

Makalah Seminar Tugas Akhir

PEMETAAN POSISI DAN ORIENTASI ARAH SISTEM NAVIGASI PERSONAL BERBASIS PRINSIP DEAD RECKONING

Suis Dhesta Meinggariyad¹, Iwan Setiawan², Budi Setiyono²
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak

Pengetahuan tentang posisi saat ini dapat dianggap faktor utama untuk layanan dan personalisasi dalam komunikasi mobile. Keakuratan posisi adalah sebuah teknologi yang muncul untuk komersial, keselamatan publik dan aplikasi militer. Sistem deteksi langkah kaki manusia bertujuan untuk memonitoring keberadaan akhir seseorang dari posisi asalnya. Sensor percepatan accelerometer dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi langkah dan sensor kompas digunakan untuk mengetahui posisi seseorang.

Data posisi X, posisi Y, kompas, dan jumlah step hasil pengolahan data-data Accelerometer dan Kompas didalam mikrokontroler dikirimkan data tersebut melalui komunikasi Wireless RF 433Mhz ke perangkat Akuisisi data ataupun Laptop. Penempatan sistem transmitter berada di tubuh pengguna yaitu sensor, mikrokontroler dan Wireless RF 433Mhz Tx yang diikatkan disekitar kaki manusia, sedangkan untuk sistem receiver untuk menampilkan pemetaan posisi pejalan kaki menggunakan computer dengan program visual C#.

Berdasarkan pengujian, pemetaan posisi navigasi pejalan kaki dengan sensor accelerometer, kompas digital, dan Wireless RF 433Mhz sudah mampu untuk memberikan kemudahan informasi posisi pejalan kaki dengan kecepatan berjalan dan panjang kaki yang normal. Hasil pengujian lintasan persegi terbaik memperlihatkan kesalahan penentuan posisi akhir dalam arah sumbu X sebesar 0.09m dan dalam arah sumbu Y sebesar 0.08m . Kesalahan yang ada disebabkan karena pembacaan data kompas digital yang memiliki nilai error.

Kata Kunci : *accelerometer, kompas, deadreckoning, wireless, pemetaan*

I. PENDAHULUAN

Pengetahuan tentang posisi saat ini dapat dianggap faktor utama untuk layanan dan personalisasi dalam komunikasi mobile. Keakuratan posisi adalah sebuah teknologi yang muncul untuk komersial, keselamatan publik dan aplikasi militer. Manfaat dari posisi yang akurat adalah layanan untuk melacak orang-orang dengan kebutuhan khusus . Aplikasi ini digunakan dalam ruangan maupun outdoor.

Teknik saat ini untuk posisi outdoor yang akurat, adalah Global Positioning System (GPS). GPS dapat bekerja dengan baik, bahkan di lingkungan yang menantang. Situasi dimana sinyal GPS tidak dapat diandalkan, sistem navigasi dapat melalui koneksi Bluetooth.

Sehubungan dengan posisi indoor, "high-sensitivity" teknologi GPS tidak memberikan hasil yang akurat. Ada teknologi lainnya untuk penentuan posisi dalam ruangan, yang tergantung pada keberadaan jaringan data base stasiun indoor, poin WLAN seperti akses nirkabel atau (BT) Bluetooth node. Namun, ketersediaan sistem tidak dapat dijamin dalam semua aplikasi. Akibatnya, posisi di mana-mana dalam ruangan akan harus bergantung pada sistem luar yang ada (yaitu jaringan GSM) dan memanfaatkan infrastruktur nirkabel dalam ruangan jika tersedia.

Banyak aplikasi posisi, terdapat kesalahan posisi maksimal 5 - 10m. Teknologi Bluetooth, akurasi perkiraan indoor 30-50m. Akurasi tinggi tentu saja diinginkan tetapi secara teknis sangat sulit untuk dicapai. Pedestrian Dead Reckoning (PDR) telah ditunjukkan untuk menghasilkan akurasi posisi yang memadai untuk banyak aplikasi. PDR diciptakan untuk berkembang, memvalidasi dan menunjukkan teknik posisi baru dan pendekatan untuk aplikasi indoor.

Usulan pemetaan sistem navigasi deadreckoning menggunakan wireless ini merupakan replikasi dari penelitian yang dilakukan oleh Laras Dwi Kauri (L2F006061). Namun, penelitian ini memiliki perbedaan dari penelitian sebelumnya, antara lain: (1) Mode bit akses Sensor Kompas CMPS03. Pada penelitian sebelumnya, sensor kompas CMPS03 di akses menggunakan mode 8bit. Sementara pada penelitian ini, sensor kompas CMPS03 di akses menggunakan mode 16bit. Sehingga terjadi perbedaan lebar data yang menghasilkan keakuratan hasil pembacaan sensor yang berbeda dengan mode 8bit. (2) Embedded Algoritma DeadReckoning. Pada penelitian sebelumnya, algoritma DeadReckoning diolah di computer atau laptop, fungsi mikrokontroler sebatas mengaktifkan, mengolah, dan mengirim data-data sensor. Sementara pada penelitian ini, algoritma DeadReckoning diolah didalam mikrokontroler,

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

2) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

mikrokontroler berfungsi untuk mengaktifkan sensor hingga mengirim data akhir algoritma DeadReckoning. Sehingga computer atau laptop hanya berfungsi untuk memetakan data yang didapat dari mikrokontroler. (3) Wireless 433 Mhz RF Transreceiver. Pada penelitian sebelumnya, komunikasi data menggunakan kabel serial. Sementara pada penelitian ini, komunikasi data menggunakan Wireless 433 Mhz RF Transreceiver. Sehingga pada sistem navigasi ini lebih fleksibel untuk digunakan.

