fisik bit yang dapat ditampung di bus per siklus clock. Perangkat dengan antarmuka memori 384-bit akan dapat mentransfer 384 bit data per siklus clock (ada 8 bit dalam satu Byte). Antarmuka memori juga merupakan komponen penting dari perhitungan bandwidth memori dalam menentukan throughput memori maksimum pada GPU. (gamersnexus.net, 2021). Beberapa versi dari Memory Bus Width diantaranya dari yang terbaru hingga lama : 384bit, 320bit, 256bit 192bit, 128bit.

### 2.2.5. Unsupervised Learning

Unsupervised learning adalah salah satu tipe algoritma machine learning yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari dataset (DQlab, 2021). Metode ini digunakan untuk mempelajari kedekatan antar data atau bisa disebut sebagai clustering. Algoritma ini sering digunakan pada data yang tidak memiliki label, dan mampu menemukan pola secara implisit. Unsupervised learning merupakan jenis machine learning yang hanya mempunyai variabel input tapi tidak mempunyai variabel output yang berhubungan. Tujuan dari Machine Learning ini adalah untuk



memodelkan struktur data dan menyimpulkan fungsi yang mendeskripsikan data tersebut. (DQlab,2021). Metode Unsupervise Learning hanya mengkaji data berdasarkan aksesibilitas data atau biasa disebut dengan clustering. Metode Unsupervised Learning yang paling umum adalah analisis klaster. Ini digunakan dalam analisis data untuk mencari pola atau pengelompokan tersembunyi dalam data. Salah satu contoh metodenya adalah Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC)

#### 2.2.6. AHC (Agglomerative Hierarchical Clustering)

AHC adalah sebuah Metode Clustering yang dilakukan dengan melakukan serangkaian proses pengelompokan sebuah data. AHC bekerja menempatkan objek dalam clustering dan kemudian menggabungkannya dengan clustering lainnya sehingga proses berjalan secara incremental. Agglomerative melakukan clustering dari N cluster menjadi satu kesatuan cluster, dimana N adalah jumlah data(Everitt, Landau, et al. 2011).

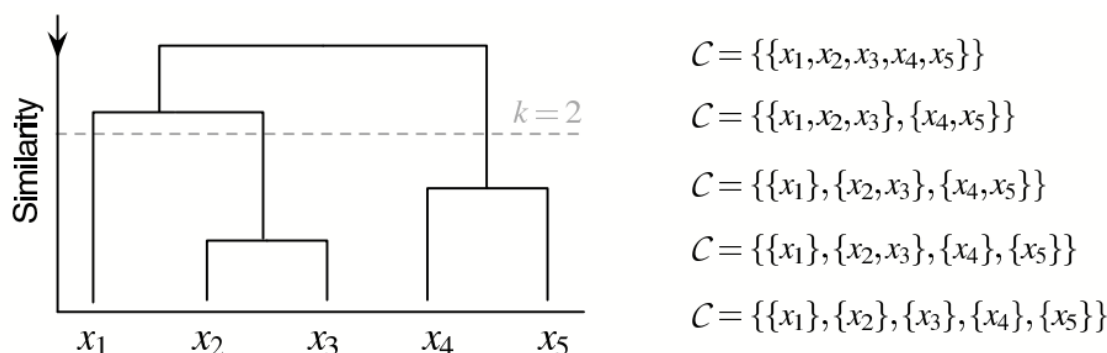


Diagram 1. Contoh Dendrogram dari 5 data yang diolah dengan AHC

Berikut adalah garis besar, dari tahapan proses AHC (Derrek Grenee, dkk,2008) :

1. Tetapkan setiap objek ke cluster tunggal.
2. Perbarui matriks kesamaan antar-cluster berpasangan.
3. Identifikasi dan gabungkan pasangan cluster yang paling mirip.
4. Ulangi dari Langkah 2 hingga tersisa satu cluster atau terminasi tertentu
5. kriteria telah terpenuhi.

Ketika estimasi jumlah cluster k diberikan sebelumnya, algoritma dapat dihentikan ketika jumlah node leaf yang diperlukan tetap berada dalam dendrogram. Berbagai strategi keterkaitan ada untuk menentukan pasangan cluster mana yang harus digabungkan dari semua pasangan yang mungkin. Sementara strategi ini biasanya dinyatakan dalam jarak, mereka dapat dengan mudah disesuaikan untuk menggunakan nilai kesamaan seperti yang dihasilkan oleh ukuran kosinus. Berikut adalah contoh linkage yang umumnya digunakan didalam AHC untuk proses Clustering.

##### a. Single Linkage

Strategi yang paling umum, juga dikenal sebagai teknik Single Linkage, mendefinisikan kesamaan antara dua cluster ( $C_a$ ,  $C_b$ ) sebagai kesamaan maksimum antara objek yang dimasukkan ke  $C_a$  dan juga objek yang dimasukkan ke  $C_b$  (Derrek Grenee, dkk,2008)

$$sim(C_a, C_b) = \max_{x_i \in C_a, x_j \in C_b} S_{ij}$$

##### b. Average Linkage

Kesamaan antara sepasang cluster ( $C_a$ ,  $C_b$ ) dihitung sebagai kesamaan rata-rata antara objek yang dimasukkan ke  $C_a$  dan objek yang dimasukkan ke  $C_b$  (Derrek Grenee, dkk,2008)

$$sim(C_a, C_b) = \frac{\sum_{x_i \in C_a} \sum_{x_j \in C_b} S_{ij}}{|C_a| |C_b|}$$



## c. Complete Linkage

Kesamaan antara dua cluster ( $C_a$ ,  $C_b$ ) didefinisikan sebagai kesamaan minimum antara objek yang dimasukan ke  $C_a$  dan objek yang dimasukan ke  $C_b$  (Derrek Grenee, dkk,2008)

$$sim(C_a, C_b) = \min_{x_i \in C_a, x_j \in C_b} S_{ij}$$

## 2.2.7. Euclidian Distance

Euclidian Distance adalah sebuah metode penghitungan jarak yang ditemukan oleh ilmuan Yunani yaitu Euclid. Euclidian distance digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik dalam euclidian space. Jarak Euclidian merupakan metode yang paling umum digunakan untuk data numerik, dan untuk titik  $x$  dan  $y$  dalam dimensi  $d$ . Dalam Niken (2018), Jannah menjelaskan mengenai proses dan ekuasi Euclidian Distance :

