

Rancang Bangun Sistem Deteksi Kesalahan Melakukan *Start* Atlet Pelari Pada *Start Block*

Abi Wibisana Prakoso

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: abiprakoso@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Atletik merupakan salah satu cabang perlombaan olahraga, lari jarak pendek merupakan cabang olahraga pada atletik. Perlombaan dilakukan pada lintasan yang jaraknya dibagi menjadi nomor lari 100, 200, dan 400 meter. Kesuksesan lari jarak pendek adalah ketika melakukan *start*, atlet pelari akan melakukan *start* dengan cepat setelah *starter gun* ditembakkan. Untuk mencegah kecurangan induk cabang olahraga atletik *International Amateur Athletic Federation* (IAAF) membuat peraturan untuk waktu *false start* ditentukan batas ≤ 100 millidetik. Permasalahan harga yang mahal dari sistem deteksi waktu reaksi dan *false start* merupakan suatu kelemahan dalam cabang olahraga lari, karena tidak semua penyelenggara perlombaan lari mampu membeli teknologi *false start*.

Hasil Penelitian bahwa sensor limit switch untuk deteksi kesalahan melakukan *start* atlet pelari pada *start block* dan pada alat *starter gun* memberikan akurasi dan sensitivitas yang tinggi untuk mendeteksi kondisi gerakan *start*. Data penelitian yang diperoleh dari pengujian sensitifitas deteksi sensor dengan nilai rata-rata error 0% dari 100 kali pengujian gerakan *start* oleh pelari. Untuk pengujian akurasi waktu diketahui nilai rata-rata error sebesar 0,29% dari 150 kali uji coba dengan acuan waktu uji coba 1 detik, 2 detik dan 3 detik dengan akurasi waktu 1/1000 millidetik.

Kata Kunci: Akurasi waktu, Sensitivitas sensor, Sensor limit switch.

Abstract

Athletics is one of sports branch competition, sprint is a sport branch in athletics. The competition performed on the line whose distance separated in run numbers 100, 200, and 400 meters. The success of sprint is when at the beginning, runner will start quickly after starter gun was fired. To prevents the fraudulent of the main of sport branch in athletics, International Amateur Athletic Federation (IAAF) made the rule for false start timing, determined in limits ≤ 100 milisecond. About this expensive price issues from detection system in reaction timing and false start is a weakness problem in run sport branch, because not all of run competition organizers can buy this false start technology.

Research results that limit switch sensor for detecting the failure when start in runner on start block and in a starter gun shows high accuracy and sensitivity in detects moving start condition. Research data obtained from sensor sensitivity testing with average error 0% in 100 times start moving testing by runner. For timing accuracy testing, shows that average error 0,29% in 150 times experiments with experiment time reference 1 second, 2 seconds and 3 seconds in time accuracy 1/1000 milisecond.

Keywords: Time accuracy, Sensor sensitivity, Limit switch sensor.

PENDAHULUAN

Atletik merupakan salah satu cabang perlombaan olahraga, baik perlombaan nasional maupun internasional. Lari jarak pendek (*sprint*) merupakan salah satu cabang olahraga atletik. Lari jarak pendek (*sprint*) adalah perlombaan lari di mana semua peserta berlari dengan cepat untuk menempuh jarak tertentu. Nomor lari jarak pendek, meliputi 100 m, 200 m, 400 m. Dalam perlombaan lari jarak pendek, salah satu kunci kesuksesan pelari adalah saat melakukan *start*. *Start* yang digunakan adalah *start*

jongkok (*crouching start*) (Eddy Purmono, 2011). Atlet pelari akan melakukan *start* dengan cepat setelah *starter gun* ditembakkan. Teknologi untuk mendeteksi waktu reaksi dan *false start* yang digunakan memiliki harga yang mahal. Permasalahan harga merupakan suatu kelemahan dalam cabang olahraga lari, karena tidak semua penyelenggara perlombaan lari mampu membeli teknologi *false start*.