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah membuat suatu sistem pemetaan navigasi pejalan kaki secara real time dengan mengaplikasikan penggunaan accelerometer untuk mendeteksi jumlah langkah kaki manusia, serta dapat diketahui posisi dari perhitungan panjang langkah kaki rata-rata dengan perubahan orientasi arah setiap langkah melalui pembacaan data kompas digital. Data posisi yang didapat kemudian dikirim menggunakan wireless secara real time.

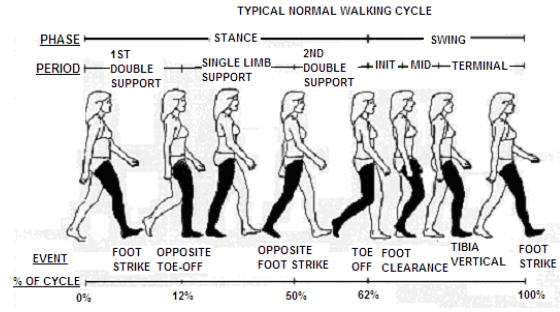
II. DASAR TEORI

2.1 Prinsip Dead Reckoning pada Sistem Navigasi Pejalan Kaki

Dead Reckoning adalah proses teknik navigasi estimasi posisi saat ini dan perpindahan posisi sebelumnya. Perkiraan perpindahan bisa dalam bentuk perubahan dalam koordinat Cartesian (yaitu x dan y koordinat) atau lebih khusus dalam pos, kecepatan, dan jarak. Dengan update posisi, Dead Reckoning tumbuh secara linear. Teknik Dead Reckoning Pejalan kaki efektif jika dipasang pada model gerak manusia pejalan kaki, perangkat harus dipakai oleh pengguna yang sama karena model langkah akan dilatih dengan individu tertentu yang berjalan dengan pola yang sama.

2.1.1 Deteksi Langkah

Manusia dalam melangkah memiliki pola-pola tertentu. Pola tersebut terjadi berulang-ulang ketika manusia melangkah, sehingga dengan menganalisis pola-pola ini pendeteksian langkah dapat dilakukan. Pola manusia saat melangkah pada dasarnya terdapat dua fase, fase *stance* dan fase *swing*. Fase *stance* adalah keadaan saat salah satu kaki menapak di tanah. Fase *swing* adalah keadaan ketika salah satu kaki terangkat. Pada saat salah satu kaki berada pada fase *stance* kaki yang lain akan berada pada fase *swing*.



Gambar 2.1 Siklus normal orang berjalan.

2.1.1.a Magnitude Threshold

Cara sederhana untuk mendeteksi langkah adalah dengan mengecek nilai *accelerometer* yang melewati batas nilai yang telah ditentukan. Pada *Magnitude Threshold* nilai ketiga sumbu dijumlahkan kemudian dikuadratkan.

$$\left\| \vec{a}_{k,x} + \vec{a}_{k,y} + \vec{a}_{k,z} \right\|^2 \quad (2.1)$$

$\vec{a}_{k,i}$, $i=x, y, z$ merupakan nilai keluaran *accelerometer* dari ketiga sumbu. Sehingga persamaan 2.1. dapat ditulis menjadi persamaan 2.2

$$\left\| \vec{a}_{k,x} + \vec{a}_{k,y} + \vec{a}_{k,z} \right\|^2 \sim X_3^2(g) \quad (2.2)$$

Pendeteksian langkah dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.2.

2.1.1.b Variance Threshold

Variance, S_n^2 dari n sampel data dituliskan pada persamaan 2.3.

$$s_{n_j}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{i=j+n} (x_i + \bar{x}_j)^2 \quad (2.3)$$

\bar{x}_j adalah nilai *mean* dari n sampel data.

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{i=j+n} x_i \quad (2.4)$$

Penggunaan *Variance threshold* sangat membantu untuk mendeteksi langkah ketika terjadi perubahan sinyal secara tiba-tiba. Berdasarkan penelitian ini jumlah sampel data yang paling cocok untuk pendeteksian adalah lima sampai sepuluh sampel data.

