

Ekstraksi Fitur *Roundness* untuk Menghitung Jumlah *Leukosit* dalam Citra Sel Darah Ikan

Achmad Noercholis, M. Aziz Muslim dan Maftuch

Abstrak— Analisa *hematology* yang mengkaji aspek anatomi, fisiologi, dan patologi darah, merupakan tahapan yang biasa dilakukan dalam bidang kedokteran untuk mengetahui kondisi kesehatan pasien. Dalam bidang perikanan analisa *hematology* bisa diterapkan sebagai *early detection system* untuk mencegah terjadinya kematian masal dalam pembudidayaan ikan. Parameter yang penting untuk diketahui dalam analisa *hematology* adalah jumlah *leukosit*. Penghitungan manual yang biasa dilakukan selama ini sangat tergantung pada keahlian dan jam terbang laboran. Kelelahan mata, bentuk yang kecil dan jumlah yang banyak seringkali menjadi faktor yang menyebabkan tingkat akurasi penghitungan berkurang. Dalam penelitian ini penghitungan otomatis dilakukan dengan pendekatan *image processing*. Tingkat *roundness*, *area* dan *perimeter* digunakan untuk membedakan antara partikel sel darah dan bukan sel darah. Tahap *preprocessing* yang dilakukan untuk meningkatkan akurasi perhitungan antara lain *dynamic contrast*, *filling* dan *opening*. Algoritma *watershed* digunakan untuk memisahkan sel yang bertumpuk. Hasil pengujian terhadap 80 citra *leukosit* ikan menghasilkan tingkat akurasi sistem yang dibangun mencapai 96,84%

Kata Kunci — pengolahan citra, *leukosit*, ikan *roundness*.

I. PENDAHULUAN

MENURUT data Kementerian Kelautan dan perikanan Indonesia wilayah kepulauan Indonesia terdiri dari 17.508 pulau besar dan kecil yang secara keseluruhan berbatasan dengan perairan. Sementara itu, panjang pantainya 81.000 km dan luas lautnya 5,8 juta km². Dengan kedudukan seperti ini Indonesia mempunyai potensi strategis dalam mengembangkan komoditas pangan yang berasal dari wilayah perairan dimasa-masa yang akan datang [1].

Perkembangan pembangunan mempunyai tantangan tersendiri bagi perairan, karena fenomena yang terjadi di perairan Indonesia semakin menurun mutunya akibat kesadaran terhadap lingkungan yang masih rendah. Pembuangan limbah baik rumah tangga maupun industri masih bermuara akhir di perairan sungai dan laut. Kerusakan demi kerusakan lingkungan perairan berakibat secara langsung pada komoditas ikan baik hasil

tangkapan di sungai, laut maupun hasil budidaya yang memanfaatkan kondisi perairan yang mutunya sudah menurun.

Kasus pencemaran Teluk Minamata di Jepang oleh logam berat yang menyebabkan penyakit teratogenik, sudah menjadi pelajaran berharga bagi umat manusia dan jangan sampai terjadi lagi. Beberapa kasus lain pencemaran bahan anorganik non logam berat serta pencemaran bahan organik juga telah mematikan populasi ikan secara masal di beberapa waduk seperti waduk Cirata di Jawa Barat dan Waduk Sengguruh di Malang. Kasus dalam pemeliharaan ikan budidaya di tambak juga seringkali mengalami kematian masal akibat serangan penyakit atau patogen yang sangat merugikan petambak. Semua kejadian diatas merupakan “kasus keterlambatan” terhadap pemantauan gejala awal yang semestinya sudah harus diketahui melalui “*early warning system*”.

Kasus keterlambatan terhadap pemantauan gejala awal ikan-ikan yang tercemari dan terinfeksi oleh patogen sangat bisa difahami karena dalam bidang perikanan masih belum mengembangkan instrument yang berbasis “*early detection system*”. Pada manusia *early detection system* menggunakan *hematology* dapat menerangkan banyak hal symptom patologis dan menjadi penanda awal gejala penyakit. Penggunaan *tool diagnostic* menggunakan *hematology* dalam kesehatan manusia dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan akurat menggunakan alat *hematology analyzer*. Hanya saja alat *hematology analyzer* ini tidak dapat diaplikasikan pada pembacaan *hematology* ikan karena eritrosit dan leukosit ikan keduanya berinti sel. Sehingga diperlukan sebuah konsep baru “*tool diagnostic*” sebagai upaya menemukan metode pembacaan *hematology* ikan yang mudah, cepat dan akurat.

