

PERHITUNGAN SEL DARAH MERAH BERTUMPUK BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DENGAN OPERASI MORFOLOGI

Koredianto Usman

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu, Dayeuh Kolot, Bandung, Jawa Barat

e-mail: kru@stttelkom.ac.id

Abstrak

Pada beberapa penelitian terdahulu telah diupayakan untuk melakukan otomatisasi perhitungan sel darah merah berdasarkan pengolahan citra digital. Perhitungan otomatis yang dilakukan pada kondisi di mana sel darah merah terisolasi, namun akurasi ini menurun pada kasus di mana beberapa sel darah merah tampak bertumpuk. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi perhitungan sel darah merah pada kondisi tersebut. Bertumpuknya sel darah merah pada citra yang diamati, secara garis besar dapat dikategorikan sebagai bertumpuk sebagian kecilnya, bertumpuk sebagian besarnya, dan bertumpuk kurang lebih setengahnya. Untuk ketiga kategori ini, pengolahan citra secara morfologi seperti operasi dilatasi dan erosi dapat membantu memisahkan dua atau lebih sel darah merah yang bertumpuk. Pada penelitian ini, citra diakuisisi dengan webcam yang lensanya dihadapkan pada okuler dari mikroskop optik. Video streaming yang ditangkap oleh webcam di-capture oleh komputer dengan bantuan software Matlab. Selanjutnya citra ini yang kemudian diproses. Sistem yang diimplementasikan ini kemudian diujikan dengan 30 macam citra. Hasil perhitungan dibandingkan dengan perhitungan manual diperoleh tingkat akurasi dengan margin kesalahan sekitar 0,9. Dengan demikian hasil ini merupakan perbaikan dari penelitian sebelumnya yang belum mengkompensasi sel darah yang bertumpuk. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan yang kuat untuk pengembangan ke arah sistem otomatisasi perhitungan sel darah yang akurat, praktis dan ekonomis.

Kata Kunci: *Sel Darah Merah, Citra Digital, Operasi Morfologi*

1. PENDAHULUAN

Penelitian di bidang biomedika di Indonesia masih tergolong masih sedikit, terlebih lagi dalam bidang yang berhubungan dengan laboratorium klinis. Di sini lain, kebutuhan akan kemudahan, kepraktisan serta keakuratan pada masa sekarang ini sudah menjadi sesuatu yang dianggap sebagai kebutuhan. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, di sisi lain, membuka terobosan-terobosan baru di berbagai bidang, termasuk pula di bidang medis. Di bidang yang berhubungan dengan laboratorium klinis, beberapa topik yang menarik serta menantang di antaranya adalah analisis citra sel darah. Analisis meliputi upaya perhitungan, separasi macam-macam sel darah, sampai kepada analisis bentuk-bentuk sel darah untuk mengetahui kelainan-kelainan yang mungkin terjadi. Khususnya pada bidang otomatisasi perhitungan sel darah merah, teknik ini akan sangat berguna dalam membantu tugas dari para medis atau analis laboratorium. Selama ini perhitungan yang menggunakan mikroskop optik masih dilakukan secara manual dengan menghitung jumlah sel darah yang tampak pada mikroskop pada setiap bidang pandang. Perhitungan ini dilakukan 6-12 kali pada bidang pandang yang berbeda dengan mengeserkan preparat sehingga diperoleh hasil kesimpulan yang cukup akurat. Kelelahan mata atau pun kecil serta banyaknya sel darah mengakibatkan sering terjadinya kesalahan pada perhitungan manual ini. Penelitian tentang otomatisasi perhitungan sel darah merah di antaranya telah dilakukan oleh

