# Penerapan Metode Hierarchical Clustering untuk Dekomposisi Microservice dari Monolitik pada Enterprise Resource Planning

Albertus Septian Angkuw [#1], Hans Christian Kurniawan [#2]

[#]*Program Studi Informatika, Institut Teknologi Harapan Bangsa*
*Jl. Dipati Ukur No. 80, Dago, Bandung, Indonesia*
[1]albertusangkuw.contact@gmail.com
[2]hans_christian@ithb.ac.id

***Abstract*— Enterprise Resource Planning (ERP) applications can be built using Monolith Architecture, Service-Oriented Architecture, and Microservice. The Monolith architecture is simple but lacks scalability and sustainability in development, while Microservice architecture is a modern approach suitable for vertically and horizontally scaled enterprise applications. The benefits of Microservice architecture have led companies to migrate from Monolith architecture to Microservices. However, this migration process has proven to be hard and costly, particularly in identifying the components of the Monolith application. Component identification can be semi-automated using clustering algorithms. The clustering algorithm used is Hierarchical Clustering which has linkages such as single linkage, complete linkage, and average linkage. In this research, Odoo, an ERP application, is decomposed from Monolith to Microservices by analyzing the program's code graph then inserting the graph into Hierarchical Clustering. The results of the clustering are tested by evaluating cohesion and coupling for each linkage, followed by selecting the parts to be implemented. Based on the testing, it was found that the Average linkage is suitable for creating service clusters with good coupling and cohesion. The ideal number of services in the Average linkage ranges from 175 to 245 services. From the table structure that is formed when implementation shows Hierarchical Clustering can separate unconnected modules and identify services with strong relationships, as in case in the 10th partition with Module Product and Module Point of Sale and on case on the 17th partition with Module Calendar.***

***Keywords*—Decomposition, Hierarchical Clustering, Microservice, Monolith, Enterprise Resource Planning, Odoo**

***Abstrak*—Aplikasi Enterprise Resource Planning (ERP) dapat dibangun dengan arsitektur Monolitik, Service Oriented Architecture, dan Microservice. Arsitektur monolitik merupakan arsitektur sederhana namun monolitik tidak mudah dilakukan scaling dan sulit dikembangkan secara berkelanjutan sedangkan Microservice merupakan arsitektur modern yang cocok pada aplikasi perusahaan yang telah tumbuh dengan skala secara vertikal maupun horizontal. Manfaat dari microservice membuat perusahaan melakukan migrasi aplikasi berarsitektur monolitik menjadi arsitektur microservice. Namun proses ini terbukti sulit dan mahal, salah satu tantangan adalah bagaimana mengidentifikasi komponen dari aplikasi monolitik. Identifikasi dapat dilakukan secara semi-otomatis yang menggunakan algoritma clustering. Algoritma clustering yang digunakan yaitu Hierarchical Clustering dimana terdapat linkage seperti single linkage, complete linkage, dan average linkage. Penelitian ini menggunakan Odoo sebagai aplikasi ERP yang dilakukan dekomposisi dari monolitik menjadi Microservice dengan pendekatan menganalisis graph dari kode program kemudian memasukan graph ke Hierarchical Clustering. Hasil dari pengelompokan diuji dengan melihat cohesion dan coupling untuk setiap linkage kemudian dilakukan pemilihan bagian yang di implementasikan. Berdasarkan pengujian ditemukan linkage yang cocok untuk membuat kelompok service yang memiliki coupling dan cohesion yang baik adalah Average linkage. Pemilihan jumlah service yang ideal pada Average linkage dimulai dari 175-245 service. Dari struktur tabel yang terbentuk ketika implementasi menunjukan Hierarchical Clustering dapat memisahkan module yang tidak terhubung dan service yang memiliki hubungan kuat, seperti pada kasus di partisi ke-10 dengan Module Product dan Module Point of Sale dan pada kasus di partisi ke-17 dengan Module Calendar.***

***Kata Kunci*— Dekomposisi, *Hierarchical Clustering*, *Microservice*, Monolitik, *Enterprise Resource Planning*, *Odoo***

## I. PENDAHULUAN

Aplikasi Enterprise Resource Planning (ERP) memiliki peran penting dalam industri dan bisnis saat ini. Tujuan dari implementasi ERP di perusahaan yaitu untuk meningkatkan efisiensi dengan cara mengintegrasikan dan mengotomatisasi aktivitas bisnisnya [1]. Selain itu diharapkan juga ERP memiliki skalabilitas dan fleksibilitas terhadap operasi bisnis baik yang diperlukan dalam jangka panjang atau jangka pendek, misalkan ketika perusahaan tumbuh dari waktu ke waktu, serta dalam waktu singkat ketika ada acara tertentu seperti di bulan Natal yang melibatkan volume bertransaksi tinggi [2].

Dalam membangun aplikasi ERP dapat dibangun dengan arsitektur seperti monolitik, Service-Oriented Architecture (SOA), dan Microservice (MSA) [4]. Implementasi arsitektur ERP mempengaruhi aspek manajemen di perusahaan seperti biaya, kompleksitas perawatan dan cara penggunaan aplikasi [1].

Arsitektur monolitik merupakan arsitektur paling sederhana dalam membangun aplikasi karena pengembangan yang mudah selama aplikasi berbentuk sederhana, walaupun demikian monolitik tidak mudah dilakukan scaling dan sulit dikembangkan secara berkelanjutan. SOA bisa membantu

menyelesaikan permasalahan tersebut dengan sistem terdistribusi akan tetapi SOA memiliki kekurangan sama seperti monolitik [4]. SOA sendiri dapat disamakan sebagai bentuk monolitik terdistribusi karena sistem memiliki banyak service tapi seluruh sistem harus dilakukan deployment bersamaan. Monolitik terdistribusi memiliki coupling yang tinggi dan bila dilakukan perubahan pada satu bagian dapat menyebabkan kerusakan pada bagian lain [5].

Microservice merupakan arsitektur modern yang cocok pada aplikasi perusahaan yang telah tumbuh dengan skala secara vertikal maupun horizontal, terdistribusi, dapat dikembangkan secara berkelanjutan, dan memiliki performa yang baik. Akan tetapi perlu diketahui bahwa tidak semua perusahaan harus menggunakan arsitektur microservice bila hanya memiliki sumber daya yang kecil, aplikasi berbentuk sederhana dan tidak memiliki masalah dengan performa yang lambat pada aplikasi [4].

