

PENGEMBANGAN AKSELEROMETER RUNNING MONITOR BERBASIS ANDROID UNTUK MENGETAHUI KARAKTERISTIK LARI JARAK PENDEK

Mugiyo Hartono¹, Andry Akhiruyanto², Khoirudin Fathoni³

¹²³Jurusan PJKR, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang
Email: hartonofik@mail.unnes.ac.id.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan: a) merancang alat pemantau aktifitas lari jarak pendek menggunakan akselerometer berbasis android dengan biaya murah, akurat dan reliable; b) Mengetahui kecepatan sesaat, panjang dan frekuensi langkah lari jarak pendek; c) Menghasilkan produk akselerometer running monitor berbasis android yang dapat mengetahui karakteristik lari jarak pendek. Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode penelitian pengembangan yang meliputi model pengembangan, prosedur pengembangan dan ujicoba produk. Tahap model dan prosedur pengembangan merupakan langkah- langkah pembuatan produk dimulai dari mempersiapkan akselerometer wtilt v3.0 tiga sumbu dengan pengaturannya hingga pembuatan program menggunakan Microsoft Visual Basic (VB). Ujicoba produk dilakukan dengan validasi ahli telemetri dan programmer VB. Subjek penelitian merupakan atlet pemula. Lembar obversai dipersiapkan untuk mengambil data Raw ADC sebagai output akselerometer dan kuosioner sebagai respon pengguna produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akselerometer pada android dapat mengirimkan data dan diolah oleh program yang telah dibuat. Program selanjutnya menampilkan informasi karakteristik lari yaitu kecepatan, panjang dan frekuensi langkah. Sistem dan aplikasi untuk mengetahui percepatan, dan mengestimasi kecepatan dan jarak tempuh pelari telah berhasil diimplementasikan sehingga pelari maupun pelatih dapat mengetahui kelemahan dari pelari di jarak maupun detik tertentu sehingga dari sana dapat diperbaiki dan dilakukan pelatihan sehingga diharapkan atlet dapat mencapai jarak 100meter dalam waktu yang lebih singkat. Pada sistem ini, di smartphone Android hanya digunakan untuk merekam data percepatan pelari dan disimpan pada memory baik internal maupun eksternal. Namun, untuk pengolah data percepatan, estimasi jarak dan posisi, filter kalman dilakukan pada PC. Untuk tahapan berikutnya dapat dikembangkan pengolahan data, tersebut langsung dilakukan pada smartphone Android sehingga setelah berlari, atlet maupun pelatih dapat langsung menganalisis hasil yang dicapai pelari, tidak perlu memindahkan datanya ke PC terlebih dahulu

Kata Kunci : akselerometer, android, karakteristik lari

PENDAHULUAN

Olahraga merupakan suatu bidang kajian yang menarik sehingga kalangan olahraga mencurahkan perhatiannya terhadap upaya-upaya peningkatan kebugaran dan prestasi olahraga. Penemuan metode-metode latihan yang dapat diaplikasikan dalam proses latihan sehari-hari dapat terlihat dengan jelas dalam ilmu keolahragaan. Metode-metode latihan telah berkembang pesat dimana semula hanya berupa penjelasan yang bersifat alamiah, sekarang ini menjadi sebuah pengetahuan mutakhir yang ilmiah sehingga diharapkan dapat mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam dunia keolahragaan terutama pemanfaatan IPTEK untuk pencapaian prestasi olahraga secara maksimal.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberi kontribusi yang sangat positif dalam berbagai bidang termasuk olahraga. Hal ini antara lain tercermin dalam bidang penanganan olahraga seperti dalam pemantauan, penanganan dan analisis pelaksanaan olahraga serta berbagai permasalahan yang muncul dalam pelatihan. Pelaksanaan olahraga ditinjau dari tujuannya dilakukan untuk kegiatan-kegiatan rekreasi, pendidikan, kebugaran jasmani dan prestasi.

