

RANCANG BANGUN SOFTWARE ANALISIS HASIL GERAKAN *RELEASE* ATLET LEMPAR LEMBING BERBASIS *BACKGROUND SUBTRACTION*

Ardhika Ryzha Nurmawan

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : ardhikanurmawan@mhs.unesa.ac.id

Lilik Anifah

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : anifahli@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *background subtraction* pada sistem analisis hasil gerakan *release* latihan atlet lempar lembing. Implementasi metode *background subtraction* pada sistem ini berbasis pengolahan citra digital. Data yang diproses adalah video atlet dari ketika lari membawa lembing sampai selesai pelepasan lembing. Pengambilan data dilakukan dengan kamera statis yang posisinya telah ditentukan. Jumlah sampel sebanyak 30 video atlet yang berformat .avi. Proses ini diawali dengan pengolahan citra yaitu standarisasi dimensi, *background subtraction*, *min filter*, pemilihan *foreground*, *thresholding*, dilasi dan erosi. Hasil pengolahan citra digunakan untuk melakukan deteksi objek, yang kemudian dijadikan masukan dalam menghasilkan keluaran sistem. Pada pengujian sistem didapatkan bahwa sistem telah berhasil mendeteksi atlet pada semua data sampel. Dari pengujian deteksi atlet dihasilkan data tinggi gerakan atlet ketika *release* dan sudut lembing ketika *release*. Hasil dari sistem disimpan kedalam *database* yang berisi tanggal analisis, jenis kelamin, nama atlet, jauh lemparan, tinggi gerakan atlet ketika *release* dan sudut pelepasan lembing.

Kata Kunci : Lempar Lembing, Jarak, Sudut Pelepasan, *Background Subtraction*

Abstract

This study aims to implement the background subtraction method in the analysis system resulting from release movement of javelin throwing athletes. Implementation of background subtraction method on this system based on digital image processing. The data processed is the video of athletes from when they run carrying javelin until to the release of javelin is complete. Data retrieval is done by static cameras whose positions have been determined. The number of samples is 30 videos of athletes training in the .avi format. This process begins with image processing, namely standardization of dimensions, background subtraction, min filter, foreground selection, thresholding, dilation and erosion. Image processing results are used to detect objects, which are then used as input in generating system output. In testing the system it was found that the system had successfully detected athletes in all sample data. From the detection test the athlete produced athlete's movement height when released and javelin release angle. The results of the system are stored in the database containing the analysis time, athlete's name, gender, throw distance, athlete's movement height when released and javelin release angle.

Keywords : Javelin Thrower, Distance, Release Angle, Background Subtraction

PENDAHULUAN

Pada proses pembelajaran teknik lempar lembing, seorang pelatih perlu melakukan pengawasan khusus dan memberikan contoh gerak teknik yang baik sesuai dengan ilmu biomekanika agar tercapainya prestasi yang maksimal. Kualitas latihan merupakan penopang tercapainya prestasi olahraga, sedangkan kualitas latihan sendiri ditopang oleh faktor internal yaitu kemampuan atlet (bakat dan motivasi) serta faktor eksternal yaitu yang meliputi pengetahuan dan kepribadian pelatih, fasilitas, pemanfaatan hasil riset dan pertandingan (Djoko Pekik Irianto, 2002:8).

Beberapa pelatih yang ada di klub-klub atletik di daerah, ketika dalam menganalisa hasil latihan atletnya belum menggunakan alat bantu perekam dan penganalisa gerak yang baik. Tidak menutup kemungkinan seringkali dalam menganalisa pergerakan hanya menggunakan indra penglihatan, yaitu mata dalam proses analisa latihan atletnya. Hal ini terasa kurang maksimal dikarenakan mata mempunyai keterbatasan. Salah satu teknologi yang dapat membantu kinerja pelatih yaitu menggunakan kamera video yang berfungsi untuk merekam atlet ketika melakukan lempar lembing, kemudian video tersebut dapat dianalisis

menggunakan sistem analisis perangkat lunak yang dapat membantu pelatih dalam menganalisa pergerakan atlet, sehingga pelatih akan lebih cepat dan mudah memberikan evaluasi teknik serta mengetahui hal-hal yang menghalangi atau menghambat efisiensi teknik.