Manfaat dari microservice membuat banyak perusahaan melakukan migrasi aplikasi berarsitektur monolitik menjadi arsitektur microservice seperti Netflix, eBay, Amazon, IBM, dan lainnya. Namun proses perubahan ini terbukti sulit dan mahal, salah satu tantangan terbesar yang harus dihadapi adalah bagaimana mengidentifikasi dan membagi komponen dari aplikasi monolitik. Komponen aplikasi ini kerap kali sangat cohesif dan coupled karena sifat desain arsitektur monolitik [10].

Untuk itu ada beberapa pendekatan untuk membagi komponen atau bisa disebut dekomposisi yaitu secara manual atau secara semi-otomatis [12]. Pembagian secara manual dapat menggunakan konsep Domain Driven Design, dekomposisi berdasarkan kemampuan bisnis, dan menggunakan pendekatan campuran lainnya [3]. Pendekatan dekomposisi dengan cara manual tidak mudah karena mudah terjadi kesalahan dan membutuhkan banyak waktu [12]. Oleh sebab itu dikembangkan otomatisasi untuk dapat mengenali komponen dari aplikasi monolitik untuk membentuk microservice. Pengenalan komponen ini dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma clustering. Sebelum melakukan pengelompokan yaitu membuat call graph yang mengkodekan interaksi antara class dari kode program. Graph tersebut diolah menjadi matriks kemiripan sebelum dimasukkan ke dalam algoritma clustering [10].

Algoritma clustering yang umum digunakan dan terbukti dapat melakukan modularisasi pada perangkat lunak yaitu Hierarchical Clustering. Hierarchical Clustering memiliki kompleksitas waktu yang lebih sedikit dibandingkan algoritma lainnya seperti algoritma hill-climbing dan algoritma genetik. Hierarchical Clustering mengelompokkan objek yang memiliki kesamaan ke dalam suatu partisi(cluster) [11]. Dalam membentuk partisi ini terdapat beberapa metode yang disebut linkage untuk menentukan partisi terdekat dengan sebuah objek yaitu jarak maksimum (complete linkage), jarak minimum (single linkage) dan nilai rata-rata jarak (average linkage) [13].

Pada penelitian ini akan melakukan dekomposisi aplikasi ERP yang memiliki arsitektur monolitik menjadi arsitektur microservice dengan pendekatan menganalisis graph yang dihasilkan dari kode program kemudian dilakukan pengelompokan secara Hierarchical Clustering. Hasil dari pengelompokan akan diuji dengan melihat cohesion dan coupling kemudian dilakukan pemilihan bagian yang di implementasikan. Dengan ini diharapkan bisa menyelesaikan permasalahan yang terjadi ketika migrasi aplikasi seperti mengenali komponen dan dapat dikembangkan secara berkelanjutan.

## II. METODOLOGI

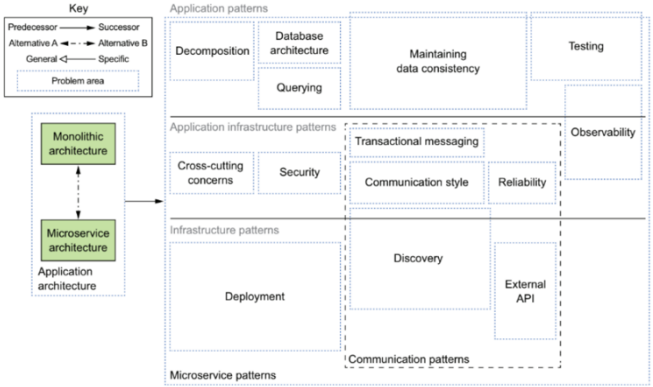
### A. *Monolitik*

Monolitik yaitu suatu cara untuk melakukan penyebaran. Ketika semua fungsi dalam sistem harus disebarkan secara bersama-sama, maka itu merupakan sebuah monolitik [5]. Monolitik merupakan sebuah aplikasi perangkat lunak di mana setiap modulnya tidak bisa dieksekusi secara independen. Hal ini membuat monolitik sulit digunakan pada sistem terdistribusi tanpa bantuan penggunaan frameworks atau solusi ad hoc seperti Objek Jaringan, Remote Method Invocation (RMI) atau Common Object Request Broker Architecture (CORBA) [6].

Setidaknya terdapat 3 jenis monolitik yang memiliki struktur yang berbeda masing-masing namun masih merupakan arsitektur monolitik [5]. Single Process Monolith, Distributed Monolith, Sistem Black-Box Pihak Ketiga. Masing-masing jenis monolitik memiliki keuntungan yang sama seperti: Sederhana dalam melakukan pengembangan, mudah untuk melakukan perubahan secara radikal di aplikasi, pengujian dilakukan pada satu aplikasi. Namun monolitk memiliki tantangan seperti: sulit dikembangkan secara berkelanjutan, memiliki reliabilitas yang rendah, tidak mudah untuk melakukan skalabilitas, terkunci pada teknologi lama [10, 7].

### B. *Microservice*

Microservice adalah beberapa service yang bisa dideploy secara independen yang dimodelkan berdasarkan bisnis domain. Service ini berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan komputer dan bisa dibangun dengan berbagai macam teknologi. Microservice adalah salah tipe dari service oriented architecture (SOA) meskipun ada perbedaan dalam membuat batasan antara service dan deployment secara independent [5].




Gambar 1 Pola dalam menyelesaikan masalah di arsitektur Microservice [7]

Hal yang membedakan arsitektur microservice dengan arsitektur lainnya yaitu Kecil dan berfokus pada satu hal dengan baik, Otonomi / Bisa berdiri sendiri, Data yang dikelola masing-masing service. Keuntungan dari menggunakan arsitektur Microservice: memudahkan pengembangan aplikasi kompleks dan fleksibel, bisa dilakukan scaling secara independent, mudah melakukan percobaan dan penggunaan teknologi baru. Tantangan dari menggunakan arsitektur Microservice: Menemukan service yang tepat itu sulit, memiliki kompleksitas karena merupakan suatu terdistribusi, deployment yang melibatkan beberapa service [10, 5, 7].