Olahraga adalah aktivitas fisik yang menggunakan otot-otot besar dalam melaksanakan aktivitas yang mempunyai ciri: permainan dan kompetitif. Otot-otot besar itu adalah otot-otot yang biasa digunakan aktivitas-aktivitas seperti: lari, lompat, lempar, renang dan sebagainya. Hal ini untuk membedakan dengan aktivitas-aktivitas yang menggunakan otot-otot kecil seperti: melukis, menggambar, dan sebagainya. Dalam kegiatan olahraga tersebut, pelaku mengerahkan energi maksimal dalam aspek fisik, mental emosional, maupun sosial.

Cabang olahraga atletik adalah induk dari semua cabang olahraga, yang mana di dalamnya terdapat unsur lari, jalan, lempar dan lompat, dimana gerakan tersebut adalah gerakan alamiah dan gerakan yang digunakan sehari-hari oleh manusia. Berlatih atletik mempunyai peran yang sangat besar untuk meningkatkan kondisi fisik setiap atlet, karena atletik mempunyai gerak dasar yang meliputi kekuatan, kelentukan, kelincahan dan kecepatan.

Perkembangan atletik di Indonesia masih dalam kondisi yang belum menggembirakan, karena prestasi atlet-atlet nasional masih jauh tertinggal baik kualitas maupun kuantitasnya dengan prestasi yang dapat dicapai oleh negara-negara di tingkat asean, Asia maupun negara-negara Eropa, Afrika dan Amerika.

Lari 100 meter merupakan salah satu nomor lari jarak pendek yang terdapat dalam cabang atletik. Nomor ini merupakan nomor yang sangat menarik dan bergengsi, karena pelari yang menjuarai nomor ini akan cepat dikenal oleh masyarakat dan menjadi ukuran kemampuan manusia untuk mengatasi keterbatasan alamiah.

Prestasi olahraga menurut Sajoto (1990:50) ditentukan oleh banyak faktor diantaranya adalah: a) faktor biologis, b) faktor psikologis, c) faktor lingkungan, dan 4) faktor penunjang. Faktor biologis atau nfisik merupakan salah satu faktor penentu prestasi terdiri dari beberapa komponen dasar, yaitu kekuatan, daya tahan, daya ledak, kecepatan, kelentukan, kelincahan, keseimbangan dan koordinasi.

Menurut Ballesteross (1993:15) komponen kecepatan merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk nomor lari jarak pendek. Lari jarak pendek bila dilihat dari tahap-tahap berlari terdiri dari beberapa tahap yaitu : a) tahap reaksi dan dorongan, b) tahap percepatan, c) tahap transisi/perubahan, dan d) tahap pemeliharaan kecepatan. Kecepatan lari ditentukan oleh panjang langkah dan frekuensi langkah (jumlah langkah persatuan waktu). Oleh karena itu, seorang pelari harus dapat meningkatkan satu atau kedua-duanya. Pentingnya karakteristik lari jarak pendek tersebut seperti percepatan, kecepatan, panjang dan frekuensi langkah membutuhkan suatu alat ukur yang dapat secara akurat menampilkan informasi-informasi yang diperlukan.

Sayangnya alat ukur kecepatan yang banyak dipakai pada kegiatan lari masih berupa *stopwatch* yang dapat mengukur waktu yang diperlukan untuk menempuh suatu jarak tertentu. Meskipun harga *stopwatch* bervariasi dari yang murah hingga yang mahal tergantung tingkat akurasi dan fitur yang disediakan namun faktor seseorang yang mengoperasikan dapat mempengaruhi hasil akhir pengukuran. Selain itu *stopwatch* hanya dapat mengukur kecepatan rata-rata dan bukan percepatan dan kecepatan sesaat selama berlari. Padahal percepatan, kecepatan sesaat, panjang dan frekuensi langkah merupakan komponen penting dalam lari jarak pendek. Oleh karena itu diperlukan suatu alat ukur yang secara akurat, murah dan reliabel dapat mengukur semua komponen lari jarak pendek.

