

Pendekatan Non-invasif Untuk Memantau Kadar Glukosa Darah Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM). Pada Citra Digital

Usman Umar¹, Syahrir², Risnawaty Alyah³

¹ Teknologi Elektro medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar,

^{2,3} Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang,

¹usmanmr4@gmail.com, ²syahrir@poliupg.ac.id, ³risna.al yah@gmail.com

Abstrak

Peningkatan konsentrasi glukosa dalam darah (hiperglikemia), menyebabkan penumpukan glukosa dalam darah karena tidak diserap oleh sel-sel tubuh dengan baik sehingga dapat menimbulkan berbagai gangguan pada organ tubuh. Untuk menghindari masalah, perlu untuk memeriksa kadar gula darah secara teratur. Pemantauan kadar gula darah saat ini masih menggunakan teknik invasif yang bersifat nyeri, diperlukan pemantauan non invasif. Penelitian ini menyajikan pendekatan teknik non-invasif untuk mengidentifikasi dan mendeteksi glukosa darah melalui pengolahan citra kulit tangan. Metode pengembangan ini adalah dengan mengambil gambar tangan dengan glukosa darah invasif dan 40 peserta berusia 20-60 tahun, analisis data dilakukan dengan preprocessing citra, menentukan nilai gray level co-occurrence matrix (GLCM), menggunakan metode regresi dan Jaringan syaraf tiruan (JST) dengan algoritma backpropagation untuk melakukan pelatihan dan pengujian data. Untuk menentukan model pemantauan glukosa darah. Validasi hasil identifikasi metode GLCM-Regresi menunjukkan error rata-rata 37,7% dan metode GLCM-JST prediksi kadar glukosa darah dengan error rata-rata 10%. Sehingga model PGD (non-invasive) dengan metode GLCM-JST ini layak untuk diterapkan

Keywords: Glukosa Darah, Invasive, Non-Invasive, GLCM, Regresi, JST

I. PENDAHULUAN

Glukosa darah ($C_6H_{12}O_6$) merupakan komponen yang sangat penting dalam jaringan tubuh manusia.[1]. Glukosa merupakan unsur karbohidrat yang menghasilkan sumber energi bagi seluruh jaringan sel tubuh, mempercepat metabolisme dan berfungsi sebagai bahan bakar utama otak, serta mengontrol suhu tubuh.[2]. Kondisi gula darah yang tidak terkontrol dapat menyebabkan penyakit pembuluh darah [3]. Kadar glukosa yang berlebihan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan diabetes, yang dapat diperumit oleh penyakit lain seperti kerusakan saraf, kehilangan penglihatan, kerusakan ginjal, gangguan ginjal, dan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular.[4]. Berdasarkan.reff [5] Investigasi diabetes mellitus (DM) yang saat ini mempengaruhi 1,2 juta orang Australia. Pada tahun 2015, DM merupakan penyebab kematian utama secara global dan menyumbang 5 juta kematian di dunia [6]. Populasi global individu dengan DM akan mencapai 642 juta orang. Menurut data International Diabetes Federation (IDF), pada tahun 2017 terdapat 451 juta penderita diabetes dan diprediksi akan meningkat sebesar 693 juta pada tahun 2045, dengan sekitar 5 juta orang meninggal karena diabetes.[6]. Peningkatan glukosa pasien dapat mempengaruhi perkembangan penyakit. Sehingga diperlukan pemantauan secara rutin.[7]. Pengukuran kadar glukosa saat ini masih menggunakan teknik invasif yaitu menggunakan sampel darah untuk strip ukur. Sampel darah diambil dengan cara menusuk ujung jari sehingga menimbulkan rasa sakit pada pasien. Beberapa alat ukur invasif yang ada dapat mengukur glukosa darah seperti Easy Touch GCU, Nesc Multi check, Auto check, dan Accu-Check. Penelitian yang telah

