

Analisis Clustering Donor Darah dengan Metode Agglomerative Hierarchical Clustering

Dessy Iyan Yulianti, Teguh Iman Hermanto, Meriska Defriani*

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, STT Wastukencana Purwakarta, Purwakarta, Indonesia

Email: ¹dessyian19@wastukencana.ac.id, ²teguhiman@wastukencana.ac.id, ^{3,*}meriska@wastukencana.ac.id

Email Penulis Korespondensi: meriska@wastukencana.ac.id

Abstrak—Darah merupakan cairan yang memiliki fungsi untuk menyuplay nutrisi, mengangkut hasil metabolisme, mengirimkan oksigen dan sebagai antibodi alami untuk melawan virus atau bakteri pada tubuh. Unit Donor Darah (UDD) PMI (Palang Merah Indonesia) merupakan salah satu instansi yang bertanggung jawab untuk menjamin ketersediaan darah. Untuk memenuhi ketersediaan tersebut, maka instansi ini melakukan berbagai program, sebagai usaha untuk menjamin agar ketersediaan darah tetap terjaga. Namun pada kenyataannya, terjadi kesenjangan antara supply and demand, dimana kebutuhan darah lebih tinggi dibandingkan dengan ketersediaan darah. Pemasalahan permintaan yang cukup tinggi dan jumlah pendonor darah yang minim, maka dapat dijadikan sebuah topik penelitian, dengan tujuan menghasilkan sebuah informasi tentang jumlah pendonor, golongan serta ketersediaan darah, dan tempat donor darah sementara pada tiap kecamatan yang berada di wilayah Kabupaten Purwakarta. Penelitian ini akan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC), dengan metodologi yang digunakan yaitu SEMMA, tahapannya yaitu: sample, explore, modify, model, dan asses. Atribut yang digunakan id, kecamatan, golongan darah, latitude dan longitude. Dari atribut tersebut dibuat pengclusteran dengan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) menggunakan Orange, dan divisualisasikan dengan menggunakan Power BI. Hasil penelitian dari cluster data ini mendapatkan 3 cluster, pendonor terbanyak berada di kecamatan Purwakarta dan diikuti oleh kecamatan Bungursari. Kemudian di evaluasi asses menggunakan Silhouette Coefient yang menghasilkan tingkat akurasi sebesar 0.713346292.

Kata Kunci: Clustering, SEMMA, Agglomerative Hierarchical Cluster, Silhouette Coefficient.

Abstract—Blood is a fluid that has the function of supplying nutrients, transporting metabolic products, sending oxygen and as natural antibodies to fight viruses or bacteria in the body. The Blood Donor Unit (UDD) of PMI (Indonesian Red Cross) is one of the agencies responsible for ensuring the availability of blood. To meet this availability, this agency carries out various programs, in an effort to ensure that the availability of blood is maintained. But in reality, there is a gap between supply and demand, where the need for blood is higher than the supply of blood. The problem of relatively high demand and a minimum number of blood donors can be used as a research topic, with the aim of producing information about the number of donors, blood types and availability, and temporary donor sites in each sub-district in Purwakarta district. This research will use the Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) algorithm, with the methodology used, namely SEMMA, the stages are: sample, explore, mmodify, model, and assess. The attributes used are id, district, blood group, latitude and longitude. From these attributes, clustering is made using the Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) algorithm using Orange, and visualized using Power BI. The research results from this data cluster get 3 clusters, the most donors are in Purwakarta District and followed by Bungursari District. Then the evaluation was assessed using the Silhouette Coefient which resulted in an accuracy rate of 0.713346292

Keywords: Clustering, SEMMA, Agglomerative Hierarchical Clustering, Silhouette Coefficient