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

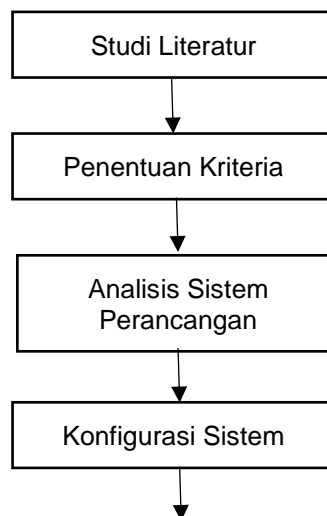
$$d(x, y) = \sqrt{(y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2 + \dots + (y_n - x_n)^2}$$

Penghitungan Euclidian dilakukan dengan membandingkan jarak antara titik atau variable, untuk mencari value jarak yang terdekat. Hasil perhitungan yang digunakan sebagai perbandingan adalah nilai yang paling kecil jarak yang paling dekat (Niken:2018)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1. Tahapan Penelitian

Untuk melakukan sebuah penelitian, diperlukan adanya tahapan-tahapan yang tersusun dengan baik dan sistematis agar pelaksanaan penelitian tepat mencapai tujuan yang diharapkan (M et al., 2019). Berikut adalah alur metodologi penelitian.



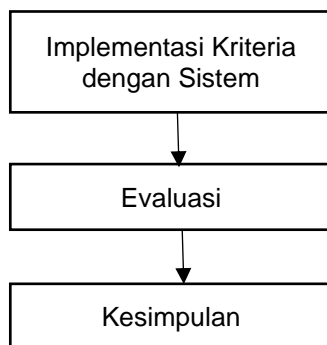


Diagram 2. Tahapan Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis memperoleh data dengan menggunakan beberapa tahapan-tahapan dari diagram diatas sebagai berikut :

1. Studi Literatur  
Dengan pengumpulan data-data berupa teori dalam kasus ini dan pustaka yang mendukung(van Wezel & Potharst, 2007).
2. Penentuan Kriteria  
Penentuan Kriteria yang dimaksud adalah penentuan data-data yang nantinya akan diambil dan diolah dengan metode AHC. Penentuan kriteria ini dilakukan dengan berbagai pertimbangan, yaitu signifikasi kinerja GPU, tersedia diberbagai macam jenis GPU, serta dapat dilakukannya komparasi antar value.
3. Analisis Sistem Perancangan  
Perancangan sistem yang akan digunakan untuk merancang suatu sistem yang dapat mengklustersasi data-data yang telah dimasukan berdasarkan algortima Unsupervised Machine Learning dengan metode AHC. Sistem akan dibangun dengan menggunakan Environment Python, IDE yang digunakan adalah Visual Studio Code, sedangkan Data Set akan dimasukan kedalam file. xlsx atau .csv
4. Konfigurasi Sistem  
Pada tahapan ini, penulis akan melakukan konfigurasi perangkat keras dan lunak agar mampu menjalankan program secara optimal. Konfigurasi yang dilakukan adalah Instalasi Extension, kemudian membangun environment Python, serta instalasi system yang dibutuhkan
5. Implementasi Kriteria dengan Sistem  
Data Kriteria yang sudah dimasukan kedalam .csv atau .xlsx selanjutnya akan dijalankan sebagai dataset dari system Unsupervised Learning AHC didalam file python
6. Evaluasi  
Peneliti melakukan evaluasi terhadap proses-proses yang sudah berjalan. Apabila masih terdapat ruang untuk revisi dan improvisasi program, maka dilakukanlah proses revisi dan menjalankan proses hingga optimal. Apabila proses sudah berjalan tanpa flaw, maka dapat dilanjutkan ke tahap pengambilan kesimpulan
7. Kesimpulan  
Adalah tahap pengambilan kesimpulan berdasarkan proses penelitian yang sudah dilewati.





### 3.2. Metode Pengumpulan Data

Untuk mendukung proses penelitian, peneliti melakukan pengumpulan data menggunakan metode-metode berikut :

- a. Studi Kepustakaan  
Studi kepustakaan juga berarti teknik pengumpulan data dengan melakukan penelaahan terhadap buku, literatur, catatan, serta berbagai laporan yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan (Nazir:1988). Studi kepustakaan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mencari penelitian lain, berupa paper, jurnal, skripsi, yang memiliki keterkaitan atau membahas metode yang sama. Studi kepustakaan ini akan dijadikan sebagai referensi peneliti dalam mencapai tujuan penelitian.
- b. Eksperimen  
Menurut konsep klasik, eksperimen merupakan penelitian untuk menentukan pengaruh variabel perlakuan (independent variable) terhadap variabel dampak (dependent variable) (Amat Jaedun, 2011). Metode Eksperimen yang diberlakukan dalam proses penelitian ini adalah system dalam hal ini adalah independent variable dan hasil berupa dependent variable. Proses eksperimen dilakukan dengan serangkaian Trial-and-Error, dengan tujuan untuk membangun dan meingoptimalkan system dari setiap proses perulangan.

### 3.3. Analisis dan Perancangan

Proses Analisis dan Perancangan dimulai dari Proses Pemilihan Kriteria. Kriteria yang dipilih dan akan dijadikan sebagai data perhitungan AHC ada 5, yaitu yaitu Teknologi Arsitektur, Jumlah Memori, VRAM GDDR, PCIe Gen, dan Memory Bus Width. Kelima kriteria ini dipilih karena, kedua brand ini memiliki kriteria ini, serta menjadi salah satu diantara komponen sangat berpengaruh pada kinerja GPU. Adapun CUDA Cores dan Compute Units dari AMD Radeon tidak bisa dibandingkan; meskipun merupakan komponen yang sangat berpengaruh, karena kedua value tersebut tidak bisa dibandingkan, CUDA Core spesifik pada Value Core, Sedangkan Compute Unit bekerja Secara Cluster. GPU Clock juga tidak bisa dibandingkan karena, tuning dari tiap brand memiliki tujuan yang berbeda, sehingga dengan berbagai pertimbangan, maka 5 kriteria tersebut akan digunakan. 5 Kriteria ini nantinya akan dikonversi dengan menggunakan bobot skala penelitian, sehingga nantinya data numerik dapat diolah kedalam algoritma AHC. Berikut adalah hasil konversi kriteria menjadi bobot skala penilaian