dikembangkan untuk meminimalkan kekurangan dari teknik invasif antara lain. Penelitian dilakukan oleh.[8] mengusulkan metode invasif untuk memantau kadar glukosa terus menerus tanpa rasa sakit. metode yang diusulkan dengan mengembangkan platinum hitam yang sangat berpori. Permukaan platina hitam ini dimodifikasi menggunakan ionomer biokompatibel Nafion (Nf). Dalam studi tersebut, diusulkan bahwa pemindaian mikroskop elektron (SEM) dan analisis sinar-X dispersif energi (EDX) diterapkan untuk mengidentifikasi kadar glukosa. Akibatnya, perangkat menunjukkan stabilitas yang baik selama 7 hari dan kehilangan aktivitas fungsionalnya setelah 7 hari. Penelitian lainnya adalah mengembangkan teknologi microneedle (MN) pada alat penginderaan medis. Teknologi ini dikembangkan karena keunggulan minimal invasif, real-time, dan kenyamanan. Penelitian ini dikembangkan berdasarkan biosensor elektrokimia, polimer konduktor (CPs), enzim, nanopartikel, dan komposisinya. Hasil penelitian menunjukkan penerapan MN yang dapat digunakan untuk memantau glukosa secara selektif.[9]. Penulis di.[10]. mengajukan aplikasi gluCam - model baru, otonom, non-invasif, berbasis optik untuk penginderaan diabetes cerdas. menggunakan regresi polinomial dikembangkan untuk memprediksi kadar glukosa darah. Diabetes didiagnosis melalui smartphone yang mudah, gluCam menggabungkan teknik pemrosesan gambar untuk mengukur kadar glukosa darah. menguji model pada 81 pasien dengan sensitivitas 94,28%, spesifisitas 82,61%, kesalahan absolut rata-rata 10,7%, dan akurasi keseluruhan 91,89%. Model tetap tidak terpengaruh oleh kondisi pencahayaan dan tidak bergantung pada platform perangkat.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian sebelumnya bahwa pemantauan kadar glukosa darah dengan teknik invasif minimal dan non invasif umumnya menggunakan sensor optik. Namun ada juga yang menggunakan smartphone untuk mendeteksi kadar glukosa darah melalui gambar pembuluh darah. Studi yang diusulkan menjelaskan sistem deteksi glukosa darah berdasarkan pemrosesan citra kulit tangan dengan membandingkan metode regresi dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan algoritma backpropagation untuk menentukan kadar glukosa darah. Makalah ini disusun menjadi lima bagian: bagian 1 pendahuluan bagian 2 merupakan kajian literature bagian 3 menyajikan metodologi pada bagian 4 membahas hasil dan pembahasan, dan bagian 5 menyajikan kesimpulan.

II. KAJIAN LITERATUR

Pada penelitian ini yang bertujuan mengembangkan system pemantauan kadar glukosa dengan teknik non-invasif di dukung dengan literatur antara laian

A. Citra Digital

Citra digital merupakan suatu gambar dua dimensi yang dapat ditampilkan pada media computer yang disebut pixel (picture elements) atau himpunan /diskrit nilai digital. Citra dapat didefinisikan sebagai fungsi (x, y) yang mempunyai ukuran M pada baris dan N pada kolom, dimana x dan y merupakan koordinat parsial, amplitude f pada titik koordinat (x, y) yang disebut derajat atau tingkat keabu abuan pada suatu citra. Jika x, y dan f semuanya berhingga dan bernilai diskrit maka citra tersebut merupakan citra digital.[11]. Proses pengolahan citra merupakan suatu proses analisis citra yang melibatkan banyak persepsi visual, dimana proses ini memiliki ciri data masukan dan informasi keluaran dengan bentuk citra. [12].

B. Ruang Warna RGB

Image atau Citra RGB adalah jenis citra yang menyajikan warna dalam bentuk elemen R (merah/red), G (hijau/green) dan B (biru/blue). Citra berwarna secara umum dapat dipresentasikan dalam bentuk kubus tiga dimensi. Bentuk kubus tiga dimensi tersebut memiliki tiga warna dasar yaitu merah, hijau dan biru yang berada pada ujung sumbu kubus. Setiap komponen warna menggunakan 8 bit (dengan nilai 0 sampai 255). Warna hitam berada pada titik pusat kubus, dan warna putih berada pada ujung kubus yang berseberangan.[13].

C. Citra Gray Scale

Citra grayscale merupakan suatu citra yang hanya memiliki warna tingkat keabuan. pemanfaatan citra grayscale disebabkan adanya kebutuhan informasi yang diberikan pada tiap piksel dibandingkan dengan citra berwarna walaupun hanya sedikit. Warna abu-abu pada citra grayscale merupakan warna R (Red), G (Green), B (Blue) yang mempunyai intensitas yang sama. Sehingga pada grayscale image hanya memerlukan nilai intensitas tunggal dibandingkan dengan citra berwarna memerlukan

tiga intensitas untuk tiap pikselnya.[14]. Intensitas dari citra grayscale disimpan dalam 8 bit integer yang memberikan 256 kemungkinan yang mana dimulai dari level 0 sampai dengan 255 (0 untuk hitam dan 255 untuk putih dan nilai diantaranya adalah derajat keabuan). Konversi nilai gray scale (s) dapat dilaksanakan dengan menjumlahkan hasil perkalian dari tiga komponen tetapan angka dari R, G dan B, yang diambil dari koefisien yang dipergunakan dalam menghitung luminance (E'y) pada Rec. ITU- R BT.601-7 yang telah dibulatkan dengan 3 desimal.dimana Rec.ITU-R BT merupakan standar dari International Telecommunication Union pada tahun 1982 untuk membuat interlaced sinyal video analog menjadi video digital.[15]. Dengan persamaan berikut:

$$s = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \dots\dots\dots (1)$$

D. Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)