1. PENDAHULUAN

Salah satu acuan perkembangan teknologi adalah segala aktivitas yang terjadi di setiap waktu dapat diawasi dan lalu lintas datanya dapat dikumpulkan. Seluruh data yang terkumpul tersebut dapat menghasilkan informasi yang sangat bermanfaat jika diolah melalui proses tertentu [1], Data mining digunakan untuk membantu suatu organisasi atau forum merekam aktivitas yang terjadi pada data warehouse, sehingga dapat memberikan informasi yang sangat akurat dan berharga, sebagai penentuan langkah yang akan dilakukan oleh organisasi atau forum tersebut. Teknologi ini telah digunakan juga pada bidang kesehatan terutama dibagian pelayanan penyediaan darah. Implementasi pada bidang ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kekosongan ketersediaan darah [2], Darah merupakan cairan yang memiliki fungsi untuk menyuplay nutrisi, mengangkut hasil metabolisme, mengirimkan oksigen dan sebagai antibodi alami untuk melawan virus atau bakteri pada tubuh. Setiap orang memiliki antibodi dan antigen (golongan darah) yang berbeda[3], Golongan darah adalah pembagian darah yang berbeda sesuai dengan gen yang dibawa terhadap keturunannya, mengacu pada sistem golongan darah yang terdiri dari antigen pada sel darah merah[4], Pembagian golongan darah juga didasari oleh kombinasi dua protein ini, yaitu: 1. A (antigen A dan anti -B), 2.B (antigen B dan anti -A), 3. AB (memiliki antigen tetapi tidak memiliki antibodi), 4.O (memiliki antibodi akan tetapi tidak memiliki antigen).

Unit Donor Darah (UDD) PMI (Palang Merah Indonesia) merupakan salah satu instansi yang bertanggung jawab untuk menjamin ketersediaan darah. Untuk memenuhi ketersediaan tersebut, maka instansi ini melakukan berbagai program, sebagai usaha untuk menjamin agar ketersediaan darah tetap terjaga. Namun pada kenyataannya, terjadi kesenjangan antara supply and demand, dimana kebutuhan darah lebih tinggi dibandingkan dengan ketersediaan darah. Berdasarkan data Palang Merah Indonesia (PMI) pada tahun 2023, total donor darah di seluruh Indonesia mencapai 88000 orang. Jumlah pendonor di Kabupaten Purwakarta sebanyak 120 orang. Tentunya hal ini menimbulkan ketimpangan.

Dengan permasalahan permintaan yang cukup tinggi dan jumlah pendonor darah yang minim, maka dapat dijadikan sebuah topik penelitian, dengan tujuan menghasilkan sebuah informasi tentang jumlah pendonor, golongan serta ketersediaan darah pada tiap kecamatan yang berada di kabupaten Purwakarta (Sumber: Palang Merah Indonesia) [5],

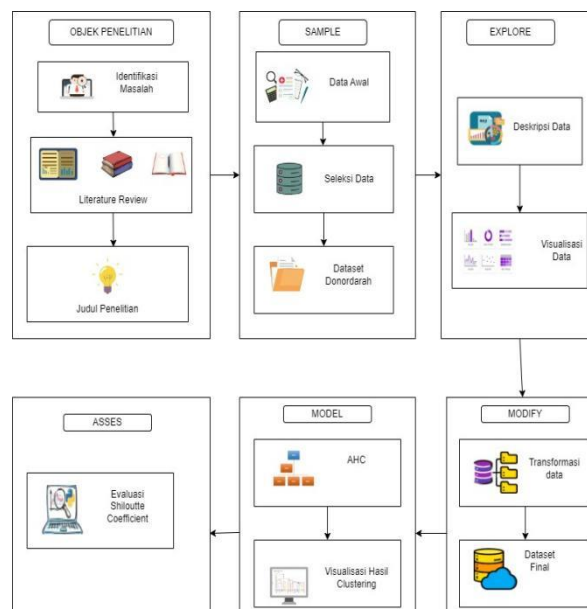
Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh[6], bahwa hasil pengelompokan bervariasi tergantung pada kombinasi jarak atau keterikatan yang digunakan untuk membagi data. Ditemukan dengan spesifitas yang tinggi dan kesalahan klasifikasi yang rendah. Sebelumnya sudah ada yang melakukan penelitian dengan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering dengan judul “GIS implementation and classterization of potential blood donors using the agglomerative hierarchical clustering metododh”, dengan hasil yang sangat bagus, yaitu Silhoutte Coefficient (SC) sebesar 0.6065410[7].

