

DSS untuk Menganalisis pH Kesuburan Tanah Menggunakan Metode *Single Linkage*

Abdi Pandu Kusuma, Rini Nur Hasanah, dan Harry Soekotjo Dachlan

Abstrak— pH tanah merupakan ukuran jumlah ion hidrogen dalam suatu larutan di dalam tanah. pH tanah sangat berpengaruh terhadap kesuburan pada tanah untuk kelangsungan hidup pada tanaman. Pada penelitian ini akan ditampilkan hasil perbandingan Algoritma *Hierarchical Clustering* (HC) menggunakan metode *Single Linkage* dengan metode *Complete Linkage* dan *Average Linkage*. Algoritma ini digunakan untuk menganalisis pH tanah yang selanjutnya dimanfaatkan dalam *Decision Support System* (DSS). Sistem ini dapat membantu para penyuluh pertanian dalam membantu memberikan saran jenis tanaman yang cocok kepada para petani. Sistem dirancang sebagai aplikasi berbasis web.

Hasil perbandingan ketiga algoritma *Hierarchical Clustering* tersebut menunjukkan bahwa jarak antar *cluster* terpendek, yaitu 5,10593 diperoleh menggunakan metode *Single Linkage*. Metode *Complete Linkage* memberi jarak antar *cluster* sebesar 13,506813, sedangkan metode *Average Linkage* menghasilkan jarak antar *cluster* sebesar 11,663673. Dengan demikian dapat disimpulkan jarak antar *cluster* yang semakin pendek akan memperoleh waktu penggabungan antar *cluster* yang semakin cepat untuk mencapai hasil akhir.

Kata Kunci—*Hierarchical clustering*, pH tanah, *single linkage*, jarak antar *cluster*.

I. PENDAHULUAN

PERTANIAN merupakan suatu kebudayaan yang pertama kali dikembangkan manusia sebagai respon terhadap tantangan kelangsungan hidup yang semakin sulit akibat menipisnya sumber pangan seiring bertambahnya jumlah penduduk [1],[2].

Untuk mengimbangnya yakni dengan melakukan peningkatan produksi pada tanaman pangan. Peningkatan produksi dapat dilakukan melalui intensifikasi untuk meningkatkan produktivitas atau ekstensifikasi untuk mendapatkan lahan baru setelah diolah. Kunci utama dari kedua hal tersebut adalah bagaimana memelihara atau meningkatkan status kesuburan tanah. Untuk menjaga kesuburan tanah agar tidak terjadi penurunan unsur hara dapat dilakukan pemupukan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penyusunan rekomendasi pemupukan terpadu yang bersifat spesifik

Abdi Pandu Kusuma adalah Dosen Universitas Islam Balitar dan Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email p4n002@gmail.com)

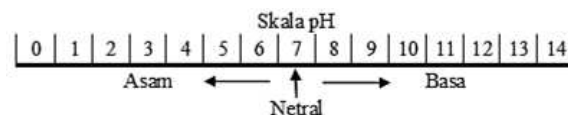
Rini Nur Hasanah, dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-554166; email : rininurhasanah@gmail.com)

Harry Soekotjo Dachlan, dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia ((Telp.0341-554166; email : harrysd@ub.ac.id)

lokasi, disesuaikan dengan komoditas yang diusahakan dan lahan tempat usahanya. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan [2].

Pada umumnya tanah sangat berperan penting sebagai tempat tumbuhnya vegetasi yang sangat berguna bagi kepentingan hidup manusia. Dalam bidang pertanian, tanah juga tidak lepas hubungannya dengan kesuburan tanah agar didapatkan hasil panen yang maksimal. Mutu tanah pada kesuburan tanah ditentukan oleh interaksi sejumlah sifat fisika, kimia dan biologi tanah yang menjadi habitat akar-akar aktif tanaman [3].

pH merupakan ukuran jumlah ion hidrogen dalam suatu larutan. Larutan dengan nilai pH rendah dinamakan "asam" sedangkan yang nilai pH tinggi dinamakan "basa". Biasanya tanah pada daerah basah bersifat asam, sedangkan tanah di daerah kering bersifat basa. Pada tanah asam larutan tanahnya mengandung lebih banyak ion hidrogen (H^+) dibandingkan dengan ion hidroksil (OH^-), sebaliknya pada tanah basa tanahnya mengandung lebih banyak ion hidroksil (OH^-) dibandingkan dengan ion hidrogen (H^+). Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 (netral). Sedangkan pada pH tanah umumnya berada pada skala dengan nilai 4 hingga 10 [7].



