
**DETEKSI AGLUTINASI SECARA OTOMATIS
UNTUK UJI GOLONGAN DARAH TIPE ABO BERBASIS KERTAS**

**[AUTOMATIC AGGLUTINATION DETECTION FOR ABO BLOOD TYPING
BASED ON PAPER]**

Juli Handono^{1,2*}, Sastra Kusuma Wijaya³ dan Anwar Soefi Ibrahim⁴

^{1,4}Program Magister Teknologi Biomedis Universitas Indonesia, Gedung IASTH Lt. 4
Jl. Salemba Raya No. 4 Jakarta Pusat, 10430, ²Klinik Kesehatan LPMP Sumatera Selatan
Kemendikbud RI, ³Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Indonesia

*Korespondensi : juli.handono@gmail.com

ABSTRACT

The research is the early study of development of automatic detection for the paper-based agglutination devices as a determinant of ABO blood typing, namely the integration of the blood type test equipment based on paper chromatography and forward grouping method with agglutination detection through image processing. Paper test was made by Whatman No. 4 filter paper with three hydrophilic columns, the paper test pattern were printed by using laser printers and cutting process to make hydrophobic field, paper test printed were placed in waterproof cases that was printed with a 3D printer. Reagents anti-A, anti-B and Anti-D (rhesus) were immobilized on each hydrophilic columns. By measurement of optimization paper strips obtained the value of optimization volume of reagents immobilized and optimization of blood volume test, each 6 μ l Anti-A, Anti-B and Anti-D were immobilized on hydrophilic columns and 40 μ l amount of blood sample needed for testing. The preliminary study was produced image processing software for blood agglutination detection with Absolute Subtract Difference (ASD) method, it was designed to support single-board computer Raspberry Pi and mini camera for decision result of blood type on the display. The test results get a high accuracy by comparing the results with slide test method.

Keywords : absolute subtract difference, agglutination, blood type, whatman

ABSTRAK

Riset ini merupakan studi awal pengembangan berupa otomatisasi deteksi dari perangkat aglutinasi darah berbasis kertas sebagai penentu golongan darah tipe ABO, yaitu pengintegrasian perangkat uji golongan darah melalui kertas metode kromatografi *forward grouping* dengan perangkat deteksi aglutinasi melalui program pengolahan citra. Alat uji golongan darah dibuat dari kertas saring Whatman nomor 4 dengan tiga kolom hidrofilik. Pencetakan pola menggunakan printer laser dan dilakukan proses pemotongan untuk membuat jalur hidropobik sebagai pemisah kolom hidrofilik. Kertas diletakkan pada dudukan *waterproof* yang dicetak dengan printer 3D. Masing-masing kolom hidrofilik diimobilisasi reagen anti-A, anti-B, dan Anti-D (resus). Dengan pengukuran optimasi *paper strip*, didapatkan nilai optimasi volume reagen terimobilisasi dan optimasi volume darah uji, masing-masing 6 μ l anti-A, anti-B, dan Anti-D yang diimobilisasikan pada kolom hidrofilik serta 40 μ l jumlah sampel darah yang dibutuhkan dalam pengujian. Tahap awal dihasilkan perangkat lunak pengolahan citra aglutinasi darah metode *Absolute Subtract Difference (ASD)* yang dirancang support pemrograman dengan *single-board computer* Raspberry Pi menggunakan mini kamera sehingga menghasilkan tampilan keputusan golongan darah pada display. Hasil pengujian mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi dengan membandingkan hasil pemeriksaan golongan darah metode *slide test*.

Kata kunci : absolute subtract difference, aglutinasi, golongan darah, whatman

PENDAHULUAN

Golongan darah tidak hanya sebagai identitas individu saja tetapi memiliki fungsi yang sangat penting bagi manusia. Tipe golongan darah berperan penting dalam beberapa prosedur medis terutama dalam pemberian transfusi darah, meskipun perlakuan uji silang atau *crossmatch* harus tetap dilakukan untuk kesesuaian antara donor dan resipien. Selain itu dengan semakin berkembangnya penelitian tentang fungsi golongan darah, jenis golongan darah juga dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan tentang genetik, kesehatan, diet dan penentuan sifat serta karakteristik manusia yang dapat dikembangkan dalam berbagai tipe golongan darah (Tsuchimine *et al.*, 2008).

