

Deteksi Pemain Basket Terklasifikasi Berbasis Histogram of Oriented Gradients

Nisa'ul Hafidhoh¹, Septian Enggar Sukmana²

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

^{1,2}{nisa, septian.enggar}@dsn.dinus.ac.id

Abstract— A Classified Basketball Player Detection Based on Histogram of Oriented Gradients. Nowadays, Analysis of basketball player movement may need an automatic system of information technology. That analysis system may be supported by an accurate detection system so movement mapping can be more optimal. The goal of this activity is to exploit histogram of oriented gradients (HOG) be a robust basketball player detection system in video. However, player style movement model like jumping is a challenge for this activity, so this is not just about player when runs. To overcome this challenge, Support Vector Machine (SVM) is exploited by collaboration of this method with HOG descriptor. It will be an optimal strategy to disting player by its jersey's color. Evaluation shows that 92% is for true positive rate and 40% is for false positive rate.

Keywords— basketball, computer vision, histogram of oriented gradients, player detection, support vector machine,

Abstrak— Pada olahraga basket jaman modern ini, kebutuhan analisis pergerakan pemain pada calon tim lawan olahraga basket perlu didukung oleh teknologi informasi yang mampu mengupayakan sistem yang otomatis. Analisis pergerakan pemain yang otomatis perlu didukung oleh sistem deteksi pemain yang handal dan akurat sehingga pemetaan pergerakan dapat dilakukan secara optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan metode *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) menjadi sebuah metode deteksi yang handal untuk kasus deteksi pemain basket pada video. Tantangan pada penelitian ini adalah deteksi pemain tidak hanya pada saat berjalan dan berlari namun juga pada saat melompat. Untuk memperkuat fokus dan konsistensi terhadap objek yang terdeteksi, pemanfaatan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) digunakan melalui kolaborasi terhadap HOG descriptor serta warna kostum pemain sehingga pembeda tim dari masing-masing pemain juga dapat dikenali. Tingkat akurasi dari evaluasi yang dihasilkan adalah 92% untuk *true positive rate* dan 40% untuk *false positive rate*.

Kata kunci— deteksi pemain, histogram of oriented gradients, olahraga basket, support vector machine, visi komputer

I. PENDAHULUAN

Kemenangan merupakan hal wajib dan perlu diraih bagi seluruh atlet dan pihak-pihak yang terkait. Untuk mencapai kemenangan tersebut, kerja keras berupa latihan tidaklah cukup. Analisis terhadap gaya permainan calon lawan yang dihadapi dapat menjadi modal berguna untuk mendapatkan peluang kemenangan yang lebih besar khususnya pada bidang olahraga yang bersifat duel seperti basket. Oleh karena itu pula, pihak pelatih dan stafnya harus mempersiapkan kebutuhan latihan dan strategi yang tepat untuk tim dengan salah satu bahan dasarnya adalah hasil analisis permainan calon lawan.

Analisis permainan calon lawan dapat dipelajari secara visual baik melihat permainan calon lawan tersebut secara langsung pada saat pertandingan maupun informasi yang diperoleh melalui data video pertandingan-pertandingan yang pernah dihadapi oleh calon lawan tersebut. Di samping itu bagi pihak internal tim, hal tersebut dapat menjadi keputusan untuk melakukan pendataan terhadap berbagai hal yang perlu dan tidak perlu dilakukan yang berpengaruh pada sumber latihan utama, oleh karena itu kemampuan visual menjadi salah satu komponen utama [1]. Hasil dari analisis secara visual ini dapat menimbulkan dampak luar biasa terhadap penataan posisi dan tingkah laku pergerakan pemain di lapangan pada saat pertandingan serta pengaturan *starting* dan pergantian pemain [2]. Pada penelitian [3]

mengusulkan deteksi lapangan dengan warna yang dominan untuk membantu pengolahan video olahraga.