Berdasarkan latar belakang diatas, dilakukan penelitian tentang pembuatan software yang berfungsi untuk membantu pelatih menganalisis hasil latihan atlet lempar lembing. Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini berjudul “Rancang Bangun Software Analisis Hasil Gerakan Release Atlet Lempar Lembing Berbasis *Background Subtraction*”. Penerapan metode tersebut pada sistem analisis ini bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan interferensi *background* pada gerakan *release* atlet. Dengan demikian pergerakan atlet akan lebih mudah dilihat dan di analisis. Hasil analisis yang diharapkan adalah berupa frame yang menampilkan tinggi ketika gerakan *release* dan sudut lembing atlet ketika gerakan *release*. Dan software ini berbasiskan pengolahan citra digital dalam perosesan/analisis video hasil latihan atlet lempar lembing. Diharapkan dari penelitian ini mampu dihasilkan software yang aplikatif dan mudah digunakan untuk membantu pelatih dan atlet untuk menganalisis hasil latihan lempar lembing.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengolahan Citra

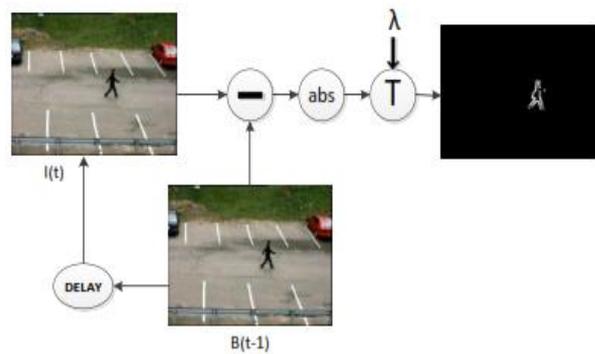
Suatu citra digital merupakan kumpulan dari deretan piksel-piksel dengan intensitas tertentu yang dalam jumlah tertentu dapat dilihat oleh pandangan mata dan menghasilkan suatu citra (Darma Putra, 2010).

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, rotasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik) melakukan pemilihan citra ciri (*feature image*) yang optimal untuk tujuan analisis (Sutoyo dkk, 2009).

Background Subtraction

Background subtraction termasuk suatu teknik yang umum digunakan untuk mendeteksi obyek yang bergerak pada video dari kamera statik. Cara pendeteksiannya dilakukan dengan menemukan perbedaan antara *frame* video saat ini dengan *frame* yang dibandingkan (Piccardi, 2004). Cara pengerjaan *background subtraction* dapat diasumsikan bahwa obyek yang bergerak memiliki warna yang berbeda dari warna *background*. sehingga umumnya penggunaan algoritma *background subtraction*, mendapatkan perubahan posisi dari piksel-piksel pada waktu tertentu dari perubahan warnanya yang secara signifikan berbeda dari warna *background*. Banyak teknik yang

dikembangkan untuk menerapkan *background subtraction*.



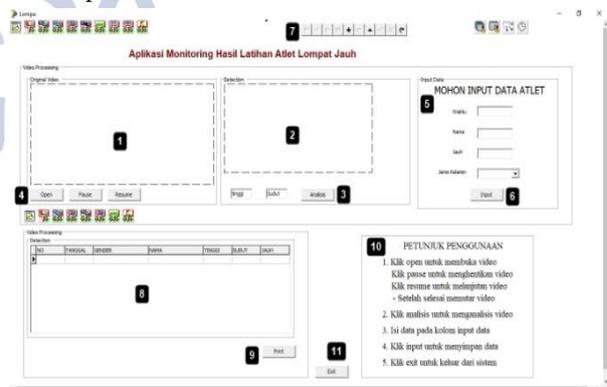
Gambar 1. Proses *background subtraction* (Sumber : Ramanan, 2013)

Selain menggunakan citra *background* statis, proses *background subtraction* dapat dilakukan dengan mengurangi *frame* terbaru dengan *frame* sebelumnya. Kemudian hasil pengurangan tersebut di *threshold* untuk mengidentifikasi objek *foreground*. Metode ini lebih mudah digunakan dan lebih adaptif. Metode ini memerlukan dua *frame* yang diambil secara berurutan dengan waktu *delay* tertentu. Objek yang diam akan dianggap sebagai *background*, sedangkan objek yang bergerak akan terdeteksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Software