Gray level co-occurrence matrix (GLCM), merupakan salah satu metodologi pemrosesan gambar yang dipergunakan untuk mendeskripsikan hubungan spasial antara nilai-nilai abu-abu dalam gambar dua dimensi. Pengembangan selanjutnya telah maju lebih jauh untuk menunjukkan tingkat penerapannya pada photomicrographs level abu-abu dari serangkaian sampel batu pasir. Sejak itu, GLCM telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi.[16]. Dari semua teknik analisis tekstur, saat ini mungkin yang paling banyak digunakan adalah yang didasarkan pada algoritma gray level co-occurrence matrix (GLCM). Metode GLCM sebagai cara untuk mengklasifikasikan gambar menggunakan pengukuran statistik urutan kedua.[17]. Citra dengan ciri matriks yang dihasilkan GLCM ada 4 ekstraksi yaitu kontras (Ct), korelasi (Cn), energi (Ey) dan homogenitas (Hy), keempat ekstraksi tersebut dapat menggambarkan keseluruhan citra dan pada umumnya digunakan pada proses citra, secara berurutan seperti yang digambarkan pada persamaan berikut.[18].

$$\text{Kontras (Ct)} = \sum_{i,j} |i - j|^2 S(i,j) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Korelasi (Cn)} = \sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)S(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Energy (Ey)} = \sum_{i,j} S(i,j)^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Homogenitas (Hy)} = \sum_{i,j} \frac{S(i,j)}{1+|i-j|} \dots\dots\dots (5)$$

E. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

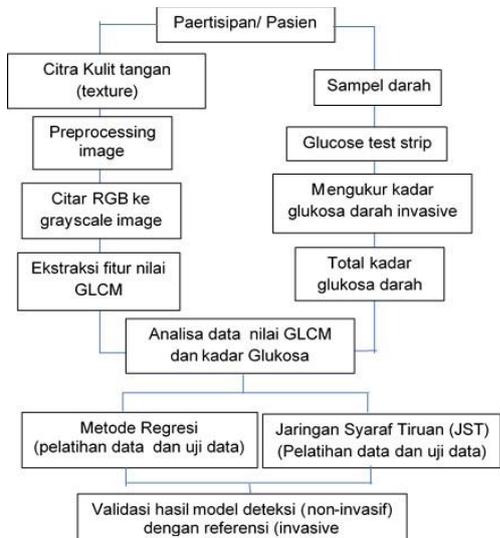
Peramalan merupakan hal yang sangat lazim dihadapi dalam persoalan kehidupan pada berbagai bidang antara lain peramalan iklim dan cuaca, peramalan dalam finansial, nilai saham, peramalan bidang kesehatan dan peramalan lainnya. Dalam membuat suatu peramalan atau prediksi diperlukan metode yang baik untuk memastikan keakuratan hasil prediksi. Salah satu metode yang paling sering digunakan dalam permasalahan peramalan adalah jaringan syaraf tiruan.[19]. JST hanyalah sebuah metode

untuk membuat model prediksi yang akurat dan efisien yang memiliki nilai kesalahan yang rendah yang sangat baik dalam proses generalisasi sebab disupport oleh data pelatihan yang cukup dan proses pengujian yang menyesuaikan nilai sehingga model ini dapat meramalkan time series beberapa periode waktu kedepan, Salah satu metode yang baik digunakan pada jaringan syaraf tiruan (JST) untuk membuat prediksi adalah algoritma backpropagation.[20]. Proses pembelajaran dalam backpropagation dilakukan dengan menyesuaikan nilai nilai syaraf tiruan dengan arah mundur berlandaskan nilai kesalahan pada proses pembelajaran.[21].

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Model.