2.1.2 Pemetaan Posisi Pedestrian Dead Reckoning

Dalam Pedestrian Dead Reckoning, sensor percepatan digunakan untuk mendeteksi terjadinya langkah (step) kaki, kemudian memperkirakan posisi dalam koordinat X dan Y

berdasarkan input panjang langkah kaki dan orientasi arah yang terbaca oleh kompas digital. Ada tiga parameter penting yang diterapkan dalam pedestrian Dead Reckoning ini yaitu^[1]:

- a) Deteksi langkah (step) kaki
- b) Panjang langkah kaki
- c) Orientasi perubahan arah setiap langkah kaki.

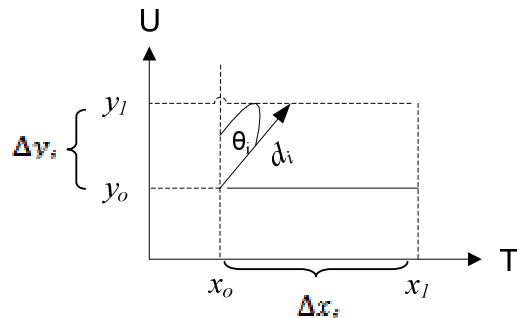
Untuk panjang langkah d_i dengan arah membentuk sudut θ_i seperti pada gambar 2.4 maka perpindahan ke arah timur, Δx_i adalah

$$\Delta x_i = d_i \sin \theta_i \dots \dots \dots (2.5)$$

Maka menggunakan cara yang sama, perpindahan dalam arah utara adalah

$$\Delta y_i = d_i \cos \theta_i \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan θ_i adalah sudut yang terbaca oleh kompas digital, karena pembacaan kompas digital yang digunakan absolut terhadap arah utara bumi atau sumbu Y positif koordinat kartesian.



Gambar 2.2 Orientasi arah pergerakan dengan membentuk sudut θ_i

Maka untuk sejumlah n langkah yang terdeteksi, posisi akhir dengan titik referensi $[x_0, y_0]$ adalah

$$x_n = x_0 + \sum_{i=1}^n d_i \sin \theta_i \dots \dots \dots (2.7)$$

$$y_n = y_0 + \sum_{i=1}^n d_i \cos \theta_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Bentuk persamaan (2.7) sampai dengan (2.8) tersebut menjadi dasar dari sistem navigasi bagi pejalan kaki menggunakan prinsip Dead Reckoning.

2.2 Sensor 3 axis Accelerometer Hitachi H48C

Sensor *accelerometer* merupakan salah satu jenis sensor IMU (Inertial Measure Unit) yang digunakan untuk mengukur percepatan linier dari suatu objek yang bergerak sepanjang sumbu axis tertentu. Prinsip kerja *accelerometer* pada umumnya berdasarkan gerakan mekanik sebuah massa sesuai dengan Hukum Newton kedua. Percepatan diperoleh dari perubahan posisi dari massa terhadap referensi. *Piezoresistive*, *piezoelectric*, dan *differential*

capacitive accelerometer merupakan jenis *accelerometer* yang umum ada di pasaran.

Secara konseptual, sebuah *accelerometer* berlaku seperti beban yang teredam pada spiral. Jika suatu *accelerometer* mengalami gaya dari luar seperti gravitasi maka beban akan berpindah hingga gaya dari luar tersebut dapat distabilkan oleh gaya dari spiral^[16]. Perpindahan ini kemudian diterjemahkan menjadi sebuah akselerasi/percepatan.



Gambar 2.3 Hitachi H48C

Nilai keluaran dari modul *accelerometer* Hitachi H48C dalam bentuk g, 1g sama dengan $9,81 \text{ m/s}^2$. nilai ini diperoleh berdasarkan rumus :

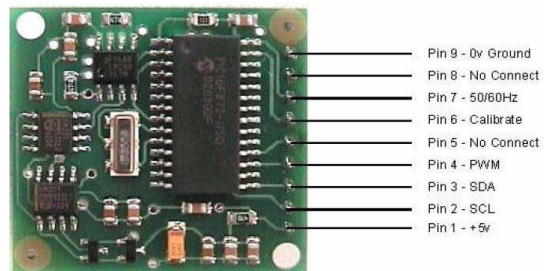
$$g = ((axis - Vref) / 4095) \times (3,3 / 0,3663) \dots \dots \dots (2.9)$$

Pada rumus 2.9, axis dan Vref merupakan hasil perhitungan dari ADC, 4095 adalah nilai maksimum dari ADC 12 bit, 3,3 merupakan tegangan masukan H48C, dan 0,3663 adalah tegangan keluaran senilai 1g saat diberikan tegangan operasi 3,3V. Untuk lebih sederhana rumus 2.10 ditulis menjadi :

$$g = (axis - Vref) \times 0,0022 \dots \dots \dots (2.10)$$

2.3 Kompas CMPS03

Navigasi sangat penting untuk semua benda bergerak dan kompas merupakan salah satu alat untuk membantu navigasi. Dalam tugas akhir ini digunakan kompas CMPS03 buatan Davantech Ltd yang cukup sensitif untuk mendeteksi medan magnet bumi. Pada CMPS03, arah mata angin dibagi dalam bentuk derajat, yaitu : Utara (0°), Timur (90°), Selatan (180°), dan Barat (270°).