Standar normal *hematology* ikan sangat diperlukan dalam melakukan diagnosis penyakit ikan secara laboratorik. Manfaat pemeriksaan darah ikan antara lain untuk membantu diagnosis suatu penyakit, mengetahui jalannya suatu penyakit, menentukan prognosa, mengetahui efek suatu pengobatan, meneliti sistem imun dan untuk mengetahui status kesehatan ikan. Adanya gangguan kesehatan maupun perubahan status fisiologi hewan sering dapat diketahui melalui komponen darahnya [2].

Pemeriksaan parameter *hematology* ikan meliputi pemeriksaan nilai hematokrit, kadar hemoglobin, jumlah sel darah merah, jumlah sel darah putih dan pengamatan parasit yang terdapat dalam darah. Selama

Achmad Noercholis adalah mahasiswa Program Magister Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang (08885503804, anoercholis@gmail.com)

M. Aziz Muslim adalah Dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang (muh_aziz@ub.ac.id)

Maftuch adalah Dosen pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya Malang (maftuch@ub.ac.id)

ini perhitungan yang dilakukan 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 untuk menghasilkan kesimpulan yang akurat. Kelelahan mata, ukuran yang kecil serta banyaknya sel darah seringkali mengakibatkan terjadinya kesalahan pada proses perhitungan secara manual.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, membuka terobosan-terobosan baru di berbagai bidang, termasuk pula 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.

Analisis citra merupakan salah satu metode dalam pengolahan citra digital. Proses pengolahan citra digital dimulai dari pembacaan citra digital, *preprocessing*, *segmentation*, *recognition* dan penghitungan jumlah sel darah merah dan sel darah putih. Untuk melakukan perhitungan jumlah sel darah putih diperlukan sebuah sistem cerdas yang mampu mengenali bentuk dari sel sel darah putih. Sel darah merah bisa dibedakan dengan sel darah putih berdasarkan tingkat kebulatannya (*roundness*). Sel darah putih cenderung berbentuk lebih bulat dan lebih kecil jika dibandingkan dengan sel darah merah [3]. Tingkat kebulatan (*roundness*) sebuah bentuk bisa dihitung berdasarkan nilai perimeter dan luas selnya [4].

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan penghitungan terhadap *leukosit*. Sel darah putih dan bentuk selain sel darah dikenali berdasarkan tingkat *roundness*, nilai *perimeter* dan luas area masing-masing selnya.

II. DASAR TEORI

A. Pengolahan Citra

Pengolahan citra (*Image Processing*) merupakan proses mengolah piksel-piksel di dalam citra digital untuk tujuan tertentu. Pada awalnya pengolahan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses komputer serta munculnya ilmu-ilmu komputasi yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra, maka *image processing* tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision*.

Seiring dengan perkembangan komputer, pengolahan citra mempunyai dua tujuan utama, (1) Memperbaiki kualitas citra, dimana citra yang dihasilkan dapat menampilkan informasi secara jelas. Hal ini berarti manusia sebagai pengolah informasi (*human perception*). (2) Mengekstraksi informasi ciri yang menonjol pada suatu citra, dimana manusia mendapatkan informasi ciri dari citra secara numerik

atau dengan kata lain komputer (mesin) melakukan interpretasi terhadap informasi yang ada pada citra melalui besaran-besaran data yang dapat dibedakan secara jelas (berupa besaran numerik).

Pengolahan citra dan pengenalan pola menjadi bagian dari proses pengenalan citra. Kedua aplikasi ini akan saling melengkapi untuk mendapatkan ciri khas dari suatu citra yang hendak dikenali.