Dalam banyak cabang olahraga, kecepatan merupakan komponen fisik yang sangat penting. Kecepatan menjadi faktor penentu dalam lari jarak pendek. Kecepatan adalah kemampuan untuk melakukan gerakan-gerakan yang sejenis secara berturut-turut dalam waktu yang sesingkat-singkatnya, atau kemampuan untuk menempuh suatu jarak dalam waktu yang sesingkat-singkatnya (Harsono,1988:216).

Kecepatan menurut Astrand (1986:345) yaitu jarak per satuan waktu. Laju gerak yang dapat berlaku untuk tubuh secara keseluruhan atau bagian tubuh. Menurut Jerver (1982:21) kecepatan yaitu kemampuan untuk bergerak dengan sangat baik, cepat dan tepat.

Berdasarkan pendahuluan di atas, Penelitian ini bertujuan: a) Merancang alat pemantau aktifitas lari jarak pendek menggunakan akselerometer berbasis android dengan biaya murah, akurat dan reliable, b) Mengetahui kecepatan sesaat, panjang dan frekuensi langkah lari jarak pendek, c) Menghasilkan produk akselerometer running monitor berbasis *android* yang dapat mengetahui karakteristik lari jarak pendek

METODE

Penelitian pengembangan akselerometer berbasis *personal computer* untuk memantau aktifitas lari berbasis Android dan PC ini memiliki tahapan:

1. Analisis produk yang akan dikembangkan
Tahap ini merupakan kegiatan mengenali berbagai jenis alat ukur kecepatan lari yang ada di pasaran dan analisis akan sistem akselerometer yang akan dibuat dan aplikasinya
2. Perancangan dan pengembangan sistem
Dikarenakan perangkat keras sudah tersedia pada smartphone maka pada tahap ini ada dua perancangan yaitu membangun aplikasi membaca akselerometer dari Android dan sistem pengolahan data pada PC yang mana nanti antar kedua perangkat tersebut pengiriman data dapat dilakukan melalui kabel USB atau bluetooth. Program pada PC akan dibuat dengan interface grafis (*Graphic User Interface*) dengan Web browser offline agar mempermudah siapapun yang akan mengoperasikan sistem ini asalkan ada web browser seperti Google Chrome, Mozilla Firefox, dsb.



Gambar 1 Diagram rancangan sistem pemantau aktifitas lari



Gambar 2. Smartphone Android dengan Akselerometer Tiga Sumbu

Tabel 1. Komponen sistem pemantau aktifitas lari jarak pendek

Komponen	Spesifikasi
Akselerometer	3 sumbu pada Smartphone Android
Komunikasi data	Kabel USB, Bluetooth
Personal computer	Intel 2.0 GHz, 512 MB RAM, Harddisk 120 Gb, monitor LCD 17 inch
Printer	Canon MP 145
Program (software)	Web Browser, Java Script

Program yang dibuat menggunakan web browser (Mozilla Firefox, Google Chrome, dll) nantinya akan menampilkan informasi tentang percepatan, kecepatan sesaat, panjang dan frekuensi langkah dalam data numeric maupun grafis. Dari gambar 3 selanjutnya dibuat rancangan wadah untuk dapat ditempatkan pada tubuh orang yang akan diuji. Pemilihan penempatan posisi akselerometer akan mempengaruhi akurasi pengukuran (Godfrey, 2008). Untuk menghindari terjadinya perubahan posisi akselerometer sebelum dioperasikan maka direncanakan akselerometer ditempatkan pada bagian tubuh yang relatif lebih sedikit gerakannya yaitu di pinggang. Dengan demikian akselerometer akan dibuat dalam bentuk menyerupai sabuk dengan akselerometer berada pada posisi pinggang bagian belakang. Penempatan pada pinggang dipilih karena lokasi ini dekat dengan pusat gravitasi dan dengan demikian mencerminkan keseluruhan gerak tubuh (Gibney, et al, 2008). Bentuk sabuk dipakai agar terikat kuat pada tubuh dan menghindari perekaman yang bukan karena gerak tubuh.