No	Teknologi Arsitektur	Jumlah Memori	VRAM GDDR	PCIe Gen	Memory Bus Width	Skala Bobot	Keterangan
1	Ampere, RDNA2, Big Navi	10 – 24 GB	GDDR6	PCIe 6.0, PCIe 5.0	384bit	5	Kuantitas/ Kualitas Tinggi
2	Turing, RDNA (Navi)	10 GB	GDDR5/ GDDR5X	PCIe 4.0	320bit, 352bit	4	Kuantitas/ Kualitas Menengah-Tinggi
3	Pascal, CGN	6 – 8 GB	GDDR4	PCIe 3.0	256bit	3	Kuantitas/ Kualitas Menengah
4	Maxwell, Tera-Scale	2- 4 GB	GDDR3	PCIe 2.0,	192bit	2	Kuantitas/ Kualitas Rendah – Menengah





5	Kepler, Fermi, Tesla, Fixed Pipeline	0 – 2GB	GDDR2/ GDDR	PCIe 1.0	128bit, 64bit	1	Kuantitas/ Kualitas Rendah
---	--	---------	----------------	-------------	------------------	---	----------------------------------

Tabel 4. Skala Bobot Penelitian

Proses perancangan dilakukan dengan membuat Pseudocode dan membangun program berdasarkan logika yang dibangun didalamnya. Pseduocode bertindak sebagai garis besar rancangan awal, sebelum dikembangkan secara lebih lanjut

```

SIMPLEHAC(d1,... , dv)
  for o ← 1 to N
    for p ← 1 to N
      C[o][p] ← SIM (do, dp)
    end
    I[0] ← 1 (keeps track of active clusters)
  end
  A ← [] (assembles clustering as a sequence of merges)
  for k ← 1 to N-1
    <i,m> ← argmax {<i,m>:i#mAI[i]=1AI[m]=1}; C[i][m]
    A.APPEND(<i,m>) (store merge)
    for j ← 1 to N
      C[i][j] ← SI M(i,n,j)
      C[j][i] ← SI M(i,n,j)
    End
    I[m] ← 0 (deactivate cluster)
  End
  return A

```

Diagram 3. AHC Pseudocode

### 3.4. Analisis Data

Analisis Fishbone adalah sebuah Teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang ada beserta potensinya yang menyebabkan suatu permasalahan dapat terjadi.. Diagram fishbone membentuk cabang-cabang menuju sumber permasalahan yang ada(Cahyaningtyas, Sukarno, 2019). Cabang-cabang ini merupakan detail dari permasalahan yang dikelompokan, Analisis ini berfungsi sebagai Tindakan preventif untuk menghindari kemungkinan terjadinya masalah, dan dapat berkontribusi untuk mengurangi margin error dalam penelitian



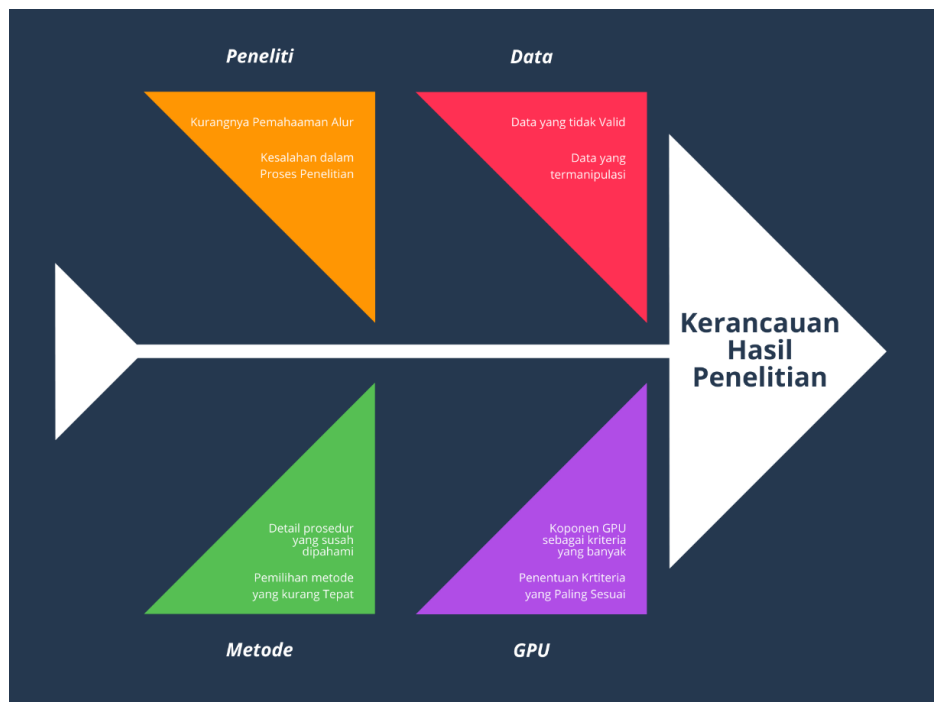


Diagram 4. Fishbone

Dalam hal ini, peneliti melakukan identifikasi empat faktor utama penyebab masalah yang ada. Berikut adalah variable yang berpotensi menyebabkan masalah muncul.

#### 1. Peneliti

##### a. Kurangnya Pemahaman Alur

Variabel ini dapat muncul apabila peneliti tidak memahami secara keseluruhan didalam proses penelitian, hal ini meliputi bagaimana peneliti memahami metode yang digunakan dan alat-alat serta prosedur apa yang digunakan didalam penelitian. Solusi untuk permasalahan ini adalah memperkuat pengetahuan peneliti dengan mempelajari studi kepustakaan penelitian sebelumnya, dan juga literatur daring yang berkaitan dengan penelitian yang sedang diteliti

##### b. Kesalahan dalam proses penelitian

Kesalahan dalam proses dalam penelitian dapat disebabkan oleh pemahaman alur, sehingga ini bersifar sebagai reaksi berantai. Kesalahan dalam proses penelitian dapat berpotensi hasil penelitian yang tidak sesuai dan tidak tepat. Solusi dari variable ini sama dengan variable sebelumnya, ditambah dengan melakukan revisi kesalahan pada proses penelitian

#### 2. Data

##### a. Data yang tidak valid

Data yang tidak valid ini berupa dataset yang tidak sempurna, serta terdapat kesalahan inputan data, sehingga membuat output menurun akurasi.