Bagi permainan basket modern, pemanfaatan sains dan teknologi terkini juga seringkali dipakai dan dikembangkan untuk membantu menghasilkan analisis yang lebih baik. Secara dasar, penggunaan model statistik yang dikembangkan melalui teori permainan kombinatorial mampu mengoptimalkan analisis pergerakan pemain [4]. Tidak hanya secara sains semata, pemanfaatan sains yang dikembangkan dengan komputasi berbasis teori graf juga diperkenalkan oleh [5] melalui pendekatan *link prediction*. Pemanfaatan berbasis sains dan teknologi mampu merubah data yang semula bersifat mentah menjadi data yang berkembang. Data yang berkembang mampu memberikan informasi tentang pergerakan pemain di dalam lapangan [5]. Berkaitan pula dengan analisis yang dilakukan secara visual, maka pengembangan dan penelitian pergerakan pemain melalui citra digital dan visi komputer juga terus diupayakan seiring perkembangan pesat terhadap penelitian otomatisasi deteksi dan pelacakan permainan olahraga secara tim (berkelompok) [6].

Inti utama dari analisis pergerakan pemain basket adalah deteksi setiap pemain harus diupayakan sebaik mungkin khususnya pada analisis menggunakan media berupa video. Upaya tersebut secara lebih jelas ditentukan melalui perbandingan jalur lapangan dari lokasi (x, y) dari setiap pemain yang terdeteksi pada setiap frame [7] [8]. Selain itu, penguatan berupa kalibrasi juga dilakukan supaya fokus

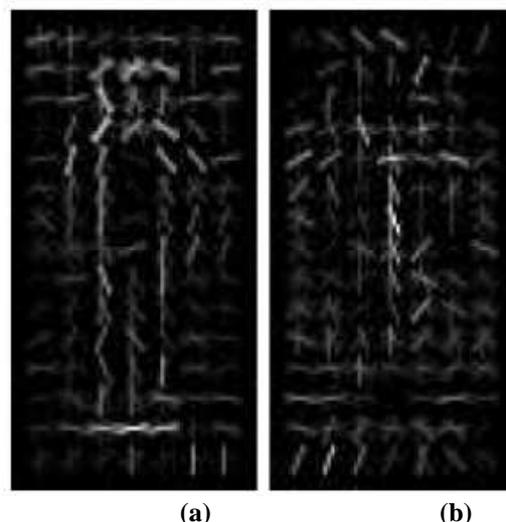
tehadap objek yang terdeteksi lebih konsisten [9]. Berbagai penelitian mengenai deteksi objek manusia telah banyak dilakukan. Viola, dkk membuat deteksi objek gerakan manusia menggunakan AdaBoost berdasarkan Haar-like wavelets dan perbedaan jarak waktu [14]. Mikolajczyk, dkk menggunakan kombinasi histogram dan gradien wajah, kepala, dan bagian badan [15]. Pendeteksian objek pejalan kaki (manusia) berbasis *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) telah dikembangkan oleh Dollar, dkk menunjukkan hasil yang cukup akurat [10]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan HOG dalam deteksi objek pemain basket.

Berbagai penelitian tentang pendeteksian objek atlet olahraga terutama berbasis pengolahan citra digital sering dilakukan seperti yang dilakukan Lu, dkk [6] dalam mengembangkan sistem deteksi dan pelacakan otomatis dengan data yang diambil langsung dari saluran penyiaran acara olahraga. Berbeda dengan penelitian tentang deteksi objek gerak dinamis lainnya, tantangan utama dalam penelitian ini adalah pendeteksian objek yang lebih dari satu sebagaimana beberapa jenis olahraga melibatkan banyak atlet dalam permainan tersebut. Deteksi dilakukan dengan memanfaatkan pelacakan berbasis *bayesian inference* dua jalur dan dua model terhadap banyak atlet olahraga dalam satu lapangan [8].

Tujuan utama deteksi pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan data yang terkait dengan posisi para pemain di lapangan. Oleh karena itu, Cai, dkk mengusulkan penguatan terhadap deteksi tiap pemain [7]. Untuk dukungan terhadap perangkat keras yang lebih baik, kalibrasi pada kamera terhadap pemain dilakukan [9].