Gambar 3. Posisi penempatan akselerometer

3. Validasi Ahli

Validasi ahli diperlukan untuk memastikan bahwa data-data yang diperoleh dan diolah dalam sistem yang dibuat sebelumnya benar-benar valid dan reliabel. Ahli yang akan dilibatkan adalah pelatih atletik dan dosen.

4. Uji coba lapangan

Tahap uji coba dilakukan terlebih dahulu ke dalam kelompok kecil subjek terbatas untuk

memastikan keandalan sistem dan selanjutnya baru diuji cobakan pada skala yang lebih luas dengan melibatkan lebih banyak subjek. Pada akhir uji coba kelompok kecil, jika ditemukan penyimpangan akan dilakukan usaha perbaikan seperlunya untuk mengatasinya.

5. Revisi dan perbaikan hasil masukan dari ahli dan hasil ujicoba Tahap ini sangat penting dilakukan untuk menghindari kesalahan ketika sistem yang telah dibuat siap dijadikan produk akhir.

Instrumen yang digunakan dalam pengembangan produk, berupa pedoman observasi, kuesioner, dan pedoman penilaian. Observasi digunakan untuk mengetahui tentang efisiensi dan efektifitas sistem operasional produk, kuesioner digunakan untuk mengetahui umpan balik subyek dan pendapat ahli. Pedoman penilaian digunakan untuk memperoleh informasi berupa penilaian nominatif terhadap produk yang akan dihasilkan.

Model hubungan antara percepatan, kecepatan dan jarak dalam ilmu teknik kendali dapat dinyatakan dalam bentuk *state space* diskrit diperoleh dari model *state space* kontinyu dengan tiga *state* $x_1 = s$ (jarak perpindahan), $x_2 = v$ (kecepatan), dan $x_3 = a$ (percepatan). Hubungan antara ketiga *state* dapat dinyatakan dalam sebagai berikut.

$$\dot{x}_1 = \frac{ds}{dt} = v; \quad \dot{x}_2 = \frac{dv}{dt} = a; \quad \dot{x}_3 = 0 \quad \text{(III.1)}$$

s = jarak perpindahan

v = kecepatan

a = percepatan

Persamaan III.1 apabila dinyatakan dalam bentuk *state space* kontinyu dengan pengaruh *noise*, dan persamaan keluaran y ,

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + noise$$

$$y = s + noise; \text{ atau} \quad \text{(III.2)}$$

$$y = (1 \quad 0 \quad 0) \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} + noise$$

Model *state space* kontinyu persamaan III.2 diubah ke dalam ranah diskrit, agar

dapat diimplementasikan dalam mikrokontroler dengan $T_s=100\text{ms}$, dengan bantuan software MATLAB menjadi persamaan III.3.

$$x(k) = \begin{pmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.01 & 5.10^{-5} \\ 0 & 1 & 0.01 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(k-1) \\ x_2(k-1) \\ x_3(k-1) \end{pmatrix} + noise \quad (\text{III.3})$$

$$z(k) = x_1(k) + noise; \text{ dengan } H = (1 \ 0 \ 0)$$

Model *state space* diskrit persamaan III.3 inilah yang akan diolah pada PC untuk memberikan nilai estimasi jarak, kecepatan dan percepatan. Untuk mengatasi derau dan gangguan dari luar saat atlet berlari, digunakan algoritma filter Kalman.

Data hasil ujicoba akan dianalisis secara diskriptif analitik, dengan melakukan pencermatan dan telaah mendalam terhadap informasi dan atau umpan balik yang dapat dijarah dari subjek ujicoba. Prototipe produk akan dikatakan berfungsi dengan baik bilamana, dapat dioperasikan sesuai dengan rancangan, mudah, cepat dan dapat memberikan informasi yang akurat dan akuntabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Coba Sistem

Sistem diuji coba kepada pelari untuk mengetahui hasil dari implementasi perangkat dan aplikasi pada Android dan PC. Hal ini tampak pada Gambar 3 hingga Gambar 8



Gambar 3 Pelari bersiap mengenakan sabuk tempat smartphone

Sebelum berlari, atlet melakukan persiapan pengisian data dan pengaturan aplikasi pada Android dan menekan “START” kemudian bersiap untuk berlari sebagaimana Gambar 4.