Rancang bangun software dibuat menggunakan Borland Delphi7. Program software ini dapat menghitung jauh lompatan, tinggi lompatan dan sudut lompatan atlet dari video lompatan atlet serta dapat menyimpulkan hasil latihan terbaik dari data yang sudah tersimpan di database. Hasil perancangan software dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Rancangan Antarmuka Sistem (Sumber : Data Primer, 2019)

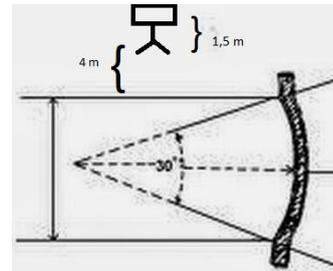
Berikut merupakan keterangan dari hasil antarmuka sistem :

1. *Original Video Display*
Adalah bagian yang berfungsi untuk menampilkan video input yang original.
2. *Video Detection Display*
Adalah bagian yang berfungsi untuk menampilkan video deteksi hasil pengolahan video.
3. Tombol Analisis
Adalah tombol yang berfungsi untuk menganalisis tinggi dan sudut pelepasan lembing dari hasil pendeteksi atlet.
4. Tombol Pemutar Video
Terdiri dari beberapa tombol yang terkait pemutar video, antara lain :
 - a) Tombol Open, Berfungsi untuk membuka video.
 - b) Tombol Pause, Berfungsi untuk menghentikan video.
 - c) Tombol Resume, Berfungsi untuk melanjutkan video.
5. Kolom Input Data Atlet
Merupakan kolom untuk memasukkan data atlet seperti waktu latihan, nama atlet dan jenis kelamin atlet.
6. Tombol Input
Adalah tombol yang berfungsi untuk menyimpan data atlet beserta data hasil latihan atlet ke dalam *database*.
7. Panel Kontrol *Database*
Adalah panel yang berisi beberapa tombol untuk mengoperasikan tabel hasil latihan atlet yang memiliki fungsi diantaranya adalah :
 - a) Tombol untuk menuju ke baris paling atas tabel
 - b) Tombol untuk menuju baris sebelumnya
 - c) Tombol untuk menuju baris sesudahnya
 - d) Tombol untuk menuju ke baris paling bawah
 - e) Tombol untuk menghapus data, dan
 - f) Tombol *refresh*.
8. Tabel *Database* Latihan
Adalah tabel yang menampilkan data hasil latihan atlet seperti waktu latihan, nama atlet, jenis kelamin, tinggi dan sudut pelepasan lembing.
9. Tombol Print
Adalah tombol yang digunakan untuk mencetak data hasil latihan atlet lempar lembing.
10. Petunjuk Penggunaan
Adalah bagian yang berisi petunjuk penggunaan software.
11. Tombol Exit
Adalah tombol untuk keluar/menutup software.

Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Lapangan atletik Universitas Negeri Surabaya menggunakan kamera DSLR Canon 700D berresolusi 1080p/30 fps. Video

yang diambil untuk diproses sebanyak 30 video dengan format .avi. Untuk posisi pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4.

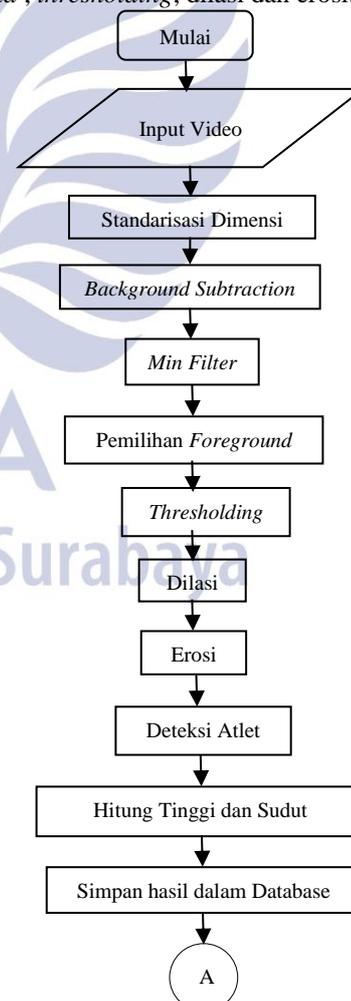


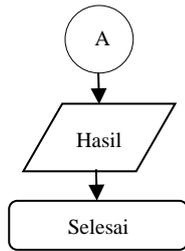
Gambar 3. Posisi pengambilan data
(Sumber : Data Primer, 2019)

Kamera diletakan diatas tripod setinggi 1,5 meter dengan jarak 2 meter dari bak pasir.