### C. Analisis Kode

Analisis Kode adalah suatu proses mengekstraksi informasi mengenai suatu program dari kode atau artefak. Proses ini bisa dilakukan secara manual yaitu dengan melihat kode program atau bahasa mesin namun kompleksitas program yang tinggi membuat proses secara manual sangat sulit dan tidak efektif. Sehingga diperlukan alat otomatisasi yang dapat membantu proses analisis kode. Alat ini dapat memberikan informasi kepada pengembang mengenai program yang dianalisis [8].

Anatomi Analisis Kode yaitu dimulai dari ekstraksi data, representasi informasi, eksplorasi pengetahuan. Terdapat berbagai cara dan pertimbangan dalam melakukan analisis kode: Statik vs Dinamis, Sound vs Unsound, Flow sensitive vs Flow insensitive, dan Context sensitive vs Context insensitive. Untuk melakukan kode analisis terdapat tantangan dan kesulitan untuk mendapatkan hasil analisis yang sempurna seperti perbedaan bahasa kode program, multi-language, dan Analisis secara Real-Time [8].

### D. Dekomposisi

Dekomposisi merupakan proses pemisahan bagian dari aplikasi, proses dekomposisi sendiri dapat menyebabkan masalah dengan latensi, penyelesaian masalah, integritas, kegagalan bersamaan, dan hal lainnya. Terdapat beberapa cara untuk melakukan dekomposisi aplikasi monolitik, dekomposisi ini menentukan bagaimana bagian aplikasi menjadi Service: Kemampuan Bisnis[7], Domain Driver Design (DDD), dan Analisis Kode [5, 12]

Ketika sudah menentukan service yang ingin didekomposisi diperlukan pola dan strategi untuk memisahkan bagian yang ingin didekomposisi. Setiap pola memiliki kekurangan dan kelebihannya masing-masing: Pola Strangle Fig, . Pola UI Composition, Branch By Abstraction, Parallel Run, Decorating Collaborator, Change Data Capture. Terdapat tantangan dan hambatan ketika melakukan proses dekomposisi. Tantangan dan hambatan dapat terjadi karena proses dekomposisi itu sendiri. Latensi Jaringan, Menjaga konsistensi data antar service, Adanya God Class yang mencegah dekomposisi.

### E. Clustering

Clustering yaitu suatu proses untuk melakukan pengelompokan atau klasifikasi objek. Objek bisa ditentukan dari pengukuran atau berdasarkan hubungan antar objek lainnya. Tujuan dari clustering yaitu untuk menemukan struktur data yang valid. Cluster terdiri dari sejumlah objek serupa yang dikumpulkan / dikelompokkan bersama [9].

Metode Clustering membutuhkan adanya indeks kedekatan di antara objek. indeks ini bisa dikomputasi dalam bentuk matriks. Hasil matriks kedekatan / distance matrix memiliki nilai kedekatan untuk setiap objek terhadap objek lainnya. Indeks kedekatan bisa berupa kemiripan atau ketidaksamaan. Semakin jauh nilai antar indeks maka semakin berbeda dua objek tersebut[9].

Untuk membuat kedekatan antar objek perlu diketahui tipe data yang digunakan agar kedekatan yang dihasilkan relevan. Berikut adalah metode mencari nilai kedekatan untuk pengelompokan objek: Jaccard Coefficient, Structural Similarity, dan Simple matching coefficient.

Unsupervised Clustering adalah pengelompokan di mana tidak diberikan sebuah label untuk mengetahui partisi objek sehingga pengelompokan hanya menggunakan nilai kedekatan antar objek. Terdapat 2 bentuk Unsupervised Clustering [9]:

- Hierarchical Clustering

  Metode Hierarchical Clustering adalah sebuah prosedur untuk mentranformasi sebuah proximity matrix menjadi beberapa partisi. Clustering adalah sebuah partisi di mana komponen dari partisi disebut clusters. Beberapa partisi memiliki suatu urutan dan tingkatan berdasarkan bagaimana partisi tersebut disatukan. Terdapat 2 pendekatan algoritma dalam membentuk suatu partisi yaitu secara agglomerative dan divisive. Sedangkan pendekatan secara divisive melakukan hal yang sama seperti Agglomerative namun prosesnya terbalik yaitu dimulai dari satu partisi oleh karena itu pendekatan ini berbedanya hanya dalam hal pemilihan prosedur daripada membuat klasifikasi yang berbeda
- Partitional Clustering

  Partitional menggunakan pendekatan di mana diberikan sejumlah n pola pada data dimensional, kemudian tentukan partisi dari pola menjadi beberapa cluster. Pendekatan Hierarchical populer digunakan dibidang biologi, sosial, dan ilmu perilaku karena keperluan untuk membentuk suatu taxonomi. Sedangkan Partitional digunakan umumnya di aplikasi teknik.

Untuk mengetahui apakah pengelompokan yang dihasilkan dari proses clustering memiliki kualitas yang tepat maka perlu dilakukan evaluasi yang mempertimbangkan aspek microservice seperti Structural and Behavioral Dependencies, Data Autonomy Class, Iter-Partition Call Percentage(ICP)

### F. PyCG

PyCG adalah tools analisis statik pada bahasa pemrograman Python. PyCG memiliki kemampuan untuk otomatis menemukan module untuk melakukan analisis lebih lanjut. PyCG bisa menghasilkan call graph dari suatu kode baik file maupun dalam bentuk package. PyCG juga memiliki presisi dan recall yang tinggi bila dibandingkan dengan alat lainnya seperti Pyan dan Depends. PyCG sudah dievaluasi

dengan projek lainnya baik kecil atau besar. Pendekatan PyCG modular, mudah dikembangkan lebih lanjut dan mencakup sebagian besar fungsionalitas Python.

### *G. Kong Gateway*

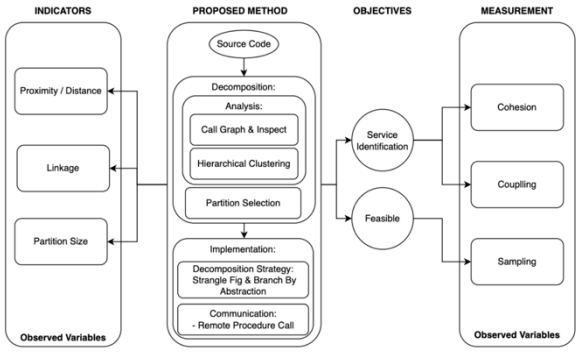
Kong Gateway adalah API Gateway yang ringan, cepat, dan fleksibel serta kompatibel di Cloud. Dengan Kong Gateway pengguna dapat membuat automatisasi, desentralisasi aplikasi/service dan transisi ke microservice dan memiliki kemampuan mengatur dan mengawasi API. Kong Gateway memiliki Kong Manager yaitu graphical user interface (GUI). Di mana menggunakan Kong Admin API untuk mengatur Kong Gateway. Kong Manager dapat menambahkan rute dan service baru, mengaktifkan dan mematikan plugins, membuat grup untuk tim, dan penmantauan serta pengecheckan status service. Plugins dapat menambahkan fitur pada Kong seperti rate limiting untuk mengkontrol jumlah request yang dikirimkan ke suatu servie dan pengaturan cache.

