

Aplikasi Graf pada Deteksi Dini Alzheimer Menggunakan Retinal Imaging

Sekar Larasati Muslimah 13517114
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13517114@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Kerusakan otak akibat penyakit alzheimer terjadi sebelum gejala penyakit alzheimer dapat dideteksi melalui diagnosis medis. Banyak terapi yang telah diterapkan untuk melakukan deteksi dini alzheimer, tetapi gagal akibat kurangnya indikator atau biomarker alzheimer yang dapat dideteksi sebelum penyakit alzheimer menunjukkan gejala serius.

Baru-baru ini diperkenalkan metode retinal imaging untuk diagnosis berbagai penyakit. Melalui retinal imaging dapat diidentifikasi perubahan biokimia yang terjadi pada retina penderita alzheimer pada tahap awal.

Pada makalah ini akan dibahas aplikasi graf pada deteksi dini alzheimer menggunakan retinal imaging.

Keywords—graf, retinal imaging, alzheimer, deteksi penyakit.

I. PENDAHULUAN

Alzheimer adalah penyakit degeneratif progresif yang umumnya menyerang orang tua. Alzheimer dikaitkan dengan perkembangan plak-plak amiloid pada otak. alzheimer selalu dikaitkan dengan usia manusia, semakin tua usia, maka semakin berpotensi untuk menderita alzheimer. Namun tidak menutup kemungkinan alzheimer dapat menyerang pada usia muda.

Alzheimer merupakan penyakit demensia yang menimbulkan penurunan kemampuan dalam mengingat, berpikir, dan berperilaku. Penderita alzheimer sering disebut kehilangan kemampuan untuk memperhatikan diri sendiri.

Gejala yang dialami penderita adalah sulit mengingat informasi yang baru diterima atau dipelajari oleh otak. Penderita mengalami kebingungan mengenai kegiatan, waktu, dan tempat. Penderita juga mengalami disorientasi serta gangguan dalam berbicara. Akibatnya penderita sering melakukan hal yang sama secara berulang-ulang dalam rentang waktu yang berdekatan serta menanyakan hal yang sama secara berulang-ulang. Hingga saat ini belum diketahui penyebab pasti dari penyakit alzheimer.

Gejala-gejala penyakit alzheimer muncul setelah kondisi penderita cukup buruk atau penderita telah mengalami kerusakan otak yang cukup serius. Beberapa pendekatan medis telah dilakukan untuk mendeteksi gejala alzheimer sejak dini.

Tetapi usaha ini gagal karena kurangnya indikator atau biomarker yang dapat dideteksi sejak dini secara medis.

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh profesor dari Universitas Minnesota, Robert Vince dan Swati More mengenai ACS Chemical Neuroscience diketahui bahwa perubahan dini biokimia penderita alzheimer dapat dideteksi melalui retinal imaging.

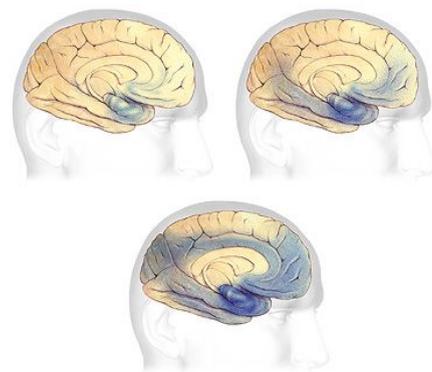
Tim riset menggunakan teknologi pencitraan hiperspektral retina untuk mendeteksi perubahan biokimia yang terjadi pada tahap awal penyakit alzheimer. Secara khusus, teknik ini mencirikan perubahan pencahayaan di retina pasien penyakit Alzheimer bila dibandingkan dengan manusia yang sehat.

Banyak cara yang dilakukan untuk memvisualisasikan data. Salah satu cara untuk memvisualisasikan data adalah dengan menggunakan graf. Graf banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi dari graf banyak ditemukan dalam berbagai bidang.

