

DETEKSI HEMOGLOBIN SECARA NON-INVASIF DENGAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA ANAK PENDERITA TALASEMIA

NON-INVASIVE HEMOGLOBIN DETECTION USING DIGITAL IMAGE PROCESSING IN CHILDREN WITH THALASSEMIA

Rivergy Annas¹, Hilman Fauzi Tresna Sania Putra², Ellyana Perwitasari³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹arivergy@student.telkomuniversity.ac.id, ²hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id,

³ellyanaperwitasari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Talasemia merupakan kondisi genetik saat tidak adanya atau berkurangnya produksi hemoglobin secara normal pada sel darah merah. Talasemia menyebabkan penderita mengalami gejala anemia, yaitu mudah lelah, pucat, dan sulit bernapas apabila dibiarkan dapat berakibat fatal bagi jantung dan struktur tulang. Upaya *monitoring* dini sangat diperlukan salah satunya dengan cara mendeteksi kadar hemoglobin pada tubuh. Umumnya, deteksi hemoglobin dilakukan secara invasif dengan pengambilan sampel darah untuk diperiksa kadar hemoglobin dalam darah. Hal ini dinilai tidak nyaman apabila tes tersebut dilakukan kepada anak, terlebih dilakukan secara berulang-ulang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada tugas akhir ini dilakukan penelitian berupa perancangan sistem deteksi hemoglobin secara non-invasif dengan pengolahan citra digital khususnya pada penderita talasemia. Melalui pengambilan citra konjungtiva mata dan lidah penderita talasemia, dilakukan pengolahan citra digital dengan *manual cropping* sehingga menghasilkan area yang difokuskan untuk menemukan persamaan regresi. Persamaan regresi ini digunakan untuk memprediksi nilai hemoglobin pasien talasemia berdasarkan besarnya nilai komponen warna merah pada citra konjungtiva mata dan lidah. Hasil pengujian sistem pada penelitian Tugas Akhir ini memiliki persentase tingkat presisi rata – rata sebesar 59% dan 100% persentase tingkat akurasi sistem dengan *manual cropping* pada pengolahan citra digital konjungtiva anak penderita talasemia.

Kata kunci: talasemia, non – invasif, hemoglobin, konjungtiva mata, lidah, *manual cropping*.

Abstract

Thalassemia is a genetic condition which there is lack or reduced normal production of hemoglobin in red blood cells. Thalassemia causes sufferers to experience symptoms of anemia, like easily tired, pale skin, and breathing difficulty moreover can be fatal for heart and bones structure. Early monitoring is needed, which detecting hemoglobin levels. Generally, hemoglobin detection done invasively by taking a blood sample to check the hemoglobin levels in laboratory. This is considered uncomfortable if the test is carried out on children, especially repeatedly.

Based on these problems, in this final task was conducted research in the form of making hemoglobin detection system in a non-invasive way with digital image processing, especially in children of thalassemia patients. Through the image of the eye conjunctiva and tongue image of the thalassemia patient, digital image processing is done manually cropping so as to produce a focused area to find the equation of regression. This regression equation is used to predict the hemoglobin value of thalassemia patients based on the value of red color components in the eye conjunctiva image and tongue. The results of system testing in this final project have an average precision level of 59% and a 100% percentage level of accuracy with manual cropping in digital conjunctiva image processing of children with thalassemia.

Keywords: thalassemia, non – invasive, hemoglobin, eye conjunctiva, tongue, manual cropping.

1. Pendahuluan

Talasemia merupakan salah satu penyakit bawaan atau genetik yang ditandai dengan kelainan bentuk hemoglobin pada darah. Kelainan pada talasemia menyebabkan darah tidak mampu menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh secara cukup akibat perubahan kondisi hemoglobin. Hal ini kemudian menyebabkan gejala diantaranya, tubuh akan terlihat pucat, lemah, dan kesulitan bernapas. Akibatnya aktivitas penderita talasemia akan menjadi terganggu. Apabila kondisi talasemia dibiarkan maka dapat menyebabkan komplikasi berupa gagal jantung, terhambatnya pertumbuhan, dan gangguan hati[1].

Untuk mencegah penyakit komplikasi berbahaya yang disebabkan oleh talasemia, diperlukan adanya deteksi dini salah satunya dengan deteksi kadar hemoglobin dalam tubuh. Prosedur baku untuk mengetahui kadar hemoglobin dalam tubuh adalah dengan dilakukannya tes secara invasif yaitu pengambilan sampel darah yang kemudian akan diuji di laboratorium untuk mengetahui kadar sel darah merah dan kadar hemoglobin yang terdapat di dalamnya[2]. Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan perancangan sistem deteksi anemia dengan pengolahan citra digital konjungtiva pada rentang usia dewasa – normal[3]. Pada penelitian tersebut, tingkat akurasi sistem untuk mendeteksi anemia menggunakan metode auto cropping adalah 81,4%.