Teknologi deteksi *false start* menggunakan dua macam sensor yaitu sensor berat dan sensor *Accelerometer*. Ada tiga produsen sistem yang digunakan di trek:

FinishLynx (USA), Omega atau Swiss Timing (Swiss), dan Seiko (Jepang). Untuk sistem Omega dan Sieko memanfaatkan *start blok* dengan sensor tekanan pada pedal kaki. Sistem FinishLynx menggunakan *Accelerometer* untuk sensor gerak sepanjang sumbu *start block*, (USATF, 2009).

Berbagai penelitian yang mendukung untuk rancang bangun sistem deteksi kesalahan melakukan *start* atlet pelari pada *start blok* telah dikembangkan dan dipublikasi melalui jurnal. Untuk memeriksa reaksi neuromuskular sinyal saraf pendengaran yang digunakan untuk merespon isyarat mulai dan untuk menentukan batas 100 ms. Peraturan *false start* saat ini digunakan oleh Asosiasi Internasional Federasi Atletik didasarkan reaksi pendengaran dan waktu minimal 100 ms (IAAF, 2003). Jika seorang atlet bergerak lebih cepat daripada 100 ms setelah sinyal awal, dianggap *false start*. Kesimpulan hasil dari penelitian ini batas harus diturunkan untuk 80 ms atau 85 ms. Waktu reaksi *sprint* dapat lebih rendah dari 100 ms kriteria IAAF (Paavo V. Komi, 2009).

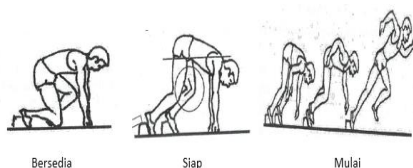
Dengan adanya masalah dan penelitian sebelumnya, mendorong penelitian untuk pengembangan penggunaan teknologi yang tepat guna sehingga mempermudah pengawasan perlombaan atletik lari jarak pendek untuk mendeteksi kesalahan *start*. Hal ini yang mendorong penulis untuk mengambil judul skripsi “Rancang Bangun Sistem Deteksi Kesalahan Melakukan *Start* Atlet Pelari Pada *Start Blok*”. Karena itu perlu adanya kajian yang lebih detail untuk sistem teknologi *false start* agar lebih efisien, efektif dalam penerapannya.

KAJIAN TEORI

Start Jongkok (Crouch start)

Start adalah suatu persiapan awal seorang pelari akan melakukan gerakan berlari (Eddy Purnomo, 2007). Untuk atletik cabang perlombaan lari jarak pendek *start* yang dipakai adalah *start jongkok* (*Crouch start*), dapat dilihat pada gambar 1. Teknik dalam melakukan *start jongkok* ada tiga cara yaitu:

- Start pendek* (*Bunch start*).
- Start menengah* (*Medium start*).
- Start panjang* (*Long start*).



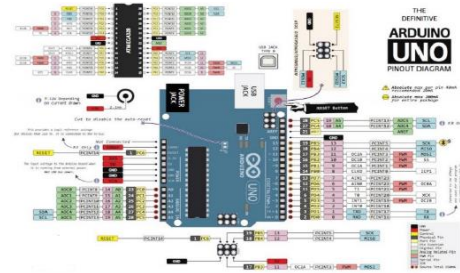
Gambar 1. Gerakan *Start Jongkok* (*Crouch Start*)

Sumber: Dasar-dasar gerak Atletik, 2011

Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah jenis seri dari Arduino *board* yang berbasis ATMEGA328P. Arduino uno memiliki pin

input/output (I/O), data digital maupun analog, sehingga dapat dihubungkan dengan perangkat lain, seperti sensor dan rangkaian digital atau rangkaian analog lain. Kontruksi *board* Arduino Uno R3 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fitur dan Pin I/O Arduino Uno R3

Sumber: <http://arduino.stackexchange.com>, 2017

Arduino IDE

Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) adalah sebuah *software* aplikasi yang digunakan untuk melakukan pemrograman Arduino untuk melakukan fungsi-fungsi untuk sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman menyerupai bahasa C. *interface* Arduino IDE dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan *Software* Arduino IDE

Sumber: <https://www.arduino.cc/guide/environment>, 2017

Microsoft Visual Basic

Microsoft Visual Basic adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat aplikasi Windows yang berbasis grafis GUI (*Graphical User Interface*). Microsoft Visual Basic merupakan *event-driven* programming artinya program menunggu adanya respon dari *user* berupa *event*.