Merujuk penjelasan yang telah diuraikan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian analisis data mining dengan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering hal ini untuk mengetahui analisis clustering donor darah di Unit Donor Darah Purwakarta, maka digunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Agglomerative Hierarchical Clustering, terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu: Objek Penelitian, Sample data, Explore, Modify, dan Asses. Meetodologi penelitian ini dapat dilihat pada flowchart gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Sample, sampling merupakan pengumpulan data awal terkait dengan pendonor darah di Unit Donor Darah PMI Kabupaten Purwakarta. Data yang dikumpulkan disimpan dalam satu file. Selanjutnya data tersebut akan di proses kembali. Explore, eksplorasi terhadap data set yang sudah dilakukan dengan mendeskripsikan data mengenai gambaran besar. Modify, adalah melakukan perubahan pada data. Model, pemodelan data dengan menggunakan tools Orange. Asses proses ini terdiri dari penilaian data, keandalan model dan evaluasi kegunaan dari proses data mining, dengan menggunakan Complete Linkage.

2.2 Algoritma Agglomerative Hierarchical Clusteing

Agglomerative hierarchical clustering merupakan metode pengelompokan hierarki dengan pendekatan bawah atas (bottom up), dengan proses yang dimulai dari data sebagai sebuah kelompok, dilanjutkan dengan mencari kelompok potensial berdasarkan jarak untuk bergabung sebagai suatu kelompok yang lebih besar dan terus berulang sehingga tampak bergerak ke atas (Agglomerative) membentuk jenjang (Hierarki)[8]. Hierarchical Clustering adalah teknik clustering yang membentuk hirarki sehingga membentuk struktur pohon. Proses yang digunakan dalam pengelompokannya yaitu secara bertingkat atau bertahap, dan terdapat 2 (dua) metode pada algoritma Hierarchical Clustering yaitu Agglomerative (bottom-up) dan Devisive (top-down)[9]. Adapun tahap implementasi yang dilakukan pada saat pengolahan dataset yang telah dikumpulkan dan di proses dengan kedekatan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering adalah sebagai berikut:

a) Single Linkage (Nearest Neighbor Methods)

$$d_{(UV)W} = \min(d_{UW}, d_{VW}) \quad (1)$$

b) Complete Linkage (Furthest Neighbor Methods)

$$d_{(UV)W} = \max(d_{UW}, d_{VW}) \quad (2)$$

c) Average Linkage (Between Groups Methods)

$$d_{(UV)W} = \frac{d_{(UW)} + d_{(VW)}}{n_{(UV)W}} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Data

Hasil dari penelitian ini memiliki tujuan untuk menghasilkan, mengetahui informasi jumlah pendonor diseluruh wilayah kecamatan yang berada di Kabupaten Purwakarta, dan menemukan titik atau pos sementara untuk beberapa kecamatan, sehingga mempermudah pihak Unit Donor Darah untuk melakukan mobilisasi donor darah. Penelitian ini menggunakan data sebanyak 1070 data awal, dengan metode Agglomerative Hierarchical Clstering, dan terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

a. Sample

Pada tahap ini, dilakukan pengumpuladata awal terkait dengan pendonor dara di Unit Donor Darah PMI Kabupaten Purwakarta. Data yang dikumpulkan disimpan salam satu file, selanjutnya diproses kembali. Berikut hasil pengumpulan data pendonor, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pendonor di Unit Donor Darah Purwakarta

No.	Nama	Alamat	Umur	Gol (RH)	JK
1	No Name	Purwakarta	38	O Positif	Pria
2	No Name	Purwakarta	46	B Positif	Pria
3	No Name	Purwakarta	39	B Positif	Pria
4	No Name	Purwakarta	56	B Positif	Pria
5	No Name	Purwakarta	30	O Positif	Pria
6	No Name	Purwakarta	58	A Positif	Wanita
7	No Name	Purwakarta	47	O Positif	Pria
8	No Name	Purwakarta	32	A Positif	Pria
9	No Name	Purwakarta	45	O Positif	Pria
10	No Name	Purwakarta	39	O Positif	Pria

Dimana:

Gol (RH) : Golongan Darah (Rhesus)

JK : Jenis Kelamin

Pada tabel 1, merupakan hasil pengumpulan data yang di peroleh oleh penulis dan di kumpulkan pada satu file. Dengan jumlah data yang terkumpul sebanyak 1070.

b. Explore

Eksplorasi terhadap data set yang sudah dilakukan yaitu, dengan mendeskripsikan data mengenai gambaran besar dan informasi yang digunakan. Selain itu juga, data yang didapatkan bisa divisualisasikan dengan beragam bentuk, mulai dari chart, line, hingga maps dengan tujuan untuk memperlihatkan informasi secara visual dengan data yang sudah ada. Berikut contoh atribut yang berada pada dataset yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Atribut pada dataset