##### b. Data yang dimanipulasi

Data yang dimanipulasi adalah data input yang tidak sesuai dengan spesifikasi nyata. Data-data ini dapat berupa, data yang didapat disitus yang kurang terpercaya, maupun data berupa rumor tanpa adanya validasi

#### 3. Metode

##### a. Pemilihan Metode yang Kurang Tepat

Pemilihan metode menjadi salah satu hal yang paling krusial dalam proses penelitian. Pemilihan metode harus disesuaikan dengan arah penelitian. Unsupervised Learning dipilih dikarenakan proses penelitian berupa Segmentasi, dan



data masukan tidak memiliki label. Untuk Metode yang dipilih adalah AHC, dengan pertimbangan menjadi metode yang efektif, dan dapat melihat pengelompokan kluster-kluster sesuai dengan tujuan program.

b. Detail Prosedur yang susah dipahami

Variabel ini terkait langkah-langkah prosedur yang sulit dipahami, mulai dari rumus yang kompleks, dokumentasi dalam Bahasa Inggris, dan lain sebagainya, yang membuat Detail prosedur relatif susah untuk dipahami

4. GPU

a. Proses Penentuan Kriteria yang paling Sesuai

Proses Penentuan Kriteria harus dilakukan dengan banyak pertimbangan, teknologi serta fitur yang berbeda di tiap brandnya harus membuat peneliti, untuk membuat irisan diantara keduanya yang memiliki kriteria.

b. Komponen GPU sebagai kriteria yang banyak

Komponen GPU yang bervariasi menjadi problematika juga. Walaupun setelah melakukan seleksi kriteria, persamaan atau irisan brand GPU yang berbeda juga tinggi, sehingga ini pemilihan komponen akan didasarkan pada model dengan signifikansi tinggi.

### 3.5. Roadmap Penelitian

Roadmap Penelitian merujuk kepada proses-proses yang akan dilakukan peneliti dalam mencapai tujuan penelitian. Berikut adalah roadmap penelitian, yang dideskripsikan dari topik penelitian hingga keluaran (Output) yang diharapkan :

Topik Penelitian	SubTopik Penelitian	Capaian Sebelumnya	September	Oktober	November	Desember	Indikator Pencapaian	Output
Pengembangan Aplikasi Kecerdasan Buatan	Unsupervised Machine Learning	Mengumpulkan Literatur terkait Dengan metode AHC (Unsupervised Machine Learning)	Membaca Dan Menelaah Kajian Unsupervised Learning	Membaca Dan Menelaah Kajian terkait GPU dan AHC	Membangun Environment Program serta melakukan R&D Program	Implementasi Program pada Environment Serta Incremental Revision	Aplikasi Segmentasi GPU dengan Menggunakan AHC (Unsupervised)	Laporan Hasil Penelitian

Tabel 5. Roadmap Penelitian

#### Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Minggu ke-				
		1	2	3	4	5
1	Criteria Classification	✓				
2	Data Pre-Processing		✓			
3	Data Processing with AHC			✓		
4	Program Revision				✓	
5	Final Program/Done					✓

Tabel 6. Jadwal Penelitian

### 3.6. Desain Sistem

1. Analisis Sistem

Analisis Sistem adalah tahapan penelitian yang akan berjalan. Analisa sistem akan menggambarkan proses berjalannya alur Sistem dari awal hingga akhir. Sistem yang



digunakan berbasis Unsupervised Machine Learning dengan Algoritma AHC. Berikut adalah Diagram Blok Sistem yang menggambarkan Flow Sistem

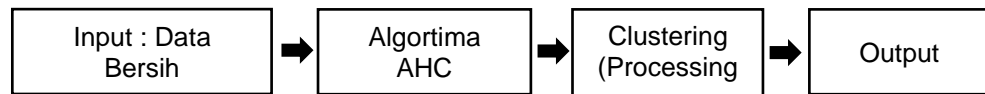


Diagram 5. Diagram Blok Sistem

Berikut adalah contoh Data Kotor (Pre-Processed) :

No	Nama GPU	Teknologi Arsitektur	Jumlah Memori	VRAM GDDR	PCIe Gen	Memory Bus bandwidth	Rata-rata (Asesmen Kualitas)
1	GEFORCE RTX 3090	5	5	5	3	5	4.6
2	GEFORCE RTX 3060	5	5	5	3	2	4
3	GeForce RTX 2070	4	3	5	3	3	3.4
4	Radeon RX 6600 XT	5	3	5	3	1	3.4
5	Radeon RX 5700 XT	4	3	5	3	3	3.6

Tabel 7. Raw Input I

No	Nama GPU	Harga (\$)
1	GEFORCE RTX 3090	\$1650
2	GEFORCE RTX 3060	\$329
3	GeForce RTX 2070	\$499
4	Radeon RX 6600 XT	\$329
5	Radeon RX 5700 XT	\$449

Tabel 8. Raw Input 2

## 2. Cara Pengujian

Proses Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan awal yang dilakukan adalah pre-processing, tahapan ini dilakukan dengan proses pembersihan data-data, yaitu data GPU untuk dipilih kriteria tertentu dan diinputkan kedalam dataset. Tahapan pertengahan adalah Processing, dan klusterisasi dengan algoritma. Dan tahap terakhir adalah melihat model output data, jika masih ada proses yang kurang sesuai maka dilakukan looping dan revisi, hingga data output sudah memenuhi. Berikut adalah flowchart dari proses pengujian.