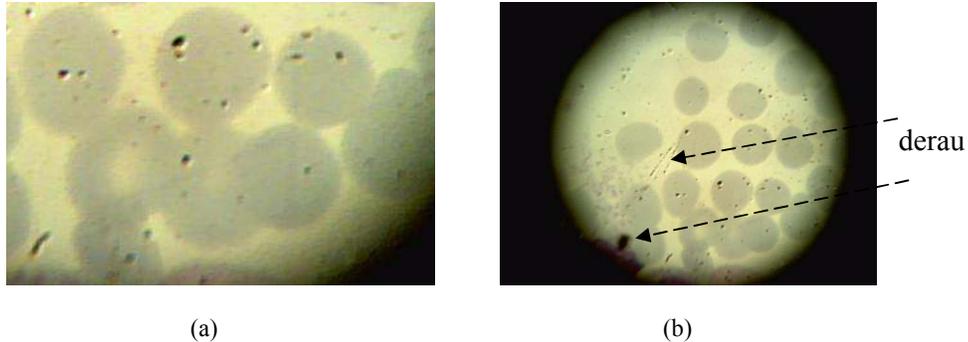
2. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang otomatisasi perhitungan sel darah merah di antaranya adalah Laila Madyo [3] dan Hartadi [1]. Penelitian lain yang terkait dilakukan pula oleh Garcia [2] dan Halici [5]. Laila melakukan studi awal perhitungan sel darah merah berdasarkan informasi warna dan ukuran sel. Hartadi mengembangkan sistem secara independen tapi menggunakan basis perhitungan yang sama yaitu warna dan ukuran sel. Baik Laila maupun Hartadi melakukan perhitungan secara off-line, dalam arti citra yang diolah berasal dari file gambar. Di samping itu kedua penelitian ini belum mengoreksi kesalahan perhitungan akibat adanya sel darah yang bertumpuk. Persamaan lainnya dari kedua penelitian ini adalah derau yang ditambahkan pada citra digital adalah derau buatan atau artifisial. Hartadi melaporkan tingkat akurasi perhitungan pada kisaran 80% sedangkan Laila pada kisaran 85%. Tentunya akurasi akan lebih kecil seandainya jumlah citra sel darah yang bertumpuk diperbanyak.

Garcia [2] di sisi lain melaporkan tentang kajian teoritis dan matematis yang berhubungan dengan operasi morfologi yang dapat dimanfaatkan untuk perhitungan sel darah. Namun Garcia tidak mencoba pendekatan

tersebut pada perhitungan sel darah secara aktual. Halici melaporkan tentang perhitungan sel darah berdasarkan algoritma *differensial*. Algoritma ini ditujukan untuk mendeteksi tepi dari sel darah merah yang bertumpuk. Halici juga belum menerapkan algoritma tersebut untuk perhitungan sel darah secara aktual.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Laila, dan secara tidak langsung juga merupakan pengembangan dari penelitian Hartadi. Di samping ditujukan untuk mengurangi ketidakakuratan akibat sel darah merah yang bertumpuk, penelitian ini juga menggunakan data yang diambil secara nyata dari laboratorium klinik. Dengan demikian, derau yang terdapat pada citra adalah derau yang sebenarnya, bukan derau artifisial. Pemrosesan awal atau *pre-processing* dipilih sedemikian sehingga derau-derau yang ada berkurang secara maksimal. Gambar 1.a memperlihatkan contoh gambar citra sel darah merah yang bertumpuk, sedangkan Gambar 1.b memperlihatkan beberapa derau yang tampak pada citra saat akuisisi.



Gambar 1. (a). Citra sel darah merah. Beberapa sel tampak bertumpuk.
(b). Hasil akuisisi citra. Derau tampak pada gambar berupa butiran-butiran, garis, serta bintik.

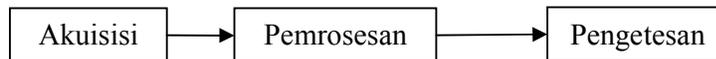
3. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar, tahapan percobaan dan simulasi yang dilakukan meliputi tahap akuisisi, tahap pengolahan dan tahap pengesanan.

Tahap akuisisi dilakukan akuisisi adalah tahap yang dilakukan untuk memperoleh gambar. Tahap ini meliputi konfigurasi peralatan preparat, mikroskop, *webcam* dan komputer, pengaktifan *webcam* sampai dengan *capture*-an gambar.

Tahap pemrosesan meliputi pemrosesan awal, yaitu tahap yang dilakukan untuk membersihkan gambar, membuang latar belakang yang tidak perlu, mengkompensasi warna dan memisahkan sel darah merah, sel darah putih, dan plasma darah. Tahap pemrosesan awal ini sangat penting dalam menentukan tingkat akurasi dari sistem. Tahap selanjutnya adalah tahap perhitungan yang merupakan lanjutan dari tahap pemrosesan awal. Proses morfologi dalam memisahkan sel darah dilakukan di sini.