Proses Pendeteksian Atlet Menggunakan Metode Background Subtraction

Sebelum melakukan pendeteksian atlet peneliti melakukan pengolahan video terlebih dahulu. Tahapan pengolahan video yang digunakan yaitu standarisasi dimensi, *background subtraction*, *min filter*, pemilihan *foreground*, *thresholding*, dilasi dan erosi.

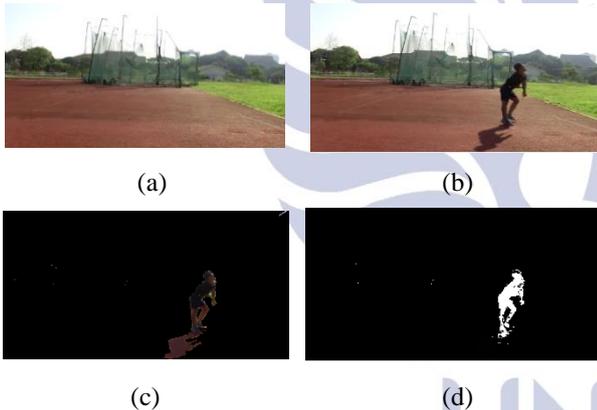




Gambar 4. Diagram Alir Sistem
(Sumber: Data Primer, 2019)

Pada proses standarisasi dimensi, dilakukan standarisasi pada video masukan. Dimana ukuran video yang relatif besar diubah menjadi kecil. Dari ukuran awal video masukan 1280 x 720 piksel diubah menjadi 432 x 200 piksel. Standarisasi Dimensi dilakukan Untuk mempercepat pemrosesan video.

Pada proses *background subtraction*, setiap *frame* video akan dibandingkan dengan *background* untuk mendapatkan *foreground*. Setelah itu dilakukan binerisasi yang mengubah *foreground* berformat RGB menjadi biner (hitam-putih). Citra *background* diubah menjadi hitam sedangkan citra *foreground* diubah menjadi putih.



Gambar 5. (a) *Background* (b) *Frame* (c) *Foreground*
(d) *Hasil Background Subtraction*
(Sumber : Data Primer, 2019)

Pada tahap ini citra gambar (a) yang merupakan *background* dibandingkan dengan gambar (b) yaitu citra *frame* pada satu waktu. Dari proses perbandingan *background* dengan *frame* dihasilkan citra pada gambar (c) yang berupa citra *foreground* tanpa *background* sehingga yang terlihat hanyalah atletnya saja. Selanjutnya gambar (c) yang merupakan citra *foreground* berformat RGB diubah menjadi citra biner melalui proses binerisasi, dimana piksel yang besarnya lebih dari 0 akan diubah menjadi putih sedangkan yang lain berwarna hitam sehingga dihasilkan citra pada gambar (d) yaitu hasil dari metode *background subtraction*.

Pada proses *min filter*, citra hasil *background subtraction* akan diolah menggunakan *min filter* untuk mengurangi *noise* yang ada pada citra tersebut. Singkatnya, *min filter* disini dilakukan dengan cara mengganti intensitas piksel pada citra berderau dengan nilai terendah dari intensitas piksel tetangganya sebagai citra keluarannya.

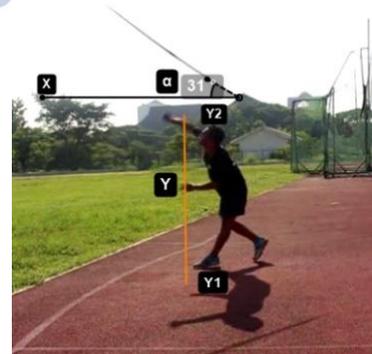
Pada proses pemilihan *Foreground*, sisi video yang sulit untuk dihilangkan *noisenya* (sisi atas dan sisi bawah video) akan diseleksi sesuai dengan *foreground* yang diharapkan. Sehingga didapatkan video yang tepat dan bersih dari *noise*.