Pemeriksaan pengujian tipe golongan darah direpresentasikan berdasarkan sistem ABO dan *Rhesus* (D), secara umum terdapat 4 jenis golongan darah dan 2 jenis *rhesus* golongan darah yang terdapat dalam tubuh manusia meskipun adanya beberapa jenis penggolongan darah lain lagi yang diketahui ditemukan pada sebagian kecil kelompok. Tes golongan darah dilakukan dengan melakukan pengujian aglutinasi atau penggumpalan darah terhadap antigen yang didifusikan dalam cairan sel darah merah, ada beberapa metode pendifusian antigen tersebut yaitu dengan *slide test*, *tube test*, dan *gel test*. Ketiga metode tersebut dibandingkan dari segi akurasi, biaya, *point*

of care testing (tes diluar laboatorium), maupun proses interpretasinya, penggunaan *paper strip test* dinilai lebih efisien dalam waktu dan tahapan prosesnya (Songjaroen dan Laiwattanapaisal, 2016). Penggunaan *paper strip test* telah banyak digunakan dalam pengujian darah lainnya, seperti glukosa, asam urat, kolesterol dan lain-lain.

Pengembangan *paper strip* pertama kali dilakukan pada tahun 1956 untuk tes laboratorium sebagai biosensor cairan tubuh yaitu untuk mendeteksi glukosa dalam urin (Liana *et al.*, 2012). Penggunaan *dry paper strip* mulai digunakan untuk tes analisis yang fokus terhadap penyakit dan fungsi organ tubuh seperti fungsi ginjal, liver, infeksi saluran kemih dan metabolisme karbohidrat (Puglia, 2000). Sementara untuk tes penentuan tipe golongan darah menggunakan *paper test* mulai dikembangkan di Australia tahun 2010, metode yang digunakan adalah analisa transpor aglutinasi darah dengan menggunakan 3 cabang strip sebagai membran dengan jarak masing-masing strip 60 derajat (Khan *et al.*, 2010). Selanjutnya mulai dikembangkan perangkat *thermoplastic chips* (Kline *et al.*, 2008) dan *microfluidics* (Chen *et al.*, 2015) dengan tingkat kerumitan pabrikasinya. Pengembangan *paper strip test* selanjutnya adalah di Thailand tahun 2015 dan 2016 dengan mengembangkan perangkat analitis berbasis kertas (*Paper based Analytical Devices, PADs*) dengan pemanfaatan proses

reverse grouping dan *forward grouping* golongan darah (Noiphung *et al.*, 2015; Songjaroen dan Laiwattanapaisal, 2016). Metode tersebut cukup menambah tingkat keakurasian dalam penentuan golongan darah, tetapi tahapan prosesnya lebih lama karena melalui dua kali pendifusian yaitu untuk serum dan sel darahnya.

Metode *forward grouping* dan *reverse grouping* merupakan metode pemeriksaan konfirmasi golongan darah yang dilakukan terhadap sel darah merah dan serumnya secara terpisah, *forward grouping* menggunakan antibodi golongan darah untuk sel darah merah, sedangkan *reverse grouping* menggunakan reagen sel untuk pemeriksaan serumnya. Metode *forward grouping* saja sudah dapat menentukan tipe golongan darah seperti halnya pada metode pemeriksaan *slide test*. Dengan hanya menggunakan *forward grouping* diharapkan dapat mempersingkat waktu proses pemeriksaan.

Penggunaan kertas saring atau kertas selulosa sebagai media adsorpsi antibodi dan darah sampel dalam pemeriksaan golongan darah menjadi penting dalam pemilihan jenis yang digunakan. Penggunaan kertas Whatman nomor 1 (Khan *et al.*, 2010) dan Whatman nomor 4 (Noiphung *et al.*, 2015; Songjaroen dan Laiwattanapaisal, 2016) telah menjadi pilihan dalam studi-studi sebelumnya. Penggunaan kertas Whatman nomor 4 dilaporkan lebih baik dalam

adsorpsi dan interpretasinya (Noiphung *et al.*, 2015).