No	Nama	Alamat	Umur	Gol (RH)	JK
1	No Name	Purwakarta	38	O Positif	Pria
2	No Name	Purwakarta	46	B Positif	Pria
3	No Name	Purwakarta	39	B Positif	Pria

c. Modify

Modify adalah tahap melakukan peubahan pada data dengan menciptakan, memilih dan mengubah variabel agar fokus pada proses pemilihan model yang akan digunakan. Data akhir dalam tahap ini, dilakukan penambahan, atau pengurangan data dengan pertimbangan pada tahap sebelumnya untuk mempermudah proses memilih model atau proses selanjutnya. Tahapan modifikasi yang peneliti lakukan terhadap data yaitu, dengan menciptakan, memilih, dan melakukan perubahan pada variable untuk fokus pada proses pemilihan model. Keseluruhan dari atribut yang telah di transformasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Transformasi dataset

No	Kecamatan	Latitude	Loongitude	Gol (RH)
1	Kec. Sukatani	-6611418	107394183	O
2	Kec. Purwakarta	-652840	10744728	B
3	Kec. Darangdan	-626149	10723953	B

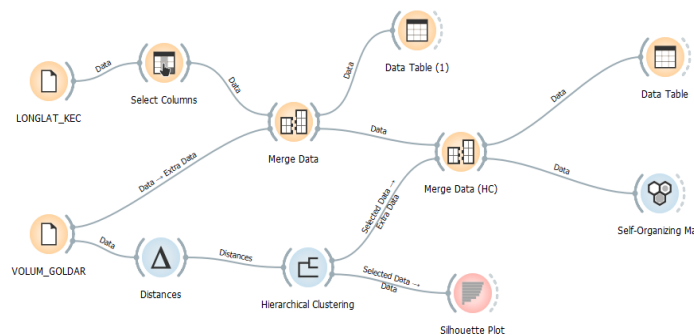
d. Model

Pemodelan data yang digunakan oleh penulis yaitu, menggunakan tools Orange, bertujuan untuk menghasilkan data silhouette secara gambaran utuh dengan melalui Agglomerative Hierarchical Clustering. Hasil data yang telah di transformasi akan diolah dengan menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering untuk mengetahui sebaran titik pendonor berdasarkan kecamatan di Purwakarta. Dengan implementasi proses data mining menggunakan algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering. Model algoritma clustering dengan menggunakan analisis perhitungan manual complete linkage (jarak terjauh) dengan Euclidean Distance dapat dilihat pada tampilan tabel 4, dan dengan menggunakan tools Orange ditampilkan pada gambar 2.

Tabel 4. Hasil Euclidean Distance Algoritma AHC

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
D1	0	42	113	35	35	40	22	53	58	21	41	45	113	58	44	47	50
D2	42	0	115	7	7	2	20	11	16	21	1	3	155	16	2	5	8
D3	113	155	0	148	148	153	135	116	171	134	154	158	0	171	157	160	163
D4	35	7	148	0	0	5	13	18	23	14	6	10	148	23	9	12	15
D5	35	7	148	0	0	5	13	18	23	14	6	10	148	23	9	12	15
D6	40	2	153	5	5	0	18	13	18	19	1	5	153	18	4	7	10
D7	22	20	135	13	13	18	0	31	36	1	19	23	135	36	22	25	28
D8	53	11	166	18	18	13	31	0	5	32	12	8	166	5	9	6	3
D9	58	16	171	23	23	18	36	5	0	37	17	13	171	0	14	11	8
D10	21	21	134	14	14	19	1	32	37	0	20	24	134	37	23	26	29
D11	41	1	154	6	6	1	19	12	17	20	0	4	154	17	3	6	9
D12	45	3	158	10	10	5	23	8	13	24	4	0	158	13	1	2	5
D13	113	155	0	148	148	153	135	166	171	134	154	158	0	171	157	160	163
D14	58	16	171	23	23	18	36	5	0	37	17	13	171	0	14	11	8
D15	44	2	157	9	9	4	22	9	14	23	3	1	157	14	0	3	6
D16	47	5	160	12	12	7	25	6	11	26	6	2	160	11	3	0	3
D17	50	8	163	15	12	10	28	3	8	29	9	5	163	8	6	3	0

Dengan melakukan setiap data sebagai cluster, selanjutnya dipilih jarak 2 (dua) cluster yang paling kecil. Selanjutnya, design widget untuk algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering menggunakan orange dapat dilihat pada gambar 2.