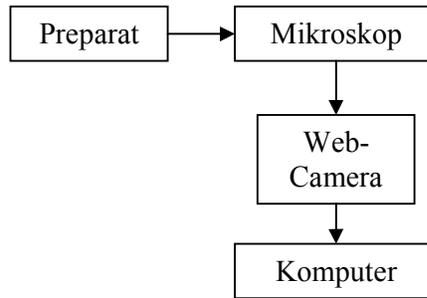
Setelah sistem berjalan sesuai dengan harapan, sistem kemudian diujicobakan pada berbagai macam citra sel darah. Blok diagram keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2: Tahapan percobaan secara umum.

3.1 Tahap akuisisi

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [2], proses akuisisi kali ini bersifat perbaikan dari akuisisi sebelumnya, yaitu prosesnya yang *online*. Preparat yang telah diletakkan pada kaca, dilihat dengan mikroskop, setelah itu pada lensa okuler dari mikroskop diletakkan *webcam* dengan sumbu optik sejajar dengan sumbu optik dari mikroskop. Perbesaran dari mikroskop diatur pada 1000 kali (100 kali pada objektif dan 10 kali pada okuler). Dudukan *web-cam* ditopang oleh penyangga kaki tiga agar stabil. *Web-cam* kemudian dihubungkan ke komputer dengan menggunakan *port* USB. Proses pengaktifan *web-cam*, *video streaming*, dan penangkapan gambar atau *frame capture* dikendalikan oleh Matlab dengan *antar muka* ke operator berupa suatu tampilan GUI. Gambar 2 memperlihatkan skema proses akuisisi yang dijelaskan di atas. Gambar 3 memperlihatkan citra hasil akuisisi dengan skema ini. Terlihat pada Gambar 3 tersebut adalah lingkaran hitam yang menjadi latar belakang dari citra sel darah. Latar belakang ini disebabkan oleh keterbatasan lebar sudut pandang *web-cam* yang digunakan.



Gambar 3 : Skema akuisisi citra

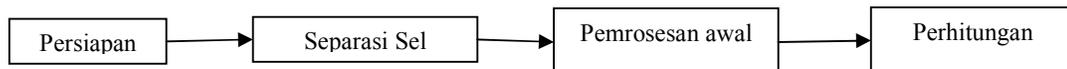


Gambar 4: Contoh gambar hasil akuisisi citra preparat dengan web-cam.

Adapun jenis web-cam yang digunakan pada penelitian ini adalah web-cam standard dengan kemampuan *auto-white balance* dan *auto light compensation*.

3.2. Tahap Pemrosesan

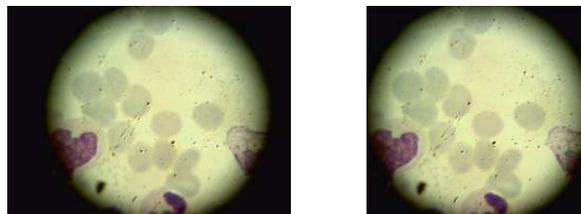
Gambar 5 memperlihatkan langkah-langkah pemrosesan.



Gambar 5: Diagram blok dari pemrosesan citra.

3.2.1 Persiapan

Tahap pembacaan awal meliputi dua proses utama yaitu pembacaan citra dan pemotongan citra (*cropping*). Pembacaan awal meliputi proses penangkapan gambar RGB citra dengan menggunakan web-cam yang dikendalikan dari program GUI di Matlab. Sedangkan pemotongan citra dilakukan untuk menghilangkan sebagian dari gambar latar belakang yang berwarna hitam dari citra hasil akuisisi. Gambar 6 memperlihatkan kedua proses ini. Pemotongan citra dilakukan secara otomatis dengan menjumlahkan intensitas piksel secara vertikal dan horizontal. Oleh karena warna hitam menunjukkan intensitas rendah, dengan memberikan suatu nilai *threshold*, maka batas-batas *cropping* dapat ditentukan.



Gambar 6: a. Citra asli b. Citra hasil *cropping*.