Fokus penelitian ini adalah membantu pasien talasemia untuk monitoring kadar hemoglobin pada darah sebelum dilakukannya transfusi darah. Pada penelitian ini, penulis juga memperbanyak data citra yang diambil tepat bersamaan dengan saat pengambilan darah pasien talasemia sebelum dilakukannya transfusi di Rumah Sakit untuk dapat merancang sistem dengan hasil akurasi yang lebih baik. Hasil penelitian tugas akhir ini bertujuan membantu mempermudah pasien penderita talasemia dalam mendeteksi kadar hemoglobin untuk kemudian menjadi acuan keperluan dilakukannya transfusi darah.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Talasemia

Talasemia adalah salah satu penyakit genetik yang ditandai dengan tidak adanya atau penurunan produksi hemoglobin normal[4]. Normalnya, pada orang dewasa terdapat hemoglobin A yang jumlahnya lebih banyak daripada hemoglobin F. Sedangkan apabila pada anak terdapat kadar hemoglobin F yang terlalu banyak dan kekurangan hemoglobin A, maka akan muncul talasemia[4]. Berdasarkan kondisi klinisnya, talasemia dibagi menjadi dua jenis yaitu talasemia minor dan talasemia mayor[4].

2.2 Hemoglobin

Hemoglobin merupakan protein dalam sel darah merah yang kaya akan zat besi. Hemoglobin memiliki keterkaitan terhadap oksigen sehingga dengan oksigen yang terdapat hemoglobin dapat membentuk oksihemoglobin di dalam eritrosi. Dengan begitu, fungsi hemoglobin dapat membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh[5]. Kadar hemoglobin normal pada anak laki - laki dan perempuan usia 1-5 tahun berkisar pada 10,9-15,0 (g/dL)[6]. Apabila terdapat angka dibawah kadar normal, maka dapat terjadi beberapa penyakit.

2.3. Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan pemrosesan gambar 2 dimensi dengan menggunakan komputer[7]. Sebuah citra digital biasanya didefinisikan sebagai fungsi matriks $f(x,y)$ yang berukuran M baris dan N kolom, dengan nilai x dan y sebagai koordinat spasial. Nilai pada suatu irisan antara baris dan kolom disebut dengan istilah pixel[7]. Citra digital dapat ditulis melalui bentuk matriks (2.1).

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots \\ \vdots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2.3.1. Citra RGB

Citra Warna merupakan citra yang tiap pixelnya memiliki warna Red (Merah), Green (Hijau), dan Blue (Biru). Setiap warna pada pixel memiliki nilai sebesar 8 bit dari range 0 sampai 255 seperti pada gambar 2.10. Karena memiliki 3 warna dasar, variasi yang dapat dihasilkan dari citra warna adalah sebesar 255^3 atau 16,581,375 variasi warna yang berbeda[7].

2.3.2. Citra HSV

Model HSV (Hue Saturation Value) merupakan ruang warna dalam bentuk tiga komponen utama yaitu hue, saturation, dan value (atau disebut juga sebagai brightness)[7]. *Hue* menunjukkan jenis warna atau corak warna yaitu tempat warna tersebut ditemukan dalam spectrum warna. *Saturation* dari suatu warna adalah ukuran seberapa besar kemurnian dari warna tersebut. Komponen ketiga kecerahan dari HSV adalah value atau biasa disebut intensitas (intensity) yaitu ukuran seberapa besar kecerahan dari suatu warna atau seberapa besar cahaya datang dari suatu warna. Value dapat bernilai dari 0 sampai dengan 100%[7].

2.4. Analisis Korelasi dan Regresi

Korelasi adalah suatu hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Hubungan antara variabel tersebut bisa secara korelasional dan kausal. Jika hubungan tersebut tidak menunjukkan sifat sebab akibat, maka korelasi dinyatakan korelasional atau tidak jelas mana yang dijadikan variabel sebab dan mana variabel akibat. Sebaliknya, jika hubungan tersebut menunjukkan sifat sebab akibat, maka korelasinya dikatakan kausal, artinya jika variabel yang satu merupakan sebab, maka variabel lainnya merupakan akibat[8].