Penelitian ini mengajukan pengolahan citra untuk mendeteksi kadar glukosa secara non-invasif dengan membandingkan metode regresi dan jaringan syaraf tiruan (JST). Metode penelitian ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



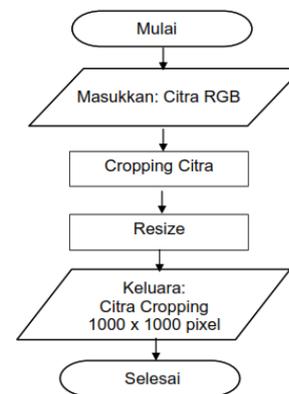
Gambar 1. Desain arsitektur model penelitian

Dalam penelitian ini, sampel darah dan gambar tekstur tangan diambil dari pasien berusia 20 -60 tahun. Sampel darah diambil untuk menentukan kadar glukosa invasif. Kumpulan gambar tekstur tangan dan kadar glukosa darah invasif yang sesuai dengan setiap gambar digunakan untuk membuat sistem database. Untuk menghapus bagian yang tidak perlu dari gambar yang masuk, diperlukan langkah pra-pemrosesan. Selanjutnya, metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) digunakan untuk menganalisis berbagai tekstur tangan dengan menyesuaikan nilai glukosa di melalui Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

B. Pra-pemrosesan Citra.

Prapemrosesan citra merupakan langkah awal yaitu mengambil citra kulit tangan, kemudian langkah selanjutnya adalah meningkatkan kualitas citra dengan

melakukan preprocessing citra tersebut. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi noise atau informasi yang tidak perlu dari gambar atau mengurangi kemungkinan variasi yang muncul selama pengumpulan gambar tanpa kehilangan informasi penting. Berdasarkan.[22]. tujuan dari pra-pemrosesan adalah untuk meningkatkan kualitas foto dan membuat analisis untuk memudahkan pemrosesan lebih lanjut. Pra-pemrosesan citra juga dapat menonjolkan fitur-fiturnya, dan meningkatkan hasil eksperimen. Pre-pemrosesan citra digambarkan pada flow chart gambar 2 berikut;

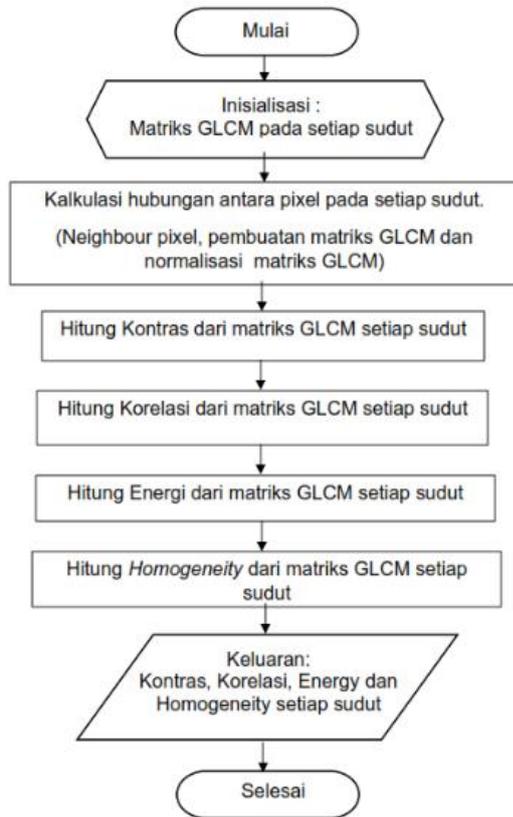


Gambar 2. Pre-pemrosesan citra

C. Ekstraksi Tekstur Gray Level Co-occurrence matrix (GLCM)

Berdasarkan Ref [23]. penentuan area yang tepat untuk menyelidiki jenis jaringan, area yang diamati, dan struktur anatomi dibantu dengan segmentasi citra. Pada penelitian ini, segmentasi citra diterapkan menggunakan metode GLCM. Langkah pertama adalah menentukan *region of interest* (ROI) pada organ untuk menghilangkan area pemrosesan yang tidak penting. Langkah selanjutnya memisahkan penyakit pada ROI setelah ROI dibuat. Prediksi yang tepat dari batas penyakit membantu dalam klasifikasi dan kategorisasi penyakit. Untuk menjaga akurasi dan sensitivitas sistem deteksi dan klasifikasi lesi, diperlukan segmentasi citra yang kuat. jadi, ketika penyakit telah tersegmentasi, fitur-fiturnya dapat dihitung untuk mengurangi tingkat deteksi palsu dan meningkatkan akurasi diagnosis. Metode GLCM merupakan matriks yang menunjukkan berbagai kombinasi tingkat keabuan yang dapat diperoleh dalam suatu citra dan membantu mengidentifikasi lokasi yang berbeda pada citra tersebut.[24]. Menurut.[25]. GLCM merupakan citra yang menampilkan informasi lengkap tentang arah, interval tetangga, dan rentang variabel pada tingkat keabuan citra menggunakan matriks co-occurrence tingkat keabuan agar ekstraksi ciri dapat memberikan efek positif. Menurut [18]. untuk GLCM menentukan kemungkinan tingkat abu-abu i terjadi di sekitar tingkat abu-abu lain j pada jarak tertentu d dan sudut θ , dengan asumsi jumlah tingkat abu-abu N diketahui. Jenis citra mewakili kontras (C_t), korelasi (C_n), energi (E_y) dan homogenitas (H_y) secara berurutan seperti yang digambarkan pada persamaan berikut (2) sampai (5) .[18]. Proses ekatraksi tekstur untuk

menentukan nilai GLCM dijelaskan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Tahapan proses ekstraksi tekstur GLCM