Gambar 2. Skala pH

Suatu ukuran skala pH digunakan untuk memudahkan dalam menyatakan konsentrasi H^+ yang sangat kecil di dalam air maupun di dalam berbagai system hayati penting. pH tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} \quad (1)$$

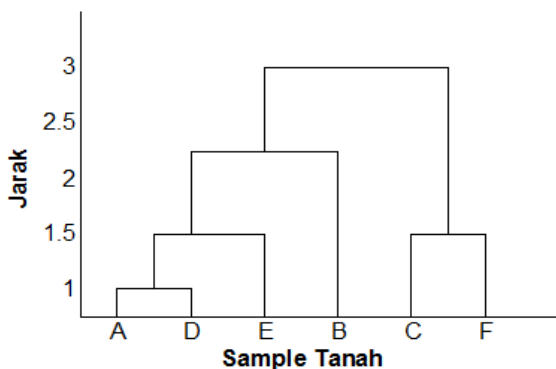
Penelitian tentang klasifikasi pH tanah ini didasarkan pada pembahasan tentang algoritma *hierarchical clustering* yang menggunakan keserupaan ukuran asimetris. Pada algoritma ini terdapat 3 metode yang dilakukan perbandingan untuk menentukan kecepatan penggabungan antar *cluster* sehingga diperoleh jarak antar *cluster* yang paling minimum, diantaranya metode *Single Linkage*, metode *Average Linkage*, dan metode *Complete Linkage*. Penelitian ini mengklasifikasikan ketiga metode *linkage* ke dalam dua kategori, yakni

metode *bottom up* dan metode *top down*. Metode *bottom up* mendefinisikan ukuran yang serupa diantara dua objek dan memperluas keserupaan diantara beberapa *cluster*, sedangkan metode *top down* secara langsung menjelaskan keserupaan diantara beberapa *cluster* saja [4].

Clustering adalah metode analisis data yang sering dimasukkan sebagai salah satu metode *Data Mining*, yang tujuannya adalah untuk mengelompokkan data dengan karakteristik yang sama ke suatu ‘wilayah’ yang sama dan data dengan karakteristik yang berbeda ke ‘wilayah’ yang lain [5].

Ada beberapa tipe *clustering* yang digunakan dalam mengembangkan metode *clustering*. Beberapa tipe *clustering* diantaranya adalah tipe partisi dan *clustering* dengan tipe hirarki. *Clustering* dengan tipe partisi atau sering disebut dengan *partition-based clustering* mengelompokkan data dengan memilah-milah data yang dianalisis ke dalam *cluster-cluster* yang ada. *Clustering* dengan tipe hirarki atau sering disebut dengan *hierarchical clustering* mengelompokkan data dengan membuat suatu hirarki dimana data yang mirip akan ditempatkan pada hirarki yang berdekatan dan yang tidak pada hirarki yang berjauhan.

Hierarchical Clustering dilakukan dengan mengelompokkan data yang mirip dalam hirarki yang sama dan yang tidak mirip di hirarki yang agak jauh. *Hierarchical Clustering* umumnya dibuat untuk pengelompokan data dalam bentuk suatu hirarki berupa grafik dendogram seperti pada gambar berikut: [6].



Gambar 1. Dendogram Clustering

Pada gambar 1 menunjukkan total jarak penggabungan antar *cluster* dari enam titik *cluster* yang ada.

Algoritma *Hierarchical Clustering* pada umumnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Tentukan setiap objek *cluster* yang ada.
- Hitung tingkat kemiripan diantara seluruh *cluster* dan gabungkan setiap pasang *cluster* yang memiliki kemiripan paling tinggi.
- Ulangi perhitungan tingkat kemiripan diantara *cluster* yang baru dengan *cluster* yang lainnya.