II. DASAR TEORI

A. Alzheimer

Alzheimer adalah penyakit degeneratif progresif yang umumnya menyerang orang tua. Alzheimer dikaitkan dengan perkembangan plak-plak amiloid pada otak. alzheimer selalu dikaitkan dengan usia manusia, semakin tua usia, maka semakin berpotensi untuk menderita alzheimer. Namun tidak menutup kemungkinan alzheimer dapat menyerang pada usia muda.



Alzheimer adalah penyebab umum dari demensia. Demensia adalah istilah umum untuk kehilangan ingatan dan kemampuan kognitif lainnya yang cukup serius sehingga mengganggu kehidupan sehari-hari. Penyakit Alzheimer penyebab demensia yang menyumbang 60 persen hingga 80 persen dari keseluruhan kasus demensia.

Demensia adalah istilah umum untuk penyakit atau kondisi yang ditandai dengan penurunan daya ingat, kemampuan bahasa, pemecahan masalah, dan keterampilan berpikir lainnya.

Alzheimer sering dikaitkan dengan usia. Semakin tua seseorang, semakin berpotensi menderita alzheimer. Tetapi alzheimer bukanlah penyakit usia tua. Manusia dengan usia muda pun dapat menderita penyakit ini.

Alzheimer akan memburuk dari waktu ke waktu. Pada tahap awal penderita akan mengalami penurunan kemampuan untuk mengingat. Pada tahap akhir penderita akan mengalami kehilangan kemampuan untuk melakukan percakapan dan menanggapi lingkungan sekitar.

Hingga saat ini belum ditemukan obat untuk penyakit alzheimer. Yang dapat dilakukan adalah melakukan treatment untuk memperlambat memburuknya keadaan penderita.

Alzheimer dan Perubahan pada Otak

Perubahan mikroskopis pada otak penderita alzheimer terjadi jauh sebelum tanda-tanda pertama menurunnya kemampuan mengingat.

Otak memiliki 100 miliar sel saraf (neuron). Setiap sel saraf terhubung dengan banyak sel lain untuk membentuk jaringan komunikasi. Kelompok sel saraf memiliki pekerjaan khusus. Beberapa terlibat dalam berpikir, belajar, dan mengingat. Dan sel saraf lainnya membantu kita dalam melihat, mendengar, dan mencium.

Menurut para ilmuwan, penyakit alzheimer mencegah sel-sel untuk bekerja dengan baik. Kerusakan pada suatu sel menyebabkan kerusakan pada sel-sel lain yang saling terhubung. Kerusakan sel membuat sel lama-kelamaan akan mati dan tidak dapat diperbaiki sehingga menyebabkan kerusakan pada otak.

B. Retinal Imaging

Retinal imaging telah menjadi metode perawatan klinis dan manajemen kesehatan pasien. Retinal imaging adalah teknik yang melakukan fotografi fundus. Fotografi fundus banyak digunakan untuk deteksi retinopati diabetik, glaukoma, dan degenerasi makula terkait usia dengan berbasis populasi

sampel.

Optical coherence tomography (OCT) dan fluorescein angiography banyak digunakan dalam diagnosis pasien. OCT juga banyak digunakan dalam persiapan dan penanganan lanjut pada bedah vitreo-retina.

Proses diagnosis kesehatan menggunakan retinal imaging dilakukan mengambil sample foto retina pasien dengan sebuah alat. Kemudian foto retina tersebut akan diolah dan menghasilkan fundus imaging berupa representasi 2D dari jaringan pada retina dengan menggunakan teknologi refleksi cahaya.

C. Graf

1. Definisi Graf

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antar objek-objek tersebut. Hubungan antar objek ditunjukkan melalui sisi pada graf.

Graf didefinisikan sebagai :

$$G = (V, E)$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$$

Dari definisi di atas, V adalah himpunan simpul-simpul pada graf g yang tidak kosong dan E adalah himpunan sisi-sisi yang menghubungkan simpul-simpul pada graf G .