Limit switch

Prinsip kerja *limit switch* yaitu akan terkoneksi saat katupnya ditekan dan akan memutuskan saat katup tidak ditekan. *Limit switch* terkategori sensor mekanis yang memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor Mekanis *Limit Switch*

Sumber: <https://www.omron.com>, 2017

Modul serial HC-12

Modul serial HC-12 adalah modul transmisi data nirkabel dengan *multichannel* generasi baru. Frekuensi kerja adalah 433.4 MHz - 473.0 MHz. *Multiple channel* dapat diatur dengan menggunakan frekuensi 400 MHz, maksimal ada 100 channel. Maksimum daya Modul HC-12 yaitu 100mW (20dBm), sensitivitas penerimaan -117dBm pada tingkat baudrate 5.000 BPS di udara. Modul dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Modul HC-12 RF 433Mhz

Sumber: <https://www.elecrow.com/HC-12.pdf>, 2017

Modul DF-Player

DF-player adalah modul audio yang berfungsi untuk mentransmisikan file audio dari SD Card ke mikrokontroller. Modul DF-player berkomunikasi dengan mikrokontroller dengan menggunakan fasilitas *Receiver* dan *Transmitter*. DF-player modul terintegrasi dengan modul *decoding* yang mendukung format Mp3, Wav, dan WMA. Serta didukung dengan kartu penyimpanan sistem FAT16 dan FAT32. Modul dapat dilihat pada gambar 6.

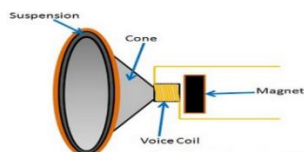


Gambar 6. DF-Player Modul

Sumber: <https://www.dfrobot.com>, 2016

Speaker

Speaker merupakan *transduser elektroacoustical* yang mengubah sinyal listrik ke bentuk getaran suara. *Speaker* membawa sinyal elektrik dan mengubahnya kembali menjadi vibrasi-vibrasi fisik untuk menghasilkan gelombang suara yang dapat didengar manusia. Bagian utama speaker yaitu: *Cone*, *Suspension*, *Magnet*, *Voice cone*. Dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kontruksi Dasar Speaker

Sumber: <http://teknikelektronika.com>, 2017

Start Block

Start Block adalah perangkat yang digunakan dalam olahraga trek dan lapangan oleh atlet lari untuk menahan

kaki atlet pelari di awal lomba sehingga membantu agar tidak tergelincir saat melakukan dorongan kaki ketika suara pistol telah dibunyikan. Dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Start Block

Sumber: <https://www.brianmac.co.uk/sprints/blockset>, 2016

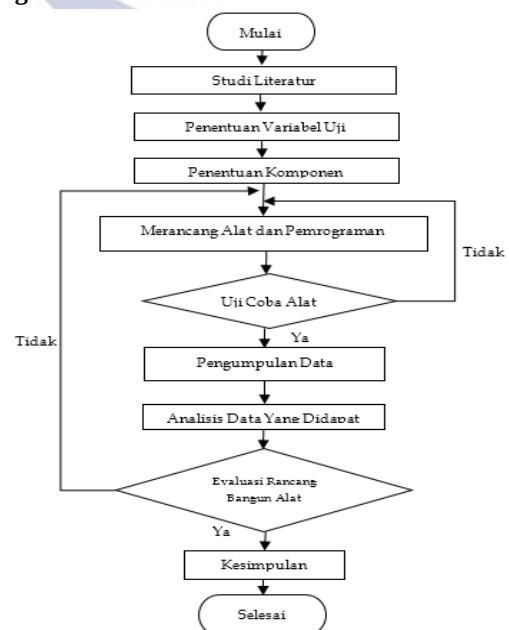
METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian digunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah pendekatan ilmiah yang memandang suatu realitas yang dapat diklasifikasikan, konkrit, teramati dan terukur, hubungan variabelnya bersifat sebab akibat dimana data penelitiannya berupa angka-angka dan analisisnya menggunakan statistik (Sugiono, 2008).