B. Image Acquisition

Image acquisition adalah proses pengambilan citra yang akan di analisa. Berbagai macam teknik dan alat bisa digunakan tergantung tujuan pemanfaatan citra tersebut. Untuk melakukan analisa hematologis diperlukan pengamatan secara mikroskopis. Citra mikroskopis seringkali digunakan untuk diagnosis *pathology* dalam jaringan spesimen pada tingkat sel[5]. Gambar mikroskopis biasa digunakan untuk menghitung sel, analisis bentuk sel, dan analisis struktur sel dan distribusi sel [6].

C. Preprocessing

Preprocessing adalah sebuah tahapan dimana citra hasil *acquisition* di perbaiki dan disesuaikan agar hasil *pattern analysis* dan *decision* yang dilakukan semakin cepat dan akurat. Berbagai macam teknik dilakukan untuk memperbaiki dan menyesuaikan citra, beberapa diantaranya yang sering dilakukan adalah *cropping*, *gray scaling*, *edge detection*, *segmentation* dan *morphological transformation*.

D. Watershed

Konsep transformasi Watershed adalah dengan menganggap sebuah citra merupakan bentuk tiga dimensi yaitu posisi x dan y dengan masing-masing tingkatan warna yang dimilikinya. Posisi x dan y merupakan bidang dasar dan tingkat warna pixel, yang dalam hal ini adalah citra abu (gray level) merupakan ketinggian dengan anggapan bahwa nilai yang makin mendekati warna putih mempunyai ketinggian yang semakin tinggi. Dengan anggapan bentuk topografi tersebut, maka terdapat tiga macam titik yaitu :

- Titik yang merupakan minimum regional
- Titik yang merupakan tempat dimana jika setetes air dijatuhkan, maka air tersebut akan jatuh hingga ke sebuah minimum tertentu
- Titik yang merupakan dimana jika air dijatuhkan, maka air tersebut mempunyai kemungkinan jatuh ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Untuk sebuah minimum regional tertentu, sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (2) dinamakan dengan catchment basin, sedangkan sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (3) dinamakan sebagai garis watershed. Misalkan suatu citra gray level $f(x,y)$ di anggap sebagai permukaan topografi S , di mana tiap gray level dianggap sebagai kemiringan daerah (terrain elevation), dan daerah bukit bersesuaian dengan wilayah yang dimaksud, serta lembah atau basin yang menunjukkan suatu minimum. Misalkan tiap minimum

m (f) i penuh dengan lubang-lubang dan permukaan topografi S digambarkan secara vertical ke dalam suatu danau, diasumsikan dengan kecepatan konstan. Air akan mengalir dan memenuhi permukaan. Selama proses pengisian ini, air akan datang dari dua atau lebih minima yang berbeda. Bendungan (dam) terbentuk apabila air yang memenuhi dari dua catchment basin akan bergabung menjadi satu. Air mengalir mencapai tingkat yang diinginkan dan berhenti mengalir ketika bagian atas dari dam terlihat[7].

E. Roundness, Area dan Perimeter

Preprocessing adalah sebuah tahapan dimana citra hasil *acquisition* di perbaiki dan disesuaikan agar hasil *pattern analysis* dan *decision* yang dilakukan semakin cepat dan akurat. Berbagai macam teknik dilakukan untuk memperbaiki dan menyesuaikan citra, beberapa diantaranya yang sering dilakukan adalah *cropping*, *gray scaling*, *edge detection*, *segmentation* dan *morphological transformation*.

Berbagai macam parameter dan teknik telah digunakan untuk mendefinisikan karakteristik sebuah bentuk. Beberapa diantaranya adalah *aspect ratio* [8], *area-to-perimeter-squared ratio*[9], *circularity factor* [9] dan *roundness*[10]. Teknik-teknik tersebut digunakan untuk mengukur tingkat *roundness* sebuah bentuk.