Terdapat dua metode yang sering diterapkan yaitu *agglomerative hierarchical clustering* dan *divisive hierarchical clustering*. *Agglomerative* melakukan proses dimulai dari titik-titik objek sebagai individual *cluster* kemudian menggabungkan pasangan *cluster* terdekat hingga hanya terdapat satu *cluster* yang tersisa,

sedangkan *divisive* melakukan proses dimulai dengan satu dimana semuanya bersifat *inclusive cluster* kemudian memisahkan sebuah *cluster* hingga setiap *cluster* terdiri dari sebuah titik.

II. ALGORITMA *HIERARCHICAL CLUSTERING*

Algoritma *hierarchical clustering* yang sering digunakan untuk menghitung tingkat kemiripan diantaranya adalah menggunakan metode *Single Linkage*, *Complete Linkage*, dan *Average Linkage*.

A. *Single Linkage*

Single Linkage disebut juga dengan *minimum link*, dimana similiaritas dari dua *cluster* didasarkan terhadap dua titik dari dua *cluster* yang berbeda. Kelebihannya dapat menangani bentuk sekelompok *cluster* yang tidak elips, sedangkan kekurangannya adalah sensitif terhadap *noise* ataupun *outliers* [5].

Adapun algoritma pada *Single Linkage clustering* adalah sebagai berikut:

- Mulai dengan N *cluster*, setiap *cluster* mengandung entiti tunggal dan sebuah matriks simetrik dari jarak (similarities).
- Cari matriks jarak untuk pasangan *cluster* yang terdekat (paling mirip). Misalkan jarak antara *cluster* X dan Y yang paling mirip.
- Gabungkan *cluster* X dan Y. Label *cluster* yang baru dibentuk dengan (XY). Update entries pada matrik jarak dengan cara :
 - Hapus baris dan kolom yang bersesuaian dengan *cluster* X dan Y.
 - Tambahkan baris dan kolom yang memberikan jarak-jarak antara *cluster* (XY) dan beberapa *cluster* yang tersisa.
- Ulangi langkah 2 dan 3 sebanyak (N-1) kali hingga semua objek akan berada dalam *cluster* tunggal.

B. *Complete Linkage*

Complete Linkage disebut dengan *maksimum link*, dimana jarak antar dua buah *cluster* dihitung dari jarak terjauh antara anggota *cluster* yang satu dengan *cluster* yang kedua. Kelebihannya terletak pada sedikit pengaruh terhadap *noise* dan *outliers*, sedangkan kekurangannya adalah cenderung memecah *cluster* dengan ukuran yang besar dan lebih mengarah pada sekumpulan *cluster* berbentuk bulat.

Adapun perhitungan pada *Complete Linkage clustering* adalah sebagai berikut:

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

C. *Average Linkage*

Average Linkage disebut sebagai *group average*, dimana jarak antara dua buah *cluster* dihitung dari rata-rata jarak antara anggota *cluster* satu dengan *cluster* yang kedua. Kelebihannya adalah sedikit dipengaruhi *noise* dan *outliers*, sedangkan kekurangannya adalah cenderung mengarah pada sekumpulan *cluster* berbentuk bulat.

Adapun perhitungan pada *Complete Linkage*

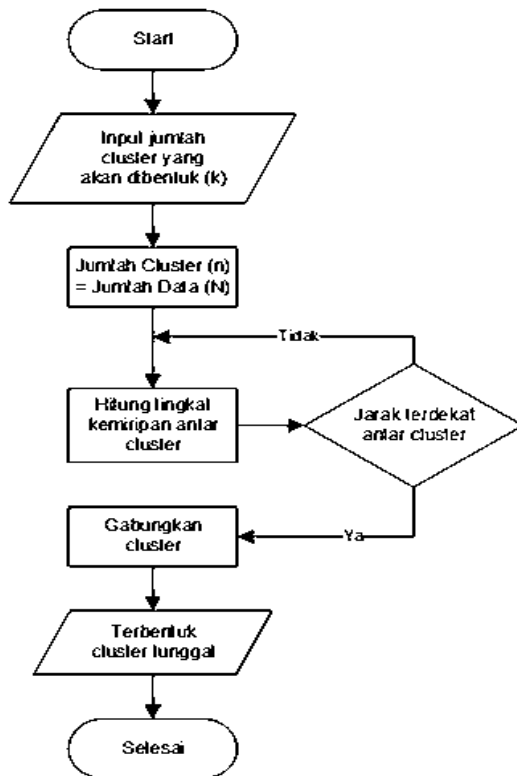
clustering adalah sebagai berikut:

$$D_{(UV)W} = \frac{\sum_i \sum_k d_{ik}}{N_{uv} N_w} \quad (3)$$

Proses yang dilakukan dalam mengolah Algoritma *Hierarchical Clustering* adalah dengan menentukan jarak di setiap titik pada setiap desa per kecamatan yang dilewati DAS Brantas untuk menentukan tingkat kemiripan nilai pH tanah yang diukur menggunakan pH meter. Pengukuran pH tanah dilakukan dengan jarak maksimal 20 meter dari tepi sungai ke daratan, kemudian menentukan jumlah cluster di setiap desa per kecamatan yang dilewati DAS Brantas.

Untuk melakukan pengujian pada penentuan tingkat kemiripan nilai pH yakni dengan membandingkan beberapa metode dalam Algoritma *Hierarchical Clustering*, diantaranya metode *Single Linkage*, *Complete Linkage*, dan *Average Linkage*.

Pada gambar 4 ditunjukkan *flowchart* pada metode *Single Linkage*:



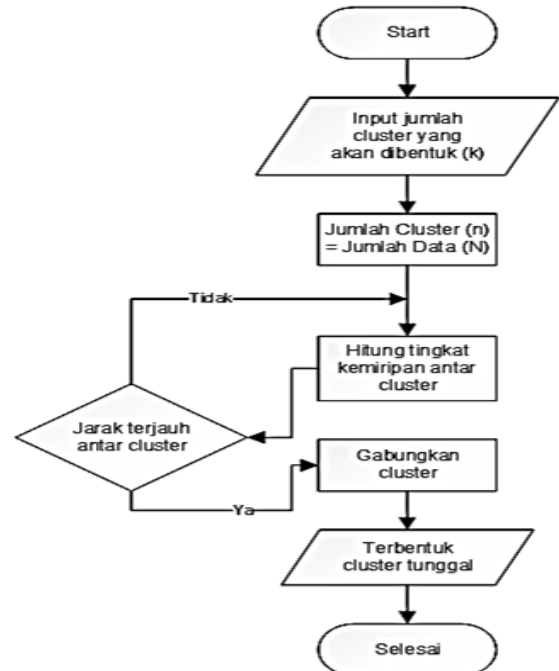
Gambar 4. *Flowchart* Metode *Single Linkage*

Implementasi *Single Linkage* dilakukan dengan menghitung tingkat kemiripan antar *cluster* untuk jarak terdekat pada setiap *cluster*. Dari hasil penentuan tingkat kemiripan antar *cluster* tersebut dilakukan penggabungan antar *cluster* hingga terbentuk sebuah *cluster* tunggal.

Implementasi *Complete Linkage* dilakukan dengan menghitung tingkat kemiripan antar *cluster* untuk jarak terjauh pada setiap *cluster*. Dari hasil penentuan tingkat kemiripan antar *cluster* tersebut dilakukan penggabungan antar *cluster* hingga terbentuk sebuah *cluster* tunggal.

Pada gambar 5 ditunjukkan *flowchart* pada metode *Complete Linkage*.

Pada gambar 6 ditunjukkan *flowchart* pada metode *Average Linkage*:



Gambar 5. *Flowchart* Metode *Complete Linkage*



Gambar 6. *Flowchart* Metode *Average Linkage*

Implementasi *Average Linkage* yang dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata antar *cluster* untuk menentukan tingkat kemiripan antar *cluster*. Dari hasil penentuan tingkat kemiripan antar *cluster* tersebut dilakukan langkah yang sama seperti pada metode *Single Linkage* dan *Average Linkage* yakni dengan menggabungkan antar *cluster* hingga terbentuk sebuah *cluster* tunggal.