Gambar 4. Pelari menekan tombol “START” dan bersiap untuk berlari

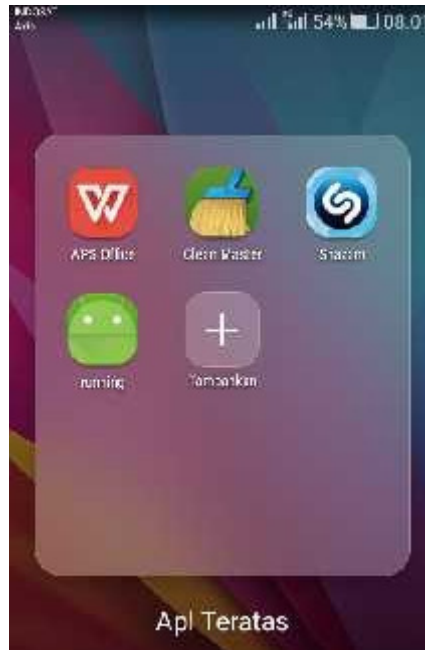
Selama bersiap aplikasi android akan menghitung mundur lima detik, ditandai dengan bunyi “bip” tiap hitungan. Ketika hitungan terakhir bunyi bip panjang akan terdengar dan atlet mulai berlari.



Gambar 5 Atlet berlari sambil menggunakan sabuk dengan smartphone

Aplikasi Pada Android

Hasil implementasi aplikasi untuk menggunakan sensor akselerometer pada Android dan langkah penggunaannya tampak pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8. Aplikasi ini diberi nama “running”.



Gambar 6Tampilan Awal Aplikasi “running”

Ketika aplikasi “running” dijalankan akan muncul seperti Gambar 6. Sebelum mulai berlari, atlet harus mengisi nama dan data usia terlebih dahulu sebagaimana Gambar 4.5 ketika tombol “+” ditekan. Data nama dan usia ini tidak akan berpengaruh pada sistem dan aplikasinya namun hanya untuk nama agar mudah disimpan. Ketika data telah diisi, klik “ADD”.



Gambar 7 Tampilan Aplikasi “running” Saat Mengisi Data

Setelah tombol “ADD” diklik maka akan muncul tombol “START” yang menandakan aplikasi siap dimulai. Ketika tombol “START” diklik aplikasi akan menghitung mundur lima detik, ditandai dengan bunyi “bip” tiap hitungan. Ketika hitungan terakhir bunyi bip panjang akan terdengar dan atlet mulai berlari. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8 Aplikasi “runnging Ketika Mulai dan Saat Berjalan

Kemudian data yang telah diperoleh disimpan dalam memory card maupun memory telepon untuk kemudian dikirimkan ke PC melalui USB dan diolah untuk mengetahui karakteristik percepatan, kecepatan dan jarak dari pelari. Tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Aplikasi “running” menyimpan data pelari

Aplikasi Pada Personal Computer

Setelah atlet berlari dan aplikasi pada Android menyimpan hasil data larinya, hubungkan smartphone ke PC dan jalankan program aplikasi penghitung, dan estimasi percepatan, kecepatan dan jarak. Tampilan awal aplikasi tampak pada Gambar 10