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop (PC) dan perangkat lunak (*software*) Arduino IDE serta Microsoft Visual Basic 2013 yang digunakan untuk menganalisis data waktu yang dihasilkan dari pembacaan sensor pada *start block*. Pengumpulan data kuantitatif diperoleh dari perhitungan waktu dari pemrograman pada mikrokontroller Arduino UNO R3 yang ditampilkan pada GUI dan dibandingkan dengan *stopwatch*. Rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar 9.

Rancangan Penelitian



Gambar 9. Flowchart Proses Rancangan Penelitian.
(Sumber: Data Primer)

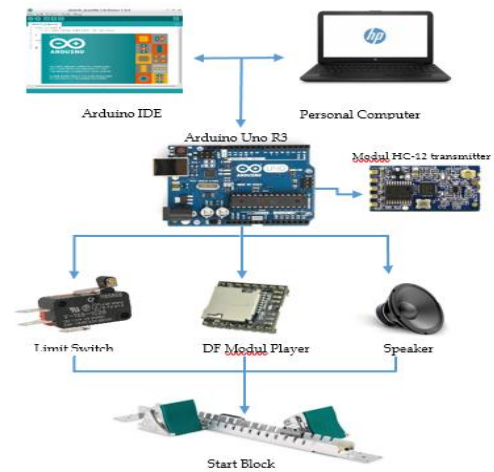
Rancangan penelitian yang telah dibuat sebelumnya, prosedur untuk tiap tahapan akan dipaparkan sebagai berikut:

- 1) Study literatur, Peneliti menelaah beberapa penelitian yang relevan. Dari beberapa penelitian akan ditemukan suatu informasi yang mendukung dalam penelitian ini.
- 2) Penentuan variabel uji, Pada penentuan variabel uji ditentukan ada dua macam variabel uji yaitu: Uji deteksi sensor dan Uji *timer* atau waktu.
- 3) Penentuan komponen, dilakukan penentuan komponen yang menunjang rancangan alat. Datasheet dan spesifikasi komponen harus sesuai dengan peruntukannya.
- 4) Rancangan alat dan pemrograman, ditentukan rancangan alat yang dibutuhkan dalam penelitian. Untuk pemrograman disesuaikan dengan kondisi yang ingin dicapai untuk mikrokontroller dan *device* yang digunakan
- 5) Uji coba alat, Dilakukan jika alat telah siap digunakan akan berlanjut pada tahap pengumpulan data. Apabila hasil dan kondisi tidak sesuai dengan tujuan penelitian maka akan kembali pada sebelumnya
- 6) Pengumpulan data, Pengumpulan data dari setiap variabel uji memiliki cara yang berbeda untuk mendapatkan hasil data yang diinginkan.
 - a. Uji deteksi sensor, dilakukan pengujian sebanyak lima atlet pelari melakukan *start* sebanyak dua puluh kali untuk setiap atlet. Data yang diambil adalah kondisi atlet ketika melakukan *start*.
 - b. Uji timer atau waktu, pengambilan data akurasi waktu dilakukan perbandingan alat uji dengan *stopwatch*.
- 7) Analisis data, Analisa data ini faktor penting untuk evaluasi keberhasilan perancangan *hardware*, *software* sistem deteksi kesalahan melakukan *start* atlet pelari pada *start block*.
- 8) Evaluasi rancang bangun alat, Evaluasi dilakukan dari data yang didapat dari hasil uji, apakah rancang bangun alat berkerja sesuai dengan tujuan perancangan.
- 9) Kesimpulan, penelitian akan disimpulkan baik itu data dari variabel uji maupun kendala dan kelebihan dari sistem.