Parameter *circularity (c)* yang disampaikan oleh Miller[11], senada dengan yang di sampaikan oleh Kindratenko [9] pada karakteristik *area-to-perimeter-squared ratio*. Persamaan ini juga digunakan oleh Stites[4] untuk mengetahui tingkat *roundness* sel yang mengalami mutasi dan sel normal. Salah satu cara untuk mengukur bentuk sel adalah dengan mengukur *roundness* sel. Untuk sel dengan bentuk yang tidak biasa, sulit jika proses membandingkan bentuk sel hanya dilakukan secara visual. Kebulatan dapat diukur dari gambar dua dimensi sel dengan membandingkan area sel dengan perimeternya. Persamaan (1) adalah persamaan yang digunakan Stites[4].

$$Roundness = (4\pi) \left(\frac{area}{perimeter^2} \right) (100\%) \quad (1)$$

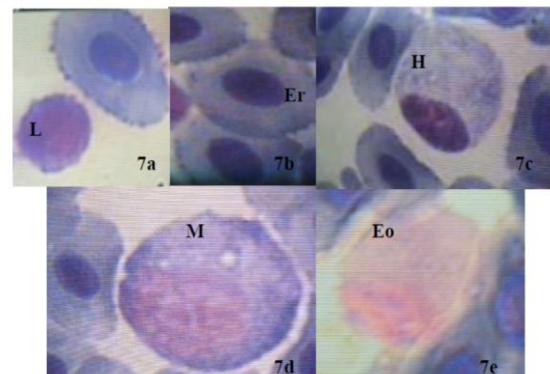
Penelitian lain yang memanfaatkan tingkat *roundness* dalam analisa karakteristik bentuk adalah Bardossy[12]. Bardossy mendedikasikan morfometri untuk kuantifikasi morfologi. Karakteristik bentuk yang digunakan dalam drainase basin morfometri berhubungan dengan kuantifikasi bentuk cekungan. Karakteristik morfometri cekungan drainase menyediakan sarana untuk menggambarkan perilaku hidrologis baskom.

F. Hematology dan Leukosit

Hematology berasal dari bahasa Romawi *hemat* yang berarti darah dan *ology* yang berarti belajar atau mempelajari [13], sedangkan Klontz[14] berpendapat bahwa *hematology* adalah ilmu yang mempelajari aspek anatomi, fisiologi, dan patologi darah. Darah adalah cairan yang terkandung dalam sistem kardiovaskular. Unsur cairan darah adalah plasma dan unsur-unsur

pembentuk darah adalah eritrosit, leukosit dan trombosit. Fungsi utama darah antara lain (1) oksigenasi jaringan, (2) gizi jaringan, (3) pemeliharaan keseimbangan asam-basa, dan (4) pembuangan produk limbah metabolisme dari jaringan. Dengan demikian, setiap disfungsi darah dapat memiliki efek buruk pada aktivitas fisiologis dari seluruh tubuh. Juga, disfungsi fisiologis tertentu dalam tubuh tercermin sebagai perubahan dalam konstituen darah, yang dapat digunakan sebagai indikator diagnostik.

Leukosit memiliki jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan sel darah merah, yaitu berkisar antara 20.000/mm³ hingga 150.000/mm³[15]. Bentuk sel darah putih adalah lonjong hingga bulat[16]. Leukosit terdiri dari agranulosit (monosit dan limfosit) dan granulosit (heterofil, eosinofi dan basofil)[17]. *Leukosit* memiliki bermacam-macam fungsi, erat kaitannya untuk menghilangkan benda asing (termasuk mikroorganisme patogen). Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah leukosit adalah kondisi dan kesehatan tubuh ikan [15]. Infiltrasi granulosit muncul 12-24 jam setelah diinjeksi oleh bakteri pada ikan rainbow trout. Setelah itu persentase granulosit dan makrofag akan meningkat hingga 2-4 hari [18].



Gambar 1. Sel darah ikan mas strain Sinyonya: 7a. Limfosit (L), 7b. Eritrosit (Er), 7c. Heterofil (H), 7d. Monosit (M), 7e. Eosinofil (Eo)[19].