2.4.1. Analisis Korelasi Sederhana

Kuat atau tidaknya hubungan antara variabel X dan Y dapat dinyatakan dengan fungsi linier, diukur dengan suatu nilai yang disebut dengan Koefisien Korelasi (r). Nilai r paling kecil -1 dan paling besar adalah 1. Jadi jika r = koefisien korelasi, maka r dapat dinyatakan sebagai persamaan (2.2)[9].

$$-1 \leq r \leq 1 \quad (2.2)$$

Dimana $r = 1$ menunjukkan berarti bahwa setiap kenaikan nilai pada variabel X akan diikuti dengan kenaikan variabel Y. Berlaku pula sebaliknya. Apabila $r = -1$ menunjukkan bahwa setiap kenaikan nilai pada variabel X akan diikuti dengan penurunan nilai variabel Y (berbanding terbalik). Ketika $r = 0$ menunjukkan bahwa naik turunnya nilai dari suatu variabel tidak memiliki kaitan dengan naik/turunnya variabel lainnya. Berikut persamaan (2.3) merupakan rumus Koefisien Korelasi Pearson untuk mencari nilai r [8].

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \sqrt{\sum y_i^2}}; x_i = X_i - \bar{X}; y_i = Y_i - \bar{Y} \quad (2.3)$$

2.4.2. Analisis Regresi

Apabila dua variabel X dan Y memiliki hubungan, maka nilai variabel X yang telah diketahui dapat digunakan untuk memperkirakan atau meramalkan Y. Ramalan pada dasarnya merupakan tebakan/perkiraan mengenai terjadinya suatu kejadian di waktu yang akan datang. Maka akan terlihat mana variabel bebas dan variabel terikat. Variabel yang mempengaruhi ini dalam analisis regresi disebut juga sebagai variabel predictor, dengan lambang X dan variabel yang dipengaruhi disebut dengan variabel kriterium dengan lambang Y[8]. Rumus persamaan regresi ditunjukkan pada persamaan (2.4)

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2.4)$$

Dengan \hat{Y} = variabel kriterium dan X = variabel *predictor*. Rumus persamaan (2.5) dan (2.6) merupakan persamaan untuk menemukan nilai a dan b.

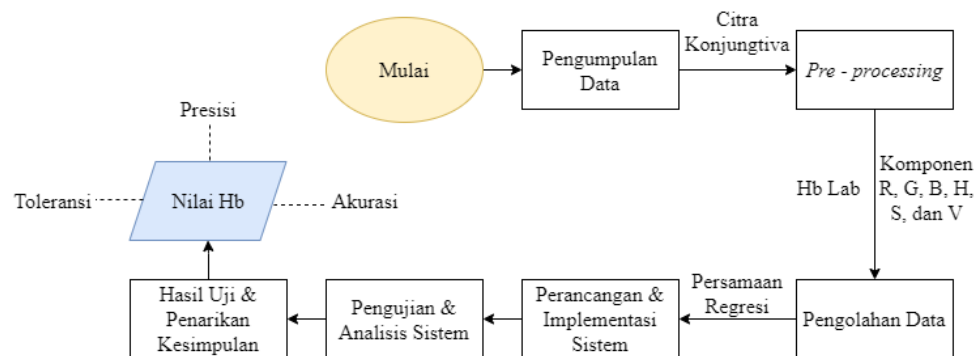
$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.5)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} \quad (2.6)$$

Kemudian masukan nilai a dan b pada persamaan (2.4) untuk menemukan hasil analisis regresinya.

3. Pemodelan Sistem

Secara umum proses pengerjaan penelitian ini dibagi menjadi enam tahap pengerjaan seperti yang tertera pada gambar 1.



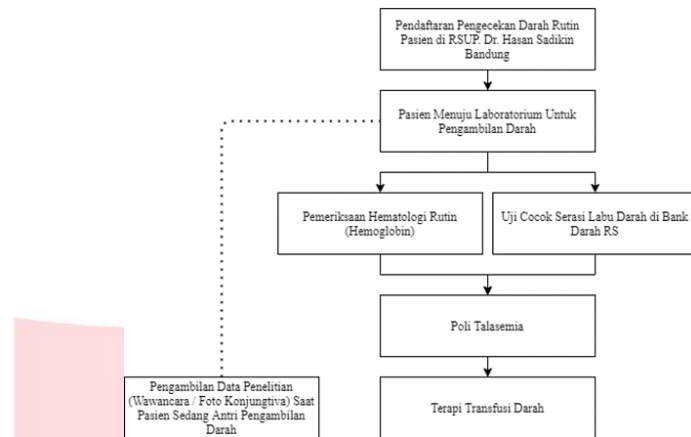
Gambar 1. Blok diagram umum penelitian.