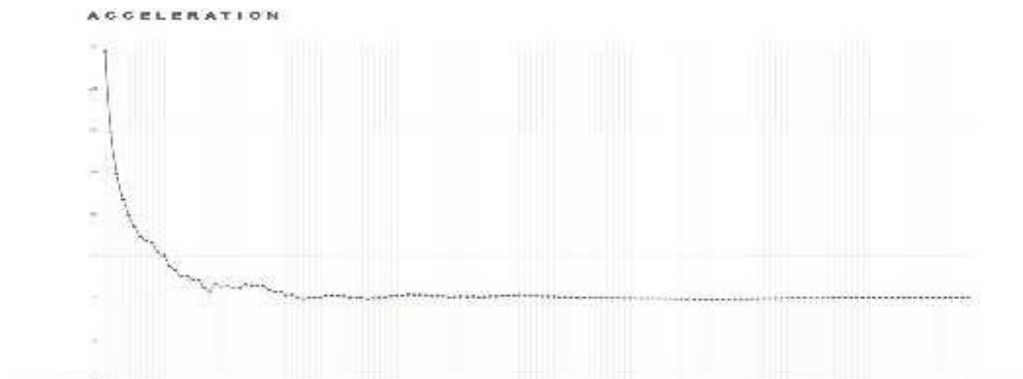


Gambar 10. Tampilan awal aplikasi pengolah data “sprint analyzer”

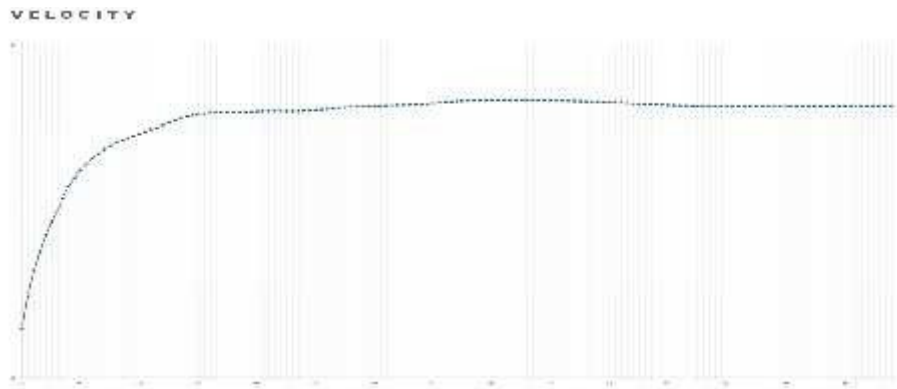
Set durasi waktu menjadi 15 detik. Pilih file hasil pengiriman dari data smartphone hasil ujicoba atlet sewaktu berlari, kemudian klik start maka akan muncul tampilan seperti Gambar 11 sampai Gambar 16



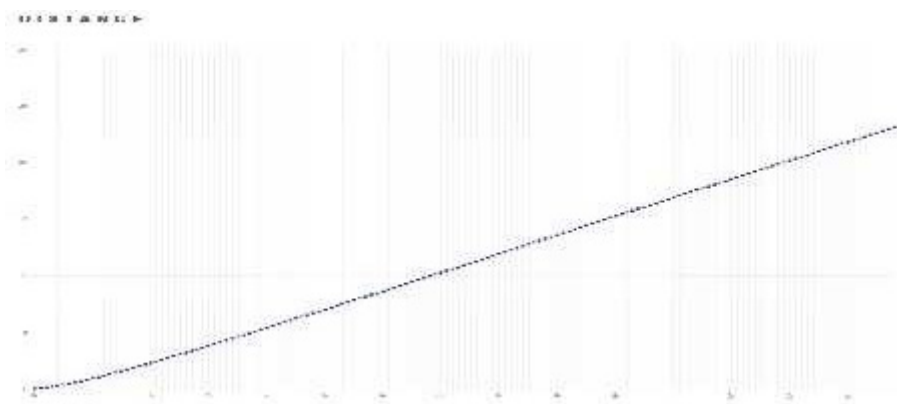
Gambar 11. Grafik percepatan lari atlet di ketiga