Pada proses *thresholding*, video hasil proses sebelumnya yang sudah dihilangkan *noisenya* dan menyisakan *foreground* berupa objek berwarna putih dan bayangan berupa piksel berwarna abu-abu. Bayangan tersebut harus dihilangkan agar tersisa piksel objek yang akan dideteksi. Untuk menghilangkan bayangan tersebut dilakukan *thresholding* dimana piksel abu-abu akan diubah menjadi hitam sementara objek tetap berwarna putih. Hal ini dilakukan agar proses deteksi berjalan dengan baik.

Pada proses dilasi, akan dilakukan penebalan pada objek yang terdapat pada video. Teknik ini dilakukan dengan cara menambahkan piksel-piksel pada batas antar objek untuk memperbaiki objek yang rusak pada video.

Pada proses erosi, akan dilakukan proses penipisan pada objek yang terdapat pada video. Erosi merupakan kebalikan dari dilasi. Hasil dari proses ini adalah objek yang bentuknya mendekati atlet yang terdapat pada video.

Setelah dilakukan proses pengolahan citra digital Maka langkah selanjutnya adalah pendeteksian objek. Untuk menghasilkan keluaran dari deteksi objek dilakukan penghitungan pada komponen-komponen pengukuran dengan beberapa rumus. Berikut merupakan komponen-komponen pengukuran yang digunakan untuk menghasilkan keluaran sistem.



Gambar 6. Komponen Pengukuran
(Sumber : Data Primer, 2019)

Dalam mengukur tinggi maksimal atlet ketika *release* digunakan rumus *trigonometri*. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk mengukur tinggi maksimal atlet :

$$Y = \max (|Y2 - Y1|) \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Tinggi atlet

Y2 = Titik tertinggi tinggi atlet

Y1 = Tinggi tumpuan

Dalam sudut lembing ketika beberapa saat *release* dari atlet lempar lembing digunakan rumus *trigonometri*. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk mengukur sudut lembing :

$$\tan \alpha = \frac{y}{\frac{1}{2}x} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y}{\frac{1}{2}x} \right) \quad (2)$$

Keterangan :

α = Sudut lembing

Y = Titik

X = Titik terendah lembing

Tabel 1. Hasil Deteksi Atlet

No	Citra Awal	Hasil Deteksi	Status
1.			Terdeteksi
2.			Terdeteksi
3.			Terdeteksi
4.			Terdeteksi
5.			Terdeteksi
6.			Terdeteksi
7.			Terdeteksi
8.			Terdeteksi
9.			Terdeteksi

Lanjutan Tabel 1. Hasil Deteksi Atlet

10.			Terdeteksi
11.			Terdeteksi
12.			Terdeteksi
13.			Terdeteksi
14.			Terdeteksi
15.			Terdeteksi
16.			Terdeteksi
17.			Terdeteksi
18.			Terdeteksi
19.			Terdeteksi
20.			Terdeteksi
21.			Terdeteksi
22.			Terdeteksi
23.			Terdeteksi
24.			Terdeteksi
25.			Terdeteksi

Lanjutan Tabel 1. Hasil Deteksi Atlet

26.			Terdeteksi
27.			Terdeteksi
28.			Terdeteksi
29.			Terdeteksi
30.			Terdeteksi

(Sumber: Data Primer, 2019)

Pada Tabel 1, dapat dilihat hasil deteksi atlet setelah melewati pengolahan video, grafik analisis atlet dari koordinat posisi atlet dan status pendeteksi. Dari kolom hasil status pendeteksi terdapat 30 data video latihan yang terdeteksi dengan benar dari total 30 data uji. Sehingga bisa dikatakan sistem deteksi atlet lempar lembing ini memiliki tingkat akurasi 100%.