Secara umum, HOG banyak dimanfaatkan untuk melakukan deteksi objek [11]. Berbagai macam objek diteliti melalui beberapa kegiatan. Setiap objek yang diteliti memiliki fokus utama yang berbeda, seperti contoh pada deteksi terhadap hewan dengan manusia. Dalal dan Triggs mengadopsi HOG berbasis Support Vector Machine (SVM) untuk deteksi manusia dengan fokus utama pada kepala, bahu, dan kaki yang dipantau dari kontur siluetnya [12]. SVM menghasilkan bobot yang selanjutnya diproses oleh R-HOG descriptor. HOG membutuhkan metode berbasis klasifikasi yang berfungsi sebagai bobot positif dan bobot negatif seperti pada Gambar 1.

Pengembangan HOG untuk deteksi objek manusia tidak terbatas pada perangkat lunak semata, [13] mengembangkan HOG untuk dapat dikombinasikan dengan sensor citra jenis inframerah. Sensor citra inframerah berfungsi untuk membantu mengkategorikan objek yang lebih terang daripada objek yang lain sehingga karakteristik yang dilakukan oleh HOG melalui sebuah vektor fitur dapat lebih fokus.



Gambar 1. Hasil pembobotan: a) HOG dengan bobot positif; b) SVM dengan bobot negatif [12]

Berbeda dengan [12], pengembangan HOG pada kegiatan ini tidak berfokus pada bagian tubuh tertentu, namun objek manusia dinyatakan sebagai objek yang lebih terang dibandingkan objek yang lain di lingkungan tersebut berdasarkan hasil klasifikasi SVM.

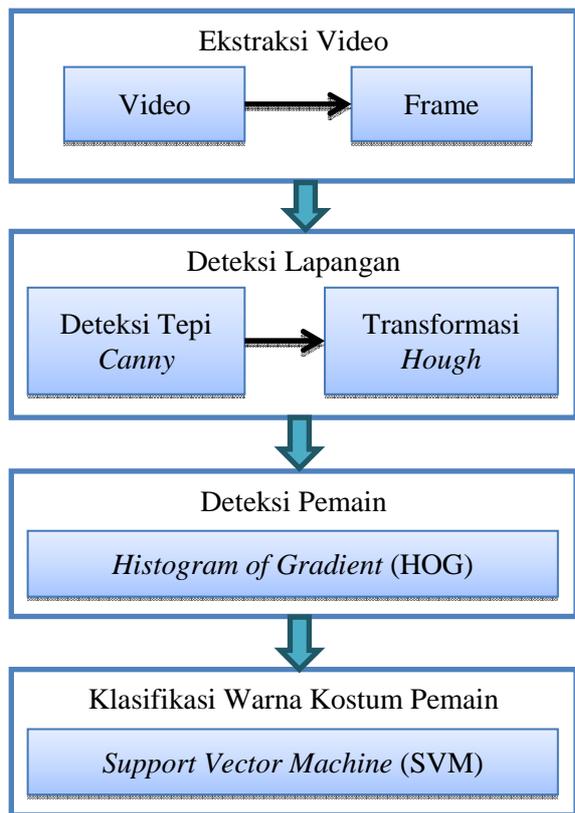
Oleh karena itu, pada penelitian ini mengusulkan pengembangan modul deteksi pemain basket menggunakan metode HOG. Proses pendeteksian dilakukan pada domain histogram dan terjaga oleh nilai gradien yang dihasilkan sehingga pendeteksian pemain dapat konsisten sesuai warna kostum yang dipakai setiap pemain. Penguatan deteksi yang dilakukan pada penelitian ini tidak mengacu pada [9] karena diperlukan kamera stereo yang justru tidak memberikan efisiensi sistem secara pembiayaan sekaligus tidak cocok diterapkan pada media jadi seperti video. Sebagai gantinya, metode SVM digunakan untuk penguatan objek yang terdeteksi karena HOG membutuhkan klasifikasi dalam prosesnya.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, antara lain: ekstraksi video, deteksi lapangan, deteksi setiap pemain dan klasifikasi warna kostum pemain. Gambar 2 merupakan alur tahapan dan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

A. Ekstraksi Video

Tahapan ini bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan video menjadi beberapa *frame*. Dari hasil ekstraksi video didapat *frame-frame* yang menjadi target citra yang akan diolah.