Gambar 12. Grafik percepatan lari atlet terhadap waktu

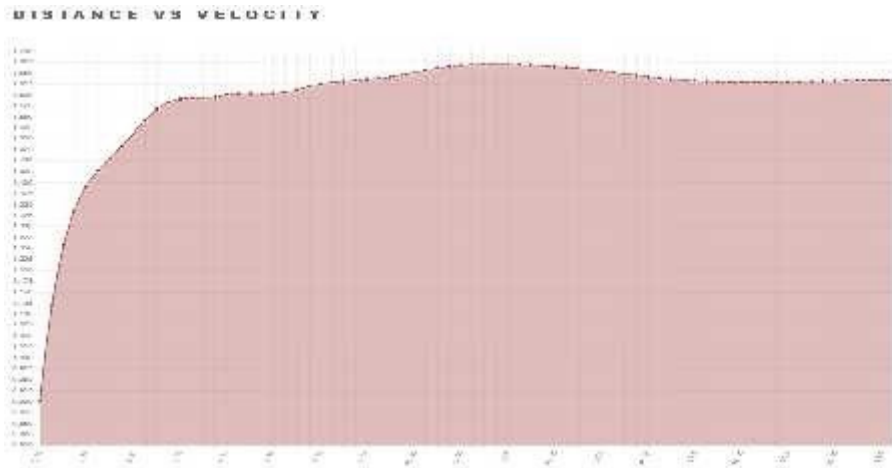


Gambar 13. Grafik kecepatan lari atlet terhadap waktu



Gambar 14. Grafik jarak tempuh pelari terhadap waktu

Tampak bahwa pelari dalam 15 detik baru mencapai 100m. Dengan kecepatan terhadap waktu seperti Gambar 13 yang mana kecepatan pelari cukup baik di awal 5 detik pertama karena mengalami percepatan (perubahan kecepatan) yang naik. Sedangkan setelah 5detik tersebut kecepataannya konstan (tidak mengalami percepatan).



Gambar 15 Grafik kecepatan pelari terhadap jarak

Grafik 15 menggambarkan kecepatan pelari pada tiap jaraknya. Tampak bahwa pada jarak 0-10 pertama, pelari mengalami kenaikan kecepatan. Kemudian kecepatannya cenderung konstan. Hal ini dapat menjadi saran bagi atlet untuk lebih meningkatkan kecepatan pada 10 meter berikutnya supaya lebih cepat dalam mencapai garis finish. Kemudian nilai kecepatan terhadap rentang waktu tertentu dapat dilihat pada Gambar 16.

Interval	Average Speed Summary
0-0.5	0.75
0.5-1.0	1.40
1.0-1.5	1.75
1.5-2.0	1.85
2.0-2.5	1.8
2.5-3.0	1.82
3.0-3.5	1.85
3.5-4.0	1.87
4.0-4.5	1.88
4.5-5.0	1.89
5.0-5.5	1.90
5.5-6.0	1.91
6.0-6.5	1.92
6.5-7.0	1.93
7.0-7.5	1.94
7.5-8.0	1.95
8.0-8.5	1.96
8.5-9.0	1.97
9.0-9.5	1.98
9.5-10.0	1.99

Gambar 16 Tabel kecepatan rata-rata tiap rentang waktu

Ujicoba Produk

Ujicoba produk dapat dilaksanakan setelah rancangan produk selesai. Ujicoba bertujuan untuk mengetahui apakah produk yang dibuat layak digunakan atau tidak juga untuk melihat sejauhmana produk yang dibuat dapat mencapai tujuan atau sasaran.

Ujicoba yang dilakukan adalah 3 kali meliputi:

1. Uji ahli dengan responden para ahli perancangan program. Pada tahap ini, program yang telah dibuat diperagakan di depan ahli atau dioperasikan langsung oleh ahli. Responden ahli adalah *programmer Microsoft Visual Basic* dan ahli telemetri. Tujuan pengujian adalah untuk mereview produk awal dan member masukan perbaikan.