Proses perhitungan citra grayscale untuk setiap ekstraksi tekstur disusun berdasarkan matriks GLCM dengan memperhatikan ketetanggaan pixel dari 4 sudut yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . setiap sudut memiliki matriks GLCM yang berbeda

D. JST- Backpropogation

Setelah melakukan ekstraksi tekstur GLCM pada citra dilakukan klasifikasi untuk menentukan nilai prediksi kadar kolesterol. Pola image dari 40 orang partisipan setiap kelompok usia dilakukan pelatihan (data training) untuk menghitung bobot dan biasnya. Citra kulit tangan setiap partisipan diberi kode sesuai kadar kolesterolnya. Parameter JST Backpropogation antara lain momentum (0.9), epoch (1000), error (0.01), learning rate (0.01) dan sinya input pada lapisan inputnya jumlah 4. Neuron pada lapisan tersembunyi ada 5 dan keluaran 1. Sigmoid bipolar sebagai fungsi aktivasi yang digunakan.

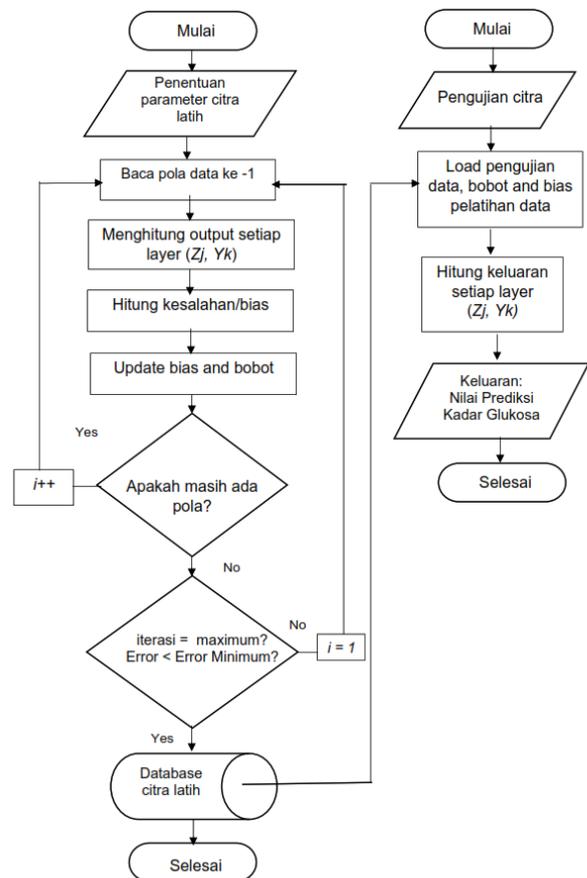
Tahapan pelatihan sebagai berikut:

1. Output setiap lapisan (Z_j dan Y_k) dihitung, lalu nilai error (ϵ) dihitung dan bobot dan bias (W_{jk} dan V_{ik}) diupdate sampai nilai error lebih kecil dari yang ditentukan atau sampai iterasi selesai.
2. Menyimpan dalam data base.mat hasil pelatihan parameter – paramter setelah seluruh iterasi selesai.

Tahapan Pengujian sebagai berikut;

1. Muat masukan data (load data input), bobot dan bias.
2. Kalkulasi nilai uji dengan cara output setiap lapisan (Z_j dan Y_k) dihitung, dari hasil kalkulasi akan menghasilkan nilai uji yang akan dikategorikan sebagai prediksi nilai kadar kolesterol. Nilai tersebut dapat diperoleh dari nilai uji yang dihasilkan oleh setiap image yang sudah diproses dari tekstur citra cropping.

Setelah dilakukan tahapan pelatihan dalam jaringan syaraf tiruan (JST) kemudian dilakukan pengujian JST untuk mengetahui keberhasilan proses pelatihan sebelumnya seperti pada gambar 4 berikut;



Gambar 4. Alur proses pelatihan dan pengujian citra ada JST.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari proyek yang diusulkan adalah menggunakan pemrosesan gambar untuk mengembangkan metode non-invasif untuk menentukan kadar kolesterol. Ide utamanya adalah untuk membuat model kolesterol dan mengubahnya menjadi kadar kolesterol tergantung pada tekstur tangan menurut klasifikasi usia. Penelitian ini hanya mempertimbangkan dua macam klasifikasi usia kerja, yaitu usia 20 - 60 tahun.