Tahap pertama adalah pengumpulan data yang dilakukan secara bekerjasama dengan pihak di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Hasan Sadikin Bandung Poli Talasemia Anak. Kemudian masuk ke tahap kedua yaitu pre-processing data yang telah dikumpulkan untuk mendapatkan output berupa nilai komposisi warna R, G, B, H, S, dan V, setelah itu melakukan analisis korelasi antara tingkat kemerahan warna konjungtiva mata dan lidah dengan kadar hemoglobin yang telah didapat dari hasil tes laboratorium. Kemudian dilakukan analisis regresi untuk menemukan persamaan regresi yang dapat memprediksi kadar hemoglobin darah berdasarkan besarnya nilai komponen warna merah pada citra konjungtiva mata dan lidah. Persamaan regresi tersebut diimplementasikan ke sistem melalui proses perancangan dan implementasi sistem. Selanjutnya, dilakukan pengujian sistem dan analisis hasil yang dikeluarkan sistem. Tahap terakhir adalah hasil uji & penarikan kesimpulan analisis yang telah dikeluarkan sistem.

3.1. Pengumpulan data

Tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data. Sebelum dilakukannya pengumpulan data, peneliti mengajukan kelayakan etik penelitian melalui organisasi KEP UNPAD untuk mendapatkan izin etik terkait penelitian yang penulis lakukan karena penelitian ini menyangkut kebutuhan pengumpulan data pada tubuh pasien talasemia agar dapat dipertanggungjawabkan. Pengambilan data ini dilakukan secara langsung oleh penulis terhadap responden dengan usia dibawah 17 tahun dan tepat sebelum dilakukannya transfusi darah. Data kadar hemoglobin responden dari pemeriksaan rutin responden (disaat yang bersamaan dengan pengumpulan citra konjungtiva mata dan lidah) diperoleh dari Laboratory Information System (LIS) Laboratorium RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung.

Pengumpulan data untuk perancangan penelitian ini diawasi oleh pihak Komisi Etik Penelitian UNPAD dengan bentuk pembuatan Surat Kelayakan Etik Penelitian (Ethical Clearance) nomor surat 19/UN6.KEP/EC/2021 dengan nomor registrasi etik 0220090895 untuk menjamin profesionalitas atas etika dan data yang digunakan dalam penelitian ini. Alur transfusi darah pasien talasemia dan skema pengambilan data yang dilakukan di RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung terdapat pada gambar 2.

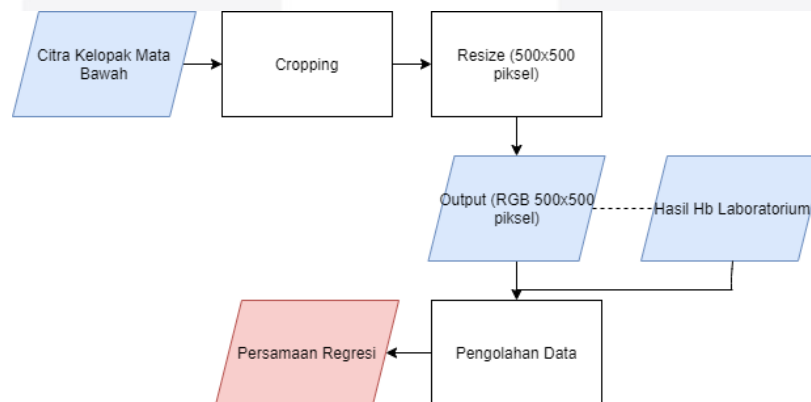


Gambar 2. Alur Terapi Transfusi Darah Pasien Talasemia dan Skema Pengambilan Data Citra

Citra digital yang didapatkan dari proses pengambilan data di Poli Talasemia Anak RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung sejumlah 124 citra digital konjungtiva mata dan 124 citra digital lidah milik pasien talasemia. Dari total 124 citra digital konjungtiva mata, diantaranya merupakan 78 citra konjungtiva mata laki – laki dan 45 citra konjungtiva mata perempuan. Serta pada 124 citra digital lidah, terbagi menjadi 78 citra lidah laki – laki dan 45 citra lidah perempuan. Citra yang dihasilkan oleh kamera digital berukuran 5184 x 3456 piksel. Seluruh citra digital tersebut akan diolah melalui tahap selanjutnya yaitu pre-processing.

3.2. Pre-processing

Pre-processing merupakan tahap persiapan pengolahan citra untuk dilakukan di tahap selanjutnya. Pada tahap ini, citra yang diambil hanya citra konjungtiva mata dan lidahnya saja. Adapun gambaran umum tahap *pre-processing* dijelaskan pada gambar 3.



Gambar 3. Tahap *pre-processing*

Setelah citra digital melalui tahap *manual cropping* maka selanjutnya dilakukan *resize* ukuran citra menjadi 500x500 piksel dengan tujuan untuk menyeragamkan hasil *cropping* agar lebih mudah diproses oleh sistem. Hasil citra yang telah dilakukan *crop* dan *resize* masuk menuju proses pengolahan data bersamaan dengan hasil Hb laboratorium milik pasien untuk dilihat seberapa besar nilai korelasi dan persamaan regresinya melalui analisis korelasi dan regresi.