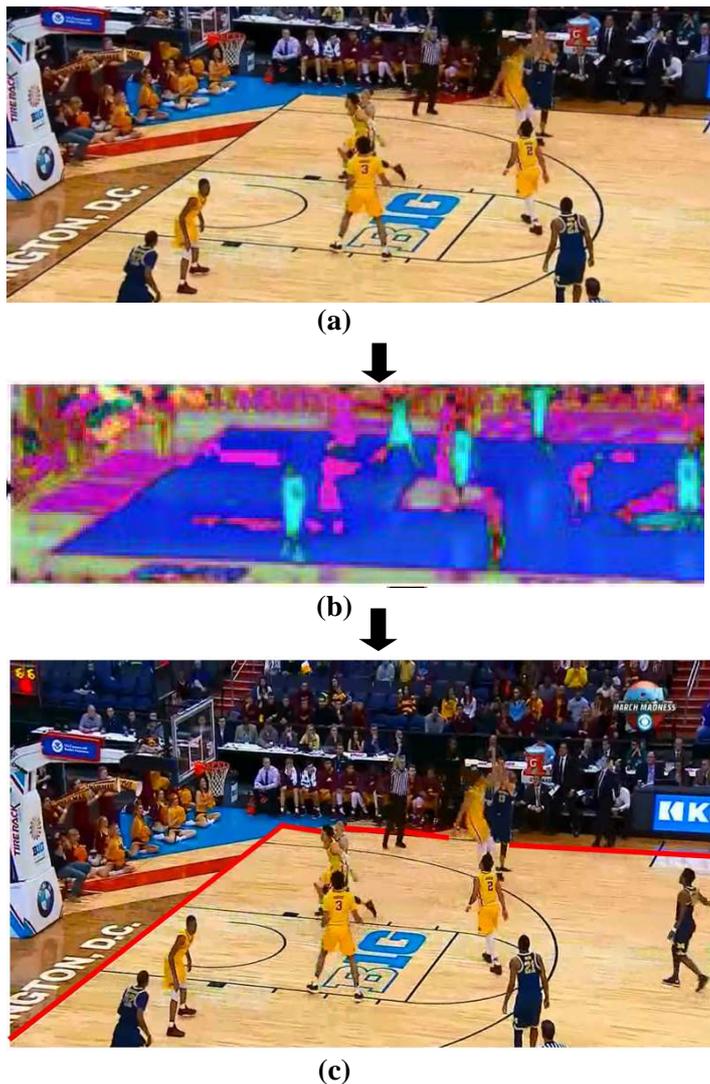
Gambar 2. Tahapan dan metode pada penelitian

B. Deteksi Lapangan

Deteksi lapangan pada penelitian ini dilakukan dengan metode deteksi tepi *Canny* dan transformasi *Hough*. Berbagai metode untuk deteksi tepi antara lain *Canny*, *Sobel*, *Prewitt*, *Laplacian*, dll [16]. Penggunaan deteksi tepi *Canny* pada penelitian ini dipilih karena keunggulan dalam mengekstrak tepian dengan berbagai variasi parameter dan memiliki hasil yang optimal [16][17]. Deteksi tepi *Canny* digunakan untuk mendeteksi garis batas pada daerah lapangan.

Selanjutnya, transformasi *Hough* diterapkan pada objek hasil deteksi tepi *Canny* untuk mendeteksi garis tegas pada bidang lapangan. Transformasi *Hough* digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi bentuk dalam gambar karena tahan terhadap gangguan [18].

Proses pada tahap ini dimulai dari konversi RGB (*red*, *green*, dan *blue*) ke HSV (*hue*, *saturation*, dan *value*) pada setiap *frame*. Proses selanjutnya adalah binerisasi berbasis bidang horisontal serta pemberian erosi dan dilasi pada setiap *frame* tersebut untuk menyingkirkan objek-objek yang tidak terkait dengan lapangan. Gambar 3 menunjukkan contoh hasil deteksi lapangan. Gambar 3.a menunjukkan *frame* yang didapat dari hasil ekstraksi video pertandingan. Selanjutnya dilakukan pengolahan HSV terhadap *frame* sehingga dihasilkan Gambar 3.b. Dari hasil pengolahan HSV dan transformasi *Hough* dideteksi bentuk lapangan dan ditandai dengan garis batas merah.