Secara visual hasil pemeriksaan golongan darah pada *paper strip* dapat dilihat secara langsung. Interpretasi hasil dilakukan dengan mencocokkan separasi adsorpsi sebagai hasil aglutinasi dengan panduan interpretasi yang ditetapkan sebelumnya. Penggunaan alat bantu atau instrumen otomatis sebagai pengganti visual manusia sangat diperlukan untuk kemudahan dalam interpretasi dan mengurangi kesalahan interpretasi manusia. Perangkat deteksi aglutinasi golongan darah dengan menggunakan mikrokontroler sudah pernah dilakukan (Fernandes *et al.*, 2015) bahkan dengan menggunakan pembacaan telepon genggam (Guan *et al.*, 2014; Srivathsa *et al.*, 2016). Peranalngkat khusus untuk mendeteksi aglutinasi darah pada *paper strip test* diperlukan sebagai bagian dari satu kesatuan integrasi antara paper strip dan pembaca interpretasinya. Pengembangan perangkat tersebut dilakukan dengan memperhatikan dimensi paper strip yang kecil untuk memperkecil jumlah sampel yang digunakan dan penyebaran adsorpsi darah pada kertas yang tidak rata.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Material yang digunakan adalah kertas saring kualitatif Whatman nomor 4 Cat No 1004 125 circles dengan ukuran diameter 125 mm buatan GE Healthcare Companies

produksi China yang dibeli secara komersil di Jakarta, reagen anti golongan darah plasmatec monoclonal IgM ABO buatan B-JES Diagnostic UK yang dibeli dari toko alat kesehatan dan laboratorium di Jakarta, disimpan dalam suhu 4°C sebelum digunakan, darah sampel yang diambil dari 12 orang relawan dewasa meliputi A+, B+, AB+, dan O+ yang disimpan dalam tabung vacum K₃EDTA pada suhu 4°C sebelum digunakan, *aluminium foil* dari minimarket di Jakarta, Mikropipet Socorex Adjustable ukuran 1-10 µl dan 10-100 µl, Printer HP Laser jet Professional P1102 untuk mencetak desain kertas, *stopwatch*, Dudukan (*case*) kertas yang dicetak dengan printer 3 Dimensi menggunakan *Waterproofing PLA (polyactic acid)* yang dibuat oleh profesional jasa printer 3D, Meka 3D Printing, Depok, Jawa Barat.

Karena merupakan riset awal pengembangan untuk membangun perangkat keras pendeteksi aglutinasi pada paper strip, tahapan dalam riset ini baru sebatas perancangan perangkat lunak yang dikembangkan dengan menggunakan mini kamera dan pemrograman dengan *single-board computer* Raspberry Pi, melalui *library OpenCV 3.0* dengan bahasa pemrograman *Python 2.7.1*.

Metode Penelitian

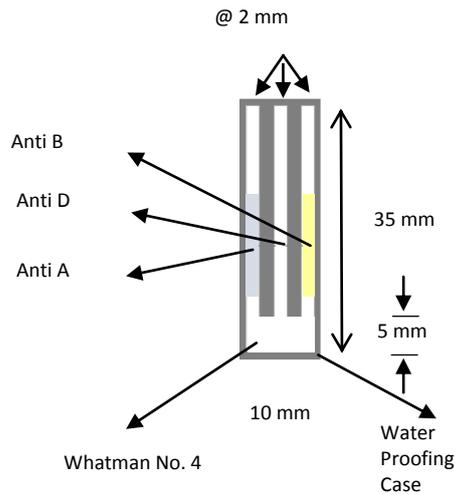
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Biomedis

Universitas Indonesia Salemba Jakarta. Data yang diambil merupakan data hasil pengujian perangkat keras paper strip terhadap waktu respon, optimasi paper strip, akurasi, terhadap kertas Whatman nomor 4 dengan desain sejajar satu arah adsorpsi dan uji *forward grouping* yang diintervensi dengan jumlah volume masing-masing reagen yang diimobilisasi dan jumlah volume sampel darah uji.

Pengkajian perangkat lunak pemrograman dengan *single-board computer* Raspberry Pi, melalui *library OpenCV 3.0* dengan bahasa pemrograman *Python 2.7.1* dilakukan dengan penyesuaian proses *threshold* dan jumlah iterasi pada *Erosion* terhadap hasil *Absolute Subtract Difference* untuk mencapai akurasi dalam keputusan deteksi aglutinasi golongan darah.

Pabrikasi Paper Strip

Pabrikasi *paper strip* dimulai dengan desain pola menggunakan *photoshop* dengan ukuran 10 x 35 mm dengan tiga kolom adsorpsi masing-masing lebar 2 mm, desain dicetak di kertas Whatman nomor 4 dengan menggunakan printer HP Laser jet Professional P1102 kemudian dipotong sesuai pola dan diletakkan di dudukan yang bersifat *water proofing*. Dudukan (*casing*) tersebut dicetak dengan printer 3 dimensi menggunakan *Waterproofing PLA (polyactic acid)*. Desain perangkat *paper strip* seperti tampak pada Gambar 1.