3.3. Pengolahan Data

Selanjutnya, data kemudian dikumpulkan untuk dilakukan pengolahan data dan analisis korelasi antara tingkat kemerahan warna konjungtiva dengan kadar hemoglobin dalam darah responden. Analisis regresi juga dilakukan untuk menemukan persamaan regresi yang digunakan di sistem ini. Proses pengolahan data ini dibantu menggunakan Microsoft Excel.

3.4. Perancangan dan Implementasi Sistem

Setelah ditemukannya nilai korelasi yang tinggi antara tingkat kemerahan warna citra konjungtiva mata dan lidah dengan hasil hemoglobin dari laboratorium, serta ditemukannya

persamaan regresi linearnya, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Persamaan regresi tersebut digunakan untuk memprediksi hasil hemoglobin keluaran sistem apabila citra konjungtiva mata dan lidah pasien anak talasemia diperlakukan sebagai input atau masukan sistem. *Output* yang dihasilkan sistem dirancang untuk mengeluarkan hasil hemoglobin yang telah dibaca oleh sistem dan kondisi kesehatan pasien dalam tipe klinis normal atau anemia.

3.5. Pengujian dan Analisis Sistem

Sistem yang telah dirancang dianalisis kinerjanya melalui beberapa parameter uji seperti, tingkat presisi, akurasi, toleransi, dan waktu komputasi sistem. Ketiga parameter ini diuji setelah menguji seluruh data citra pasien.

3.5.1. Presisi Sistem

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, nilai presisi sistem dihitung untuk menemukan besarnya nilai ketepatan antara hasil Hb yang dikeluarkan oleh sistem terhadap range hasil Hb laboratorium \pm toleransi. Nilai presisi sistem dihitung menggunakan rumus (3.1)

$$Presisi = \frac{\sum_{i=1}^l TP_i}{\sum_{i=1}^l (FP_i + TP_i)} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan keterangan, i adalah data ke- i , TP_i sebagai jumlah data benar, dan FP_i sebagai jumlah data salah.

3.5.2. Akurasi Sistem

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, akurasi sistem dihitung untuk menemukan besarnya nilai ketepatan antara hasil Hb yang dikeluarkan oleh sistem terhadap range hemoglobin anak dengan kondisi kesehatan normal. Akurasi sistem dapat didefinisikan dengan rumus (3.2).

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \quad (3.2)$$

3.5.3. Toleransi Sistem

Toleransi sistem dibutuhkan untuk menghitung seberapa besar selisih antara hasil hemoglobin yang dikeluarkan oleh sistem dengan hasil hemoglobin laboratorium dalam satuan persentase. Selisih tersebut menentukan seberapa besar toleransi yang dihasilkan sistem untuk mencapai hasil yang sama dengan hemoglobin laboratorium.

3.5.4. Waktu Komputasi Sistem

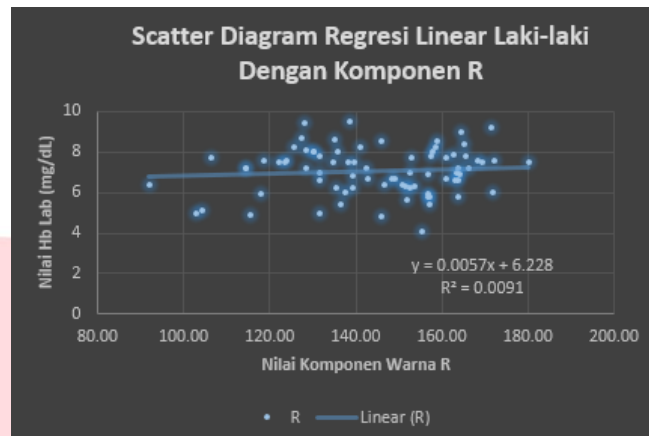
Waktu komputasi dibutuhkan untuk melihat seberapa lama waktu yang dilakukan sistem untuk melakukan suatu proses. Perhitungan waktu komputasi sistem dibutuhkan untuk melihat seberapa efektif waktu yang digunakan sistem untuk menghasilkan nilai keluaran. Waktu komputasi diperoleh dengan menggunakan salah satu toolbox yang terdapat pada aplikasi Matlab.