Rancangan Alat dan Program

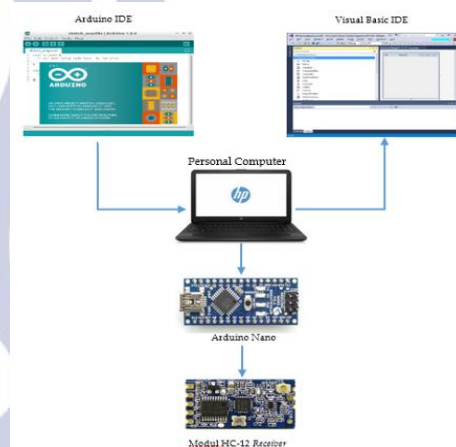
Berikut adalah rancangan alat dan program untuk sistem deteksi kesalahan melakukan *start* atlet pelari pada *start block*, berikut rancangan *hardware* dan *software* dapat dilihat pada gambar 10,11 dan 12.

1) Desain *hardware* mikrokontroller master.



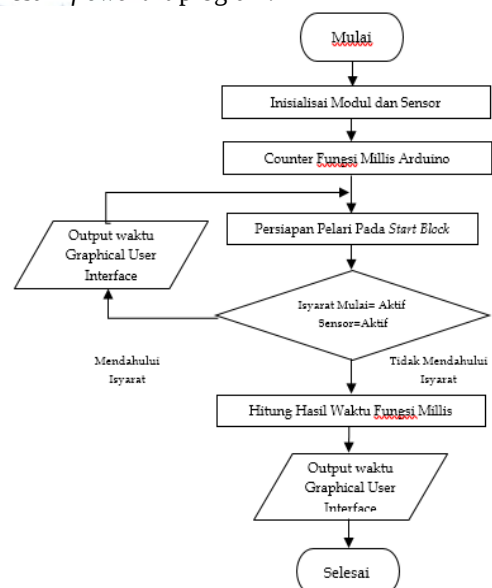
Gambar 10. Desain *hardware* mikrokontroller master. (Sumber: Data Primer)

2) Desain *hardware* mikrokontroller slave.



Gambar 11. Desain *hardware* mikrokontroller slave. (Sumber: Data Primer)

3) Desain *flowchart* program.



Gambar 12. Flowchart Proses Rancangan Penelitian. (Sumber: Data Primer)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Kesalahan Melakukan *Start* Atlet Pelari Pada *Start Block*” dinyatakan berhasil menjawab rumusan penelitian dan batasan masalah. Berikut adalah data dan fakta penelitian.

Hasil Pengujian Jangkauan Pengiriman Data.

Dengan menggunakan rumus sebagai berikut untuk mengetahui *error* transmisi data menggunakan modul *transceiver* HC-12. Rumus ditunjukkan pada persamaan 1.

$$Error = \frac{Variabel\ Terima - Variabel\ Kirim}{Variabel\ Kirim} \times 100\% \quad (1)$$

Dari pengujian mulai dengan jarak 1-29 meter. tanpa *error* maupun delay dengan *error* 0%. Mulai terjadi *error* dan gagal melakukan pengiriman data pada jarak 30 dan 31 meter dengan *error* 100%, data pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Jangkauan Pengiriman Data.

Jarak (Meter)	Transceiver	Digit Kirim	Receiver	Digit Terima	Error (%)
10	277754	6	277754	6	0%
20	706920	6	706920	6	0%
25	893553	6	893553	6	0%
28	1046842	7	1046842	7	0%
29	1105602	7	1105602	7	0%
30	1194924	7	-	0	100%
31	1259091	7	-	0	100%

Hasil Pengujian Sensitivitas Sensor.

Hasil Pengujian sensitivitas sensor pelari pada start block untuk mendeteksi setiap kondisi dari gerakan *start* atlet pelari. Data pengujian di dapatkan hasil *start* pelari, 70 gerakan *start* yang benar dan 30 gerakan *start* yang salah dari 100 kali perulangan uji coba pembacaan sensor untuk gerakan *start*. Untuk *start* benar menunjukkan nilai waktu positif dan peringatan *buzzer* padam. Untuk *start* salah menunjukkan nilai waktu negatif dan peringatan *buzzer* aktif. Dari hasil pengujian memiliki nilai *error* 0%. Dari fakta alat yang dibuat dapat mendeteksi gerakan *start* yang salah dengan perolehan waktu yang tampil pada *interface* GUI menunjukkan waktu *false start* 00.00.039 millidetik karena pada pemograman mikrokontroller waktu *false start* di program dengan waktu ≤ 100 millidetik dari isyarat mulai dianggap *false start*. Dari hasil pengujian memiliki nilai *error* 0%. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel Hasil Pengujian Sensitivitas Sensor Untuk Pelari Pada *Start Block*.