Beberapa metode pada Algoritma *Hierarchical Clustering* diantaranya metode *Single Linkage*, *Complete Linkage*, dan *Average Linkage* akan menghasilkan total jarak penggabungan *cluster* hingga terbentuk *cluster* tunggal. Hasil total jarak digunakan

untuk menentukan waktu penggabungan pada beberapa metode diatas. Sehingga diperoleh hasil yang lebih baik dengan waktu pengambilan keputusan untuk menganalisis pH pada tanah.

D. Matriks Pengisian Nilai pH

Pada matriks pengisian nilai pH dilakukan dengan menentukan hasil pengukuran pada jarak setiap 4 meter menjadi nilai pH yang akan diolah. Pengisian nilai pH dilakukan sejauh 20 meter dari tepi sungai dan titik acuan searah aliran sungai seperti pada tabel 1 berikut:

TABEL I
MARIKS PENGISIAN NILAI PH

Jarak I →	4m	8m	12m	16m	20m
Jarak II ↓					
4m	pH11	pH12	pH13	pH14	pH15
8m	pH21	pH22	pH23	pH24	pH25
12m	pH31	pH32	pH33	pH34	pH35
16m	pH41	pH42	pH43	pH44	pH45
20m	pH51	pH52	pH53	pH54	pH55

Jarak I pada Tabel I menunjukkan jarak titik acuan searah aliran sungai, sedangkan jarak II menunjukkan jarak dari tepi sungai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Awal

Dalam melakukan klasifikasi pH tanah menggunakan algoritma *Hierarchical Clustering* dilakukan dengan memetakan nilai dari skala pH di setiap titik sepanjang 20 meter dari bibir sungai. Untuk mendapatkan nilai kemiripan/ keserupaan antar skala pH, maka dilakukan dengan membandingkan antar nilai skala pH. Pada titik dihitung setiap 4 meter untuk dibandingkan dengan titik yang lainnya. Langkah awal untuk mengukur jarak kemiripan antara cluster dengan memetakan nilai pH tanah yang diukur menurut tabel I seperti pada tabel II berikut:

TABEL II
PEMETAAN PH TANAH TAHAP AWAL

Jarak I →	4m	8m	12m	16m	20m
Jarak II ↓					
4m	5,24	5,82	5,55	4,9	4,8
8m	5,1	5,86	5,13	4,7	5,05
12m	4,95	5,6	5,4	5	5,2
16m	4,5	5,5	5,16	4,55	5,45
20m	4,2	5,7	5,9	4,75	5,88

Pada Tabel II ditunjukkan hasil pengukuran pH tanah pada lokasi penelitian pada setiap 20 meter pada jarak I dan sejauh 20 meter pada jarak II.

Langkah selanjutnya dengan membandingkan setiap titik *cluster* pH tanah untuk mendapatkan nilai kemiripan antar *cluster* pH tanah.

Tabel III menunjukkan hasil penentuan tingkat kemiripan untuk jarak dari tepi sungai berdasarkan jarak titik acuan searah aliran sungai.

Tabel IV menunjukkan hasil penentuan tingkat kemiripan pH tanah jarak titik acuan searah aliran sungai berdasarkan jarak dari tepi sungai.

Pada tabel III dan IV dilakukan menggunakan metode

Single Linkage (cetak tebal), apabila ditemukan titik antar *cluster* yang memiliki tingkat kemiripan (similiaritas) paling besar, maka titik-titik tersebut yang pertama kali digabungkan sebagai sebuah cluster. Untuk menentukan nilai kemiripan pada titik pH dapat diselesaikan dengan selisih tingkat kemiripan paling kecil sebagai berikut:

- *Cluster* ph14,15 & ph11
= min((ph11,ph14);(ph11,ph15))
= min(0,935 ; 0,916)
= 0,935
- *Cluster* ph14,15 & ph12
= min((ph12,ph14);(ph12,ph15))
= min(0,842 ; 0,825)
= 0,825