Gambar 3. Proses deteksi lapangan: a) *frame* dari video pertandingan; b) hasil pengolahan HSV; c) lapangan yang terdeteksi dari hasil pengolahan HSV dan transformasi *Hough* ditandai dengan garis batas merah.

C. Deteksi Pemain

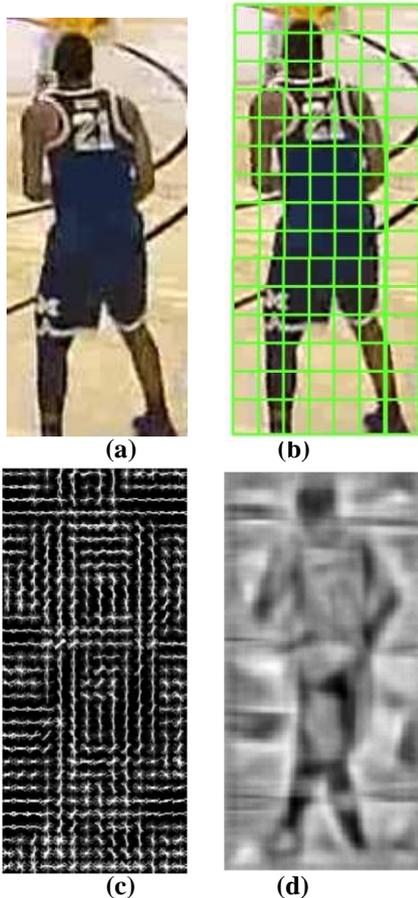
Tahapan selanjutnya adalah proses deteksi pemain. Proses ini menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) untuk mengidentifikasi objek pada sebuah citra. Pengolahan citra *frame* melalui HOG dilakukan dengan cara penghitungan gradien horisontal dan vertikal. Pencarian magnitude *g* gradien melalui Persamaan (1).

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \tag{1}$$

Sedangkan untuk arah θ menggunakan Persamaan (2)

$$\theta = \arctan \frac{g_y}{g_x} \quad (2)$$

Selanjutnya, penghitungan HOG yang diterapkan pada setiap objek pemain seperti pada Gambar 4. Setiap objek pemain dilakukan pada daerah yang terfokus pada satu pemain, sehingga konsep vektor yang berkorespondensi dengan sudut 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, dan 160 derajat dapat diterapkan secara langsung dan fokus pada setiap pemain.



Gambar 4. Penghitungan HOG: a) citra asli; b) bidang untuk mengolah frame melalui HOG; c) fitur HOG; d) hasil inverse HOG

D. Klasifikasi Warna Kostum Pemain

Hasil pada deteksi pemain menggunakan HOG belum mampu mendefinisikan seorang pemain yang bermain pada klub tertentu. Langkah yang dapat ditempuh adalah melalui identifikasi warna kostum yang dipakai oleh setiap pemain menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) melalui penggunaan *threshold* pada ruang HSV, sehingga hasil objek yang diolah HSV dan terbatas oleh *threshold* dikenali sebagai data x pada pengolahan di metode SVM. Konsep SVM yang dipakai pada kegiatan ini adalah konsep pada kasus non-linier. Ruang fitur dibentuk melalui Persamaan (3) untuk data x .

$$x \rightarrow \phi(x) \quad (3)$$

Selanjutnya, pelatihan data fitur $\phi(x)$ ditransformasikan ke y sesuai Persamaan (4).