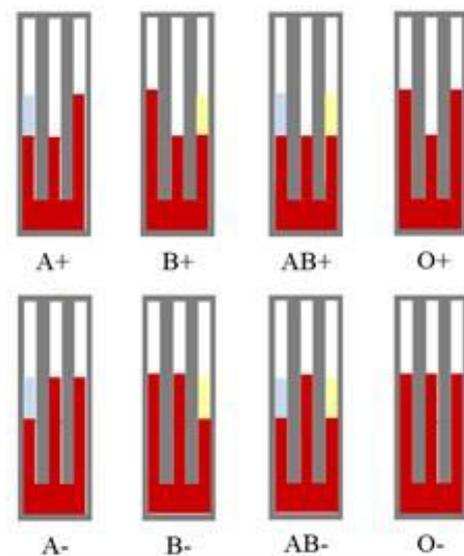
Gambar 1. Desain perangkat *paper strip*

Optimasi volume sampel darah yang dikumpulkan dilakukan dengan percobaan penyebaran adsorpsi sampel darah uji untuk mencapai titik imobilisasi reagen, terlebih dahulu dilakukan pada kertas yang belum diimobilisasi reagen dengan jumlah volume darah uji yang berbeda 20 μ l, 30 μ l, 40 μ l, 50 μ l dan 60 μ l. Nilai optimasi volume sampel darah yang diperlukan dilakukan perlakuan yang sama pada *paper strip* yang telah diimobilisasi reagen dengan volume dan iterasi 3 μ l x 1, 3 μ l x 2, 3 μ l x 3, dan 3 μ l x 4 untuk mendapatkan nilai optimasi volume reagen. Waktu berhentinya proses adsorpsi dihitung untuk setiap percobaan dengan menggunakan *stopwatch*.

Desain interpretasi dari perangkat yang dibuat seperti Gambar 2.

Perbedaan ketinggian adsorpsi darah pada kertas yang telah diimobilisasi reagen memiliki pola seperti Gambar 2. Pola yang terbentuk menjadi dasar penentuan keputusan

golongan darah. Pola tersebut terbentuk karena adanya hambatan adsorpsi darah di setiap kolom akibat terjadinya aglutinasi sebagai proses reaksi antigen-antibodi. Kesimpulan dari interpretasi tinggi kolom adalah positif terjadi aglutinasi jika kolom berukuran pendek dan negatif terjadi aglutinasi jika kolom berukuran panjang atau memenuhi semua daerah kolom.



Gambar 2. Desain interpretasi *paper strip*

Pengumpulan data akurasi dari perangkat yang dibuat dibandingkan antara kedekatan hasil interpretasi dengan data dokumentasi sampel darah uji relawan, sebelumnya diperkuat dengan metode *slide test*.

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak untuk perangkat deteksi aglutinasi darah pada paper strip merupakan rangkaian pengolahan citra dari gambar paper strip yang diambil dengan mini kamera dan pemrograman *single-board computer* Raspberry Pi, melalui *OpenCV 3.0*

dengan bahasa pemrograman *python 2.7.1*. Perancangan menggunakan *Open Source Computer Vision Library* dipilih karena *software* tersebut bersifat *Open Source* atau gratis yang dapat dijalankan pada komputer berbasis *windows* atau *linux* sama juga halnya pada *Raspberry Pi*. *OpenCV* dirancang untuk untuk efisiensi komputasi dan dengan fokus yang kuat pada aplikasi *realtime*, dan aktif untuk dikembangkan pada antarmuka *Python*, *Ruby*, *Matlab*, dan bahasa pemrograman lainnya (Bradski dan Kaehler, 2008).

Pengolahan gambar untuk menghasilkan keputusan jenis golongan darah menggunakan metode *ASD* atau *Absolute Substract Difference* yaitu teknik untuk menghitung perbedaan dari dua buah *image*, dengan mengikuti persamaan:

$$O(x,y) = |U_1(x,y) - U_2(x,y)| \dots \dots \dots (1)$$

$O(x,y)$ adalah gambar hasil *ASD*, U_1 adalah gambar *paper strip* kosong sebagai *frame* standar dan U_2 adalah gambar *paper strip* uji, semua gambar dijadikan dalam bentuk *grayscale*.