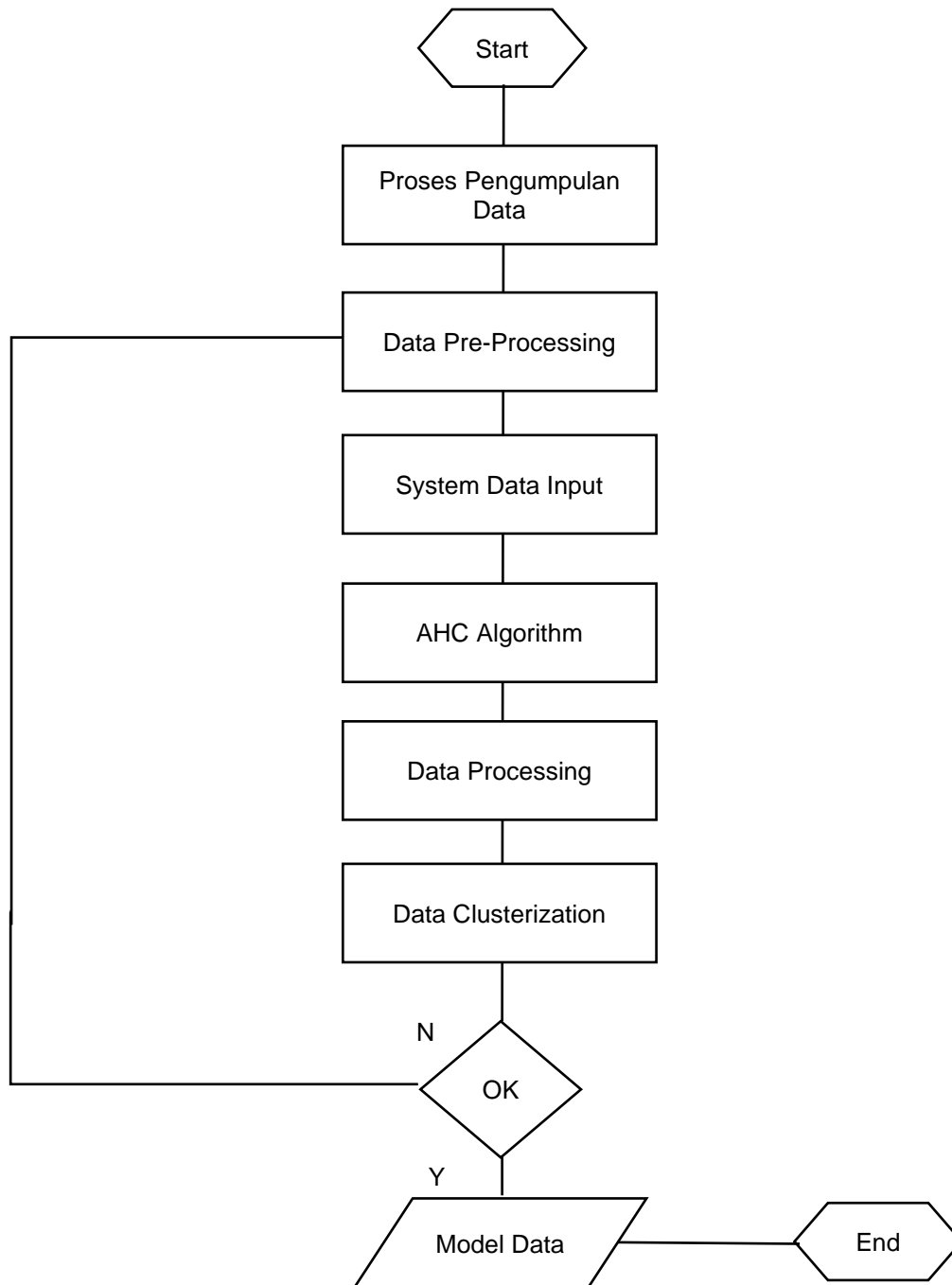


Diagram 6. Flowchart Pengujian

## 4. IMPLEMENTASI SISTEM

### 4.1. Perangkat Lunak Pendukung

Perangkat Lunak atau Software adalah data yang diprogram, disimpan, dan diformat secara digital dengan fungsi tertentu (IdCloudHost.com. 2021). Perangkat lunak pada system digunakan untuk melakukan serangkaian proses untuk menjalankan metode Unspervised Machine Learning AHC. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :



No	Nama Perangkat Lunak	Fungsi
1.	Microsoft Windows 10 20H2	Menjalankan Aplikasi aplikasi lain
2	Visual Studio Code	Pembuatan program, dan revisi program
3	Python 3.9.7 / Base Conda 3.8.7	Merupakan environment yang akan menjalankan program, versi yang digunakan tergantung kompatibilitas Program
4	Python Library	Untuk Menunjang penggunaan Python secara lebih optimal
5	Microsoft Excel	Membuat dataset dalam bentuk .csv
6	Chrome	Pencarian data yang belum dibersihkan, yaitu data-data GPU

Tabel 9. Perangkat Lunak Pendukung

#### 4.2. Input Data

Data sebelumnya diambil dari berbagai sumber, sumber utama pengambilan data berasal dari nvidia(.)com dan amd(.)com. Dimana harga retail dan spesifikasi lengkap didapatkan. Data yang dikumpulkan tersebut masih berupa data kotor. Data tersebut berupa, Nama GPU, Jumlah Memory, Teknologi Arsitektur, VRAM GDDR, PCIe Gen, Memory Bus Width, dan Harga Retail GPU. Data tersebut selanjutnya masuk tahap pre-processing untuk untuk dibersihkan dan konversi sesuai skala penelitian. Total data yang digunakan berjumlah 22 data.