A. Training Data

Gambar 5 di bawah ini menunjukkan contoh gambar tangan pasien dengan kadar glukosa invasif dan gambar yang dipotong yang dihasilkan dari tahap pra-pemrosesan gambar; 40 citra kulit dari masing-masing peserta digunakan untuk data pelatihan dari usia 20 -60 tahun.

"Algoritme im-crop" digunakan untuk pemotongan gambar, yang menghasilkan gambar persegi panjang dengan dimensi 1000 kali 1000 piksel. Metode Regresi dan Algoritma backpropagation pada jaringan saraf tiruan (JST) digunakan untuk meregresi cropping gambar dengan total data glukosa invasif untuk setiap sampel

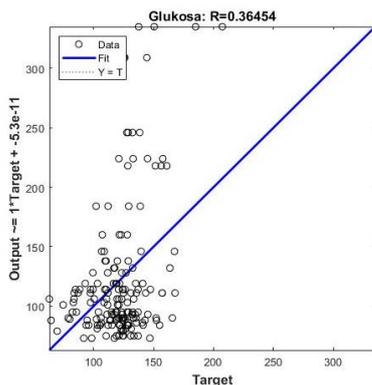


Gambar 5. Kulit tangan dengan kadar kolesterol dan hasil cropping citra

Tahap pelatihan dimulai dengan inisialisasi semua file data, yang meliputi pembacaan citra RGB, mengubahnya menjadi citra grayscale, kemudian melakukan pra-pemrosesan dengan penyesuaian intensitas. Kompilasi matriks co-kejadian dan ekstrak fitur GCLM dengan menentukan nilai 'kontras, korelasi, energi, dan homogenitas' dan menyimpan hasilnya sebagai data pelatihan. Kemudian, sebagai target latihan, baca data kolesterol. Dengan membangun arsitektur jaringan, Anda dapat melakukan operasi transposisi pada data pelatihan dan tujuan pelatihan

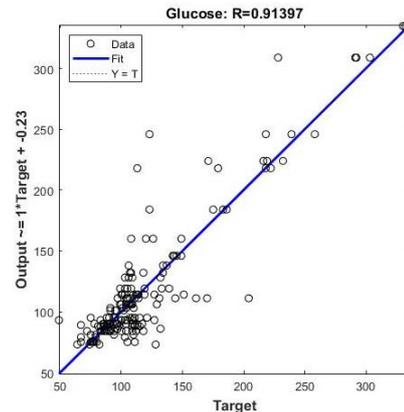
Pada penelitian ini metode prediksi glukosa darah (PGD) menggunakan nilai GLCM dari ekstraksi tekstur kulit tangan setiap partisipan/pasien. Yang di alakukan analisis dengan metode GLCM - Regresi dan metode GLCM -JST. Analisis kedua metode tersebut menggunakan MATLAB 2018R, untuk training data dan pengujian data.

Training data dengan metode GLCM-Regresian ditunjukkan pada gambar 6 berikut ini;



Gambar 6. Hasil training data dengan metode GLCM-Regresion

Training data dengan metode GLCM-jaringan syaraf tiruan (JST) ditunjukkan pada gambar 7 berikut ini



Gambar 7. Hasil training data dengan metode GLCM-JST

Pada gambar 6 dan 7 menunjukkan grafik plot regresi linear dari training data menggunakan metode GLCM Regresi dengan nilai R 0.36454 dan metode GLCM-JST plot regresi dengan nilai R 0.91397. Nilai R menentukan korelasi regresi anatar nilai fitur GLCM dan Kadar glukosa invasive. R dengan nilai 1 berarti memiliki hubungan anatar fitur GLCM dan Kadar glukosa sangat kuat, sebaliknya jikan nilai R mendekati nilai 0 hubungan nataru fitur GLCM dan Kadar glukosa darah sangat rendah. Metode GLCM-JST dengan nilai R mendekati nilai 1, sangat baik diimplementasikan untuk memprediksi kadar glukosa darah non-invasive melalui kulit tangan.

B. Tools Evaluation

Gambar 8 dan 9 menggambarkan program pengujian data yang menggunakan program *Graphical User Interface* (GUI) dengan langkah-langkah untuk membuka atau mengambil gambar dari file data, setelah gambar asli terlihat, dilakukan proses *cropping*, dan output menampilkan total glukosa darah dan nilai GCLM untuk masing-masing karakteristik (karakteristik). Data pembacaan prediksi glukosa total diolah sebagai data citra kolesterol.