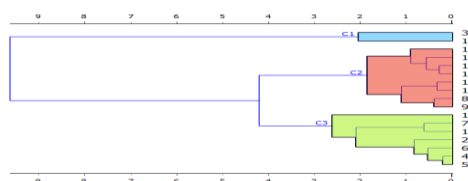
Gambar 2. Design Widget Orange Algoritma AHC

e. Asses

Proses ini terdiri dari penilaian data, dengan keandalan model dan evaluasi kegunaan dari proses dataa mining. Evaluasi yang digunakan yaitu dengan menggunakan Complete Linkage. Pada tahap asses ini, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering dengan menggunakan metode pengujian Silhouette Coefficient, dengan hasil 0.713346292.

3.2 Implementasi

Dapat dilihat dari hasil implementasi menggunakan tools Orange, didapatkan hasil yang sama dengan perhitungan manual seperti gambar 3 dibawah ini.



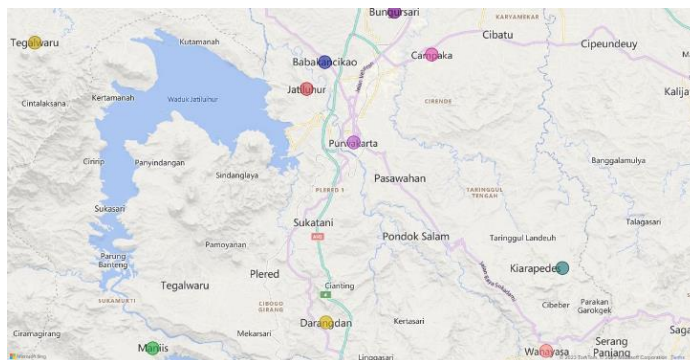
Gambar 3. Dendogram Algoritma AHC

Pada gambar 3, merupakan tampilan dendrogram algoritma AHC dengan menggunakan complete linkage. Cluster yang terbentuk sebanyak 3 cluster.

Keterangan :

- Jumlah Cluste 1 (Strong) berjumlah 2
- Jumlah Cluste 2 (Medium) berjumlah 8
- Jumlah Cluster 3 (Weak) berjumlah 7

Sehingga dapat diketahui hasil pengelompokan dari Orange dan maps sebaran algoritma AHC berikut ini, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Maps Sebaran Algoritma AHC

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dinyatakan berhasil, dengan tingkat akurasi sebesar 0.713346292. dengan standarisasi hasil di inteprestasi sangat baik (Strong Structur) antara data dan cluster yang terbentuk. Dengan ini maka metode Agglomerative Hierarchical Clustering dapat diterapkan ke dalam orange dengan nilai validasi yang sama. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Unit Donor Darah PMI Purwakarta. Jumlah data yang uji sebanyak 17 kecamatan dengan menggunakan 3 (tiga) cluster, yaitu untuk cluster tertinggi berjumlah 2 data yaitu kecamatan Purwakarta dan diikuti oleh kecamatan Bungursari. Cluste 2 berjumlah 8 dan cluster berjumlah 7 kecamatan.