4. Hasil dan Analisis Simulasi

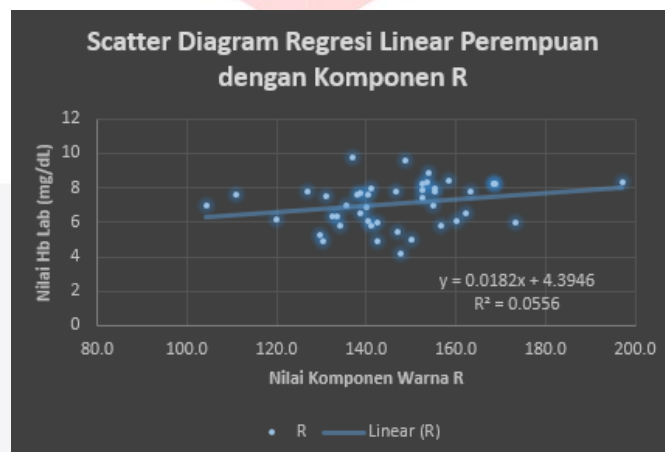
4.1. Analisis Korelasi dan Analisis Regresi

Pada penelitian ini, diperlukan terlebih dahulu nilai korelasi antara nilai rata-rata komponen warna citra dengan nilai hemoglobin hasil dari laboratorium. Hal ini dimaksud untuk melihat seberapa kuat hubungan antara dua variabel tersebut. Perhitungan ini menggunakan persamaan Pearson, dengan nilai rata-rata komponen warna citra sebagai variabel bebas dan nilai hemoglobin sebagai variabel tak bebas. Pada perhitungan ini digunakan sebanyak 78 citra digital konjungtiva laki-laki dan 45 citra digital konjungtiva perempuan yang telah diambil bagian konjungtivanya saja

dengan metodel manual crop. Korelasi antara komponen warna R pada citra konjungtiva dan jumlah hemoglobin dalam darah pasien talasemia dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 *scatter diagram* berikut.



Gambar 4. *Scatter Diagram* Regresi Linear Laki - laki



Gambar 5. *Scatter Diagram* Regresi Linear Perempuan

Karena terdapat hubungan erat antara kemerahan warna citra konjungtiva dengan nilai hemoglobin darah, maka dilakukan analisis regresi. Persamaan regresi dihitung menggunakan analisis regresi. Hasil persamaan regresi digunakan untuk memprediksi hasil hemoglobin melalui besarnya nilai komponen warna merah pada citra digital. Tabel 2 merupakan hasil analisis regresinya.

Tabel 1. Hasil Analisis Korelasi & Regresi Kemerahan Citra Konjungtiva Dengan Nilai Hb

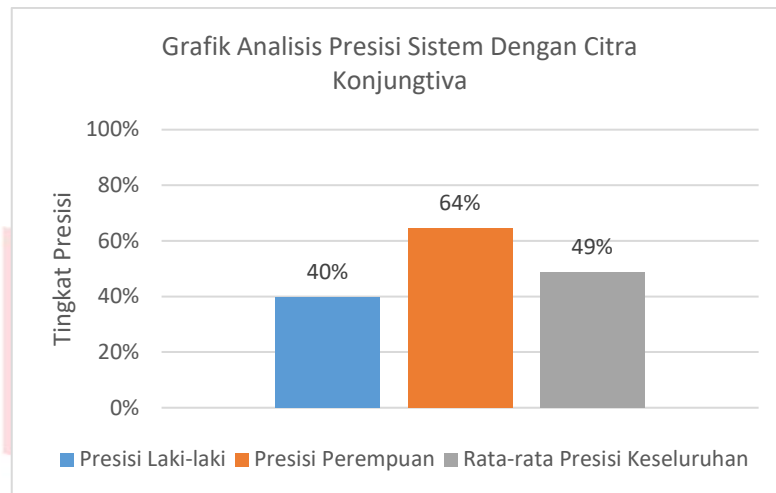
Jenis Kelamin	Persamaan Regresi	Koefisien Korelasi (r)
Laki - laki	$y = 0.0057x + 6.228 + (2E^{-05}x) + (1E^{-06})$	0.095
Perempuan	$y = 0.0182x + 4.3946 + (3E^{-05}x) + (4E^{-05})$	0.235

Tabel 1 menjelaskan hasil nilai koefisien korelasi dan nilai analisis regresi. Berdasarkan persamaan regresi linear tersebut, sistem dapat menghasilkan output berupa nilai Hb jika diketahui nilai R dari citra digital konjungtiva.