Gambar 2.4 Modul Davantech CMPS03

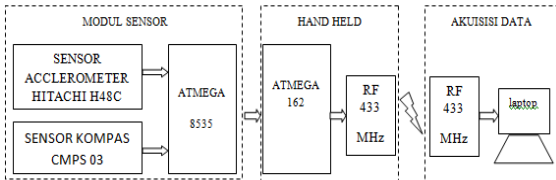
Ada dua cara untuk mendapatkan informasi arah dari modul kompas digital ini

yaitu dengan membaca sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) atau dengan membaca data interface I2C.

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada instrumentasi sistem navigasi personal ini meliputi tiga bagian, yaitu bagian modul sensor, hand-held dan akuisisi data. Masing-masing akan dijelaskan pada sub-subbab dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram blok perancangan perangkat keras

a. Perancangan Akuisisi Data

Akuisisi Data berfungsi sebagai penerima data dari hand held yang dikirim melalui alat komunikasi serial wireless yang digunakan untuk memetakan lintasan di laptop. Tiap-tiap bagian dari blok diagram sistem di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Wireless 433Mhz RF digunakan sebagai penerima data antara hand held dengan akuisisi data.
2. DKU5-USB digunakan untuk kabel serial antara Wireless 433Mhz dengan laptop.
3. Laptop digunakan sebagai media antar muka sistem navigasi pejalan kaki dengan program *Microsoft Visual C# 2010 Premium*.

b. Perancangan Hand Held

Hand Held berfungsi sebagai penerima data dari modul sensor yang digunakan dikirim ke akuisisi data.

Tiap-tiap bagian dari blok diagram hand held di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mikrokontroler ATmega 162 digunakan untuk menerima data dari modul sensor dan mengirimkan data tersebut ke Wireless 433Mhz RF.

2. Wireless 433Mhz RF digunakan sebagai pengirim data antara bagian hand held dengan bagian akuisisi data.

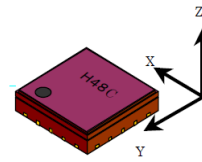
c. Perancangan Modul Sensor

Modul sensor berfungsi mengaktifkan, menerima data dari sensor accelerometer H48C, sensor kompas CMPS03, dan sebagai pusat pengolahan algoritma navigasi pejalan kaki.

d. Sensor Accelerometer Hitachi H48C

Sensor ini berfungsi untuk memperoleh data dari pergerakan langkah kaki seseorang. Didalam modul ini terdapat chip regulator

tegangan dan juga ADC 12 bit tipe MCP3204 yang membaca tegangan analog keluaran dari H48C.



Gambar 3.2 Orientasi arah percepatan accelerometer tiap sumbu

Data dari ketiga axis bisa didapatkan dengan cara melihat channel pada ADC internal yang digunakan untuk menyimpan data tegangan masing-masing sumbu (axis).

Dari data sumbu (axis) dan Vref tadi bisa didapatkan. Dimana nilai axis dan Vref didapatkan dari pembacaan data ADC, 4095 merupakan output maksimal dari 12 bit ADC, 3.3 adalah tegangan suplai H48C, dan 0,3363 adalah output tegangan untuk 1G (ketika beroperasi pada tegangan 3.3V).

e. Kompas CMPS03

Kompas digital ini hanya memerlukan suplai tegangan sebesar 5V DC, dengan konsumsi arus 15mA. Data yang didapatkan berupa arah mata angin dalam bentuk derajat yaitu: Utara (0°), Timur (90°), Selatan (180°), Barat (270°).

Untuk membaca data arah pin 2 dan 3 digunakan sebagai jalur komunikasi I2C dan terhubung dengan PORT B dari Mikrokontroler. Protokol komunikasi I2C dimulai dengan mengirimkan start bit, address modul digital compass dengan read/write low (0xC0), kemudian nomor register yang akan dibaca. Selanjutnya diikuti dengan start bit lagi, address modul digital compass dengan read/write high (0xC1). Selanjutnya anda bisa membaca satu atau dua register (8 bit atau 16 bit). Untuk register 16 bit, yang pertama kali dibaca adalah high byte.

f. Wireless RF 433Mhz

Wireless Parallax 433 MHz RF dengan Baud rate yang digunakan 4800bps didalam sistem ini. Wireless Parallax 433 MHz RF mudah untuk mengirim data serial / informasi secara nirkabel.