Hasil dari proses *Absolute Substract Difference* dilakukan proses *Threshold* untuk memudahkan dalam penentuan *Contour* yang didefenisikan :

$$f_0(x,y) = \begin{cases} 0, & f_1(x,y) < T \\ 255, & f_1(x,y) \geq T \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

$f_0(x,y)$ adalah gambar hasil *threshold*, dengan batasan indeks warna T dirubah menjadi 255, Selanjutnya proses *Erosion* dilakukan dengan dengan iterasi sehingga *Contour* tampak lebih jelas dalam *image black and white*, kemudian deteksi *Contour* dilakukan sebagai proses *edge detection*, sebagai berikut :

$$(_,cnts, _) = cv2.findContours(thresh.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE) \dots \dots \dots (3)$$

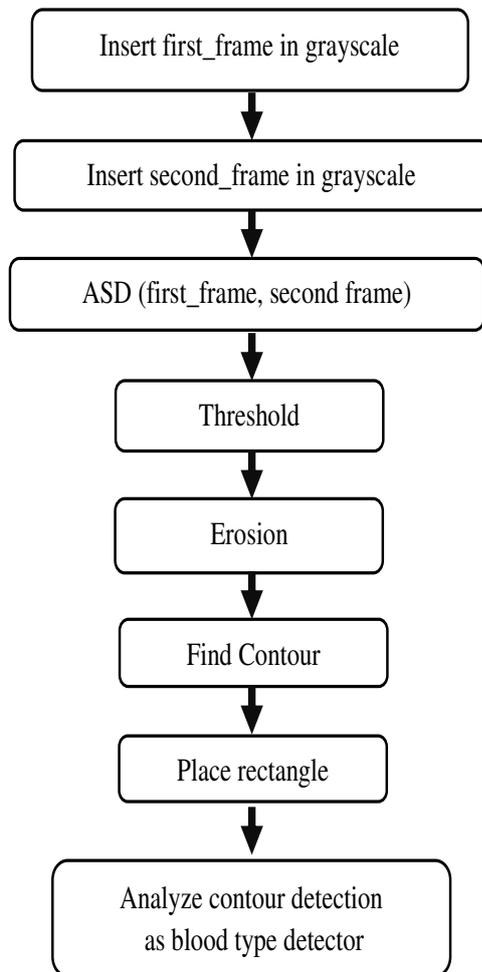
Contour yang sudah terdeteksi di *Place Rectangle* kemudian proses *Analyze contour detection* dilakukan untuk keputusan jenis golongan darah. Proses *Analyze contour detection* dengan urutan sebagai berikut :

- Mengurutkan deteksi *Contour* sebagai kolom 1, 2 dan 3
- Menentukan ketinggian masing-masing kolom dalam piksel
- Normalisasi kolom agar pada skala 0.0 sampai 1.0
- Pembulatan tinggi kolom pada 1 desimal dibelakang koma, dan
- Penentuan golongan darah berdasarkan hasil normalisasi kolom seperti Tabel 1.

Tabel 1. Analisis keputusan golongan darah

Kolom	Golongan Darah							
	A+	B+	AB+	O+	A-	B-	AB-	O-
1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	0	0	0	0	1	1	1	1
3	1	0	0	1	1	0	0	1

Sistem perancangan metode *Absolute Substract Difference* untuk keputusan golongan darah dari gambar *frame paper strip* adalah seperti pada Gambar 3.



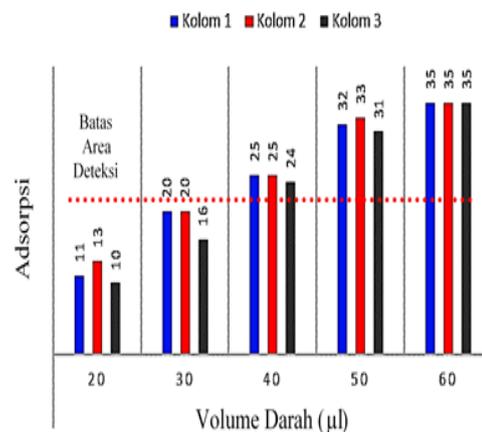
Gambar 3. Sistem perancangan metode *Absolute Substract Difference*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Paper Strip

Optimasi paper strip dilakukan dengan mengukur tingkat optimasi volume darah uji dan reagen yang diimobilisasikan. Tahap awal adalah pengukuran optimasi volume darah yang diperlukan untuk mencapai dan

melewati batas adsorpsi reagen pada strip, darah yang digunakan golongan darah A. Area adsorpsi diukur masing-masing 7 mm dari titik penyebaran adsorpsi yaitu 15 mm dari dasar paper strip sehingga batas area deteksi adalah 22 mm. Dari gambar 4 didapatkan 40 μ l merupakan volume darah yang optimal diperlukan untuk mendukung proses pertemuan antibodi-antigen antara darah uji dan reagen imobilisasi.