Hasil Pengujian Data Pada Sistem

Pada pengujian data sebanyak 30 video uji yang diambil dari bantuan atlet lempar lembing Universitas Negeri Surabaya yang bertempat di lapangan atlet Universitas Negeri Surabaya. Dihasilkan data berupa tanggal input data, nama atlet, jenis kelamin, tinggi (cm) dan sudut (derajat) dari lompat atlet yang ditampilkan pada Table 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

Tanggal	Nama	Gender	Tinggi (cm)	Sudut (θ)	Jauh (m)
16/02/2019	x1	Laki-Laki	189	32	42,6
16/02/2019	x2	Laki-Laki	185	29	42,5
16/02/2019	x3	Laki-Laki	189	23	36,6
16/02/2019	x4	Laki-Laki	191	22	38,6
16/02/2019	x5	Laki-Laki	196	23	33,3
16/02/2019	x6	Laki-Laki	197	23	40,7
16/02/2019	x7	Laki-Laki	192	23	34,9
16/02/2019	x8	Laki-Laki	194	30	33
16/02/2019	x9	Laki-Laki	196	24	40,1
16/02/2019	x10	Laki-Laki	198	26	39,7
16/02/2019	x11	Laki-Laki	212	26	34,2
16/02/2019	x12	Laki-Laki	191	27	37
16/02/2019	x13	Laki-Laki	210	26	41,4
16/02/2019	x14	Laki-Laki	208	27	43,1
16/02/2019	x15	Laki-Laki	197	32	34,5

Lanjutan Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

16/02/2019	x16	Laki-Laki	197	27	28,8
16/02/2019	x17	Laki-Laki	200	26	38
16/02/2019	x18	Laki-Laki	190	33	39,7
16/02/2019	x19	Laki-Laki	202	33	35,7
16/02/2019	x20	Laki-Laki	195	25	32,2
16/02/2019	x21	Laki-Laki	212	31	38,6
16/02/2019	x22	Laki-Laki	191	30	42,3
16/02/2019	x23	Laki-Laki	209	32	34,1
16/02/2019	x24	Laki-Laki	209	31	36,6
16/02/2019	x25	Laki-Laki	195	25	37,3
16/02/2019	x26	Laki-Laki	187	28	40,1
16/02/2019	x27	Laki-Laki	196	20	38,3
16/02/2019	x28	Laki-Laki	205	30	40,4
16/02/2019	x29	Laki-Laki	218	31	40,6
16/02/2019	x30	Laki-Laki	209	30	39,2

(Sumber : Data Primer, 2019)

Pada Tabel 2, terdapat 30 video sample. Dari hasil jauh lemparan diketahui bahwa jarak terpendek adalah 28,8 m sedangkan jarak terjauh 43,1 m dengan Jarak rata-rata 30 sampel adalah 37,8 m. Kemudian dari hasil tinggi maksimal atlet ketika *release* didapatkan nilai mulai dari 185 cm sampai 218 cm dengan rata-rata 198,6667 cm. Kemudian untuk hasil sudut lembing memiliki hasil mulai dari 20 derajat sampai 33 derajat dengan rata-rata 37,80333 derajat.

Perbandingan Hasil Pengukuran Tinggi Dari Sistem Dengan Pengukuran Manual

Tahap selanjutnya adalah membandingkan hasil pengukuran sistem dengan pengukuran tinggi secara manual yang dilakukan dengan menggunakan rumus trigonometri untuk melihat selisih dari kedua hasil pengukuran tersebut.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran Tinggi

No	Nama	Tinggi Sistem (cm)	Tinggi Manual (cm)	Error
1	x1	189	193	-4
2	x2	185	180	+5
3	x3	189	199	-10
4	x4	191	190	+1
5	x5	196	206	-10
6	x6	197	190	+7
7	x7	192	193	-1
8	x8	194	205	-11
9	x9	196	193	+3
10	x10	198	195	+3
11	x11	212	216	-4
12	x12	191	196	-4
13	x13	210	200	+10
14	x14	208	208	0
15	x15	197	201	-4
16	x16	197	199	-3
17	x17	200	192	+8
18	x18	190	195	-5
19	x19	202	196	+6
20	x20	195	203	-8
21	x21	212	217	-5
22	x22	191	191	0

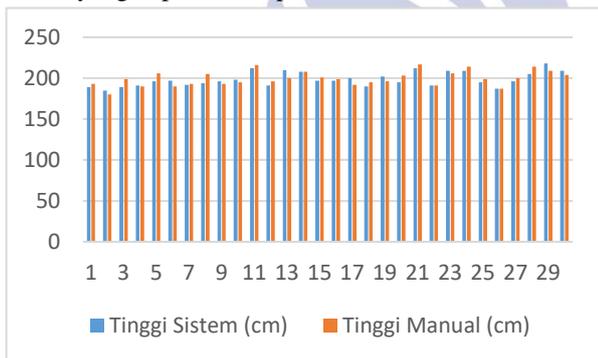
Lanjutan Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran Tinggi