Simpul pada graf dinamai dengan huruf (a, b, c, \dots) atau angka ($1, 2, 3, \dots$). Sisi e yang menghubungkan simpul u dan b dinotasikan dengan :

$$e(u, v)$$

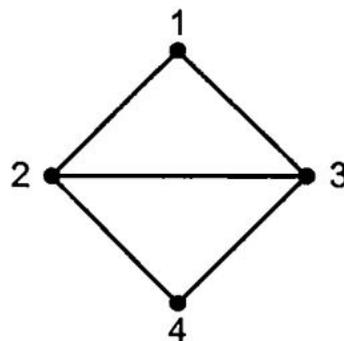
2. Jenis-jenis Graf

Graf dapat dikategorikan berdasarkan ada-tidaknya gelang atau sisi ganda dan orientasi arah.

Berikut adalah jenis-jenis graf berdasarkan ada-tidaknya gelang atau sisi ganda :

a. Graf Sederhana

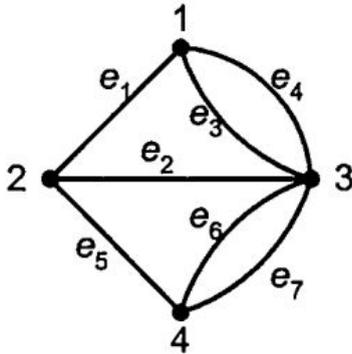
Graf sederhana merupakan graf yang tidak memiliki gelang maupun sisi ganda. Berikut adalah contoh graf sederhana.



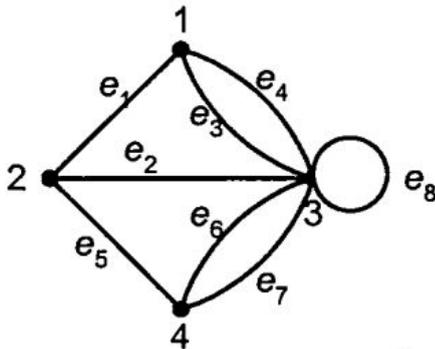
Sisi pada graf sederhana adalah pasangan tak terurut, sehingga menuliskan (u, v) memiliki arti yang sama dengan (v, u) .

b. Graf Tidak Sederhana

Graf tidak sederhana adalah graf yang mengandung gelang atau sisi ganda. Graf tidak sederhana dibagi menjadi dua macam, yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang memiliki sisi ganda. Sisi ganda dapat diasosiasikan sebagai pasangan tak-terurut yang sama. Berikut adalah contoh graf ganda.



Graf semu adalah graf yang mengandung gelang (dan sisi ganda sekalipun). Berikut adalah contoh graf semu.



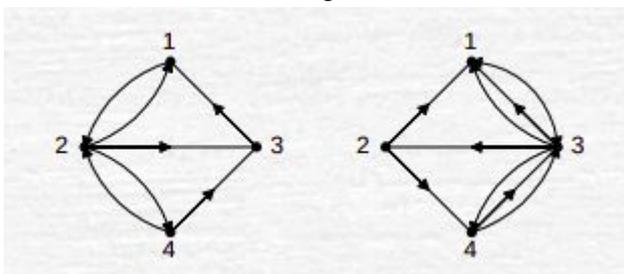
Berikut adalah jenis-jenis graf berdasarkan orientasi arah pada sisi :

a. Graf tak-berarah

Graf tak-berarah memiliki sisi-sisi yang tidak mempunyai orientasi arah.

b. Graf berarah

Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya memiliki orientasi arah. Berikut adalah graf berarah.