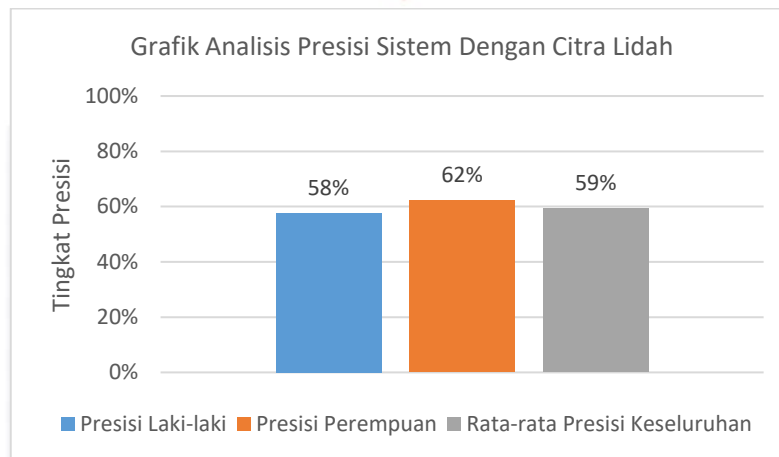
4.2. Analisis Tingkat Presisi dan Toleransi Sistem Pada Subjek Talasemia

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai warna merah pada citra konjungtiva terhadap tingkat presisi dan toleransi sistem. Komponen warna yang digunakan dalam pengujian ini adalah R. Pada perhitungan ini digunakan 78 citra digital konjungtiva laki - laki dan

45 citra digital konjungtiva perempuan yang telah diambil bagian konjungtivanya saja dengan metode manual cropping berukuran 500x500 piksel yang dilakukan pada pengolahan data.



Gambar 6. Analisis Presisi Sistem Dengan Citra Konjungtiva



Gambar 7. Grafik Analisis Presisi Sistem Dengan Citra Lidah

Tabel 2. Hasil Analisis Tingkat Akurasi dan Toleransi Sistem Pada Subjek Talasemia

Pengolahan Data	Toleransi	Akurasi
Pengolahan Data Citra Konjungtiva Laki - laki	$\pm 13,15$ %	100 %
Pengolahan Data Citra Konjungtiva Perempuan	± 15 %	100 %
Pengolahan Data Lidah Laki - laki	$\pm 13,24$ %	100 %
Pengolahan Data Lidah Perempuan	± 14 %	100 %

4.3. Analisis Tingkat Toleransi Sistem Dengan Subjek Normal

Pada pengujian ini dilakukan analisis perhitungan tingkat toleransi sistem menggunakan persamaan regresi linear yang sama dengan pengolahan data pada subjek talasemia. Pada analisis ini digunakan citra konjungtiva pada subjek normal yang didapatkan melalui penelitian sebelumnya. Dengan jumlah 46 citra konjungtiva laki – laki usia diatas 18 tahun dan 45 citra konjungtiva perempuan diatas 18 tahun. Ukuran citra yang digunakan 2704x4800 piksel. Data yang digunakan adalah nilai komponen warna HSV yang kemudian dikonversikan menjadi RGB untuk dianalisis nilai komponen warna R saja. Tabel 3 menunjukkan tingkat toleransi yang dihasilkan sistem.

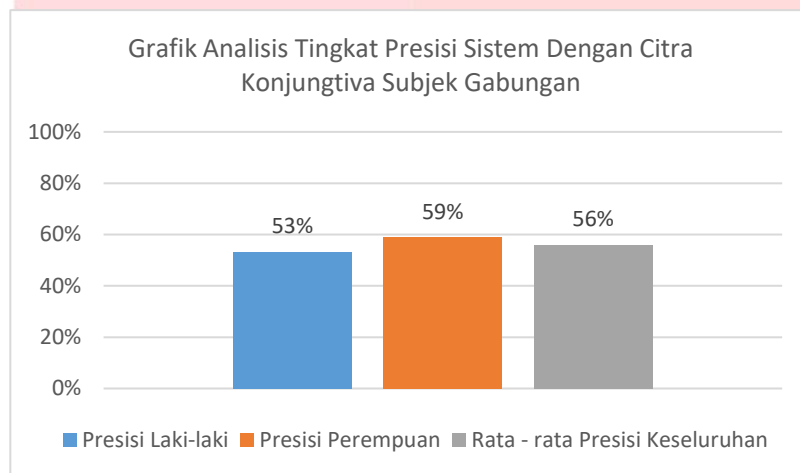
Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisis Toleransi Sistem Dengan Subjek Normal

Jenis Kelamin	Persamaan Regresi Linear	Toleransi
Laki - laki	$y = 0.0057x + 6.228 + 2E^{-05}x + 1E^{-06}$	$\pm 55\%$
Perempuan	$y = 0.0182x + 4.3946 + 3E^{-05}x + 4E^{-05}$	$\pm 44\%$

Dari tabel 3 dapat kita lihat bahwa tingkat toleransi sistem pada citra konjungtiva untuk laki - laki sebesar 55% dan pada citra konjungtiva perempuan sebesar 44%. Hasil nilai toleransi sistem terendah dihasilkan oleh data citra konjungtiva normal perempuan.