23	x23	209	206	+3
24	x24	209	214	-5
25	x25	195	199	-4
26	x26	187	187	0
27	x27	196	200	-4
28	x28	205	214	-9
29	x29	218	209	+9
30	x30	209	204	+5
Rata-rata selisih				-1,0333

(Sumber : Data Primer, 2019)

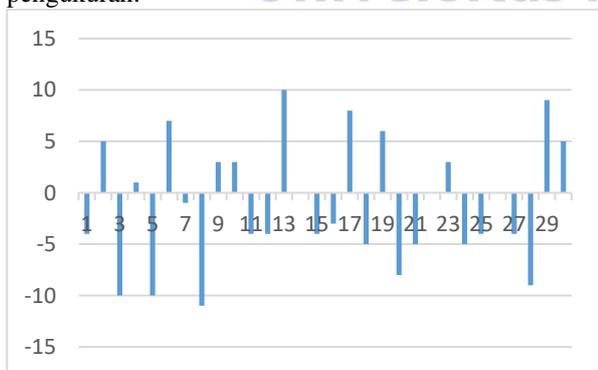
Data diatas menunjukkan hasil perbandingan pengukuran sudut Tinggi 30 sample memiliki selisih dari -11 sampai 10 dengan rata rata sebesar -1,033. Terdapat 16 sample yang memiliki selisih dibawah 0 yang besarnya mulai -1 sampai -11 dengan rata-rata -5,6785 dan 14 sample sisanya memiliki selisih data diatas 0 yang besarnya 0 sampai 10 dengan rata-rata 4,286.

Untuk mempermudah peneliti melihat perbedaan antara hasil pengukuran dari sistem dengan pengukuran secara manual. Dilakukan penggambaran Tabel 3 secara visual yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Pengukuran Tinggi (Sumber : Data Primer, 2019)

Persebaran data selisih antara hasil pengukuran sistem dengan pengukuran secara manual dilapangan seperti pada Tabel 3 digambarkan dalam sebuah grafik. Berikut merupakan grafik persebaran selisih pengukuran.



Gambar 8. Grafik Error Pengukuran Tinggi (Sumber : Data Primer, 2019)

Terdapat banyak faktor yang mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran tinggi atlet. seperti jarak atlet dengan kamera yang selalu berubah. Selain dari sistem deteksi, kesalahan pengukuran juga bisa terjadi akibat *human error* atau kesalahan yang dibuat peneliti pada saat melakukan pengukuran secara manual.

Perbandingan Hasil Pengukuran Sudut Dari Sistem Dengan Pengukuran Manual

Tahap selanjutnya adalah membandingkan hasil pengukuran sudut secara sistem dengan pengukuran sudut secara manual yang dilakukan dengan menggunakan rumus trigonometri untuk melihat selisih dari kedua hasil pengukuran tersebut.

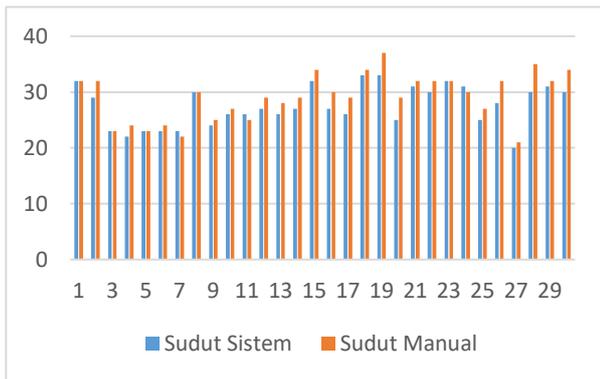
Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengukuran Sudut

No	Nama	Sudut Sistem (θ)	Sudut Manual (θ)	Error
1	x1	32	32	0
2	x2	29	32	-3
3	x3	23	23	0
4	x4	22	24	-2
5	x5	23	23	0
6	x6	23	24	-1
7	x7	23	22	+1
8	x8	30	30	0
9	x9	24	25	-1
10	x10	26	27	-1
11	x11	26	25	+1
12	x12	27	29	-2
13	x13	26	28	-2
14	x14	27	29	-2
15	x15	32	34	-2
16	x16	27	30	-3
17	x17	26	29	-3
18	x18	33	34	-1
19	x19	33	37	-4
20	x20	25	29	-4
21	x21	31	32	-1
22	x22	30	32	-2
23	x23	32	32	0
24	x24	31	30	+1
25	x25	25	27	-2
26	x26	28	32	-4
27	x27	20	21	-1
28	x28	30	35	-5
29	x29	31	32	-1
30	x30	30	34	-4
Rata-rata selisih				-1,0333