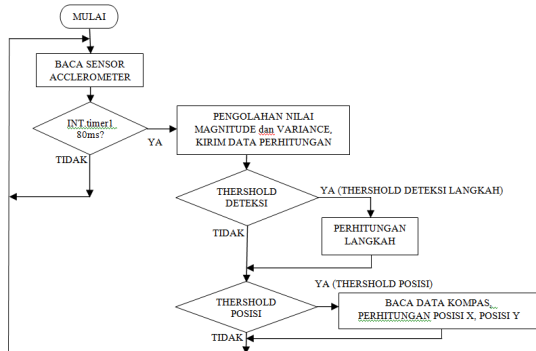
Wireless RF 433 Mhz yang digunakan sebanyak 2 buah sebagai transmitter dan receiver, transmitter yang terpasang hand held dengan mikrokontroler ATMEGA 162 PortD.1 berfungsi untuk mengirimkan data yang berasal dari modul sensor secara serial. Sebagai receiver data serial yang diterima Wireless RF 433 Mhz dikirim ke laptop menggunakan kabel DKU 5-USB.

3.2 Perancangan Algoritma Sistem Pada Mikrokontroler

Perancangan perangkat lunak Mikrokontroler pada tugas akhir ini secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian modul sensor Mikrokontroler ATmega 8535 dan bagian hand held Mikrokontroler ATmega 162.

1. Perancangan Algoritma Sistem Pada Mikrokontroler ATmega8535

Secara garis besar perancangan algoritma perangkat lunak pada bagian modul sensor Mikrokontroler ATmega8535 dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram alir perancangan algoritma pada mikrokontroler modul sensor

a. Inisialisasi

Prosedur 'Inisialisasi' akan dikerjakan ketika mikrokontroler ATmega8535 mulai dinyalakan atau mengalami *reset*. Di dalam prosedur ini dilakukan inisialisasi terhadap Timer dan USART. Setelah proses inisialisasi selesai, program dilanjutkan menuju program utama.

Salah satu inisialisasi dari Mikrokontroler ATmega8535 adalah setiap 80ms melakukan pengolahan data sensor accelerometer dan mengirimkan data akhir pengolahan secara serial.

Cara menggunakan *interupsi timer1 overflow* untuk dapat mengirimkan data setiap 80 ms adalah dengan mengatur nilai register TCNT. XTAL adalah besar *clock* yang digunakan, yaitu 11,0592 MHz. Perhitungan nilai TCNT adalah sebagai berikut :

$$TCNT = (1 + 0xFFFF) - (waktu \times (XTAL \div Prescaler))$$

$$TCNT = (1 + 65535) - (80 \times 10^{-3} \times (11059200 \div 64))$$

$$TCNT = (65536 - (80 \times 10^{-3} \times 172800))$$

$$TCNT = 65536 - 13824$$

$$TCNT = 51712$$

Pemilihan baudrate yang digunakan adalah 4800 dikarenakan perangkat baud rate wireless RF 433Mhz.

Kecepatan transfer data 4800 bit per second maka 1 bit membutuhkan 1/4800 detik atau 0,0002083 detik atau 208 uS (microsecond= 10^{-6} detik).

b. Program Utama

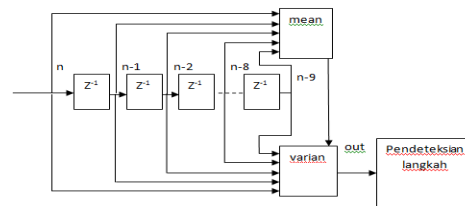
Pada program mikrokontroler, rutin program utama berada di dalam while(1). Angka '1' menunjukkan bahwa perulangan ini bernilai 'true', sehingga program yang berada di dalam while(1) akan secara terus-menerus dipanggil dan dikerjakan.

Rutin program pada penelitian tugas akhir ini adalah pembacaan sensor *Accelerometer* Hitachi H48C yang memiliki output digital.

c. Pengolahan Algoritma, Kirim Data Perhitungan

Program akan keluar dari program utama hanya jika terjadi interupsi, setelah interupsi program akan kembali ke program utama. Interrupts timer berisi pengolahan Algoritma pendeteksian langkah dan Kirim data akhir perhitungan setiap 80ms. Pendeteksian menggunakan pendekatan nilai *threshold* dari nilai *variance* dimaksud untuk membuat nilai pada keadaan *stance* berada pada nilai nol.

Secara ideal, fase pada keadaan *stance* jika kesepuluh nilai *variance* sama dengan nol. Akan tetapi pada saat fase *stance*, nilai *variance* tidak tepat bernilai nol, sehingga digunakan pendekatan *threshold* untuk membantu pendeteksian.



Gambar 3.4 Diagram blok perhitungan nilai *variance* untuk pendeteksian langkah.

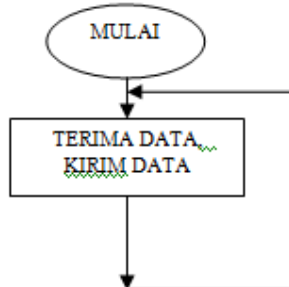
d. Percabangan Pendeteksian Langkah dan Penentuan Posisi

Pada kondisi ini pembacaan nilai dari accelerometer dibaca dan diolah apakah sudah sesuai dengan nilai *threshold*nya. Ada dua jenis *threshold* yang digunakan, yaitu *threshold* posisi dan *threshold* deteksi langkah. *Threshold* deteksi langkah adalah pada saat fase *stance* ke fase *swing*, jika memenuhi *threshold* ini maka akan melakukan perintah pendeteksian langkah.