TABEL III
HASIL PENENTUAN TINGKAT KEMIRIPAN PH TANAH UNTUK JARAK DARI TEPI SUNGAI BERDASARKAN JARAK TITIK ACUAN SEARAH ALIRAN SUNGAI

Indeks pH	pH13	pH14	pH15	pH21	pH22	pH23
pH11	0,944	0,935	0,916	0,973	0,894	0,979
pH12	0,953	0,842	0,825	0,876	0,993	0,881
pH13	1	0,883	<u>0,865</u>	<u>0,919</u>	0,894	0,979
pH14	0,883	1	<u>0,979</u>	<u>0,961</u>	0,836	0,955
pH15	0,865	0,979	1	0,941	0,819	0,936

Langkah selanjutnya dengan membandingkan antar titik ph yang masih tersisa hingga membentuk dua kelompok *cluster*.

TABEL IV
HASIL PENENTUAN TINGKAT KEMIRIPAN PH TANAH JARAK TITIK ACUAN SEARAH ALIRAN SUNGAI BERDASARKAN JARAK DARI TEPI SUNGAI

Indeks pH	pH11	pH12	pH13	pH14	pH15	pH21
pH14	0,935	0,841	0,883	1	0,979	0,961
pH15	0,916	0,825	0,865	0,979	1	0,941
pH21	0,973	0,876	<u>0,919</u>	<u>0,961</u>	0,941	1
pH22	0,894	0,993	<u>0,894</u>	<u>0,836</u>	0,819	0,871
pH23	0,979	0,881	0,979	0,955	0,936	0,994

Pada tabel III dan IV diatas menggunakan *Complete Linkage* (cetak miring) dilakukan dengan cara membandingkan jarak terjauh antara dua buah *cluster* untuk dilakukan penggabungan pertama kali. Untuk menentukan nilai kemiripan pada titik pH dapat diselesaikan dengan selisih tingkat kemiripan paling besar sebagai berikut:

- *Cluster* ph22,23 & ph11
= max((ph11,ph22); (ph11,ph23))
= max(0,919 ; 0,888)
= 0,888
- *Cluster* ph22,23 & ph12
= max((ph12,ph22); (ph12,ph23))
= max(0,979 ; 0,986)
= 0,979

Langkah selanjutnya dengan membandingkan antar titik ph yang masih tersisa hingga membentuk dua kelompok *cluster*.

Pada tabel III dan IV diatas menggunakan *Average Linkage* (garis bawah) dilakukan dengan menghitung jarak rata-rata antara dua buah *cluster* yang selanjutnya

ditentukan *cluster* yang memiliki tingkat kemiripan paling besar untuk digabungkan pertama kali.

Untuk menentukan nilai kemiripan pada titik pH dapat diselesaikan dengan selisih tingkat kemiripan paling besar setelah dihitung nilai rata-rata jarak antar *cluster* sebagai berikut:

- *Cluster* ph15,21 & ph13
 $= \min(\text{mean}((\text{ph13}, \text{ph15}); (\text{ph13}, \text{ph21})))$
 $= \min((0,865 + 0,919)/2)$
 $= 0,892$
- *Cluster* ph15,21 & ph14
 $= \min(\text{mean}((\text{ph14}, \text{ph15}); (\text{ph14}, \text{ph21})))$
 $= \min((0,979 + 0,961)/2)$
 $= 0,970$

Langkah selanjutnya dengan membandingkan antar titik pH yang masih tersisa hingga membentuk dua kelompok *cluster*.

B. Tahap Pengujian

Pengujian dilakukan dengan membandingkan efisiensi jarak antar cluster pada 25 titik cluster hingga terbentuk dua buah cluster akhir menggunakan algoritma *Hierarchical Clustering* untuk metode *Single Linkage* dengan metode *Complete Linkage* dan metode *Average Linkage*.

Pada pengujian pertama menggunakan metode *Single Linkage* diperoleh hasil seperti tabel V.