### *H. Perancangan Sistem*

1) Kerangka Pemikiran

Penelitian akan dimulai dengan menggunakan kode sumber aplikasi yang dibuat dengan monolitik. Kode sumber dilakukan proses dekomposisi yaitu dengan analisis seperti mencari objek beserta atributnya, untuk mencari keterhubungan lebih lanjut tentang objek maka dilakukan pencarian pada fungsi-fungsi sehingga terbentuklah call graph yang menunjukkan bagaimana keterhubungan masing-masing objek di aplikasi.

Dari graph yang sudah dibuat akan dilakukan pengelompokan dengan algoritma Hierarchical Clustering. Pendekatan algoritma yang digunakan pada penelitian ini yaitu agglomerative, selain itu ditentukan cara menghitung kedekatan antara objek dan pemilihan algoritma Linkage. Metode linkage yaitu menentukan jarak atau kemiripan antara semua objek. Untuk menentukan jarak ini bisa dengan rata-rata, maximum, dan minimum.

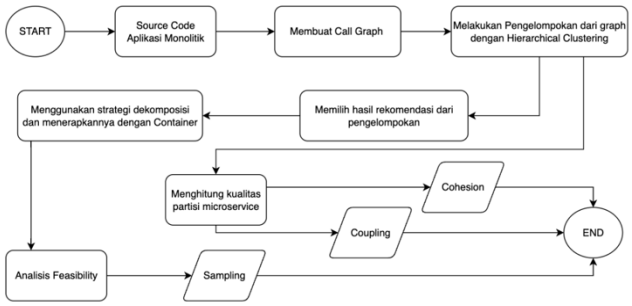



Gambar 2 Kerangka Pemikiran

Pengelompokan dari Hierarchical Clustering akan dipilih dengan mencari nilai cohesion terendah dan nilai coupling tertinggi. Di mana coupling mengevaluasi tingkat ketergantungan langsung dan tidak langsung antar objek. Semakin banyak dua objek menggunakan metode masing-masing semakin mereka menjadi satu kesatuan. Sedangkan cohesion akan mengevaluasi kekuatan interaksi antar objek. Biasanya, dua objek atau lebih menjadi interaktif jika metodenya menggunakan metodenya satu sama lain. Dengan membandingkan nilai coupling, cohesion, linkage dan ukuran partisi maka dapat diketahui kelompok service yang ideal.

Selain itu, untuk mengetahui apakah hasil clustering relevan dan dapat diimplementasikan maka dilakukan sampling yang berjumlah 2 service dari kelompok service yang ideal. Untuk menerapkannya pemecahan dimulai dari pemecahan kode yang menggunakan strategi dekomposisi strangle fig dan branch by abstraction. Untuk metode komunikasinya antara service yaitu dengan Remote Procedure Call(RPC) dan untuk mengelola datanya, setiap service memiliki databasenya masing-masing.

2) Flowchart Global



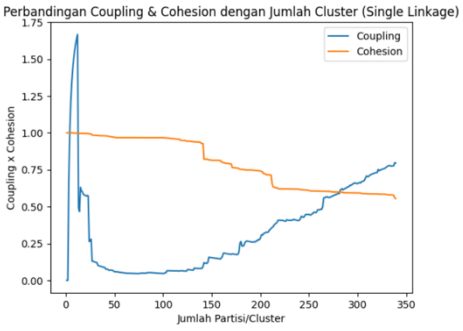

Gambar 3 Diagram Flowchart Proses Global

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

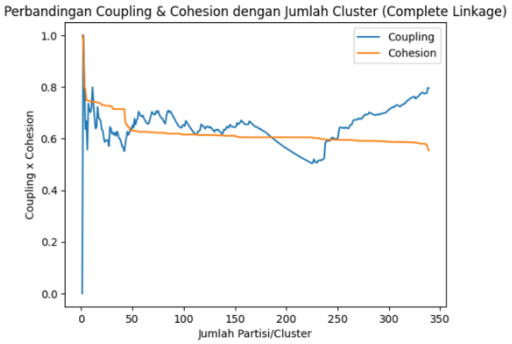
Pada bagian ini, dibahas mengenai evaluasi dan pengujian tentang bagaimana hasil dekomposisi aplikasi monolitik menjadi microservice dengan menggunakan proses Hierarchical Clustering.

### *A. Pemilihan Partisi*

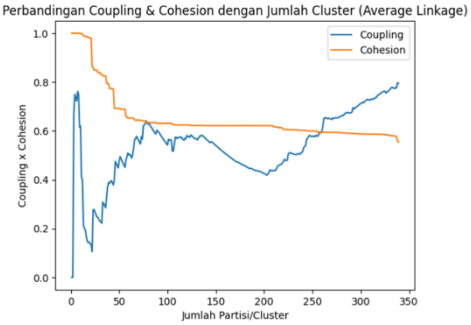
Hasil Implementasi dapat divisualisasikan dan dianalisis lebih lanjut agar dapat menentukan linkage dan jumlah service yang ideal. Untuk itu dilakukan perbadingan bagaimana nilai coupling dan cohesion dari jumlah service/partisi yang dimulai dari 1 (monolit) hingga 335 (semua partisi menjadi service individu) dengan setiap linkage yang berbeda.



Pada grafik diatas, hasil dekomposisi menggunakan linkage single memiliki hasil yang buruk untuk coupling tetapi masih memiliki cohesion yang bagus. Nilai coupling menurun drastis ketika jumlah service mencapai 25 service. Jumlah service yang memiliki nilai coupling rendah dan cohesion yang tinggi berkisar dari 25 service ke atas dan dibawah 150 sevice. Ketika jumlah service melebihi 150 service nilai coupling terus meningkat ketika dan nilai cohesion terus memburuk.