Threshold posisi adalah pada saat fase *swing* ke fase *stance*, jika memenuhi *threshold* ini maka akan melakukan perintah pembacaan kompas serta perhitungan posisi X dan posisi Y. Sebelum perhitungan posisi, nilai kompas dikalikan 0.017 karena perhitungan menggunakan satuan radian.

2. Perancangan Algoritma Sistem Pada Mikrokontroler ATmega162

Secara garis besar perancangan algoritma perangkat lunak pada bagian hand held mikrokontroler ATmega162 dengan sumber clock 11.059200 dapat digambarkan sebagai berikut:

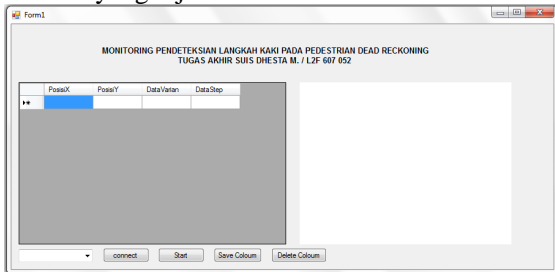


Gambar 3.5 Diagram alir perancangan algoritma pada mikrokontroler hand held

Data yang diterima dari mikrokontroler bagian modul sensor dikirimkan dengan menggunakan baudrate 4800. Karena apabila akan dilakukan komunikasi serial asinkron antar perangkat yang fleksibel, mikro dengan mikro maka kecepatan transfer data dapat diberikan pada nilai berapapun asalkan kedua mikro memiliki baudrate dan mode yang sama.

3. Perancangan Perangkat Lunak pada Komputer

Program pendeteksian langkah kaki dilakukan pada perangkat laptop dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Studio C# 2010 Premium*. Bahasa ini memiliki fitur-fitur seperti, desain antarmuka secara GUI, komponen SerialPort untuk komunikasi serial, komponen Timer untuk membuat gambar lintasan pejalan kaki, serta komponen maupun *library* lain yang dibutuhkan untuk membuat program pada komputer dalam tugas akhir ini. Bahasa ini bersifat OOP (*Object Oriented Programming*) dan *event driven*. Tugas-tugas pada program ditangani oleh fungsi-fungsi *event handler*. Fungsi-fungsi tersebut dipanggil jika ada *event* tertentu saat program dijalankan, sehingga semua program berjalan jika ada *event* tertentu yang dijadwalkan melalui Timer.



Gambar 3.6 Tampilan program pendeteksian langkah kaki.

Data yang dikirim oleh mikrokontroler ATmega162 merupakan data hasil akhir pengolahan algoritma mikrokontroler ATmega8535.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4 Pengujian Posisi dan Orientasi Perubahan Arah

Cara pengujian yang dilakukan sama dengan pengujian pendeteksian jumlah langkah, akan tetapi dilakukan dalam tiga lintasan yaitu lintasan yang lurus, lintasan yang membentuk segitiga dan lintasan yang membentuk persegi. Melalui pengujian ini akan diketahui posisi akhir pejalan dari posisi awalnya, kemudian akan dipetakan dan dibandingkan dengan keadaan sesungguhnya.

Pemetaan posisi dilakukan dalam arah sumbu X dan sumbu Y yang didapatkan dari perhitungan yang sebenarnya kemudian dibandingkan dengan hasil percobaan, posisi awal diasumsikan berada pada koordinat (0,0) dan nilai input panjang langkah kaki bernilai 1 m.

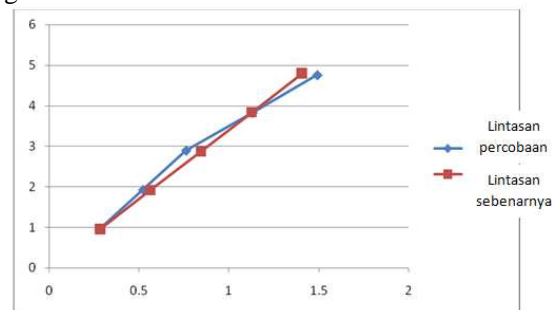
4.1 Lintasan Lurus

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hasil pengujian saat jumlah *step* yang terdeteksi sejumlah lima.