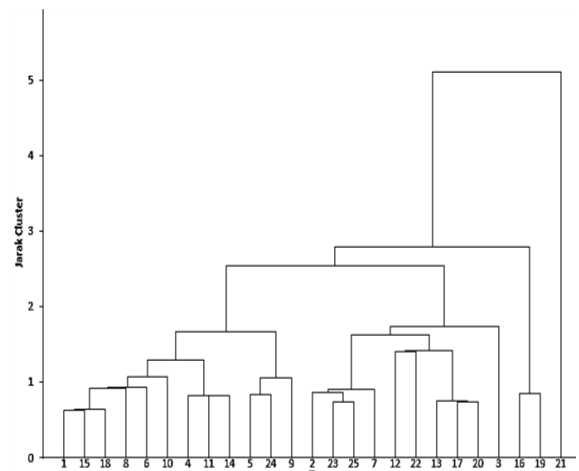
TABEL V
HASIL PENGUJUAN MENGGUNAKAN METODE *SINGLE LINK*

Iterasi	Cluster 1	Cluster 2	Jarak Cluster
1	1	15	0,632424
2	1	18	0,638251
3	17	20	0,74018
4	23	25	0,741946
5	13	17	0,750541
6	11	14	0,82465
7	4	11	0,829119
8	5	24	0,839496
9	16	19	0,848707
10	2	23	0,872815
11	2	7	0,90379
12	1	8	0,92507
13	1	6	0,936852
14	5	9	1,061406
15	1	10	1,078213
16	1	4	1,294681
17	12	22	1,405655
18	12	13	1,419683
19	2	12	1,630481
20	1	5	1,669133
21	2	3	1,741692
22	1	2	2,537433
23	1	16	2,791164
24	1	21	5,10593

Dari hasil pengujian pada Tabel V, maka dapat dibuat grafik dendrogram seperti pada gambar 7.

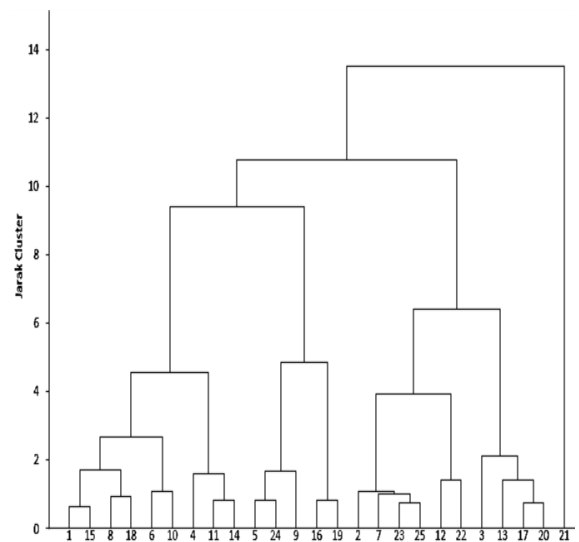
Pada pengujian kedua menggunakan metode *Complete Linkage* didapatkan hasil sejumlah iterasi

yang sama dengan metode *Single Linkage* yakni sebanyak 24 iterasi, tetapi untuk jarak total penggabungan antar *cluster* diperoleh hasil sebesar 13,506813.

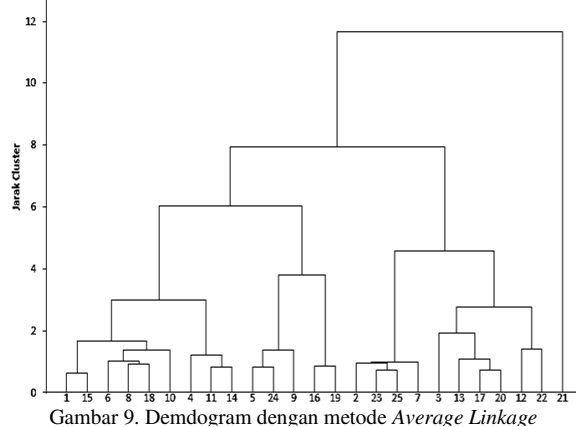


Gambar 7. Dendrogram dengan metode *Single Linkage*

Dari hasil pengujian menggunakan metode *Complete Linkage*, maka dapat digambarkan grafik dendrogram seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Dendrogram dengan metode *Complete Linkage*