REFERENCES

- [1] R. Ordila, R. Wahyuni, Y. Irawan, and M. Yulia Sari, "PENERAPAN DATA MINING UNTUK PENGELOMPOKAN DATA REKAM MEDIS PASIEN BERDASARKAN JENIS PENYAKIT DENGAN ALGORITMA CLUSTERING (Studi Kasus : Poli Klinik PT.Inecda)," *J. Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 148–153, 2020, doi: 10.33060/jik/2020/vol9.iss2.181.
- [2] R. A. Farissa, R. Mayasari, and Y. Umidah, "Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids Untuk Pengelompokan Data Obat dengan Silhouette Coefficient di Puskesmas Karangsembung," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 109–116, 2021, doi: 10.30871/jaic.v5i1.3237.
- [3] T. D. Andini and L. Farokhah, "Peningkatan Ketersediaan Darah Sesuai Segmentasi Umur Menggunakan K-Means Clustering," *J. Manaj. Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 126–136, 2022, doi: 10.34010/jamika.v12i2.7897.
- [4] R. M. Natsir, "Penyuluhan Tentang Pentingnya Pemeriksaan Golongan Darah Dengan Media Booklet Di Sd Negeri 1 Passo," *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 6, no. 1, p. 341, 2022, doi: 10.31764/jpmb.v6i1.7812.
- [5] J. L. Bruse et al., "Detecting Clinically Meaningful Shape Clusters in Medical Image Data: Metrics Analysis for Hierarchical Clustering Applied to Healthy and Pathological Aortic Arches," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 64, no. 10, pp. 2373–2383, 2017, doi: 10.1109/TBME.2017.2655364.
- [6] P. R. Harnanda, N. Damastuti, and T. M. Fahrudin, "GIS implementation and classterization of potential blood donors using the agglomerative hierarchical clustering method," *IJEEIT Int. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 44–54, 2021, doi: 10.29138/ijeeit.v3i2.1305.
- [7] Z. Arifin, S. Stefanus, and A. M. Soeleman, "Klasterisasi Genre Cerpen Kompas Menggunakan Agglomerative Hierarchical Clustering- Single Linkage," *J. Teknol. Inf. Cyberku*, vol. 13, no. 2, pp. 92–100, 2017, [Online]. Available: https://repository.dinus.ac.id/docs/bkd/Artikel_Klasterisasi_Genre_Cerpen_Kompas_Menggunakan_Aglo.pdf
- [8] K. P. Simanjuntak and U. Khaira, "Pengelompokan Titik Api di Provinsi Jambi dengan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–16, 2021, doi: 10.57152/malcom.v1i1.6.
- [9] Sumber Palang Merah Indonesia
- [10] Kusumastuti, R., Bayunanda, E., Muhammad Rifa, A., Ryandy Ghonim Asgar, M., & Inti Ilmawati, F. (n.d.). Clustering Titik Panas Menggunakan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) Hot Spot Clustering Using Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC) Algorithm. *Cogito Smart Journal* |, 8(2).
- [11] Natsir, R. M. (2022). PENYULUHAN TENTANG PENTINGNYA PEMERIKSAAN GOLONGAN DARAH DENGAN MEDIA BOOKLET DI SD NEGERI 1 PASSO. 6(1).
- [12] Prasetya, D. A., & Nurviyanto, I. (2012). Deteksi wajah metode viola jones pada opencv menggunakan pemrograman python. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, 18–23.
- [13] Prihatini, P. M., Putra, I. K. G. D., Giriantari, I. A. D., & Sudarma, M. (2019). Complete agglomerative hierarchy d ocument ' s clustering based on fuzzy L uhn ' s gibbs l atent dirichlet allocation. 9(3), 2103–2111. <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i3.pp2103->

2111

- [14] Rizky Anggraeni, M., & Yudatama, U. (2023). JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA Clustering Prevalensi Stunting Balita Menggunakan Agglomerative Hierarchical Clustering. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5501>
- [15] Runimeirati, Muis, A., & Muhammad, F. (2023). Pelatihan Text Mining Menggunakan Bahasa Pemrograman Python. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 36–46. <https://pusdig.web.id/index.php/abdimas/index>
- [16] Ryan Harnanda, P., Maulana Fahrudin, T., & Damastuti, N. (2020). GIS implementation and classterization of potential blood donors using the agglomerative hierarchical clustering method. *International Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 03.
- [17] Sains dan Teknologi, J., Jumadi, J., & Sartika, D. (n.d.). PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI OBJEK MENGGUNAKAN METODE HIERARCHICAL AGGLOMERATIVE CLUSTERING.
- [18] Tri, A., Dani, R., Wahyuningsih, S., & Rizki, N. A. (2019). Penerapan Hierarchical Clustering Metode Agglomerative pada Data Runtun Waktu. *Jambura Journal of Mathematics*, 1. <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jjom,P->
- [19] Triayudi, A., & Fitri, I. (2019). A new agglomerative hierarchical clustering to model student activity in online learning. 17(3), 1226–1235. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i3.9425>
- [20] Yang, L., & Li, C. (2023). Identification of Vulnerable Lines in Smart Grid Systems Based on Improved Agglomerative Hierarchical Clustering. *IEEE Access*, 11(February), 13554–13563. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3243806>