Tabel 1. Hasil Uji oleh Ahli

Hal Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Saran
Kalibrasi	Sesuai metode benar	-
Prosedur persiapan penggunaan dan penggunaannya	Sesuai SOP pabrikan benar	Kantong sabuk sebagai wadah akselerometer perlu dibuat lebih rapat
Algoritma	Sudah tepat termasuk analisis datanya	-
Tampilan	Cukup	Grafik perlu diperjelas
User interface	Mudah dioperasikan	Tambahkan fitur untuk menampilkan data-data: lokasi dan waktu pengujian

2. Uji terbatas dilakukan terhadap kelompok kecil sebagai pengguna produk. Pengujian dilakukan terhadap atlet pemula lari dalam pemakaian akselerometer dan pelatih lari untuk kemudahan penggunaan sistem akselerometer (program).
3. Uji-lapangan (*field testing*). Uji lapangan dilakukan pada kondisi penggunaan yang sebenarnya untuk memastikan semua komponen perangkat produk bekerja dengan baik. Hasil pengujian yang masih belum sesuai diperbaiki. Dengan uji coba, kualitas produk akselerometer yang dikembangkan betul-betul teruji secara empiris dan siap digunakan.

SIMPULAN

Simpulan

Sistem dan aplikasi untuk mengetahui percepatan, dan mengestimasi kecepatan dan jarak tempuh pelari telah berhasil diimplementasikan sehingga pelari maupun pelatih dapat mengetahui kelemahan dari pelari di jarak maupun detik tertentu sehingga dari sana dapat diperbaiki dan

dilakukan pelatihan sehingga diharapkan atlet dapat mencapai jarak 100meter dalam waktu yang lebih singkat.

Saran

Pada sistem ini, di smartphone Android hanya digunakan untuk merekam data percepatan pelari dan disimpan pada memory baik internal maupun eksternal. Namun, untuk pengolahan data percepatan, estimasi jarak dan posisi, filter kalman dilakukan pada PC. Untuk tahapan berikutnya dapat dikembangkan pengolahan data, tersebut langsung dilakukan pada smartphone Android sehingga setelah berlari, atlet maupun pelatih dapat langsung menganalisis hasil yang dicapai pelari, tidak perlu memindahkan datanya ke PC terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand, P.O. 1986. *Textbook of Work Physiologi – Physiological Basis of Exercise*. New York: Mc Graw-Hill Book Compani.
- Ballesteros, Jose Manuel. 1984. *Field and Track Athletics. Basic Coaching Manual*. England: AAF.
- Foster, R.C. 2005. “Precision and Accuracy of an Ankle-Worn Akselerometer- based Pedometer in Step Counting and Energy Expenditure”. *Jurnal Preventive Medicine*, 41(3-4): 778-783.
- Gibney, M.J, et al. 2008. *Public Health Nutrition*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Godfrey, et al. 2008. “Direct Measurement of Human Movement by Accelerometry”. *Jurnal Medical Engineering and Physics*. 30(10): 1364 – 1386.
- Gotama, Andreas. 2008. *Pemantauan Aktifitas Fisik Langkah Kaki Menggunakan Akselerometer Berbasis Teknologi Bluetooth*. Artikel Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Graham, Brian Barkley. 2000. *Using an Akselerometer Sensor to Measure Human Hand Motion*. Tesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Harsono. 1988. *Coaching dan Aspek-Aspek Psikologis dalam Coaching*. Jakarta: P2LPTK, Depdikbud.
- Moritz, E.F dan Steve Haake (Editor).2009. *The Engineering of Sport 6. Vol. 3. Developments of Innovation*. New York: Springer.
- Quigg, Robin., et al. 2010. “Using Akselerometers and GPS Units to Identify the Proportion of Daily Physical Activity Located in Parks with Playgrounds in New Zealand Children”. *Jurnal Preventive Medicine*, 50(5-6): .235-240.
- Widada, Wahyu dan Sri Kliwati. 2007. *Measurement Of Vehicle Acceleration Performance Using Three-Axial Accelerometer*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi (SNT).