Pengujian data dengan metode GLCM-Regresion ditunjukkan pada 8. berikut ini



Gambar 8. Hasil Pelatihan data dengan metode GLCM-Regresi

Pengujian data dengan metode GLCM-Jaringan syaraf tiruan (JST) ditunjukkan pada gambar 9. berikut ini



Gambar 8. Hasil Pelatihan data dengan metode GLCM-Jaringan syaraf tiruan (JST)

Tabel I menunjukkan hasil pengukuran glukosa pada 10 partisipan dengan metode invasif dan non-invasif dari usia.20 – 60 tahun Ada perbedaan dalam temuan pengukuran antara metode invasif dan non-invasif (pemrosesan citra). Metode invasif dan pemrosesan gambar digunakan untuk mengumpulkan semua data secara bersamaan. Nilai output bervariasi untuk setiap peserta karena perbedaan penyerapan tekstur kulit tangan setiap partisipan. Akibatnya, kadar glukosa total setiap orang berbeda-beda.

Tabel 1. Hasil prediksi kadar glukosa invasive dan non-invasive (prediksi glukosa darah)

No	Participan	Invasive	GLCM-Regresi		GLCM-JST	
		Glukosa Ref (mg/dl)	PGD (mg/dl)	Selisi	PGD (mg/dl)	Selisi
1	Sampel 1	184	128	56	163	21
2	Sampel 2	84	101	17	81	3
3	Sampel 3	81	136	55	73	8
4	Sampel 4	218	160	58	218	0
5	Sampel 5	84	127	43	86	2
6	Sampel 6	111	161	50	127	16
7	Sampel 7	86	142	56	98	12
8	Sampel 8	84	102	18	75	9
9	Sampel 9	114	101	13	137	23
10	Sampel 10	75	132	57	93	18

Data tersebut merupakan hasil prediksi kadar glukosa dengan teknik invasive dan non-invasive, yang menggunakan metode GLCM-Regresi, dari hasil data tersebut menunjukkan nilai error rata 37,7%, nilai error ini cukup besar sehingga hasil prediksi kadar glukosa darah bisa berdampak negative terhadap partisipan, perlu ada perlakuan untuk menurunkan kesalahan tersebut. dan GLCM -JST, menunjukkan error prediksi rata rata 10%, hasil pengujian bahwa GLCM – JST sanagt baik untuk diimplementasikan untuk pemantauan kadar glukosa darah non-invasive.

V. KESIMPULAN

Penelitian yang diusulkan dengan metode Regresi dan JST yang dikembangkan pengontrol cerdas yang inovatif untuk memprediksi kadar glukosa darah non-invasive. Dalam penelitian ini kadar glukosa dapat diidentifikasi

melalui pengolahan citra. Untuk menganalisis gambar dan mengidentifikasi lokasi berbeda dalam gambar, *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) telah diterapkan untuk menghilangkan area pemrosesan yang tidak penting. Metode Regresi dan Jaringan syaraf tiruan (JST) digunakan dalam penelitian ini untuk melatih dan menguji tekstur tangan untuk mengidentifikasi kadar glukosa darah, hasil menunjukkan bahwa GLCM-JST layak untuk diimplementasikan untuk memprediksi kadar glukosa darah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas komentar dan saran yang bermanfaat dari para pengulas, yang telah meningkatkan presentasi.

REFERENSI

- [1] W. Zheng *et al.*, “Highly-sensitive and reflective glucose sensor based on optical fiber surface plasmon resonance,” *Microchem. J.*, vol. 157, no. February, p. 105010, 2020, doi: 10.1016/j.microc.2020.105010.
- [2] X. Dong *et al.*, “Influence of blood glucose level on the prognosis of patients with diabetes mellitus complicated with ischemic stroke,” no. 65, pp. 1–7, 2018, doi: 10.4103/1735-1995.223951.
- [3] K. S. P and S. Am, “A study on the glycemic , lipid and blood pressure control among the type 2 diabetes patients of north Kerala , India,” *Indian Heart J.*, vol. 70, no. 4, pp. 482–485, 2018, doi: 10.1016/j.ihj.2017.10.007.
- [4] A. Kerimi, H. Nyambe, S. Alison, P. Eburn, O. Julia, and S. G. Yala, “Nutritional implications of olives and sugar : attenuation of post- prandial glucose spikes in healthy volunteers by inhibition of sucrose hydrolysis and glucose transport by oleuropein,” *Eur. J. Nutr.*, vol. 58, no. 3, pp. 1315–1330, 2019, doi: 10.1007/s00394-018-1662-9.
- [5] C. Beehan-quirk *et al.*, “Investigating the effects of fatigue on blood glucose levels – implications for diabetes,” *Transl. Metab. Syndr. Res.*, 2020, doi: 10.1016/j.tmsr.2020.03.001.
- [6] K. Ogurtsova *et al.*, “IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040,” *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 128, pp. 40–50, 2017, doi: 10.1016/j.diabres.2017.03.024.
- [7] Y. Sun, Y. Song, C. Liu, and J. Geng, “Saudi Journal of Biological Sciences Correlation between the glucose level and the development of acute pancreatitis,” *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 26, no. 2, pp. 427–430, 2019, doi: 10.1016/j.sjbs.2018.11.012.
- [8] S. R. Chinnadayala, J. Park, A. T. Satti, D. Kim, and S. Cho, “Minimally invasive and continuous glucose monitoring sensor based on non-