Gambar 4. Grafik jarak adsorpsi pada strip

Optimasi volume reagen yang diimobilisasi di setiap kolom strip dilakukan dengan mengadsorpsi berbagai volume dan iterasi 3 μ l x 1, 3 μ l x 2, 3 μ l x 3, dan 3 μ l x 4. Waktu antara iterasi adalah 15 menit pada suhu kamar. Setelah didiamkan pada suhu kamar selama 1 jam, 40 μ l darah uji dari jenis A+ dan B+ diteteskan ke strip dan dilihat proses aglutinasi yang terjadi, pengamatan agutinasi ditandai dengan separasi yang terbentuk seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Aglutinasi darah uji berdasarkan volume reagen yang diimobilisasi

(a) Setelah 1 jam imobilisasi

	Iterasi 1 (3 µl)		Iterasi 2 (6 µl)		Iterasi 3 (9 µl)		Iterasi 4 (12 µl)	
	A+	B+	A+	B+	A+	B+	A+	B+
Anti A	+	-	++	--	++	-	++	+
Anti D	-	-	+	+	+	+	++	++
Anti B	--	+	+	+	-	++	+	++
Waktu	1:12	1:13	1:12	1:14	1:12	1:12	1:13	1:12

(b) Setelah 24 jam imobilisasi

	Iterasi 1 (3 µl)		Iterasi 2 (6 µl)		Iterasi 3 (9 µl)		Iterasi 4 (12 µl)	
	A+	B+	A+	B+	A+	B+	A+	B+
Anti A	+	--	++	--	++	-	++	-
Anti D	+	-	++	++	++	++	++	++
Anti B	--	+	--	++	--	++	-	++
Waktu	1:12	1:12	1:12	1:13	1:12	1:12	1:13	1:12

- : non aglutinasi -- : non aglutinasi sempurna
+ : aglutinasi ++ : aglutinasi sempurna

Kesimpulan awal didapat 6 µl anti-A, 3 µl anti-B, dan 12 µl Anti-D merupakan volume optimal reagen yang harus diimobilisasi. Percobaan kedua dilakukan terhadap strip yang telah diimobilisasi dengan pendiaman lebih dari 24 jam dan terlebih dahulu dibungkus dengan *aluminium foil*. Dari data Tabel 2(b) volume optimal untuk pabrikan strip adalah 6 µl untuk masing-masing antigen dengan iterasi dua kali dan didiamkan selama 24 jam sebelum digunakan. Waktu yang diperlukan untuk interpretasi rata-rata 1 menit 12 detik dari penetesan sampel darah, waktu tersebut menjadi dasar waktu yang diperlukan aplikasi untuk start proses deteksi gambar.

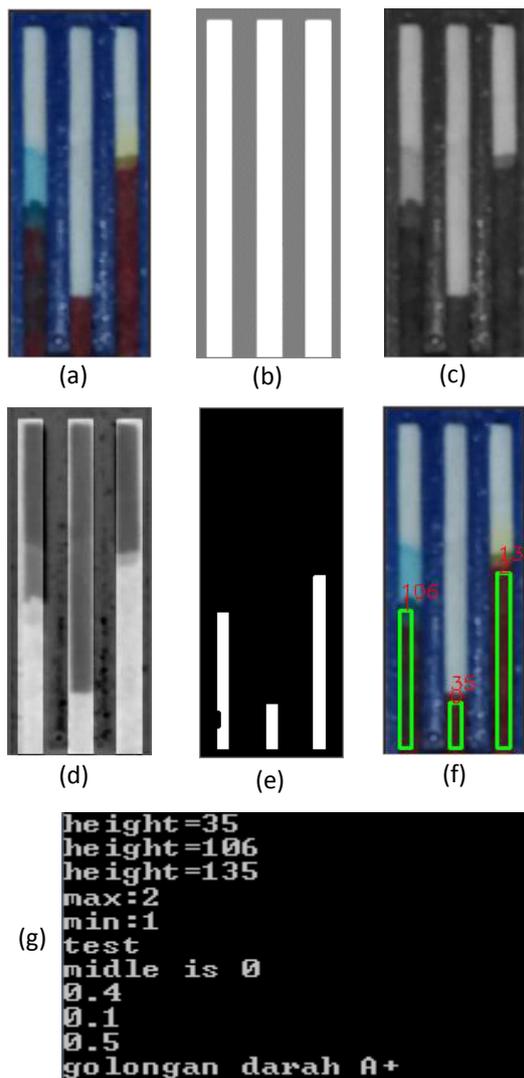
Hasil uji langsung darah sampel terhadap paper strip didapatkan golongan