Pada grafik diatas, hasil dekomposisi menggunakan linkage complete memiliki coupling yang tinggi sejak dari jumlah service 1 ke atas hingga sekitar 175 service. Nilai Coupling membaik ketika jumlah service mencapai ±200 hingga ±240, ketika jumlah service melebihi ±240 nilai menjadi semakin memburuk coupling. Untuk nilai cohesion turun secara perlahan ketika jumlah service mencapai ±50




Pada grafik diatas, hasil dekomposisi menggunakan Average linkage memiliki nilai coupling yang cukup tinggi ketika jumlah service sebesar ±25. Nilai coupling meningkat secara tajam ketika jumlah service diatas ±2 dan mulai menurun saat jumlah service berkisar ±100 - ±210. Ketika jumlah service melebihi ±210 nilai coupling semakin memburuk. Untuk nilai cohesion, memiliki nilai yang tinggi saat jumlah service berkisar ±2 - ±25, ketika jumlah service diatas ±25 nilai cohesion menurun drastis hingga jumlah service ±75. Nilai cohesion tidak lagi meningkat dan turun perlahan ketika jumlah service bertambah banyak.

Nilai copling dan cohesion yang dihasilkan bisa dilakukan analisis lebih lanjut seperti melihat nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai rata-rata pada nilai coupling dan cohesion untuk setiap linkage.

| Linkage | Coupling | | | Cohesion | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | MIN | AVG | MAX | MIN | AVG | MAX |
| Single | 0.04 | 0.33 | 1.6 | 0.61 | 0.83 | 1 |
| Complete | 0.40 | 0.65 | 1.33 | 0.61 | 0.67 | 0.99 |
| Average | 0.14 | 0.51 | 0.83 | 0.61 | 0.7 | 1 |

Dari tabel diatas dilihat linkage complete memiliki coupling yang tinggi dan cohesion yang rendah dibandingkan linkage lainnya. Untuk linkage average memiliki nilai coupling dan nilai cohesion yang lebih baik bila dibandingkan dengan linkage complete tetapi lebih buruk bila dibandingkan dengan linkage single. Nilai minimum dan maksimum dari cohesion memiliki nilai yang sama tetapi memiliki rata-rata yang berbeda.

Untuk mengetahui lebih detail bagaimana struktur service dikelompokan, maka untuk setiap linkage, jumlah module dari setiap partisi/service dicari nilai rentang, minimum, dan maksimum untuk setiap jumlah ukuran partisi tertentu (1, 2, 5, 10, 15, 25, 50 , 75, 90, 110, 130, 150, 175, 195, 200, 208 , 220, 232, 245, 275, 290, 305, 325, 335). Di mana pewarnaan untuk nilai coupling dan cohesion ditentukan bila coupling lebih tinggi dari cohesion maka berwarna merah, bila coupling lebih rendah dari cohesion tetapi perbedaanya tidak cukup signifikan (0.10) maka berwarna kuning dan bila cukup signifikan berwarna hijau. Sementara perwarnaan nilai rentang ditentukan bila bernilai lebih dari 12 module maka berwarna merah dan bila kurang maka berwarna hijau karena sebuah service memiliki karakteristik kecil dan berfokus pada satu hal.

Table 1 Perbandingan Ukuran Service yang dihasilkan oleh Single Linkage

| Ukuran Service | | | Statistik Jumlah Module | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Coupling | Cohesion | MIN | MAX | RANGE |
| 1 | 0.0 | 1 | 335 | 335 | 0 |
| 2 | 0.0 | 1 | 2 | 333 | 331 |
| 5 | 1.2 | 1 | 1 | 326 | 325 |
| 10 | 1.6 | 1 | 1 | 319 | 318 |
| 15 | 0.63 | 1 | 1 | 315 | 314 |
| 25 | 0.48 | 0.99 | 1 | 299 | 298 |
| 50 | 0.09 | 0.97 | 1 | 246 | 245 |
| 75 | 0.11 | 0.97 | 1 | 246 | 245 |
| 90 | 0.11 | 0.97 | 1 | 241 | 240 |
| 110 | 0.06 | 0.96 | 1 | 216 | 215 |
| 130 | 0.07 | 0.94 | 1 | 190 | 189 |
| 150 | 0.1 | 0.91 | 1 | 169 | 168 |
| 175 | 0.18 | 0.85 | 1 | 133 | 132 |
| 195 | 0.23 | 0.81 | 1 | 96 | 95 |
| 200 | 0.25 | 0.79 | 1 | 89 | 88 |
| 208 | 0.28 | 0.76 | 1 | 66 | 65 |
| 220 | 0.31 | 074 | 1 | 60 | 59 |
| 232 | 0.32 | 0.74 | 1 | 60 | 59 |
| 245 | 0.38 | 0.74 | 1 | 54 | 53 |
| 275 | 0.64 | 0.66 | 1 | 15 | 14 |
| 290 | 0.71 | 0.64 | 1 | 7 | 6 |
| 305 | 0.75 | 0.64 | 1 | 6 | 5 |
| 325 | 0.79 | 0.63 | 1 | 3 | 2 |
| 335 | 0.83 | 0.62 | 1 | 1 | 0 |

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah service yang dibuat oleh single linkage tidak merata dalam membagi modulenya, banyak service yang hanya memiliki jumlah modul kecil sekitar 1-3 module tetapi ada satu service yang sangat besar yang memiliki 100-200 module. Service yang memiliki module sangat banyak itu hilang ketika jumlah service / partisi mencapai ±275, namun nilai coupling dan cohesion ketika jumlah service sebesar ±275 tidak bagus karena lebih tinggi nilai coupling dibandingkan nilai cohesionnya.