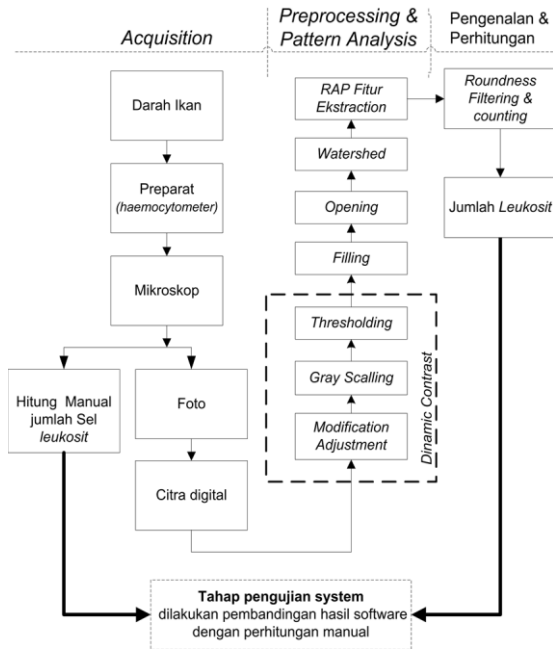
III. KERANGKA OPERASIONAL PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada kajian ini adalah metode analisa *hematology* dengan menggunakan *software* analisa. Dimana analisa secara *software* dilakukan berdasarkan pengolahan terhadap citra darah ikan dengan memanfaatkan fitur RAP untuk mengenali dan menghitung jumlah *leukosit*. Hasil penghitungan tersebut bisa digunakan sebagai bahan diagnosis terhadap kondisi ikan apakah mengalami infeksi atau tidak, mengetahui tingkat keparahan infeksi dan mengetahui kualitas air. Tahap-tahap penting yang dikerjakan pada penelitian ini adalah tahap *acquisition*, *preprocessing*, *pattern analysis*, pengenalan, penghitungan dan pengujian.

A. Acquisition

Pada tahap *acquisition* dilakukan pengambilan citra sel darah merah dan sel darah putih. Darah diambil dari

20 ikan mas koi dengan panjang antara 10 – 15 cm. Dengan perincian 10 ekor ikan telah dinyatakan secara klinis sehat dan 10 ekor telah dinyatakan secara klinis sakit.



Gambar 2. Kerangka Operasional Penelitian

B. Preprocessing

Tahap *preprocessing* dilakukan untuk memperbaiki dan menyesuaikan citra hasil *acquisition* agar tahap proses citra selanjutnya memiliki hasil yang tepat. Tahap *preprocessing* yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain *dynamic contrast*, *filling*, *opening* dan *watershed*.

C. Pattern Analysis

Pattern analysis atau analisa pola dalam penelitian ini menggunakan analisa berdasarkan bentuk sel. Fitur bentuk sel yang diekstraksi adalah fitur *roundness*, *area* dan *perimeter* sel. *Roundness* menggambarkan tingkat kebulatan sel. *Area* adalah luas dari sel darah dalam piksel sedangkan *perimeter* adalah *boundary* atau panjang keliling dari sel.

Nilai *roundness* dihitung berdasarkan persamaan (2).

$$Roundness = (4\pi) \left(\frac{area}{perimeter^2} \right) \quad (2)$$

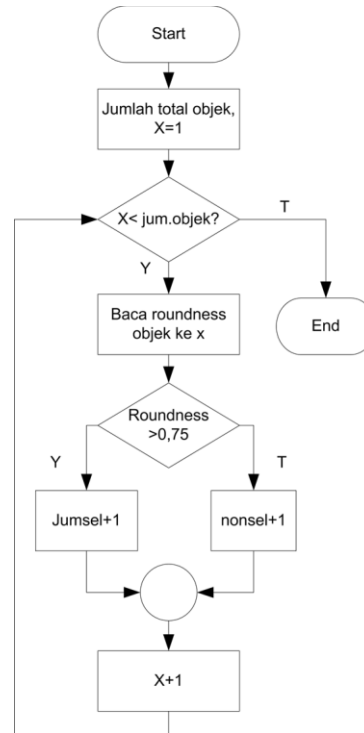
Area dihitung berdasarkan banyaknya piksel yang menempati objek sel tersebut, sedangkan *perimeter* dihitung berdasarkan banyaknya piksel disekeliling objek sel.