No	Nama GPU	Jumlah memori	Teknologi Arsitektur	VRAM GDDR	PCIe Gen	Memory Bus Width	Rata Rata Aesmen	No	Nama GPU	Harga (\$)
1	Nvidia RTX 3090	5	5	5	4	5	4,8	1	Nvidia RTX 3090	1499
2	Nvidia RTX 3080	4	5	5	4	4	4,4	2	Nvidia RTX 3080	699
3	Nvidia RTX 2070 Super	3	4	5	3	3	3,6	3	Nvidia RTX 2070 Super	499
4	Nvidia RTX 2080 Ti	5	4	5	3	4	4,2	4	Nvidia RTX 2080 Ti	1199
5	Nvidia GTX 1650	2	4	5	3	1	3	5	Nvidia GTX 1650	149
6	Nvidia GTX 1060	3	3	4	3	2	3	6	Nvidia GTX 1060	249
7	Nvidia GTX 1070	3	3	4	3	3	3,2	7	Nvidia GTX 1070	379
8	Nvidia GTX 1080 Ti	5	3	4	3	4	3,8	8	Nvidia GTX 1080 Ti	699
9	AMD RX 6900XT	5	5	5	4	3	4,4	9	AMD RX 6900XT	999
10	AMD RX 6800XT	5	5	5	4	3	4,4	10	AMD RX 6800XT	649
11	AMD RX 6800	5	5	5	4	3	4,4	11	AMD RX 6800	579
12	AMD RX 6700XT	5	5	5	4	2	4,2	12	AMD RX 6700XT	479
13	AMD RX 6600XT	3	5	5	4	1	3,6	13	AMD RX 6600XT	379
14	AMD RX 6600	3	5	5	4	1	3,6	14	AMD RX 6600	329
15	AMD RX 5300	2	4	5	4	1	3,2	15	AMD RX 5300	129
16	AMD RX 5700XT	3	4	5	4	3	3,8	16	AMD RX 5700XT	499
17	AMD RX 580X	3	3	4	3	1	2,8	17	AMD RX 580X	229
18	AMD RX 570X	3	3	4	3	1	2,8	18	AMD RX 570X	169
19	AMD RX 560X	2	3	4	3	1	2,6	19	AMD RX 560X	99
20	AMD RX 550X	2	3	4	3	1	2,6	20	AMD RX 550X	79
21	AMD RX 540X	2	3	4	3	1	2,6	21	AMD RX 540X	60
22	Nvidia GT 1030	1	3	3	3	1	2,2	22	Nvidia GT 1030	79

Gambar 1. Data Pre-Processed

Data-data yang sudah dikonversi dengan skala penelitian selanjutnya masuk ke tahap konversi ke dalam format .csv. Hal ini berguna agar data yang dimasukkan dapat terbaca oleh python; program utama dibangun dengan python. Berikut adalah hasil dari data yang diubah menjadi .csv



GPU ID	GPU Name	GPU Price	GPU Quality	GPU Brand	GPU Model	GPU Spec	GPU Perf	GPU Power	GPU Cool	GPU Warr	GPU Avail	GPU Comp	GPU Rev	GPU Rat	GPU Rec	GPU Link	GPU Img	GPU Vid	GPU Doc	GPU Man	GPU Guid	GPU FAQ
0001	Nvidia RTX 3090	1499,4.8																				
0002	Nvidia RTX 3080	699,4.4																				
0003	Nvidia RTX 2070 Super	499,3.6																				
0004	Nvidia RTX 2080 Ti	1199,4.2																				
0005	Nvidia GTX 1650	149,3																				
0006	Nvidia GTX 1060	249,3																				
0007	Nvidia GTX 1070	379,3.2																				
0008	Nvidia GTX 1080 Ti	699,3.8																				
0009	AMD Radeon RX 6800 XT	649,4.4																				
0010	AMD Radeon RX 6900 XT	999,4.4																				
0011	AMD Radeon RX 6800	579,4.4																				
0012	AMD Radeon RX 6700 XT	479,4.2																				
0013	AMD Radeon RX 6600 XT	379,3.6																				
0014	AMD Radeon RX 6600	329,3.26																				
0015	AMD Radeon RX 5300	129,3.2																				
0016	AMD Radeon RX 5700 XT	499,3.8																				
0017	AMD Radeon RX 580X	229,2.8																				
0018	AMD Radeon RX 570X	169,2.8																				
0019	AMD Radeon RX 560X	99,2.6																				
0020	AMD Radeon RX 550X	79,2.6																				
0022	AMD Radeon RX 540X	60,2.6																				
0021	AMD Radeon RX 5700 XT	79,2.2																				

Gambar 2. Dataset

### 4.3. Antarmuka Program

Program dibangun sepenuhnya dengan menggunakan IDE Visual Studio Code. Program dibentuk dan dijalankan dengan Environment Python. Sehingga antarmuka aplikasi hanya berupa code program saja, dan IDE Visual Studio Code yang bertugas menjaankannya. Berikut adalah tampilan dari IDE

```

1 # Metode Unsupervised Machine Learning menggunakan Agglomerative Hierarchical clustering (AHC)
2 # Nama : Laksamana Sulthan Alam .S
3 # NIM : 190500098
4 # Kelas : Kecerdasan Buatan - E
5
6 # Importing the libraries
7 import numpy as np
8 import matplotlib.pyplot as plt
9 import pandas as pd
10 import scipy.cluster.hierarchy as sch
11 from sklearn.cluster import AgglomerativeClustering
12
13 # Dataset diambil dari data yang sudah dibersihkan
14 dataset = pd.read_csv('D:/Semester 5/Kecerdasan Buatan E/PROJEK AKHIR/Python/data_processing.csv')
15 X = dataset.iloc[:, [3, 4]].values
16
17 # Tampilan Dendrogram dari dataset GPU
18 dendrogram = sch.dendrogram(sch.linkage(X, method = 'ward'))
19 plt.title('Dendrogram')
20 plt.xlabel('Produk GPU')
21 plt.ylabel('Euclidean distances')
22 plt.show()

```

```

PS C:\Users\W S > & D:/App/py/python.exe "D:/Semester 5/Kecerdasan Buatan E/PROJEK AKHIR/Python/Unsupervised_AHC_Algorithm.py"
PS C:\Users\W S >

```

Gambar 3. Antarmuka IDE

### 4.4. Pengujian Program

Program dijalankan dengan mengimpor library yang dibutuhkan. Library-library tersebut antara lain : numpy, matplotlib, pandas, scipy, dan scilear. Library tersebut berfungsi untuk mempermudah proses pengerjaan program karena tools-tools visualiasi dan logic sudah tersedia. Proses pengujian dilakukan dengan mengimpor file .csv.