darah B+ dan AB+ terdapat *discrepancy* atau ketidaksesuaian yaitu terjadi kondisi non aglutinasi yang lemah pada kinerja anti-B, kondisi tersebut dilaporkan juga pada penelitian sebelumnya (Khan *et al.*, 2010), selain hal tersebut pengaruh viskositas darah dan hematokrit juga dapat mempengaruhi kondisi di atas. Konsentrasi 24%-40% merupakan ambang konsentrasi hematokrit yang dapat dilakukan uji golongan darah (Noiphung *et al.*, 2015). Konsentrasi hematokrit, viskositas, dan kandungan komponen darah lainnya tidak diteliti dalam riset ini.

Uji Coba Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang telah diprogram dengan *library OpenCV 3.0* dan bahasa pemrograman *python 2.7.1*. yang nantinya akan dijalankan pada *single-board computer Raspberry Pi* diujicoba pada *command prompt windows 7*. Data yang diolah adalah gambar strip dari setiap uji sampel darah, gambar diambil dari mini kamera *Picamera 1.13* yang mendukung *Raspberry Pi* dengan bantuan lensa *wide + macro* untuk jarak yang dekat. Gambar dipotong sesuai dengan piksel yang sama dengan *template* atau gambar strip kosong.

Program yang disimpan dalam folder yang sama dengan data gambar uji dipanggil dan dijalankan dengan *command prompt windows 7*. Tahapan proses pengolahan citra strip uji untuk menentukan keputusan golongan darah seperti Gambar 5.



Gambar 5. (a) Gambar strip yang akan diuji (b) Gambar *template* (c) *Grayscale* (d) ASD (e) *Threshold* (f) *Place Rectangle* dan *height* (g) Hasil deteksi golongan darah.

Threshold atau ambang batas mempunyai pengaruh terhadap penilaian kepekaan pada gambar hasil ASD, semakin rendah nilai ambang batas semakin kecil *Contour* yang terdeteksi, jika nilai ambang batasnya tinggi semakin lebar *Contour* yang terdeteksi sehingga penilaian tidak efektif. Nilai ambang batas diatur sebesar 180, nilai tersebut dapat menghilangkan adsorpsi non

aglutinasi pada gambar strip yang menyebar melalui pinggir *casing* strip atau imobilisasi reagen yang tidak sempurna. Deteksi *Contour* dipengaruhi oleh jumlah iterasi pada proses *Erosion*, nilai 5 kali iterasi ditetapkan untuk memudahkan pembentukan *Place Rectangle* dan pengukuran *height*.

Tabel 3. Akurasi keputusan golongan darah

Golongan darah	Jumlah Sampel	Interpretasi paper strip		%	Interpretasi ASD		%
		Akurasi	Tidak sesuai		Akurasi	Tidak sesuai	
A	3	3	0	100	3	0	100
B	3	2	1	66.67	3	0	100
AB	3	2	1	66.67	3	0	100
O	3	3	0	100	3	0	100
Rh	12	10	2	83.33	11	1	91.67

Dari Tabel 3 akurasi yang tinggi pada interpretasi paper strip dan interpretasi dengan perangkat lunak adalah golongan darah A dan O. Golongan darah B dan AB mencapai tinggi setelah dilakukan pembacaan dengan metode ASD, demikian juga terhadap pembacaan golongan Rh, interpretasi ASD akurasi mencapai 91,67%.

KESIMPULAN

Pabrikasi *strip test* untuk uji golongan darah dibuat dengan kertas Whatman no 4 dengan tiga kolom hidrofilik dan diletakkan pada dudukan *water profiling* yang dicetak dengan printer 3D. dengan perhitungan optimasi *paper strip* masing-masing kolom hidrofilik diimobilisasi reagen anti-A, anti-B,

dan Anti-D (resus) sebanyak 6 μ l dan 40 μ l jumlah sampel darah uji, dapat mendeteksi terjadinya aglutinasi yang ditandai dengan terjadinya separasi adsorpsi.