Table 2 Perbandingan Ukuran Service yang dihasilkan oleh Complete Linkage

| Ukuran Service | | | Statistik Jumlah Module | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Coupling | Cohesion | MIN | MAX | RANGE |
| 1 | 0.0 | 1 | 335 | 335 | 0 |
| 2 | 1 | 0.98 | 11 | 324 | 331 |
| 5 | 0.72 | 0.8 | 7 | 212 | 205 |
| 10 | 0.71 | 0.74 | 7 | 132 | 125 |
| 15 | 0.7 | 0.74 | 2 | 107 | 105 |
| 25 | 0.68 | 0.73 | 2 | 88 | 86 |
| 50 | 0.63 | 0.7 | 1 | 67 | 66 |
| 75 | 0.65 | 0.68 | 1 | 34 | 33 |
| 90 | 0.67 | 0.66 | 1 | 19 | 18 |
| 110 | 0.65 | 0.66 | 1 | 19 | 18 |
| 130 | 0.62 | 0.66 | 1 | 16 | 15 |
| 150 | 0.71 | 0.65 | 1 | 16 | 15 |
| 175 | 0.69 | 0.65 | 1 | 14 | 15 |
| 195 | 0.62 | 0.65 | 1 | 12 | 13 |
| 200 | 0.61 | 0.65 | 1 | 9 | 11 |
| 208 | 0.6 | 0.65 | 1 | 9 | 8 |
| 220 | 0.58 | 0.65 | 1 | 5 | 4 |
| 232 | 057 | 0.65 | 1 | 5 | 4 |
| 245 | 0.63 | 0.65 | 1 | 4 | 3 |
| 275 | 0.7 | 0.65 | 1 | 3 | 2 |
| 290 | 0.72 | 0.64 | 1 | 3 | 2 |
| 305 | 0.77 | 0.63 | 1 | 3 | 2 |
| 325 | 0.83 | 0.62 | 1 | 2 | 1 |
| 335 | 0.83 | 0.62 | 1 | 1 | 0 |

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa jumlah service yang dibuat oleh complete linkage cenderung membentuk service yang besar karena dilihat dari jumlah module yang dimiliki oleh setiap service, namun nilai rentang dari besarnya sebuah service lebih kecil. Di sisi lain nilai coupling dan cohesion yang dihasilkan buruk walaupun jumlah service masih sedikit bila dibandingkan dengan linkage lain.

Table 3 Perbandingan Ukuran Service yang dihasilkan oleh Average Linkage

| Ukuran Service | | | Statistik Jumlah Module | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Coupling | Cohesion | MIN | MAX | RANGE |
| 1 | 0.0 | 1 | 335 | 335 | 0 |
| 2 | 0.0 | 1.0 | 2 | 333 | 331 |
| 5 | 0.73 | 1.0 | 1 | 329 | 328 |
| 10 | 0.32 | 0.99 | 1 | 305 | 304 |
| 15 | 0.2 | 0.98 | 1 | 293 | 292 |
| 25 | 0.26 | 0.91 | 1 | 198 | 197 |
| 50 | 0.37 | 0.78 | 1 | 74 | 73 |
| 75 | 0.43 | 0.72 | 1 | 29 | 28 |
| 90 | 0.46 | 0.71 | 1 | 29 | 28 |
| 110 | 0.41 | 0.71 | 1 | 29 | 28 |
| 130 | 0.48 | 0.67 | 1 | 16 | 15 |
| 150 | 0.57 | 0.67 | 1 | 13 | 12 |
| 175 | 0.5 | 0.67 | 1 | 13 | 12 |
| 195 | 0.46 | 0.67 | 1 | 13 | 12 |
| 200 | 0.44 | 0.67 | 1 | 13 | 12 |
| 208 | 0.43 | 0.67 | 1 | 13 | 12 |
| 220 | 0.48 | 0.66 | 1 | 10 | 12 |
| 232 | 0.52 | 0.65 | 1 | 6 | 9 |
| 245 | 0.57 | 0.65 | 1 | 5 | 5 |
| 275 | 0.69 | 0.64 | 1 | 3 | 4 |
| 290 | 0.71 | 0.64 | 1 | 3 | 2 |
| 305 | 0.76 | 0.63 | 1 | 3 | 2 |
| 325 | 0.83 | 0.62 | 1 | 2 | 1 |
| 335 | 0.83 | 0.62 | 1 | 1 | 0 |

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah service dibuat oleh average linkage memiliki service yang tidak terlalu besar bila dilihat dari nilai maksimum jumlah module dan terdapat service yang berukuran kecil (1 modul). Dari nilai coupling dan nilai cohesion, average linkage memiliki nilai yang bagus karena nilai coupling masih dibawah nilai cohesion.

Dari hasil perbandingan ukuran service yang dihasilkan oleh masing-masing linkage pada kasus dekomposisi aplikasi monolitik Odoo, menunjukan bahwa complete linkage tidak cocok untuk melakukan dekomposisi karena service yang dibentuk besar dan memiliki nilai coupling tinggi. Sedangkan single linkage kurang ideal walaupun memiliki coupling yang rendah dan cohesion yang tinggi namun service yang dibuat tidak dikelompokan secara seimbang dan memiliki nilai rentang yang besar, karena ada service yang memiliki jumlah sangat besar. Untuk Average linkage dapat membentuk service yang ideal karena ukuran service tidak terlalu besar dilihat dari nilai rentangnya dan memiliki nilai couplingnya rendah serta nilai cohesionnya cukup tinggi.

Pemilihan jumlah service yang ideal pada Average linkage, tidak bisa ditentukan secara pasti karena terdapat trade-off untuk setiap kenaikan jumlah service. Oleh karena itu rentang jumlah service yang ideal adalah bisa dari 175, 195, 208, 200, 220, 232 , 245. Jumlah service yang tidak ideal adalah dibawah ±150/ ± 175 service karena nilai rentang isi module service cukup tinggi yaitu diatas 12 module dan diatas ±245 service karena nilai coupling lebih tinggi dibandingkan nilai cohesionnya.

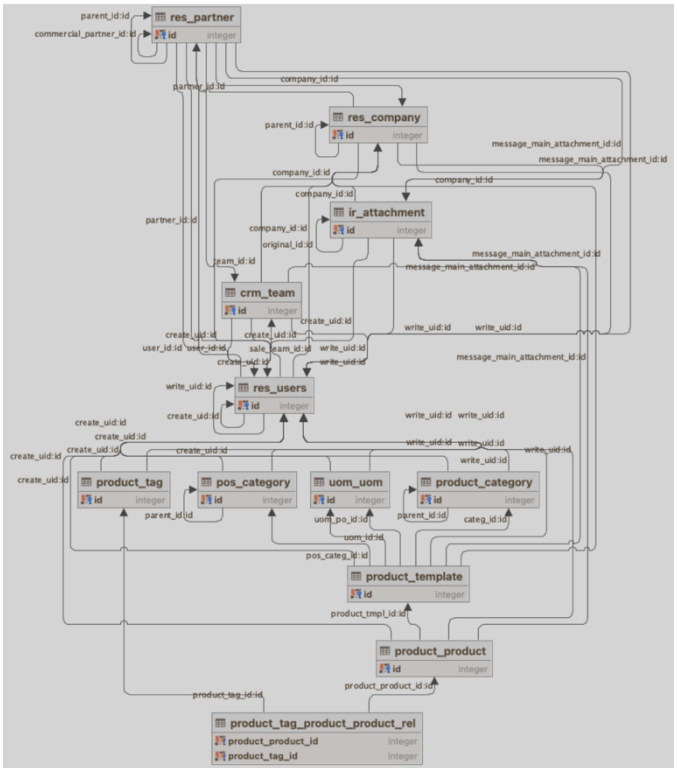
### *B. Dekomposisi Monolitik ke Microservice*