3.2.2 Separasi sel

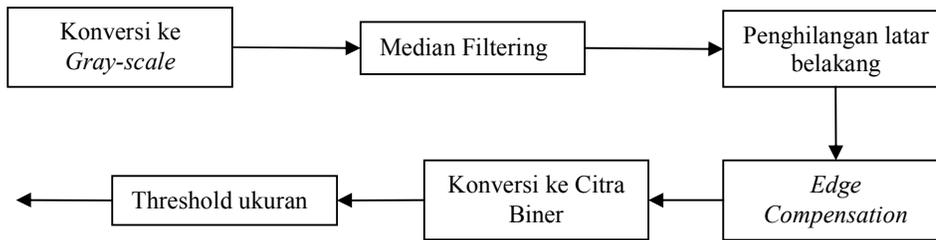
Tahap ini dilakukan untuk memisahkan sel darah merah terhadap sel darah putih dan plasma darah atau trombosit. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan perbedaan warna dan ukuran dari ketiga macam sel darah tersebut. Diharapkan setelah pemisahan ini dilakukan, proses analisis dan perhitungan sel darah merah akan lebih mudah dilakukan. Target keluaran dari langkah ini adalah citra sel darah merah saja. Tabel 1 memperlihatkan rata-rata nilai intensitas dari komponen *Red*, *Green* dan *Blue* dari hasil akuisisi. Gambar 7 memperlihatkan contoh citra sel darah merah yang telah dibersihkan dari sel darah putih dan trombosit.

Tabel 1: Nilai intensitas rata-rata dari komponen warna pada citra akuisisi

No	Element	Intensitas Merah Rata-Rata (R)	Intensitas Hijau Rata-rata (G)	Intensitas Biru Rata-rata (B)
1.	Latar belakang hitam	10	8	11
2.	Latar depan putih	220	209	150
3.	Sel Darah Merah	169	167	132
4.	Sel Darah Putih Warna Tua	102	54	91
5.	Sel Darah Putih Warna Muda	202	169	129
6.	Trombosit Tua	163	127	113
7.	Trombosit Muda	150	124	118

3.3.3 Pengolahan Awal (*Pre-Processing*)

Berdasarkan karakteristik citra yang akuisisi, maka pemrosesan awal yang dilakukan sebelum proses perhitungan meliputi: konversi dari citra warna ke abu-abu, peningkatan kontras, penghilangan derau dengan filter median, pembuangan latar belakang hitam, pengkompensasian tepi, konversi ke citra biner, dan *threshold* ukuran. Tahapan tersebut dijelaskan pada blok diagram Gambar 7.



Gambar 7: Blok diagram dari pemrosesan awal

a). Konversi ke Gray-Scale

Konversi ini berguna untuk menyederhanakan tiga lapisan warna pada citra RGB menjadi 1 lapisan intensitas pada citra *Gray-scale*.

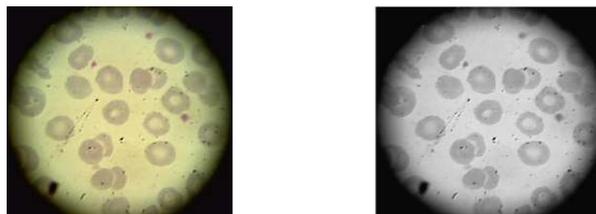
Konversi dari RGB ke Gray-scale ini mengikuti persamaan:

$$I = a.R + b.G + c.B \quad (1)$$

Dengan I menyatakan intensitas citra Gray-scale, a , b , dan c berturut-turut adalah konstanta konversi yang memenuhi:

$$a + b + c = 1 \quad (2)$$

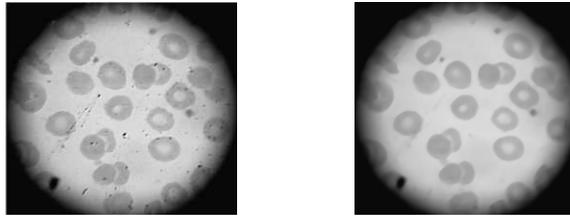
dan R, G, B adalah intensitas pada lapisan *red*, *green* dan *blue* dari citra asal. Nilai tipikal yang diambil adalah $a = 1$, $b = 0$ dan $c = 0$. Dengan demikian, $I = R$.



Gambar 8: Konversi RGB ke Gray-scale. Kiri: Citra RGB; Kanan: Citra *Gray-scale*

b). Penghilangan noise.