D. Pengenalan dan Penghitungan

Pengenalan objek yang terdeteksi dibutuhkan untuk meningkatkan akurasi hasil perhitungan sel darah. Karena tidak semua objek yang terdeteksi adalah sel darah. Tahap pengenalan dan perhitungan disajikan dalam gambar 3.

Untuk membedakan antara sel darah dan bukan sel darah digunakan nilai *roundness* hasil dari *pattern analysis*. Bentuk sel darah memiliki nilai *roundness*

yang besar karena memiliki bentuk cenderung bulat dengan luas area tertentu. Sedangkan objek bukan sel darah cenderung memiliki bentuk yang tidak teratur, sehingga memiliki nilai *roundness* yang rendah. Dari tahap ini diperoleh hasil berupa jumlah sel darah dan jumlah objek bukan sel darah.

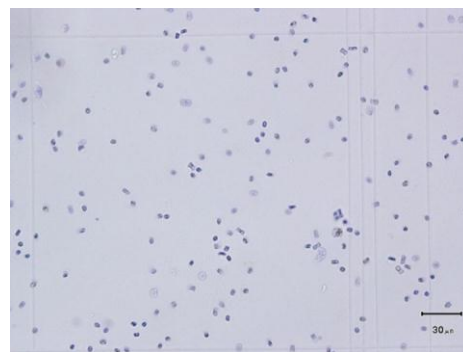


Gambar 3. Flowchart pengenalan dan penghitungan sel

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Acquisition

Gambar 4 menunjukkan beberapa citra hasil foto menggunakan mikroskop digital Olympus BX-41.



Gambar 4. Contoh hasil acquisition

Dimensi dari setiap citra yang diperoleh adalah 1600 X 1200 piksel dengan kisaran ukuran antara 1,5 sampai 1,85 MB.

Pada tahap ini proses penghitungan jumlah *leukosit* secara manual dilakukan menggunakan dua teknik, yang pertama menggunakan *hand tolly* dan yang kedua menggunakan teknik pelabelan. Penghitungan menggunakan *hand tolly* adalah yang umum dilakukan dilaboratorium karena prosesnya relatif lebih cepat, tapi hasilnya kurang akurat, karena tergantung pada

leukosit, sedangkan yang memiliki nilai *roundness* di bawah 0,75 bukan lah *leukosit*. Hasil perbandingan dengan penghitungan manual, tingkat akurasi penghitungan menggunakan sistem lebih tinggi, proses penghitungan pun jadi lebih mudah dan lebih cepat. Tingkat akurasi penghitungan menggunakan sistem mencapai 96,84% sedangkan penghitungan manual memiliki tingkat akurasi 90,73%.

TABEL I
PENGUJIAN TINGKAT AKURASI PENGHITUNGAN JUMLAH LEUKOSIT ANTARA SISTEM MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DENGAN PAKAR MENGGUNAKAN HAND TOLLY DENGAN TEKNIK PELABELAN SEBAGAI ACUAN KEBENARAN.

Objek penelitian	Jumlah Leukosit dalam 4 citra untuk 1 ikan		
	Pelabelan	Sistem	Pakar
ikan 1	795	770	701
ikan 2	813	755	653
ikan 3	792	744	652
ikan 4	791	732	629
ikan 5	757	723	645
ikan 6	778	769	716
ikan 7	763	750	693
ikan 8	826	794	718
ikan 9	741	675	565
ikan 10	781	692	559
ikan 11	1827	1774	1677
ikan 12	1806	1753	1656
ikan 13	1788	1736	1640
ikan 14	1867	1810	1709
ikan 15	1815	1766	1673
ikan 16	1807	1802	1753
ikan 17	1743	1717	1647
ikan 18	1769	1757	1701
ikan 19	1747	1688	1585
ikan 20	1767	1752	1693
Total	25773	24959	23265
Selisih dengan pelabelan		814	2508
Tingkat error		3.16%	9.73%