(Sumber : Data Primer, 2019)

Data diatas menunjukkan hasil perbandingan pengukuran sudut dari 30 sample memiliki selisih dari -5 sampai 1 dengan rata rata sebesar -1,6. Terdapat 27 sample yang memiliki selisih dibawah 0 yang besarnya mulai -1 sampai -5 dengan rata-rata 2,31818 dan 3 sample sisanya memiliki selisih data diatas 0 yang besarnya 0 sampai 1 dengan rata-rata 0,375.

Untuk mempermudah peneliti melihat perbedaan antara hasil pengukuran dari sistem dengan pengukuran secara manual. Dilakukan Penggambaran Tabel 4 secara visual yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Pengukuran Sudut (Sumber : Data Primer, 2019)

Persebaran data selisih antara hasil pengukuran sistem dengan pengukuran secara manual dilapangan seperti pada Tabel 4 digambarkan dalam sebuah grafik. Berikut merupakan grafik persebaran selisih pengukuran.



Gambar 10. Grafik Error Pengukuran Sudut (Sumber : Data Primer, 2019)

Terdapat banyak faktor yang mengakibatkan perbedaan hasil pengukuran sudut lemping. seperti kondisi lapangan yang dinamis membuat banyak *noise* pada hasil *background subtraction* serta lapangan yang tidak terlalu kontras dengan pakaian atlet membuat pemrosesan citra menjadi sangat kompleks hingga membuat bentuk badan atlet hasil pemrosesan citra yang terdeteksi hanyalah beberapa bagian tubuh atlet. Ditambah lagi tempat tumpu atlet ketika melempar lemping berbeda-beda dari jarak kamera. Selain dari sistem deteksi, kesalahan pengukuran juga bisa terjadi akibat *human error* atau kesalahan yang dibuat peneliti

pada saat melakukan pengukuran secara manual dilapangan. Hal tersebut membuat selisih pada hasil deteksi jika dibandingkan dengan pengukuran manual.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dihasilkan sistem monitoring hasil latihan atlet lempar lemping berbasis pengolahan citra digital dirancang dengan menggunakan *software delphi 7*. Perancangan dimulai dengan memasukkan video berformat avi kemudian video diproses dengan metode *background subtraction* dan beberapa *filter* untuk dapat dideteksi. Lalu dilakukan penyimpanan data atlet beserta data hasil latihan dalam *database*. Dari pengimplementasian metode *background subtraction* pada sistem analisis atlet lempar lemping didapatkan bahwa sistem dapat mendeteksi dan mengukur, serta menghasilkan keluaran berupa tinggi maksimal atlet ketika gerakan *release* dan sudut lemping.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, Pertama penelitian memberi saran untuk meningkatkan kemampuan perangkat lunak untuk dapat mendeteksi dan mengukur besar sudut secara realtime serta dapat mengembangkan sistem dengan memperbaiki proses pengolahan citra dan pendeteksian obyek agar dapat mencapai nilai akurasi yang lebih baik dari nilai sebelumnya.

Kedua, Penelitian ini dapat dilakukan dengan meningkatkan faktor deteksi agar lebih akurat dari aspek jauh lemparan yaitu bisa ditambah dengan mendeteksi *Speed of Release* dan *Angle of Attack*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadlisyah dan Rizal. 2011. Pemograman Computer Vision Menggunakan Delphi + Vision Lab VCL 4.0.1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Piccardi, Massimo. "Background Substraction Techniques: A Review", University of Technology Sydney, 2004.
- Ramanan, Deva. "Background Substraction", University of California, 2013.
- Sutoyo, T, dkk. 2009, "Teori Pengolahan Citra Digital", Penerbit Andi,. Yogyakarta.
- Putra, Dharma. 2010. Pengolahan Citra Digital. Penerbit Andi : Yogyakarta