Tabel 4.1 Perubahan posisi X dan Y untuk lintasan lurus

Step	Orientasi Arah ($^{\circ}$)	Perubahan Posisi_X (m)	Perubahan Posisi_Y (m)
1	16.77	0.28	0.96
2	14.26	0.52	1.93
3	14.26	0.76	2.9
4	22.09	1.13	3.83
5	22.09	1.49	4.76

Berdasarkan tabel perbandingan diatas maka dapat dibuat pemetaan dalam suatu koordinat kartesian, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.1 Pemetaan lintasan lurus untuk 5 *step*

Gambar 4.1 menampilkan pemetaan untuk lintasan lurus saat jumlah langkah kaki (*step*) yang terdeteksi sebanyak lima, dengan nilai-nilai koordinat dalam satuan m. Dari

gambar terlihat bahwa lintasan hasil percobaan tidak berbeda jauh dengan keadaan yang sebenarnya, sehingga saat pejalan kaki telah berhenti melangkah didapatkan perbedaan hasil posisi akhir. Perbedaan arah sumbu X sejauh 0,08 m dan arah sumbu Y sejauh 0,04 m. Hal ini disebabkan karena pada waktu berjalan dari awal hingga akhir, nilai kompas yang dibaca memiliki rata-rata 17.894^0

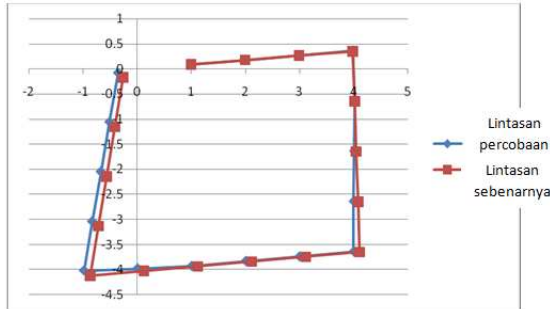
4.2 Lintasan Persegi

Percobaan dengan lintasan persegi dilakukan dengan berjalan membentuk lintasan persegi yang telah dibuat. Pengujian diawali dari titik koordinat bebas dan kembali berakhir di titik koordinat semula. Berikut ini adalah data hasil pengujian dengan lintasan persegi.

PosisiX	PosisiY	DataVarian	DataStep
4	-2.54	185.07	7
4	-3.64	185.07	8
3	-3.74	186.68	9
2.01	-3.83	271.63	10
1.01	-3.93	271.63	11
0.01	-3.98	274.34	12
-0.98	-4.02	274.34	13
-0.83	-3.04	8.94	14
-0.67	-2.05	9.44	15
-0.51	-1.06	9.44	16
-0.35	-0.08	9.94	17

Gambar 4.2 Tampilan program pada Visual C# pengujian lintasan persegi

Berdasarkan tabel perbandingan diatas maka dapat dibuat pemetaan dalam suatu koordinat kartesian, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.3 Pemetaan percobaan lintasan persegi

Gambar 4.3 menampilkan pemetaan untuk lintasan persegi. Dari gambar terlihat bahwa lintasan hasil percobaan bisa mengikuti pola sebenarnya walaupun tidak tepat sesuai dengan koordinat saat langkah ke-6, sehingga saat pejalan kaki telah berhenti berjalan terdapat perbedaan hasil posisi akhir seperti ditunjukkan garis hijau putus-putus. Perbedaan dalam arah sumbu X sejauh 0,09 m dan dalam arah sumbu Y sejauh 0,08 m.

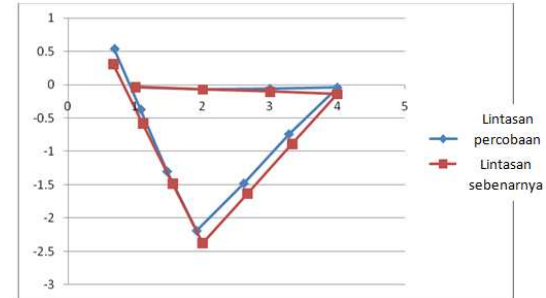
4.3 Lintasan Segitiga

Percobaan dengan lintasan persegi dilakukan dengan berjalan membentuk lintasan segitiga yang telah dibuat. Pengujian diawali dari titik koordinat bebas dan kembali berakhir di titik koordinat semula. Berikut ini adalah data hasil pengujian dengan lintasan segitiga.

PosisiX	PosisiY	DataVarian	DataStep
1	-0.04	94.49	1
2	-0.07	94.49	2
3	-0.06	91.48	3
4	-0.04	91.48	4
3.28	-0.74	227.75	5
2.61	-1.48	228.05	6
1.91	-2.19	228.35	7
1.47	-1.3	342.63	8
1.08	-0.37	346.24	9
0.89	0.54	345.74	10

Gambar 4.4 Tampilan program pada Visual C# pengujian lintasan segitiga

Berdasarkan tabel perbandingan diatas maka dapat dibuat pemetaan dalam suatu koordinat kartesian, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.5 Pemetaan percobaan lintasan segitiga