Masih banyak hal yang bisa dikembangkan untuk memperbaiki penelitian yang telah dilakukan, diantaranya dengan mengembangkan teknik *acquisition*, dalam bentuk pengintegrasian sistem yang telah dibangun dengan mikroskop, sehingga analisa *haematology* bisa dilakukan secara langsung tanpa pengambilan citra. Pengembangan yang lain bisa dilakukan dengan mengkaji seluruh parameter *hematology* dalam satu aplikasi, bukan hanya jumlah *leukosit* saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2010, "Renstra KKP 2010 – 2014", Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- [2] Meyer D. J., Harvey J.W., 1998, "Veterinary Laboratory Medicine Interpretation and Diagnosis".
- [3] Nash, Gerrad B., Egginton, Stuart, a, 1993, "Comparative Rheology Of Human and Trout Red Blood Cells", Department of Haematology and Department of Physiology, The Medical School, University of Birmingham.
- [4] Stites, J., D. Wessels, A. Uhl, T. Egelhoff, D. Shutt, and D. R. Soll. 1998. "Phosphorylation of the Dictyostelium myosin II heavy chain is necessary for maintaining cellular polarity and suppressing turning during chemotaxis. *Cell Motility and the Cytoskeleton*" **39**:31-51
- [5] Toennies, K.D. 2012, "Guide to Medical Image Analysis, Advances in Computer Vision and Pattern Recognition", DOI 10.1007/978-1-4471-2751-2_2, © Springer-Verlag London Limited.
- [6] Török P, Kao FJ, 2008, "Optical imaging and microscopy. Techniques and advanced systems", Springer series in optical sciences GIS approach to scale issues of perimeter-based shape indices for drainage basins.
- [7] Murinto, Harjoko Agus, 2009, "Segmentasi Citra Menggunakan Watershed dan Intensitas Filtering Sebagai Preprocessing", Seminar Nasional Informatika (semnasIF 2009) ISSN: 1979-2328, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [8] Hentschel M. L., Page N. W. 2003. Selection of descriptors for particle shape characterization. *Part. Part. Syst.*
- [9] Kindratenko V. 1997. "Development and application of image analysis techniques for identification and classification of microscopic particles". Ph.D. Thesis, University of Antwerp, Belgium.
- [10] Chakrabarty R. K., Moosmüller H., Arnott W. P., Garro M. A., Walker J. 2006. Structural and fractal properties of particles emitted from spark ignition engines. *Environ. Sci. Technol.* **40**, 6647-6654.
- [11] Miller, V. C., 1953, "A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area", Virginia and Tennessee. Office of Naval Research, Geography Branch, Project no. 389-042, Tech. Report no. 3, 1-30.
- [12] Bardossy, Andras & Schmidt, Fridjof, 2002, "GIS approach to scale issues of perimeter-based shape indices for drainage basins", *Institute of Hydraulic Engineering (IWS), University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, D-70550 Stuttgart, Germany.*
- [13] Seiverd Charles E., "Hematology For Medical Technologists", Fourth Edition, Lea & Febiger, Philadelphia, 1977.
- [14] Klontz, William, 1994, "Fish Hematology", Professor of Aquaculture, Department of Fish and Wildlife Resources University of Idaho, Moscow.
- [15] Moyle PB, Cech JJ. 1988, "Fish an Introduction to Ichthyology", Second Edition. Prentice Hall: New Jersey.
- [16] Affandi R, Tang UM, 2002, "Fisiologi Hewan Air", Riau: Uni Press.
- [17] Guyton AC, Hall JE, 1997, "Buku Ajar Fisiologi Kedokteran". Setiawan I, Tengadi KA, Santoso A, penerjemah; Setiawan I, editor. Jakarta: EGC. Terjemahan dari: Textbook of Medical Physiology.
- [18] Van Muiswinkel WB, Vervoorn VDWB. "The Immune System of Fish", Di dalam: Woo PTK, Bruno DW, editor. Fish Disease and Disorders. Vol 3. Ed ke-2. UK: CABI Publishing. hlm 678-695. 2006
- [19] Vonti, Ornella, "Gambaran Darah Ikan Mas (*Cyprinus carpio linnaeus*) Strain Sinyonya yang Berasal Dari Daerah Ciampea-Bogor", Skripsi, Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor, 2008.