Pada citra yang diperoleh, terdapat derau atau *noise* yang berasal dari kesalahan pada proses akuisisi. Kesalahan yang dimaksud di sini adalah debu atau kotoran yang menempel baik pada permukaan lensa web-cam maupun pada sensor citra pada *web-cam*. Derau ini berupa lingkaran hitam serta bintik-bintik hitam kecil pada citra, serta beberapa derau yang berupa garis tipis. Derau bintik-bintik kecil serta garis tipis dapat dihilangkan dengan operasi filter median [4]. Pada penelitian ini, setelah dilakukan beberapa kali percobaan empiris, ditetapkan ukuran kernel 14 bagi filter median yang dapat mengurangi noise tanpa mengubah citra asli secara signifikan. Gambar 9 memperlihatkan hasil median filter dengan kernel 14. Dampak sampingan dari median filtering adalah tepi dari citra menjadi lebih kabur.



Gambar 9: Peningkatan Kontras dengan Ekualisasi Histogram. Kiri: Citra asli; Kanan: Citra hasil ekualisasi histogram.

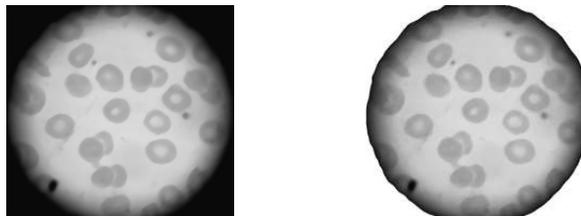
c). Penghilangan Latar Belakang

Penghilangan latar belakang secara teknis perlu dilakukan untuk membantu proses thresholding saat konversi ke citra hitam putih menjadi lebih akurat. Adapun proses penghilangan latar belakang ini dilakukan secara sederhana yaitu dengan cara menyeleksi intensitas piksel yang kurang dari suatu harga. Hal ini dimungkinkan karena latar belakang untuk kasus ini adalah warna hitam.

$$I < \alpha \quad (3)$$

Dengan α adalah suatu harga threshold hitam.

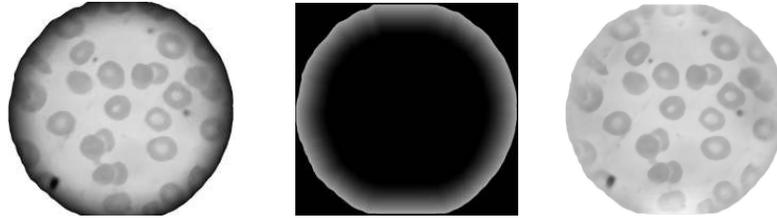
Gambar 10 memperlihatkan hasil penghilangan latar belakang dengan α adalah 17.



Gambar 10: Penghilangan latar belakang hitam. Kiri: Citra sebelum; Kanan: Hasil Pembersihan

d). Kompensasi Tepi

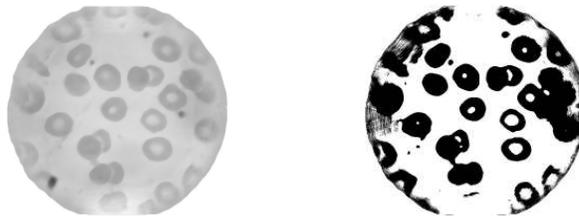
Pada Gambar 10, terlihat adanya semacam lingkaran hitam pada keliling luar dari citra hasil pembersihan. Kondisi ini menyebabkan proses thresholding saat akan dikonversikan menjadi sulit. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah kompensasi khususnya untuk mengurangi warna lingkaran hitam pada keliling luar dari citra hasil pembersihan. Kompensasi ini dilakukan dengan membentuk lingkaran-lingkaran konsentrik dengan intensitas yang terdegradasi sesuai dengan statistik intensitas warna pada citra asli. Gambar 11 mengilustrasikan proses kompensasi ini.