Artikel ini didistribusikan mengikuti lisensi Atribusi-NonKomersial CC BY-NC sebagaimana tercantum pada <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.



```

13 # Dataset diambil dari data yang sudah dibersihkan
14 dataset = pd.read_csv('D:\Semester 5\Kecerdasan Buatan E\PROJEK AKHIR\Python\data_processing.csv')

```

Gambar 4. Import Dataset

Selanjutnya data tersebut melakukan penghitungan Euclidian Distance untuk menghitung afinitas antar objek.

```

17 # Tampilan Dendrogram dari dataset GPU
18 dendrogram = sch.dendrogram(sch.linkage(X, method = 'ward'))
19 lihat.title('Dendrogram')
20 lihat.xlabel(['Produk GPU'])
21 lihat.ylabel('Euclidean distances')
22 lihat.show()

```

Gambar 5. Dendrogram dan Euclidian Distance

Tahap selanjutnya adalah melakukan klusterisasi dengan Agglomerative Hierarchical Clustering. Dan dilanjutkan dengan penggunaan matplotlib untuk memvisualisasikan cluster

```

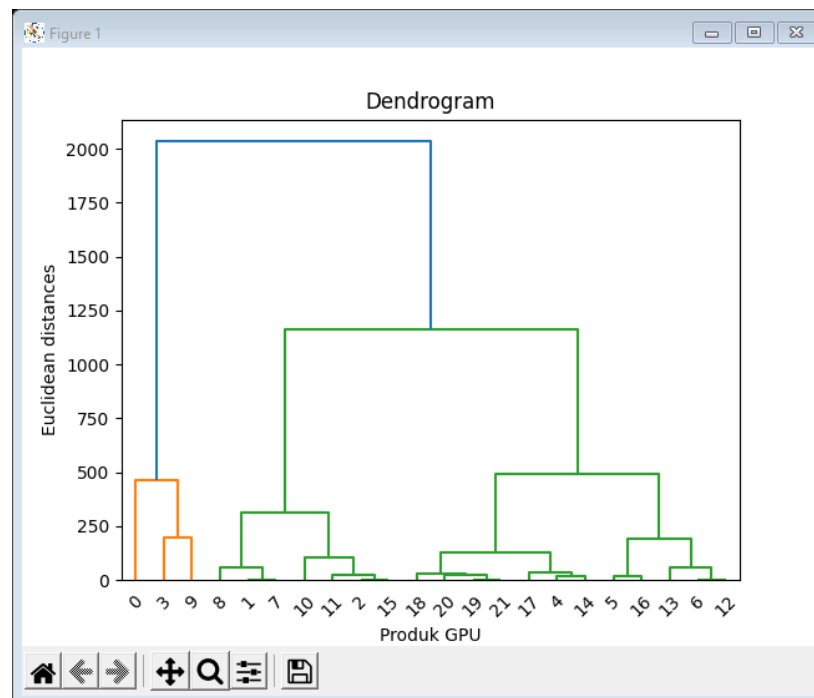
24 # Proses Training Metode Agglomerative Hierarchical Clustering
25 hc = AgglomerativeClustering(n_clusters = 5, affinity = 'euclidean', linkage = 'ward')
26 y_hc = hc.fit_predict(x)
27
28 # Kluster divisualisasikan menjadi lima jenis
29 lihat.scatter(X[y_hc == 0, 0], X[y_hc == 0, 1], s = 100, c = 'red', label = 'Cluster 1')
30 lihat.scatter(X[y_hc == 1, 0], X[y_hc == 1, 1], s = 100, c = 'blue', label = 'Cluster 2')
31 lihat.scatter(X[y_hc == 2, 0], X[y_hc == 2, 1], s = 100, c = 'green', label = 'Cluster 3')
32 lihat.scatter(X[y_hc == 3, 0], X[y_hc == 3, 1], s = 100, c = 'cyan', label = 'Cluster 4')
33 lihat.scatter(X[y_hc == 4, 0], X[y_hc == 4, 1], s = 100, c = 'magenta', label = 'Cluster 5')

```

Gambar 6. AHC and Visualization

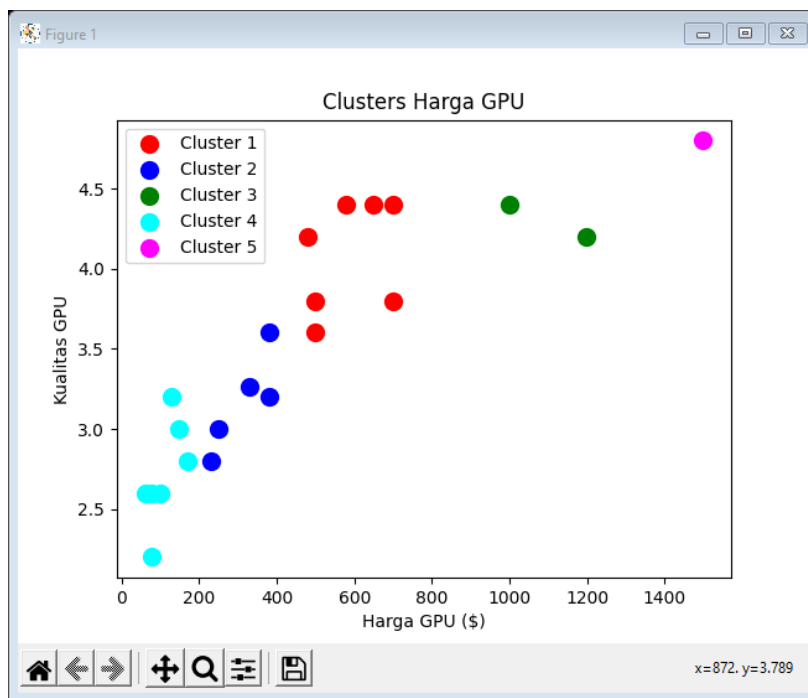
#### 4.5. Hasil Program

Berikut adalah Hasil dari Pengolahan dataset dengan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering



Gambar 7. Hasil Euclidian Distance and Denrogram

Berikut adalah data penghitungan Euclidian Distance yang divisualisasikan dengan Dendrogram. Euclidian distance digunakan untuk menghitung afinitas antar objek, sehingga penghitungan dilakukan dengan menghitung jarak antar objek dengan pola tertentu. Setelah penghitungan euclidian selesai, maka hasil divisualisasikan dengan menggunakan dendrogram untuk melihat objek yang dibandingkan serta perbandingan jarak secara bottom-up



Hasil dari klusterisasi dapat dilihat dari 22 data didalam dataset, terdapat persebaran data yang bervariasi. Terdapat 5 kluster pengelompokan berdasarkan penghitungan AHC. Berikut adalah hasil segmentasi berdasarkan data diagram diatas

1. Cluster 1 (Merah) : Medium Level GPU
2. Cluster 2 (Biru) : Entry-Medium Level GPU
3. Cluster 3 (Hijau) : Medium-High Level GPU
4. Cluster 4 (Cyan) : Entry Level GPU
5. Cluster 5 (Ungu) : High Level GPU