Pada tugas akhir ini memilih untuk menggunakan hasil Hierarchical Clustering dengan Average Linkage dengan jumlah service sebesar 200. Hasil evaluasi sebelumnya menunjukan nilai coupling sebesar 0.67, nilai cohesion sebesar 0.44 dan nilai rentang jumlah modulenya sebesar 12.

Service yang dipilih untuk dilakukan implementasi dekomposisi yaitu service ke-10 yang memiliki module addons.product dan addons.point of sale, kemudian service ke-17 yang memiliki modul calendar. Model yang dibuat pada tugas akhir ini yaitu model ’calendar event type’, ’product tag’, dan ’pos category’

Hasil Dekomposisi yang sudah diimplementasikan dengan 2 sampel service yaitu service ke-10 dan service ke-17. Didalam microservice yang dibangun terdapat 3 aplikasi yaitu aplikasi monolitik yang sudah dimodifikasi, Service ke-10(Product dan Point of Sale) dan Service ke-17 (Calendar). Untuk mengetahui apakah bagian yang didekomposisi oleh proses Hierarchical Clustering relevan dan dapat diimplementasikan maka dapat dilihat melalui struktur tabel yang terbentuk ketika melakukan implementasi

Pada service ke-10 terdapat 2 model yang diimplementasikan yaitu product.tag dan pos.category, Odoo yang memiliki ORM sudah otomatis mengubah nama ”dot” menjadi ”underscore” sehingga bila dilihat dari nama tabel yang terbentuk akan memiliki nama ”product tag” dan ”pos category”. Berikut adalah diagram database (4.35) yang menunjukan bagaimana keterhubungan antara model dengan model lainnya.




Hasil proses clustering sebelumnya mengelompokan 2 module yaitu product dan point of sale(POS) menjadi service sendiri. Dari diagram database menunjukan bahwa memang benar model product.tag dan pos.category memiliki keterhubungan satu sama lain yaitu melalui model product.template untuk itulah mengapa 2 modules ini disatukan menjadi service yang sama. Pada service ke-17 terdapat 1 model yang diimplementasikan yaitu ’calendar.event.type’ dan nama yang terbentuk pada tabel adalah ’calendar event type’. Service ke-17 ini memiliki isi module yang berbeda dengan service ke-10, jika dilihat berdasarkan nama modulenya didalamnya. Berikut keterhubungannya yang dapat dilihat melalui diagram database (4.36).

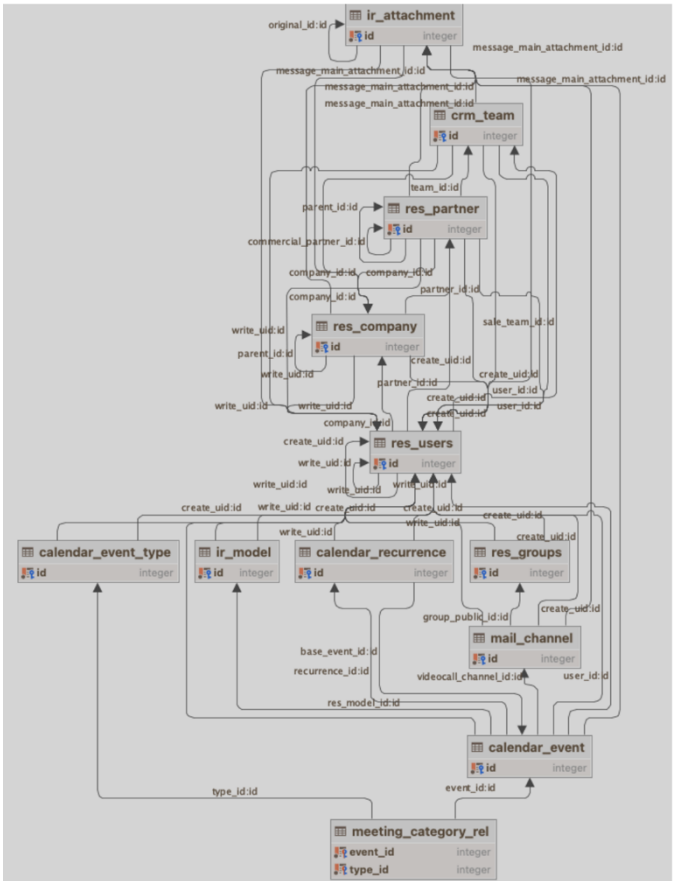



Diagram database menunjukan tidak ada hubungan dengan tabel yang terbentuk dari module product ataupun point of sale(POS), sehingga service ke-17 bisa berdiri sendiri. Dari diagram juga terlihat bahwa ke dua service ini memiliki hubungan yang sama dengan module lain seperti dengan ir.attachment, res.users, res.groups, res.company, dan ir.model.

## IV. Simpulan

Berikut kesimpulan dan rangkuman dari penerapan Microservice dengan Hierarchical Clustering untuk dekomposisi monolitik pada Enterprise Resource Planning yang sudah dilakukan.

Berdasarkan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 menunjukan linkage yang cocok untuk membuat kelompok service yang memiliki rentang jumlah module yang kecil tetapi masih memiliki coupling dan cohesion yang baik adalah Average linkage.

Berdasarkan gambar perbandingan coupling dan cohesion. Menunjukan Hierarchical Clustering dapat membuat Microservice yang memiliki nilai coupling yang kecil dan nilai cohesion yang tinggi dengan jumlah partisi tertentu.

Jumlah partisi yang ditemukan dapat membuat Microservice yang ideal yaitu dimulai dari 175-245 service dengan Average Linkage.