Kondisi Start Pelari	Deteksi Sensor	Hasil Waktu			Buzzer
		Menit	Detik	Millidetik	
Benar	Benar	0	0	493	-
Benar	Benar	0	0	390	-
Salah	Salah	0	0	-169	Aktif
Salah	Salah	0	0	-238	Aktif
Salah	Salah	0	0	-231	Aktif
...	...	...	...	...	...
Benar	Benar	0	0	521	-
Benar	Benar	0	0	479	-
Salah	Salah	0	0	039	Aktif
Salah	Salah	0	0	-190	Aktif
Salah	Salah	0	0	-194	Aktif

Hasil Pengujian Akurasi Waktu.

Pengujian akurasi waktu akan dilakukan dengan cara membandingkan hasil waktu sistem deteksi kesalahan melakukan *start* atlet pelari dengan hasil waktu dari *stopwatch*. Uji coba akurasi waktu dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan acuan waktu 1 detik, 2 detik, dan 3 detik sebanyak 50 kali uji coba pada setiap acuan waktu pengujian. Pengujian akurasi waktu digunakan waktu 1/1000 millidetik. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 7, 8 dan 9.

Tabel 7. Tabel Hasil Pertama Pengujian Akurasi Waktu.

Waktu Deteksi Millidetik	Waktu Stopwatch Millidetik	Selisih (Millidetik)	Error (%)
1192	1190	2	0,17%
1372	1370	2	0,15%
1283	1280	3	0,23%
...	...	...	...
1214	1210	4	0,33%
1372	1370	2	0,15%
1882	1880	2	0,11%
1221	1220	1	0,08%
Rata-rata Error			0,35%

Tabel 8. Tabel Hasil Kedua Pengujian Akurasi Waktu

Waktu Deteksi Millidetik	Waktu Stopwatch Millidetik	Selisih (Millidetik)	Error (%)
2757	2750	7	0,25%
2251	2250	1	0,04%
2213	2210	3	0,14%
...	...	...	...
2288	2280	8	0,35%
2535	2530	5	0,20%
2226	2220	6	0,27%
2286	2280	6	0,26%
Rata-rata Error			0,31%

Tabel 9. Tabel Hasil Ketiga Pengujian Akurasi Waktu

Waktu Deteksi Millidetik	Waktu Stopwatch Millidetik	Selisih (Millidetik)	Error (%)
3284	3280	4	0,12%
3371	3380	9	0,27%
3215	3220	5	0,16%

Waktu Deteksi Millidetik	Waktu Stopwatch Millidetik	Selisih (Millidetik)	Error (%)
3635	3630	5	0.14%
...	...	...	...
3446	3440	6	0.17%
3444	3440	4	0.12%
3547	3540	7	0.20%
3632	3630	2	0.06%
Rata-rata Error			0,21%

Dengan menggunakan rumus, ditunjukkan pada persamaan 2.

(2)

$$\frac{\text{Waktu deteksi start pelari} - \text{Waktu stopwatch}}{\text{Waktu stopwatch}} \times 100\%$$

Diketahui akurasi waktu dan error dari selisish waktu perbandingan sistem dengan waktu stopwatch. Pengujian akurasi waktu 1 detik memiliki rata-rata selisih waktu 5 millidetik dan rata-rata error 0,35%. Pengujian akurasi waktu 2 detik memiliki rata-rata selisih waktu 7 millidetik dan rata-rata error 0,31%. Untuk pengujian akurasi waktu 3 detik memiliki rata-rata selisih waktu 7 millidetik dan rata-rata error 0,21%. Keseluruhan uji akurasi waktu yang dilakukan diketahui nilai rata-rata error keseluruhan menggunakan rumus, ditunjukkan pada persamaan 3.