Dari data 22 data yang dimasukkan, terdapat 7 GPU yang masuk kedalam cluster pertama, 5 GPU pada cluster kedua, 2 GPU pada cluster ketiga, 6 GPU pada cluster keempat, dan 1 GPU pada Cluster kelima.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, Berikut adalah kesimpulan yang didapatkan oleh peneliti selama proses penelitian berlangsung :

1. Penelitian Dilakukan untuk melihat Klusterisasi Kelas GPU menggunakan AHC berdasarkan 6 Kriteria
2. Environment menggunakan Python, dan Dataset dibuat dalam bentuk .csv
3. Hasil berupa Euclidian Distance Dendrogram dan Diagram AHC Cluster



4. Terdapat total 5 Cluster sebagai pembagian kelas GPU

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Diharapkan peneliti dapat terus berkembang dan selalu belajar
2. Diharapkan kepada pengembang perangkat lunak untuk memperkecil tingkat kesulitan penyetingan environment
3. Adapun penelitian ini, diharapkan mampu bermanfaat, serta mendapatkan masukan agar program semakin sempurna.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, G. (2019) 'Clustering Data Kredit Bank Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering Average Linkage', *JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 4(1), p. 13. doi: 10.32528/justindo.v4i1.2418.
- Zahrotun, L. (2015) 'Analisis Pengelompokan Jumlah Penumpang Bus Trans Jogja Menggunakan Metode Clustering K-Means Dan Agglomerative Hierarchical Clustering (Ahc)', *Jurnal Informatika*, 9(1), pp. 1039–1047. doi: 10.26555/jifo.v9i1.a2045.
- K, R. S., J, D. V. and K, K. K. (2015) 'GPU-Graphics Processing Unit', (1), pp. 57–63.
- Widyawati, W., Saptomo, W. L. Y. and Utami, Y. R. W. (2020) 'Penerapan Agglomerative Hierarchical Clustering Untuk Segmentasi Pelanggan', *Jurnal Ilmiah SINUS*, 18(1), p. 75. doi: 10.30646/sinus.v18i1.448.
- Nuryaman, Yosep. *et al.* (2018) 'Komparasi Algoritma K-Means dan AHC untuk Curah Hujan di Indonesia', *IKRAITH INFORMATIKA*, Vol.2 No.2 Juli
- Hapsari S., Otmilda (2018) 'Aplikasi Hierarchical Clustering Pada Masalah Pengelompokan Virus Flu Burung', *UIN Syarif Hidayatullah*, SKRIPSI.
- Puspitasari., Vina (2016) 'Pengelompokan Sekolah Menengah Atas di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan Hasil Ujian Nasional Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering', *Universitas Sanata Dharma*, SKRIPSI.
- Atik, Maria. *et al.* (2018) 'Sistem Informasi Prediksi Tamu Homestay Mengulangi Kedatangannya', 2018(November), pp. 115–123.
- Marjiyono (2015) 'Penerapan Algoritma Ahc Algorithm Dalam Aplikasi Ppembagian Kelas Siswa Baru', *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2015*, pp. 6–8.
- Novialita Pitaloka<sup>1</sup>, Kiki Maulana<sup>2</sup>, A. P. K. (2009) 'Pengelompokan Data Menggunakan Hierarchical Clustering (AHC)', *Pengelompokan Data Menggunakan Hierarchical Clustering (Ahc)*, p. 44.
- Ariska, E. (2018) 'Implementasi Agglomerative Hierarchical Clustering pada Data Produksi dan Data Penjualan Perusahaan', pp. 4–16.
- Greene, D., Cunningham, P. and Mayer, R. (2008) *Unsupervised learning and clustering, Cognitive Technologies*. doi: 10.1007/978-3-540-75171-7\_3.
- Everitt, B.S *et al.* (2011) 'Cluster Analysis' (5<sup>th</sup> Edition), *The Atrium, Southern Gate, Chicester, West Sussex*. P019 8SQ: John Wiley & Son.
- Jaedun, A. (2011) 'Oleh : Amat Jaedun', *Metodologi Penelitian Eksperimen*, pp. 0–12.
- Mirzaqon, A. T. and Purwoko, B. (2017) 'Studi Kepustakaan Mengenai Landasan Teori Dan Praktik Konseling Expressive Writing Library', *Jurnal BK UNESA*, 4(1), pp. 1–8.
- Cahyaningtyas, Sukarno, N. (2019). Deteksi Serangan Denial of Service (DoS) menggunakan Algoritma Probabilistic Neural Network (PNN). 6(2), 8808–8818.
- Nurliza, N. N. (2018) 'Penerapan Euclidean Distance Pada Pengenalan Pola Citra Sidik Jari', pp. 1–67.



*UserBenchmark: AMD RX 6900-XT vs Nvidia RTX 3090* (2021). Available at: <https://gpu.userbenchmark.com/Compare/Nvidia-RTX-3090-vs-AMD-RX-6900-XT/4081vs4091> (Accessed: 1 December 2021).

Sharma, V. (2021) *Nvidia Architecture Explained: Ampere Vs Turing Vs Pascal Vs Maxwell Vs Kepler*, CANDYTECH. Available at: <https://candytech.in/nvidia-architecture-explained/> (Accessed: 1 December 2021).

*An Overview of AMD's GPU Architectures* (2021). Available at: <https://medium.com/high-tech-accessible/an-overview-of-amds-gpu-architectures-884432a717a6> (Accessed: 1 December 2021).

*GDDR vs DDR | Difference between GDDR and DDR* (2021). Available at: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Difference-between-GDDR-and-DDR.html> (Accessed: 1 December 2021).

*What Is PCIe? A Basic Definition* (2021). Available at: <https://www.tomshardware.com/reviews/pcie-definition,5754.html> (Accessed: 1 December 2021).

Memory, H. (2021) *How GPU Bus Affects Video Memory*, CyberIndeed. Available at: <https://cyberindeed.com/how-gpu-bus-affects-video-memory-2020/> (Accessed: 1 December 2021).

Hans, R. (2021) *Mengenal Lebih Dalam Algoritma Unsupervised Learning*, Dqlab.id. Available at: <https://www.dqlab.id/mengenal-leboh-dalam-algoritma-unsupervised-learning> (Accessed: 1 December 2021).