Berdasarkan Gambar 4.34 dan Gambar 4.35 dapat dilihat dari struktur database yang terbentuk ketika dilakukan implementasi. Struktur tabel menunjukan Hierarchical Clustering dapat memisahkan module yang tidak terhubung dan service yang memiliki hubungan kuat dikelompokan menjadi satu seperti pada Tabel 4.10 di partisi ke-10 pada Module Product dan Module Point of Sale. Kemudian module yang tidak memiliki hubungan dengan module lain seperti Module Calendar di partisi ke-17 tidak dikelompokan menjadi satu dengan Module Product atau Module Point of Sale, sehingga hasil dari proses Hierarchical Clustering relevan.

Aplikasi Odoo dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python. Dimana Python merupakan bahasa pemrograman yang mendukung multi-paradigm seperti procedural, object-oriented, atau functional, sehingga metode dekomposisi menggunakan Hierarchical Clustering tidak terpengaruh pada paradigma yang digunakan dalam pemrograman selama proses pembuatan graph sebelumnya dilakukan dengan tepat. Hasil implementasi yang dilakukan pada menggunakan 3 model yaitu PosCategory, ProductTag, dan MeetingType. Dimana ukuran service yang terbentuk berukuran kecil sehingga memiliki performa lebih baik dibandingkan monolitik.

Dalam penelitian lanjutan, Pengelompokan dapat mempertimbangkan tipe coupling yang berbeda dalam menentukan suatu hubungan antara objek, menggunakan beberapa metode linkage lainnya yang dapat digunakan ketika melakukan proses Hierarchical Clustering. Hasil clustering yang tidak relevan dapat diperbaiki dengan meningkatkan akurasi graph yang dibuat, dan ketika rancangan modul di aplikasi yang tidak jelas dalam batasan antar komponennya dapat menyebabkan hasil clustering tidak akurat dan penentuan scope objek sebelum dilakukan proses Hierarchical Clustering lebih sulit dan diperlukan kasus uji nyata lebih lanjut yang dapat melihat dampak performa seperti CPU dan memori dari pembentukan service oleh Hierarchical Clustering.

## DAFTAR REFERENSI


[1] Amini, Mohammad and Abukari, Arnold. (2020). ”ERP Systems Architecture For The Modern Age: A Review of The State of The Art Technologies.” Journal of Applied Intelligent Systems and Information Sciences. Volume 1(2), pp.70-90. Available: https://doi.org/10.22034/jaisis.2020.232506.1009.

[2] Bender, B.; Bertheau, C. and Gronau, N. (2021). ”Future ERP Systems: A Research Agenda.” In Proceedings of the 23rd International Conference on Enterprise Information Systems. 2, pp.776-783. Available: http://dx.doi.org/10.5220/0010477307760783.

[3] Chaitanya K. Rudrabhatla. (2020). ”Impacts of Decomposition Techniques on Performance and Latency of Microservices.” International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA). 11(8). Available: http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110803.

[4] Slamaa, A.A., El-Ghareeb, H.A. , Saleh, A.A. (2021). ”A Roadmap for Migration System-Architecture Decision by Neutrosophic-ANP and Benchmark for Enterprise Resource Planning Systems.” IEEE Access . 9, pp.48583-48604. Available: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068837.

[5] Sam Newman, Monolith to Microservices, Sebastopol, CA: O’Reilly Media, Inc., 2020, pp. 12-15

[6] Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R. Safina, L. (2017). ”Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow”. Present and Ulterior Software Engineering, 195-216.

[7] Richardson, C. (2018) Microservice patterns: With examples in Java. Shelter Island, NY: Manning Publications.

[8] Cruz, D.D., Henriques, P.R. and Pinto, J.S. (2009) Code analysis: past and present [Preprint]. Available at: https://hdl.handle.net/1822/14352.

[9] Jain, A.K. and Dubes, R.C. (1988) Algorithms for clustering data. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

[10] Khaled Sellami, Mohamed Aymen Saied, and Ali Ouni. (2022). ”A Hierarchical DBSCAN Method for Extracting Microservices from Monolithic Applications” In The International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2022 (EASE 2022). ACM, New York, NY, USA, 11. Available: https://doi.org/10.1145/3530019.3530040.

[11] A. K. Kalia, J. Xiao, R. Krishna, S. Sinha, M. Vukovic, and D. Banerjee, “Mono2micro: A practical and effective tool for decomposing monolithic Java applications to microservices,” Proceedings of the 29th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, 2021.

[12] A. Selmadji, A.-D. Seriai, H. L. Bouziane, R. Oumarou Mahamane, P. Zaragoza, and C. Dony, “From monolithic architecture style to Microservice one based on a semi-automatic approach,” 2020 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA), 2020.

[13] M. Fokaefs, N. Tsantalis, A. Chatzigeorgiou, and J. Sander, “Decomposing object-oriented class modules using an agglomerative clustering technique,” 2009 IEEE International Conference on Software Maintenance, 2009.

[14] “Odoo documentation,” Odoo. [Online]. Available: https://www.odoo.com/documentation/16.0/. [Accessed: 21-Mar-2023].

[15] “Docker docs,” Docker. [Online]. Available: https://docs.docker.com/. [Accessed: 21-Mar-2023].

[16] “Kong documentation,” Kong. [Online]. Available: https://docs.konghq.com/. [Accessed: 21-Mar-2023].

[17] “inspect — Inspect live object,” inspect. [Online]. Available: https://docs.python.org/3/library/inspect.html . [Accessed: 21-Mar-2023].

[18] “Scipy documentation,” SciPY. [Online]. Available: https://docs.scipy.org/doc/scipy/. [Accessed: 21-Mar-2023].

[19] V. Salis, T. Sotiropoulos, P. Louridas, D. Spinellis, and D. Mitropoulos, “PYCG: Practical call graph generation in python,” 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering (ICSE), 2021.

[20] D. Mullner, “Modern hierarchical, agglomerative clustering algorithms,” arXiv.org, 12-Sep-2011. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/1109.2378.



**Albertus Septian Angkuw A**, menerima gelar Sarjana Komputer dari Institut Teknologi Harapan Bangsa (ITHB) Bandung tahun 2023

**Hans Christian Kurniawan**, menerima gelar Sarjana Teknik Informatika dari Institut Teknologi Harapan Bangsa (ITHB) Bandung pada tahun 2016 dan Magister Informatika dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2019. Saat ini aktif sebagai pengajar di ITHB serta sebagai Engineering Manager di Bukalapak.