$$f(x) = w \times \phi(x) + b \quad (4)$$

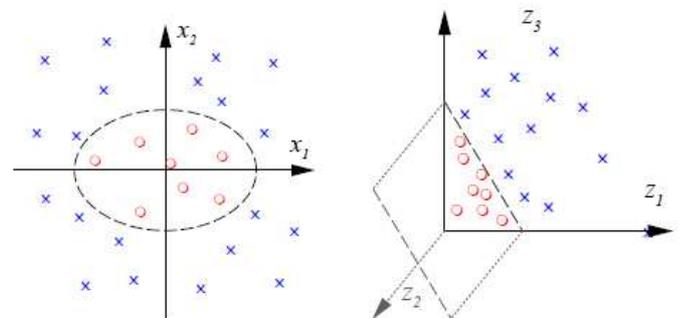
Pemetaan pada fitur terjadi pada ruang fitur yang lebih luas pada Persamaan (5).

$$\phi: R^2 \rightarrow R^3 \quad \phi: R^2 \rightarrow R^3 \quad (5)$$

Hasil pemetaan tersebut dilakukan secara polinomial sesuai Persamaan (6).

$$(x_1, x_2) \rightarrow (z_1, z_2, z_3) := (x_1^2, \sqrt{2}x_1x_2, x_2^2) \quad (6)$$

Konsep pemetaan polinomial ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konsep pemetaan polinomial pada metode SVM

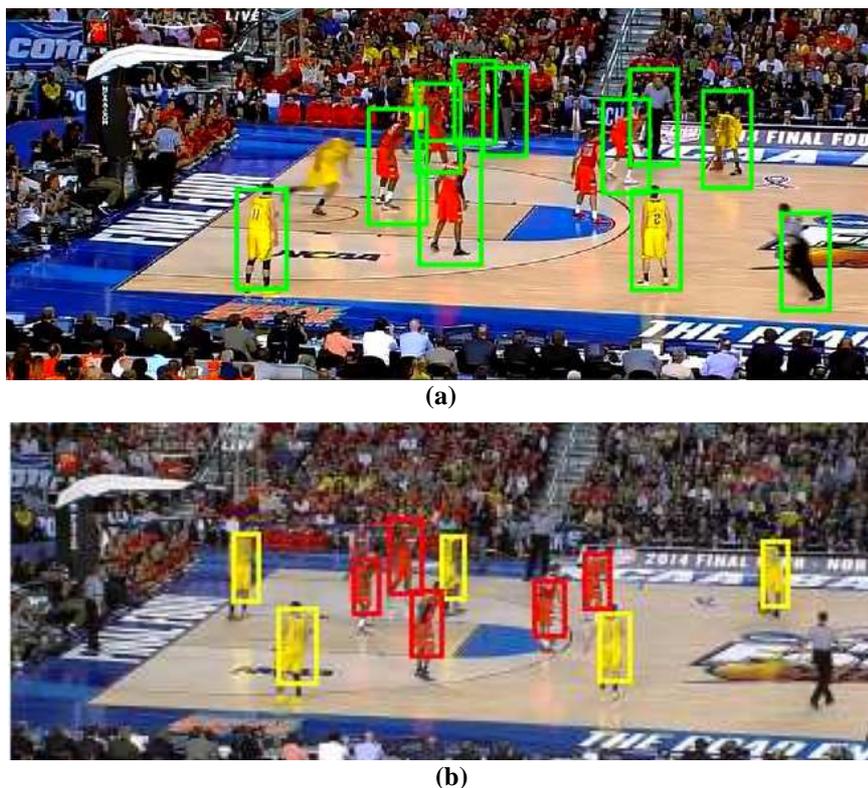
Analisis sensitivitas ditentukan dari metode ekstraksi fitur yang digunakan pada metode ini yaitu *Principal Component Analysis* (PCA), varian yang lebih besar pada ruang asli digunakan sebagai ekstraksi fitur yang mampu untuk mengurangi dimensi deteksi pemain. Penghitungan jarak *Euclidean* digunakan untuk pengukuran kemiripan *sample* data yang difokuskan untuk deteksi masing-masing pemain sesuai dengan warna kostum, sehingga nilai HSV yang diambil dari setiap sampel dengan mengacu pada warna kostum setiap tim yang bermain menjadi objek pengukuran oleh tahapan penghitungan ini. Kondisi ini pula yang akan menjadi penentu *true positive* dan *false positive* sebagai evaluasi hasil deteksi berdasarkan kondisi ruang fitur yang sesuai dengan nilai HSV pada warna data sampel yaitu kostum pemain dari tim yang bertanding. *True positive* didapatkan jika hasil deteksi objek berhasil terdeteksi sesuai objeknya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan telah dilakukan dengan menggunakan video tiga pertandingan. Untuk setiap pertandingan dilakukan evaluasi sebanyak 14.408 frame. Resolusi data yang dipakai adalah 1280 x 720 px. Adapun skenario uji coba dalam

penelitian ini adalah masukan berupa video pertandingan diekstraksi dan dilakukan konversi ke dalam beberapa frame (terhitung per detik). Selanjutnya proses deteksi dilakukan