4.4. Analisis Tingkat Presisi dan Toleransi Sistem Dengan Subjek Gabungan

Pada pengujian ini dilakukan analisis tingkat presisi sistem dengan subjek talasemia dan normal yang digabungkan. Pada analisis ini digunakan total 214 citra konjungtiva dengan pembagian 124 citra konjungtiva laki – laki dan 90 citra konjungtiva perempuan.



Gambar 8. Grafik Analisis Tingkat Presisi Sistem Dengan Citra Konjungtiva Subjek Gabungan

Pada gambar 8 dapat kita lihat bahwa tingkat presisi sistem yang dihasilkan oleh laki – laki sebesar 53% dan pada perempuan sebesar 59%. Dengan nilai rata – rata presisi keseluruhan sebesar 56%, maka tingkat presisi sistem tertinggi didapatkan oleh jenis kelamin perempuan. Hal ini menandakan bahwa sistem bekerja paling baik pada citra konjungtiva perempuan.

Tabel 4. Tabel Hasil Analisis Tingkat Toleransi & Akurasi Sistem Pada Subjek Gabungan

Jenis Kelamin	Persamaan Regresi	Toleransi	Akurasi
Laki – laki	$y = 0.1181x - 8.2744 - 2E^{-05}x - 5E^{-05}$	$\pm 26\%$	23%
Perempuan	$y = 0.1139x - 7.9681 + 1E^{-05}x + 1E^{-05}$	$\pm 20\%$	31%

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa tingkat toleransi terendah didapatkan pada jenis kelamin perempuan sebesar 20% dengan tingkat akurasi tertinggi sebesar 31%. Hal ini menandakan bahwa analisis sistem ini bekerja baik pada citra konjungtiva perempuan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada citra laki-laki dihasilkan oleh komponen warna R nilai koefisien korelasi (r) 0.095. Sedangkan pada perempuan menghasilkan nilai koefisien korelasi (r) 0.235.
2. Sistem memiliki tingkat rata - rata presisi keseluruhan sebesar 49% dan tingkat akurasi sistem sebesar 100% dengan toleransi terkecil senilai $\pm 13,15\%$ menggunakan citra digital konjungtiva anak penderita talasemia.
3. Sistem memiliki tingkat rata - rata presisi keseluruhan sebesar 59% dan tingkat akurasi sistem sebesar 100% dengan toleransi terkecil senilai $\pm 13,24\%$ menggunakan citra digital lidah anak penderita talasemia.
4. Data citra konjungtiva orang normal berusia di atas 18 tahun tidak relevan untuk diolah secara optimal oleh sistem bila menggunakan persamaan regresi yang sama dengan sistem untuk anak penderita talasemia karena hasil toleransi terkecil yang dihasilkan sistem masih dikatakan sangat tinggi sebesar $\pm 44\%$.
5. Pada sistem dengan subjek gabungan memiliki tingkat rata – rata presisi sistem sebesar 56% dengan nilai toleransi terkecil sebesar $\pm 20\%$ sehingga masih diperlukan optimalisasi sistem lebih lanjut untuk menghasilkan tingkat presisi yang lebih tinggi.
6. Faktor lain seperti, tingkat fokus kamera yang rendah, tingkat blur yang tinggi akibat goncangan kamera, dan kurangnya intensitas pencahayaan yang mendukung di rumah sakit tempat penulis melakukan pengambilan data mempengaruhi hasil citra yang berlanjut pada pengolahan data, rendahnya tingkat presisi sistem, dan tingkat akurasi sistem.

Referensi:

- [1] C. A. Hastings, J. C. Torkildson, and A. K. Agrawal, Handbook of Pediatric Hematology and Oncology: Children's Hospital & Research Center Oakland: Second Edition. 2012.
- [2] D. Agrawal and R. Sarode, "Complete Blood Count or Complete Blood Count with Differential: What's the Difference?," Am. J. Med., vol. 130, no. 8, pp. 915–916, 2017, doi: 10.1016/j.amjmed.2017.03.049.
- [3] I. Mawaldi, "Perancangan Sistem Deteksi Anemia Dengan Pengolahan Citra Digital Konjungtiva," Universitas Telkom, 2016.
- [4] R. LoCicero, "Thalassemia," U.S. National Library of Medicine, 2018.
- [5] E. C. Pearce, "Anatomi Dan Fisiologi Untuk Paramedis." PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2011.
- [6] R. Nall and D. Sullivan, "Hemoglobin Levels: What's Considered Normal?," 2020.
- [7] D. Putra, Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: ANDI, 2010
- [8] J. Supranto, "Statistik teori dan aplikasi. Edisi 7. Jilid 2," Jakarta. Erlangga, 2010.
- [9] S. Sugiyono, "Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R & D," Bandung Alf., 2007.