Jenis Graf	Sisi ganda	Gelang	Berarah
------------	------------	--------	---------

Sederhana	X	X	X
Ganda	V	X	X
Semu	V	V	X
Berarah	X	V	V
Ganda berarah	V	V	V

3. Terminologi Graf

a. Ketetanggaan

Dua buah simpul bertetangga jika keduanya terhubung secara langsung oleh sebuah sisi.

b. Bersisian

Untuk sembarang $e(u, v)$ berarti : sisi e bersisian dengan simpul u dan v .

c. Simpul Terpencil

Simpul terpencil adalah simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.

d. Graf Kosong

Graf kosong adalah graf yang hanya terdiri dari himpunan simpul. Graf ini memiliki himpunan sisi yang kosong atau tidak memiliki sisi.

e. Derajat

Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

Lemma Jabat Tangan

Jumlah semua derajat simpul-simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali jumlah sisi-sisi graf. Atau dapat dikatakan jumlah simpul berderajat ganjil pada suatu graf adalah genap.

f. Lintasan

Panjang lintasan adalah panjang atau jumlah sisi dari simpul awal v_0 hingga simpul akhir v . Lintasan direpresentasikan dengan himpunan selang-seling antara simpul dan sisi.

$$v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_{n-1}, v_n$$

dengan $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_{n-1} = (v_{n-1}, v_n)$.

g. Siklus

Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

h. Terhubung

Simpul u dan v dikatakan terhubung jika terdapat sisi

yang menghubungkan keduanya.

G adalah graf terhubung (connected graph) jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan simpul V terdapat lintasan dari v_i dan v_j . Jika tidak demikian maka graf G adalah graf tak terhubung.

Graf berarah G adalah graf terhubung jika graf tidak berarahnya terhubung (graf tidak berarah dari graf G diperoleh dengan menghilangkan arahnya).

Dua simpul, u dan v , pada graf berarah G disebut terhubung kuat, jika terdapat lintasan berarah dari u ke v dan sebaliknya.

Jika simpul u dan v pada graf berarah tidak terhubung kuat, maka simpul-simpul tersebut terhubung lemah.

Graf berarah G adalah graf terhubung kuat (strongly connected graph) jika untuk setiap pasang simpul sembarang u dan v di G, terhubung kuat. Jika tidak, maka G adalah graf terhubung lemah.

i. Upagraf

Misalkan sebuah graf direpresentasikan dengan : $G = (V, E)$. Graf $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$.

Komplemen dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ dengan $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.

Komponen graf merupakan jumlah maksimum upagraf terhubung dalam graf G.

Pada graf berarah, komponen terhubung kuat adalah jumlah maksimum upagraf yang terhubung kuat.

j. Upagraf Rentang

Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dikatakan upagraf merentang dari graf $G = (V, E)$ jika $V_1 = V$ atau G_1 mengandung semua simpul dari G.

k. Cut-set

Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang jika dibuang dari graf G menyebabkan graf G tidak terhubung lagi. Cut-set selalu menghasilkan dua buah komponen.

l. Graf Berbobot

Graf berbobot adalah graf yang sisi-sisinya diberi sebuah harga atau bobot.

4. Graf Khusus

a. Graf Lengkap

Graf lengkap merupakan graf sederhana yang setiap simpulnya memiliki sisi yang menghubungkan ke semua simpul lainnya. Graf lengkap dengan n buah simpul dilambangkan dengan K_n . Jumlah sisi pada graf lengkap yang terdiri dari n buah simpul adalah $n(n-1)/2$.

b. Graf Lingkaran

Graf lingkaran merupakan graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua. Graf lingkaran dengan n simpul dilambangkan dengan C_n .

c. Graf Teratur

Graf teratur adalah graf yang setiap simpulnya memiliki derajat yang sama. Jika derajat setiap simpulnya adalah r , maka graf tersebut adalah graf teratur berderajat r . Jumlah sisi pada graf teratur adalah $nr/2$.

d. Graf Bipartite

Misal graf G adalah graf bipartite, maka himpunan simpulnya dapat dipisahkan menjadi dua himpunan bagian V_1 dan V_2 , sedemikian rupa sehingga setiap sisi pada G menghubungkan sebuah simpul pada V_1 ke sebuah simpul di V_2 disebut graf bipartit. Graf bipartite ini dinyatakan sebagai $G(V_1, V_2)$.