Gambar 4.5 menampilkan pemetaan untuk lintasan segitiga. Dari gambar terlihat bahwa lintasan hasil percobaan bisa mengikuti pola sebenarnya walaupun tidak tepat sesuai dengan koordinat saat langkah ke-3, sehingga saat pejalan kaki telah berhenti berjalan terdapat perbedaan hasil posisi akhir seperti ditunjukkan garis hijau putus-putus. Perbedaan dalam arah sumbu X sejauh 0,02 m dan dalam arah sumbu Y sejauh 0,23 m.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Fleksibilitas penggunaan alat navigasi pejalan kaki menjadi lebih mudah dikarenakan data posisi dan orientasi arah pejalan kaki dikirimkan dari mikrokontroler ke laptop menggunakan Wireless RF 433Mhz dan divisualisasikan dengan benar secara *real time*.
2. Penggunaan Wireless RF dengan frekuensi 433Mhz didapatkan jarak maksimal data yang dapat dikirimkan jika terhalang oleh dinding sejauh 12 meter.
3. Pembacaan data kompas dipengaruhi juga oleh *tilt*, sehingga nilai pembacaan kompas pada fase *swing* akan semakin besar atau semakin kecil dari nilai pada waktu fase *stancenya*. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi langkah.
4. Dengan menggunakan prinsip *dead reckoning* proses navigasi pejalan kaki tidak dapat digunakan dalam waktu yang lama. Perubahan sudut dalam setiap langkah yang berbeda-beda akan mengakibatkan nilai error posisi semakin besar dan akan tidak sesuai dengan lintasan yang ditentukan.
5. Proses pembacaan sensor accelerometer, sensor kompas, dan pengolahan algoritma *dead reckoning* didalam mikrokontroler yang sama dapat menghindari data yang hilang atau terlambat ketika pengiriman data.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan sensor accelerometer dapat ditambah logika *threshold dead reckoning* proses berlari atau berjalan mundur.
2. Penggunaan wireless dapat diganti dengan frekuensi yang lebih besar dari 433Mhz sehingga dapat digunakan pada jarak yang lebih jauh.
3. Sensor kompas digunakan untuk mendeteksi langkah dan orientasi arah, sedangkan sensor accelerometer digunakan hanya untuk mengukur jarak yang ditempuh dari pejalan kaki tersebut.
4. Sensor Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur kecepatan pejalan kaki.
5. Sistem navigasi pejalan kaki dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor GPS. Agar nilai error posisi yang semakin besar didalam proses navigasi dapat dikalibrasi menggunakan sensor GPS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stirling, Ross Grote, *Development of Pedestrian Navigation System Using Shoe Mounted*, Thesis Teknik Mesin Universitas Alberta, Kanada, 2004.
- [2] Abadi, Muslim, *Rancang Bangun Alat Pengukur Langkah Kaki dengan Sensor Accelerometer dan Fasilitas Wireless 2,4 GHz*, Proyek Akhir Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2010.
- [3] Ojeda, Lauro dan Johann Borenstein., *Non-GPS Navigation for Security Personnel and First Respondes*, Journal of Navigation, University of Michigan, USA, 2007
- [4] Akrom, Isnan Fauzan, *Pemetaan Posisi dan Orientasi Kursi Roda Cerdas Berbasis Prinsip Dead Reckoning*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [5] Joni, I Made dan Budi Raharjo., *Pemrograman C dan Implementasinya*, Penerbit Informatika, Bandung, 2006.
- [6] Hartanto, Budi, *Memahami Visual C# Secara Mudah*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [7] Laras Dwi Kauri, *Sistem Navigasi Personal Berbasis Sensor Mems (Micro Electro-Mechanical System)*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang 2011.
- [8] Surya Wisnurahutama, *Analisis Metode Pendeteksian Langkah Kaki Pada Pedestrian Dead Reckoning*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang 2011.
- [9] -----, *Atmega8535 Data Sheet*, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/164169/ATMEL/ATMEGA8535.html>
- [10] -----, *Atmega162 Data Sheet*, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/80272/ATMEL/ATMEGA162.html>
- [11] -----, *433 MHz RF Transceiver*, <http://www.parallax.com/tabid/768/ProductID/582/Default.aspx>
- [12] -----, *H48C Data Sheet – Parallax Home*, <http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/H48CDatasheet.pdf>, Juli 2007.
- [13] -----, *Sensor Kompas CMPS03*, http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/Dev_CMPS03.html
- [14] -----, *Kabel Serial DKU-5*, <http://forums.xbox-scene.com/lofi/version/index.php/t675812-150.html>
- [15] -----, *Komunikasi USART AVR*, <http://www.PayZtronics.blogspot.com>, Agustus 2009.
- [16] -----, *Pengenalan C#*, <http://www.openit.net>, Januari 2010.
- [17] -----, *Rata-rata Bergerak Tunggal (Single Moving Average)*, <http://exponensial.wordpress.com/2010/10/26/rata-rata-bergerak-tunggal-single-moving-average/>



Suis Dhesta Meinggariyad
(L2F 607 052) Lahir di
Semarang, 13 Mei 1989.
Mahasiswa Teknik Elektro
Ekstensi SMU angkatan
2007, Konsentrasi Kontrol
dan Otomatisasi, Universitas
Diponegoro.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, S.T.,M.T.

NIP.197309262000121001

Tanggal: _____

Budi Setiyono, ST. MT.

NIP.197005212000121001

Tanggal: _____