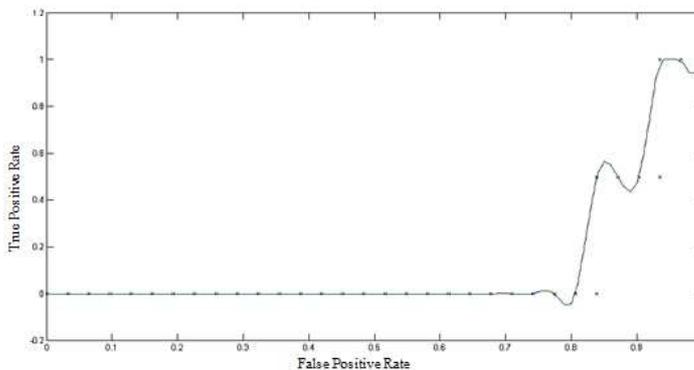
pada setiap frame sesuai dengan tahapan dalam penelitian pada Gambar 2 sehingga setiap frame memunculkan hasil deteksi tersendiri.



Gambar 6. Hasil deteksi: a) tanpa klasifikasi; b) dengan klasifikasi SVM berdasarkan HSV

Hasil penelitian menunjukkan deteksi pemain telah berhasil dilakukan seperti pada Gambar 6(a) dengan penanda khusus pada tiap pemain. Bahkan deteksi pemain tersebut telah berhasil terklasifikasi berdasarkan warna kostum jersey pada Gambar 6(b). Klasifikasi terhadap deteksi tersebut terjadi karena penilaian HSV condong kepada warna jersey setiap pemain. Selain itu, pada Gambar 6(b) menunjukkan keberhasilan deteksi ini telah fokus pada pemain basket sehingga objek non-pemain seperti wasit tidak ikut terdeteksi. Karena penilaian HSV pada wasit tidak condong pada sample warna yang dihasilkan dari pengolahan warna kostum jersey tim.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam tahap ini berhasil melakukan klasifikasi pemain yang berbeda tim berdasar dengan kecenderungan warna jersey tiap pemain dalam tim. Validasi hasil pengujian terhadap kinerja hasil klasifikasi dilakukan melalui *confusion matrix Receiver Operating Characteristic (ROC)*. Tujuan dari validasi ini adalah untuk membandingkan hasil pengujian deteksi pemain basket dan penilaiannya dilakukan dengan manual pengamatan hasil deteksi pada objek pemain tersebut. Validasi dilakukan pada seluruh deteksi pemain yang terjadi pada setiap *frame* yang telah dilakukan klasifikasi dengan kurva ROC pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva ROC untuk deteksi pemain basket di video berdasar setiap frame yang dihasilkan

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian untuk pemain yang terdeteksi sesuai objeknya (*true positive rate*) terus mengalami peningkatan dan *false positive rate* yang terus turun. Objek yang dideteksi hanyalah pemain yang berada pada batas garis tepi lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa deteksi cukup berhasil melalui metode ini dengan penghitungan *rate* berdasar gambar tersebut menghasilkan 92% untuk *true positive rate* dan 40% untuk *false positive rate*.

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini berhasil dilakukan deteksi pemain basket terklasifikasi. Kombinasi antara HOG dengan SVM berdasarkan nilai-nilai HSV telah mampu melakukan fokus deteksi hanya pada pemain dan objek non-pemain seperti wasit tidak dideteksi. Bahkan pemain yang berbeda tim juga berhasil diklasifikasikan berdasar warna kostum jersey yang berbeda. Implementasi teknik klasifikasi untuk deteksi pemain basket telah menunjukkan hasil yang cukup baik dengan nilai pengujian sebesar 92% untuk *true positive rate*.