Karena keterbatasan sampel khususnya jenis golongan darah resus negatif, untuk pembuktian jenis golongan darah negatif belum dapat dilakukan.

Bantuan aplikasi atau perangkat lunak dengan metode *Absolute Substract Difference* dalam membantu mendeteksi aglutinasi mampu meningkatkan akurasi keputusan golongan darah. Perangkat lunak yang sudah diprogram akan dilanjutkan tim dengan pembuatan perangkat keras berbasis *single-board computer* Raspberry Pi, sehingga lebih cepat dalam interpretasi dan mudah untuk dioperasikan sehingga mendukung *point of care testing* yang sudah banyak dikenal di masyarakat, seperti pemeriksaan gula darah, kolesterol dan asam urat.

SARAN

Pengembangan awal yang dilakukan dalam riset ini adalah aplikasi perangkat lunak deteksi aglutinasi darah, diharapkan dapat diteruskan dengan pembuatan perangkat keras sebagai satu kesatuan dengan *paper strip*.

Penambahan sampel darah uji dari berbagai jenis golongan darah diperlukan untuk uji sensitifitas dan spesifisitas perangkat. Dalam riset ini tidak diteliti kandungan komponen dan konsentrasi darah

sampel. Penelitian lanjutan tentang hal tersebut diperlukan untuk mengetahui bias atau penyimpangan dalam penentuan golongan darah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dana riset ini didukung oleh program Beasiswa Unggulan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dengan nomor kontrak 53532 D/A2.4/LL/2015. Kami berterima kasih kepada dr. M. Rezal, M.T atas diskusinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bradski, G., dan Kaehler, A. 2008. *Learning OpenCV 1st ed.* (L. Mike, Ed.). USA: O'Reilly Media.
- Chen, J.Y., Huang, Y.T., Chou, H.H., Wang, C.P., dan Chen, C.F. 2015. Rapid and inexpensive blood typing on thermoplastic chips. *Lab on a Chip* 15 (24) : 4533–4541.
- Fernandes, J., Pimenta, S., Soares, F. O., dan Minas, G. 2015. A complete blood typing device for automatic agglutination detection based on absorption spectrophotometry. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 64 (1) : 112–119.
- Guan, L., Tian, J., Cao, R., Li, M., Cai, Z., dan Shen, W. 2014. Barcode-like paper sensor for smartphone diagnostics: An application of blood typing. *Analytical Chemistry* 86 (22) : 11362–11367.
- Khan, M. S., Thouas, G., Shen, W., Whyte, G., dan Garnier, G. 2010. Paper diagnostic for instantaneous blood typing. *Analytical Chemistry Society* 82 (10) : 4158–4164.
- Kline, T. R., Runyon, M. K., Pothiwala, M., dan Ismagilov, R. F. 2008. ABO, D blood typing and subtyping using plug-based microfluidics. *Analytical*

Chemistry 80 (16) : 6190–6197.

- Liana, D. D., Raguse, B., Gooding, J. J., dan Chow, E. 2012. Recent advances in paper-based sensors. *Sensors Journal* 12 : 11505–11526.
- Noiphung, J., Talalak, K., Hongwarittorn, I., Pupinyo, N., Thirabowonkitphithan, P. dan Laiwattanapaisal, W. 2015. A novel paper-based assay for the simultaneous determination of Rh typing and forward and reverse ABO blood groups. *Biosensors dan Bioelectronics Journal* 67 : 485–489.
- Pugia, M. J. 2000. Technology behind diagnostic reagent strips. *Laboratory Medicine* 31 (2) : 92–96.
- Songjaroen, T. dan Laiwattanapaisal, W. 2016. Simultaneous forward and reverse ABO blood group typing using a paper-based device and barcode-like interpretation. *Analytica Chimica Acta*, 921: 67–76.
- Srivathsa, N., Member, S., dan Dendukuri, D. 2016. Automated ABO Rh-D Blood Type Detection using Smartphone Imaging for Point-of-Care Medical Diagnostics : 4345–4348.
- Tsuchimine, S., Saruwatari, J., Kaneda, A., dan Yasui-Furukori, N. 2015. ABO blood type and personality traits in healthy Japanese subjects. *PLoS ONE* 10 (5) : 1–10.
- Wang, J. 2008. Electrochemical glucose biosensors. *Chemical Review* 108 : 814–825.