5. Nearest Neighbor Graph

Nearest Neighbor Graph atau *K-Nearest Neighbor Graph* merupakan graf yang memiliki simpul u dan v terhubung oleh suatu sisi jika jarak Euclidean antara kedua simpul tersebut termasuk jarak terpendek ke- k dari u pada himpunan sisi E .

Jarak *Euclidean* adalah jarak antara dua buah titik pada ruang *Euclidean*.

$$d(u, v) = \sqrt{(v_1 - u_1)^2 + (v_2 - u_2)^2}$$

K-Nearest Neighbor Graph adalah salah satu algoritma yang umum digunakan untuk melakukan klasifikasi pada bidang *Machine Learning*.

Berikut adalah pseudocode algoritma *K-Nearest Neighbor Graph*.

k-Nearest Neighbor

Classify (X, Y, x) // X: training data, Y: class labels of X, x: unknown sample

for $i = 1$ to m do

 Compute distance $d(X_i, x)$

end for

Compute set I containing indices for the k smallest distances $d(X_i, x)$.

return majority label for $\{Y_i \text{ where } i \in I\}$

III. PENERAPAN GRAF PADA DETEKSI DINI ALZHEIMER MENGGUNAKAN RETINAL IMAGING

A. Nearest Neighbor Graph dan Retinal Imaging

Retina adalah salah satu jaringan pada tubuh manusia yang dapat digunakan untuk mengekstrak informasi pembuluh darah secara langsung dengan proses imaging. Informasi mengenai pembuluh darah inilah yang dijadikan sebagai indikator dalam deteksi dini alzheimer menggunakan retinal imaging. Pembuluh darah ini dapat digunakan untuk diagnosis berbagai penyakit seperti glaukoma, mulcular degeneration, diabatic

retinopati, dan lain-lain.

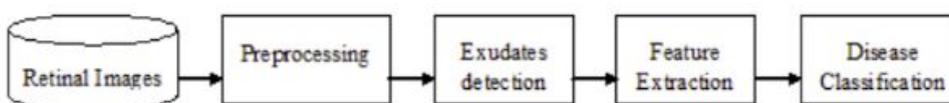
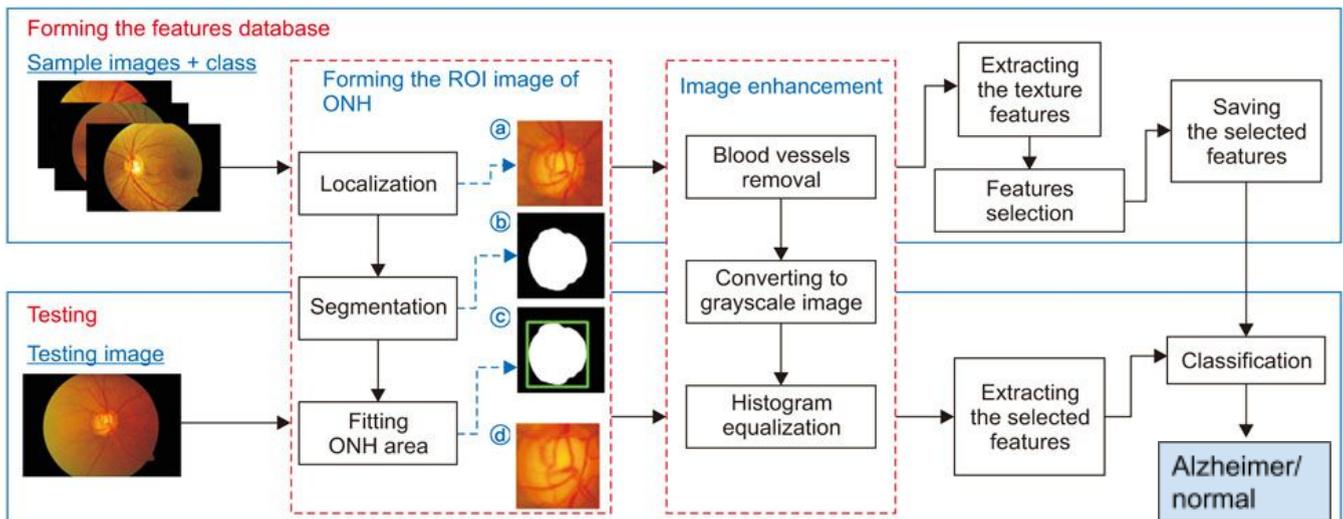
Hasil dari retinal imaging adalah pixel patch berupa vector yang mengandung informasi seperti width, height, dan edge dari jaringan retina. Vector tersebut akan diklasifikasikan dengan menggunakan *K-Nearest Neighbor Graph* untuk menentukan apakah pasien mengalami gejala dini alzheimer atau tidak.