Saran untuk kegiatan selanjutnya adalah identifikasi pemain secara individual sehingga pengembangan pemetaan tidak hanya mengelompokkan secara tim namun juga pemain secara tunggal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Dian Nuswantoro atas dukungan dalam bentuk pemenuhan fasilitas dan dana pendukung kegiatan penelitian ini melalui hibah Penelitian Internal.

REFERENSI

[1] R. Theron and L. Casares, "Visual analysis of time-motion in basketball games", in *Proceedings - 2010 10th International Symposium on Smart Graphics*, pp.196-207, 2010.

[2] J. Sampaio, T. McGarry, J.C. Gonzalez, J.S. Saiz, X.S. Alcazar and M. Balciunas, "Exploring game performance in the National Basketball Association Using Player Tracking Data", *PLoS ONE* 10(7): e0132894. doi.org/10.1371/journal.pone.0132894, 2015.

[3] A. Ekin and A.M. Tekalp, "Robust Dominant color region detection and color-based applications for sports video" in *Proceeding 2003 International Conference Image Processing*, 2003

[4] F.H.J. Kenter, "An analysis of the basketball endgame : when to foul when trailing and leading", in *MIT Sloan Sports Analytics Conference*, Boston Convention and Exhibition Center, 27-28 Februari, 2015.

[5] T. Zhang, G. Hu and Q. Liao, "Analysis of offense tactics of basketball games using link prediction", *International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, doi: 10.1109/ICIS.2013.6607842, 2013.

[6] W.L. Lu, J.A. Ting, J.J. Little and K.M. Murphy, "Learning to track and identify players from Broadcast Sports Videos", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 35, issue:7, 2011.

[7] Y. Cai, N. de Freitas, and J.J. Little, "Robust visual tracking for multiple targets", *European Conference on Computer Vision 2006*, pp 107-118, 2006.

[8] J. Xing, H. Ai, L. Liu and S. Lao, "Multiple player tracking in sports video: A dual-mode two way bayesian inference approach with progressive observation modelling", *IEEE Transactions on Image Processing*. Jun;20(6): 1652-67. doi: 10.1109/TIP.2010.2102045, 2011.

[9] M.C. Hu, M.H. Chang, J.L. Wu and L. Chi, "Robust camera calibration and player tracking in broadcast basketball video", *IEEE Transactions on Multimedia*, 13, pp.266-279, 2011.

[10] P. Dollar, C. Wojek, B. Schiele and P. Perona, "Pedestrian detection: an evaluation of state of the art", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol 34, No.4, April, 2012.

[11] R.K. McConnell, "Method of and apparatus for pattern recognition", United States Patent, US4567610 A, Jan 28, 1986.

[12] N. Dalal & B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection". *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)* vol. 2, pp. 886-893, 2005.

[13] F. Suard, A. Rakotomamonjy and A. Bensrhair, "Pedestrian detection using infrared images and histograms of oriented gradients", in *Intelligent Vehicles Symposium 2006*, Tokyo, Japan, 13-15 Juni, 2006.

[14] P. Viola, M. J. Jones, and D. Snow. "Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance". *The 9th ICCV, Nice, France*, volume 1, pages 734-741, 2003.

[15] K. Mikolajczyk, C. Schmid, and A. Zisserman. "Human detection based on a probabilistic assembly of robust part detectors". *The 8th ECCV*, volume I, pages 69-81, 2004.

[16] R. Maini & H. Aggarwal. "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques". *International Journal of Image Processing (IJIP)* Volume 3 Issue 1

[17] E. Nadernejad, "Edge Detection Techniques: Evaluations and Comparisons". *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 2, 2008, no. 31, 1507 - 1520.

[18] S. S. Shylaja, K. N. B. Murthy, S. N. Nischith, Muthuraj R, dan S Ajay (2011). Feed Forward Neural Network Based Eye Localization and Recognition Using Hough Transform. *Internasional Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No.3, March 2011.