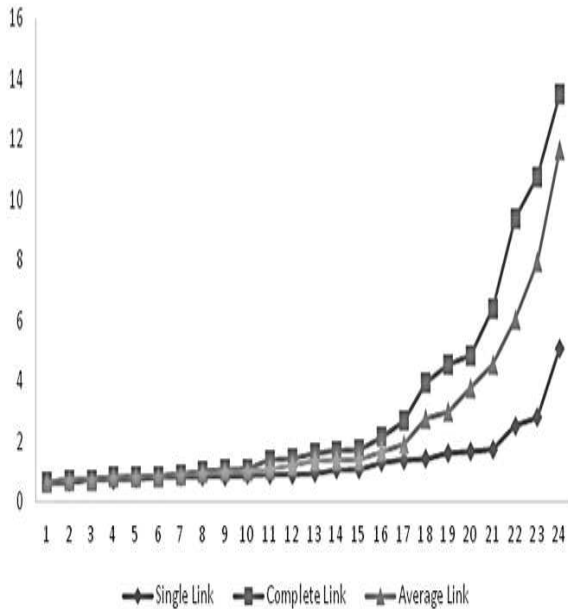
Gambar 9. Dendrogram dengan metode *Average Linkage*

Pada pengujian ketiga menggunakan menggunakan metode *Average Linkage* didapatkan hasil sejumlah iterasi yang sama dengan metode *Single Linkage* maupun metode *Complete Linkage* yakni sebanyak 24 iterasi, tetapi untuk jarak total penggabungan antar

cluster diperoleh hasil sebesar 11,663673.

Dari hasil pengujian menggunakan metode *Average Linkage*, maka dapat dibuat grafik dendrogram seperti pada gambar 9.

Dari hasil perbandingan ketiga metode diatas, maka dapat digambarkan grafik perbandingan seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan metode

Gambar 10 menunjukkan pada metode *Single Linkage* dihasilkan efisiensi waktu yang lebih minimum dibandingkan dengan metode *Average Linkage* dan *Complete Linkage*.

IV. KESIMPULAN

Dari proses analisis klasifikasi pH tanah menggunakan 3 metode pada Algoritma *Hierarchical Clustering* diatas menunjukkan bahwa untuk memperoleh hasil penentuan nilai pH dengan jarak terpendek yakni dengan menggunakan metode *Single Linkage* dengan jarak cluster akhir sebesar 5,10593 pada titik cluster ph1 dan ph21, jika dibandingkan metode *Complete Linkage* dan *Average Linkage* yang menghasilkan jarak pada cluster akhir yang lebih panjang. Penggabungan antar cluster menggunakan metode *Single Linkage* menghasilkan total waktu yang minimum dibandingkan metode *Complete Linkage* dan *Average Linkage*. Sehingga diperoleh hasil yang lebih baik dengan waktu pengambilan keputusan untuk menganalisis pH pada kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmala, T; A. Rodjak, S. Natasasmita, E.H. Salim, T.P. Sendjaja, S. Hasani, A.D. Suyono, T.Suganda, T. Simarmata, Y.Yuwariyah, dan S.N. Wiyono. 2012. Pengantar Ilmu Pertanian. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta. h.1-2.
- [2] Badan Pusat Statistik Kabupaten Blitar, 2012. Kabupaten Blitar Dalam Angka 2012. Badan Pusat Statistik Kabupaten Blitar. p.351-352.
- [3] Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. Mediyatama Sarana Perkasa. Cetakan Pertama. Jakarta. h.123-127, h.167-171.
- [4] Takumi, S. and S. Miyamoto. 2012. Top-down vs Bottom-up methods of Linkage for Asymmetric Agglomerative Hierarchical Clustering, Abstracts IEEE International Conference on Granular Computing. (12): 459-464.
- [5] Hermawati, F.A. 2013. Data Mining. Edisi Kesatu. Andi. Yogyakarta. h.123-151.
- [6] Adisoemartono, S. 1994. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta. h. 174-178.