(3)

$$\begin{aligned} \text{Nilai Error rata-rata} &= \frac{\text{Nilai error total}}{\text{Jumlah uji coba}} \\ &= \frac{43,35\%}{150} = 0,29\% \end{aligned}$$

Didapatkan nilai rata-rata error sebesar 0,29%.

PENUTUP

Simpulan

Hasil analisa penelitian dan uji coba dapat diambil beberapa kesimpulan; Sistem deteksi kesalahan melakukan start atlet pelari pada start block dapat bekerja menjadi sebuah sistem deteksi dengan baik dan memiliki akurasi yang baik. Starter gun menggunakan modul DF-Player. Dengan pemicu suara dari sensor limit switch. LED sebagai cahaya penanda untuk melihat dari kejauhan. Penggunaan modul DF-Player sangat relevan digunakan sebagai isyarat tembak karena tidak ada delay waktu antara ketika pemicu diaktifkan dan bunyi suara tembak yang dihasilkan melalui speaker. Limit switch sebagai sensor pada start block dan pada starter gun memberikan akurasi sensitivitas yang tinggi untuk deteksi gerakan start. Data pengujian sensitifitas deteksi sensor diketahui nilai rata-rata error 0% dari 100 kali uji coba gerakan start. Data pengujian akurasi waktu deteksi atlet melakukan gerakan start diketahui nilai rata-rata error sebesar 0,29% dari 150 kali uji coba dengan waktu 1 detik, 2 detik dan 3

detik. Waktu reaksi dan waktu false start diprogram untuk akurasi waktu 1/1000 millidetik dan bunyi buzzer digunakan sebagai indikator ketika pelari melakukan false start. Hasil nilai rata-rata error ini sangat kecil karena menggunakan clock internal dari Arduino Uno yang menggunakan Atmega 328 sebagai mikrokontroler dan menggunakan crystal 16 MHz.

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk penelitian mendatang. Alat uji akurasi waktu harus ditingkatkan yang menggunakan stopwatch. Jika ada metode atau alat uji yang lebih relevan bisa digunakan untuk pengujian. cara pengujian akurasi waktu yang memanfaatkan kecepatan gerakan tangan untuk melakukan start/stop waktu dari stopwatch dan sistem deteksi menimbulkan gross error mengakibatkan selisih waktu yang di uji ketika gerakan tangan tidak bersamaan dalam melakukan start/stop waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam Eikenberry, Dkk. 2008. *Starting with the "right" foot minimizes sprint start time*. Acta Psychologica. Canada. Science Direct.
- Aung KyawNyein. 2016. *A Solution to Power Failure Problem for Intelligent Articulated Robot Arm in Pick and Place Application Using Limit Switches*. International Journal of Modern Trends in Engineering and Research (IJMTER). Jepang: Department of Mechatronic Engineering, Technological University (Kyaukse).
- Dong Yeop Kim, Jae Min Lee. 2014. *Wall Shape Recognition Using Limit Switch Module*. International Journal of Control Theory and Computer Modeling (IJCTCM). Republic of Korea: Korea Electronics Technology Institute.
- Eric D. Zemper. 2009. *STARTERS*. USATF National Track and Field Officials Committee. Amerika: USATF.
- Milan Čoh, Katja Tomažin. dkk. 2006. *The Biomechanical Model Of The Sprint Start And Block Acceleration*. Physical Education and Sport. Slovenia: University of Ljubljana.
- Paavo V. Komi, Masaki Ishikawa, Dkk. 2009. *IAAF Sprint Start Research Project: Is the 100 ms limit still valid*. International Amateur Athletic Federation.
- P. Chand, M. Shazil. 2009. *Towards A Low-Cost Autonomous Object Manipulation Device*. Asian Research Publishing Network (ARPN). Fiji: University of the South Pacific.
- Purnomo, Eddy. Dapan. 2011. *Dasar-dasar Gerakan Atletik*. Almed Grafika. Yogyakarta: Alfamedia.
- Steffen Willwacher, Dkk. 2013. *A novel method for the evaluation and certification of false start apparatus in sprint running*. Asia-Pacific Congress on Sports Technology. German: German Sport University.