Proses ekstraksi foto retina sehingga dapat diolah dengan menggunakan *K-Nearest Neighbor Graph* adalah dengan :

1. Multiscale Hessian-Based Enhancement
Metode ini digunakan untuk mempertajam tingkat kontras antar pembuluh di retina yang memiliki lebar pembuluh berbeda
2. Nonlocal Mean Filtering
Metode ini digunakan untuk menghilangkan noise dengan tetap mempertahankan struktur informasi. Hasil dari metode Multiscale Hessian-Based Enhancement masih mengandung struktur non-pembuluh.
3. Radial Gradient Symmetry Transform
Metode ini digunakan untuk menghilangkan struktur non-pembuluh.
4. Graph Cut-set
Metode ini digunakan untuk menghasilkan segmen pembuluh yang lebih akurat.

Setelah dilakukan ekstraksi akan dilakukan deteksi gejala dini terhadap foto retina dengan menggunakan *K-Nearest Neighbor Graph Classifier*.

Berikut adalah Flow Diagram proses Deteksi Dini Alzheimer dengan Retinal Imaging.



V. KESIMPULAN

Graf dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang untuk menunjang aktivitas dan kebutuhan sehari-hari. Salah satu bentuk penerapan graf dalam bidang kesehatan adalah untuk melakukan deteksi dini penyakit alzheimer menggunakan retinal imaging untuk mendeteksi gejala perubahan biokimia pada otak penderita alzheimer sejak dini. Dalam hal ini pendeteksian penyakit alzheimer menggunakan *nearest neighbor graph* untuk mencocokkan retinal image dengan penyakit alzheimer dan *retinal image* dari seseorang yang dilakukan pendeteksian alzheimer padanya.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat pertolongan, rahmat, dan limpahan ilmu-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas makalah Matematika Diskrit ini dengan lancar dan tepat waktu.

Dengan segala kerendahan hati, penulis sangat berterima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., Ibu Dra. Harlili M.Sc, dan Ibu Fariska Zakhralativa sebagai dosen Mata Kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang senantiasa memberikan pengajaran dan bimbingannya.

Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik moral maupun riil serta teman - teman yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas makalah Matematika Diskrit ini.

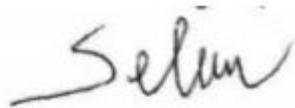
REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit. Edisi Revisi Keenam. Bandung: Informatika Bandung.
- [2] <https://www.alz.org/alzheimers-dementia/what-is-alzheimers> (diakses pada 4 Desember 2019)
- [3] Detection and classification of exudates in retinal image using image processing techniques by Bethanney Janney.J*, Sindu Divakaran, Sheeba Abraham, Meera.G and UmaShankar.G
- [4] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5820087/> (diakses pada 5 Desember 2019)
- [5] <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2013/927285/> (diakses pada 5 Desember 2019)
- [6] <https://www.healthuropa.eu/retinal-imaging-technology-alzheimer-disease/94831/> (diakses pada 4 Desember 2019)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 5 Desember 2017



Sekar Larasati Muslimah - 13517114