Gambar 11: Kompensasi tepi. (a). Citra asal (b). Lingkaran kompensasi (c). Hasil kompensasi, yaitu penjumlahan dari citra asal dan lingkaran kompensasi

e). Konversi citra ke *Black-White*

Hasil dari kompensasi di atas selanjutnya dikonversi ke hitam putih. Konversi ke hitam putih ini dilakukan dengan penyeleksian intensitas piksel dengan suatu *threshold*. Pada penelitian ini, *threshold* dipilih harga yang mendekati intensitas piksel rata-rata. Diharapkan agar citra sel darah merah menjadi hitam dan yang bukan menjadi putih. Hasil konversi adalah seperti pada Gambar 12.



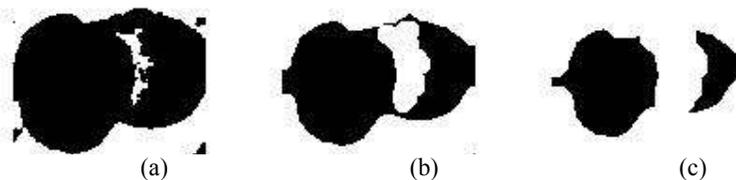
Gambar 12: Konversi ke hitam-putih. Kiri: Citra asal; Kanan: Citra hasil.

Citra hitam putih ini adalah keluaran terakhir dari pemrosesan awal.

3.3. Tahap Perhitungan

Perhitungan dilakukan pada citra hitam putih hasil terakhir dari pemrosesan awal. Tahap perhitungan diawali dengan proses penlabelan dari setiap objek yang terdapat pada citra hitam putih. Objek hitam yang tidak terhubung dengan objek hitam yang lain diberi label berbeda. Banyaknya objek adalah sama dengan banyaknya objek hitam yang tidak terhubung. Tahap perhitungan dimulai dengan membuang titik titik hitam kecil yang bukan bagian dari sel darah merah atau dengan kata lain objek dengan label tertentu dengan jumlah yang kecil. Setelah itu diteliti objek yang berukuran terlalu besar dari ukuran rata-rata suatu sel darah merah. Objek yang besar ini diduga sebagai sel darah merah yang bertumpuk. Selanjutnya pada sel yang diduga bertumpuk ini dilakukan proses peng-erosi-an citra setahap demi setahap. Proses ini diulangi beberapa kali sampai akhirnya diperoleh dua atau lebih objek. Dengan demikian perhitungan dapat dikoreksi. Pada kasus di mana proses erosi gagal memberikan dua atau lebih objek, maka dianggap bahwa objek semula adalah satu sel dengan ukuran yang lebih besar dari rata-rata. Diasumsikan bahwa ukuran sel ini menjadi besar akibat adanya ketidaksempurnaan pada pemrosesan awal.

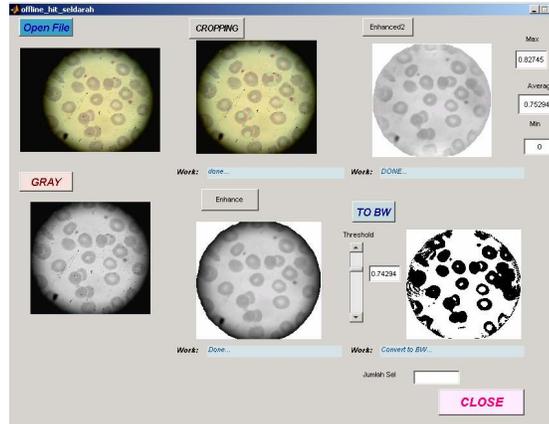
Gambar 13 memperlihatkan proses erosi yang dilakukan secara bertahap dengan kernel berukuran 6.



Gambar 13: Tahapan pemisahan citra dengan operasi Erosi. a). Citra yang bertumpuk b). Konversi ke citra hitam-putih c). Proses erosi dengan kernel 6 d). Erosi citra c) dengan kernel 6.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem perangkat lunak yang dikembangkan berdasarkan blok diagram dari tahap persiapan sampai tahap perhitungan dikembangkan dengan software Matlab 7.1. Ada pun interface dari program adalah seperti pada Gambar 14.