- enzymatic porous platinum black-coated gold microneedles,” *Electrochim. Acta*, vol. 369, p. 137691, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.electacta.2020.137691.
- [9] H. Zhang, Z. Chen, J. Dai, W. Zhang, Y. Jiang, and A. Zhou, “A low-cost mobile platform for whole blood glucose monitoring using colorimetric method,” *Microchem. J.*, vol. 162, no. October 2020, p. 105814, 2021, doi: 10.1016/j.microc.2020.105814.
- [10] S. Ghosal, A. Kumar, V. Udutalapally, and D. Das, “glucam: Smartphone based blood glucose monitoring and diabetic sensing,” *IEEE Sens. J.*, vol. 21, no. 21, pp. 24869–24878, 2021.
- [11] R. D. Kusumanto and A. N. Tompunu, “Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB,” vol. 2011, no. Semantik, 2011.
- [12] R. F. Gusa, “Pengolahan Citra Digital untuk Menghitung Luas Daerah Bekas Penambangan Timah Rika Favoria Gusa,” no. 2, pp. 27–34, 2013.
- [13] R. Rahmadewi *et al.*, “Pendeteksian Kematangan Buah Jeruk Dengan Fitur Citra Kulit Buah Menggunakan Transformasi Ruang Warna HSV,” pp. 166–171, 2019.
- [14] R. Candra, N. Santi, S. Pd, and M. Kom, “Mengubah Citra Berwarna Menjadi Gray - Scale dan Citra biner,” vol. 16, no. 1, pp. 14–19, 2011.
- [15] P. Siagian, G. Joint, and P. Experts, “Kompresi citra jpeg dengan algoritma zig jag,” vol. 9, no. 1, pp. 14–21, 2014.
- [16] M. A. Jardine, J. A. Miller, and M. Becker, “Coupled X-ray computed tomography and grey level co-occurrence matrices as a method for quantification of mineralogy and texture in 3D,” *Comput. Geosci.*, vol. 111, pp. 105–117, 2018, doi: 10.1016/j.cageo.2017.11.005.
- [17] I. Pantic, D. Dimitrijevic, D. Nestic, and D. Petrovic, “Gray level co-occurrence matrix algorithm as pattern recognition biosensor for oxidopamine-induced changes in lymphocyte chromatin architecture,” *J. Theor. Biol.*, vol. 406, pp. 124–128, 2016, doi: 10.1016/j.jtbi.2016.07.018.
- [18] P. K. Bhagat, P. Choudhary, and K. M. Singh, *A comparative study for brain tumor detection in MRI images using texture features*. Elsevier Inc., 2019.
- [19] D. N. Agus Perdana Windarto, M. S. H. Anjar Wanto, Frinto Tambunan, M. R. L. Muhammad Noor Hasan Siregar, and D. N. Solikhun, Yusra Fadhillah, *Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi dan Implementasi*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [20] Budiharjo, T. Soemartono, A. P. Windarto, and T. Herawan, “Predicting School Participation in Indonesia using Back-Propagation Algorithm Model,” *Int. J. Control Autom.*, vol. 11, no. 11, pp. 57–68, 2018.
- [21] A. P. Windarto, M. R. Lubis, and S. Solikhun, “Implementasi JST pada Prediksi Total Laba Rugi Komprehensif Bank Umum dan Konvensional dengan Backpropagation,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 4, p. 411, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201854767.
- [22] C. Hernandez-Matas, A. A. Argyros, and X. Zabulis, *Retinal image preprocessing, enhancement, and registration*. Elsevier Ltd., 2019.
- [23] D. Koundal and B. Sharma, *Advanced neutrosophic set-based ultrasound image analysis*. Elsevier Inc., 2019.
- [24] J. Virmani, G. P. Singh, Y. Singh, and Kriti, *PNN-based classification of retinal diseases using fundus images*, no. 1. Elsevier Inc., 2019.
- [25] S. Gao, “International Journal of Cognitive Computing in Engineering Gray level co-occurrence matrix and extreme learning machine for Alzheimer ’ s disease diagnosis,” *Int. J. Cogn. Comput. Eng.*, vol. 2, no. July, pp. 116–129, 2021.