Gambar 14: Interface program penghitungan sel darah merah

Kemudian program yang telah diimplementasikan ini diujicobakan pada dua macam data yang berbeda, yaitu data tanpa sel darah merah yang bertumpuk (12 gambar) dan data dengan sel darah merah bertumpuk (9 gambar). Untuk masing-masing gambar, jumlah sel darah merah dihitung secara manual dengan melihat langsung, setelah itu gambar ini dianalisis dengan software yang dikembangkan. Hasil percobaan ini diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Margin kesalahan di sini menunjukkan tingkat akurasi program. Nilai margin kesalahan 0,67 secara garis besar berarti bahwa dalam 10 kali percobaan akan diperoleh 6 sampai 7 kali hasil di mana perbedaan antara perhitungan manual dan otomatis berbeda 1. Sedangkan 4 atau 3 kali percobaan sisanya kedua metode memberikan hasil yang sama.

Tabel 2: Perbandingan perhitungan sel darah merah secara manual dan otomatis pada data tanpa sel darah merah bertumpuk.

Nama File	Manual	Hitung	Error
NormalA	22	21	1
NormalB	21	21	0
NormalD	28	28	0
NormalE	17	18	1
NormalF	23	23	0
NormalG	22	23	1
NormalH	26	26	0
NormalI	30	30	0
AnemiaB	20	19	1
AnemiaC	22	21	1
AnemiaD	20	18	2
AnemiaE	25	24	1
Margin Kesalahan			0.67

Tabel 3: Perbandingan perhitungan sel darah merah secara manual dan otomatis pada data sel darah merah bertumpuk.

Nama File	Manual	Otomatis	Error
AnemiaF	23	23	0
AnemiaG	24	22	2
AnemiaJ	28	28	0
AnemiaK	22	20	2
AnemiaL	27	28	1
AnemiaM	20	19	1
AnemiaN	26	24	2
BertumpukA	23	23	0
BertumpukB	23	23	0
Margin Kesalahan			0.89

5. KESIMPULAN DAN PENGEMBANGAN

Berdasarkan percobaan yang dilakukan serta pengalaman empiris yang diperoleh selama percobaan dapat disimpulkan beberapa poin berikut:

5.1. Kesimpulan

- Program telah cukup berhasil dalam meningkatkan akurasi perhitungan dengan memperbaiki algoritma penelitian sebelumnya.
- Operasi morfologis termasuk operasi yang sederhana dengan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi yaitu dengan margin kesalahan sekitar 0,67 pada kondisi tanpa sel darah merah bertumpuk, dan 0,89 pada kondisi dengan adanya sel darah merah bertumpuk.
- Kesalahan perhitungan lebih banyak disebabkan karena kontribusi dari pemrosesan awal yang kurang sempurna. Oleh karena itu, pada masa yang akan datang, perlu kiranya dikembangkan skema pemrosesan awal yang lebih baik.
- Hasil-hasil pengujian memberikan indikasi yang positif tentang kemungkinan pengembangan berikutnya dari penelitian ini.

5.2. Pengembangan

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh, beberapa hal yang perlu dilakukan di masa yang akan datang adalah:

- Perlu ada suatu kompensasi perhitungan jumlah sel yang diakibatkan oleh adanya keterbatasan *web-cam* yang menyebabkan latar belakang lingkaran hitam yang muncul.
- Program ini hendaknya diujicobakan pula pada citra hasil akuisisi dari mikroskop digital. Perkembangan mikroskop digital yang pesat digabungkan dengan software yang siap digunakan diharapkan dapat segera memenuhi kebutuhan dunia medis terhadap sistem alat bantu klinis yang murah dan handal.
- Pemrosesan awal dapat dikembangkan lagi, khususnya untuk kompensasi tepi
- Data uji dapat diperbanyak lagi sehingga diperoleh tingkat kepercayaan yang lebih tinggi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Diaz Hartadi, Sumardi, R.Rizal Isnanto, 2004, *Simulasi Perhitungan Sel Darah Merah*, Transmisi, Vol.8 No.2 Hal.1-6.
- [2]. Juan D. Garcia, *Working Report on the Use of Mathematical Morphology for Blood Smears Processing*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain (tanpa tahun).
- [3]. Laila Madyo Aprianti, Koredianto Usman, Hertog Nugroho, 2008, *Perhitungan Sel Darah Merah berbasis Pengolahan Citra Digital*, Prosiding Seminar Nasional IV UTY, Yogyakarta.
- [4]. Rafael Gonzalez, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Englewood Cliff, Prentice Hall
- [5] Uğur Halıcı, et al., *An Automated Differential Blood Count System using Microscopic Smear Images* (tanpa tahun)