

Pendeteksian Gerakan Menggunakan Transduser *Ultrasound* dengan Metoda Perbandingan Pola Gema

Motion Detection using Ultrasonic Sensor with Echo Pattern Comparison Method

Dicky Rianto Prajitno, Ade Ramdan

Pusat Penelitian Informatika-LIPI

Jl. Sangkuriang 21 Bandung

Email: dicky@informatika.lipi.go.id; ade@informatika.lipi.go.id

Abstract

In this paper we propose a method of motion detection. The motion detection is performed by comparing two echoes pattern with a certain time interval, and the interval between certain pattern of objects's echoes. The distinction of the echoes pattern are indicating that several movement occur in the surrounding sensor area. With this comparison method, the sensor becomes sensitive to any objects movement in it's detection area. The result show that the sensor specifically is more sensitive in detection small movements compared to PIR sensor. In practice, this method was able to detect several human body movements such as walking, sitting, talking, and even be able to detect the movement of the body caused by human respiratory.

Keywords: *ultrasound, motion sensor, pulse echo ranging, echo pattern*

Abstrak

Pada tulisan ini kami mengusulkan metoda pendeteksi gerakan. Pendeteksian dilakukan dengan cara membandingkan dua buah pola gema dalam interval waktu tertentu dan jeda antara pola gema. Perbedaan pola gema menunjukkan terjadinya gerakan dari benda-benda di area deteksi sensor. Dengan metoda perbandingan ini, sensor menjadi sensitif terhadap gerakan atau perubahan posisi setiap objek yang berada disekitarnya. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa sensor ini secara khusus lebih sensitif dibandingkan sensor PIR dalam mendeteksi gerakan-gerakan kecil. Pada prakteknya metoda ini telah mampu mendeteksi beberapa gerakan tubuh manusia seperti: dari mulai berjalan; duduk; berbicara; hingga gerak respirasi tubuh.

Kata kunci: *ultrasound, deteksi gerakan, pulse echo ranging, pola gema*

1. Pendahuluan

Saat ini banyak aplikasi yang membutuhkan sebuah pendeteksi gerakan[1], seperti pada aplikasi pengamanan, pengawasan, sistem otomatis[2], game[3], dan lain-lain. Pada sistem otomatis seperti misalnya pintu otomatis, atau juga saklar lampu otomatis, dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi keberadaan manusia. Salah satu cara untuk mendeteksi keberadaan manusia adalah dengan mendeteksi gerakan.

Satu ciri manusia sebagai makhluk hidup adalah manusia akan selalu bergerak, entah itu gerakan-gerakan besar/kasar seperti berjalan, dan berbicara, ataupun hanya sebatas gerakan-gerakan kecil/halus seperti bernafas.

Terdapat beberapa jenis sensor pendeteksi gerakan yang banyak diaplikasikan, misalnya: *Pyroelectric Infrared* (PIR)[4], kamera video, *Ultrasound*, dan *Microwave*[5]. Masing-masing sensor memiliki karakteristik sensitifitas, resolusi, dan instalasi yang berbeda.

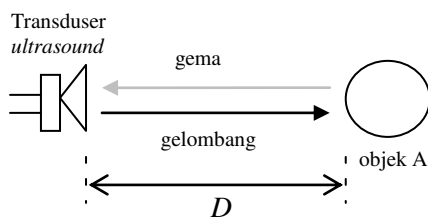
Pendeteksi gerakan kebanyakan menggunakan sensor PIR karena kepraktisannya, sayangnya resolusi deteksi yang rendah dan sifat *line of sight* menjadikan kendala pada beberapa kasus aplikasi[6]. Pada tulisan ini, diusulkan sebuah metoda untuk mendeteksi gerakan berbasis gelombang *ultrasound*. Metoda ini memiliki resolusi yang lebih baik, sehingga dapat mendeteksi gerakan-gerakan kecil yang tidak terdeteksi oleh PIR[7].

Organisasi penulisan adalah sebagai berikut: bagian pertama adalah pendahuluan, pada bagian kedua dijelaskan mengenai metoda deteksi gerakan dengan perbandingan pola gema, pada bagian

ketiga dijelaskan mengenai setup percobaan, pada bagian keempat dijelaskan mengenai hasil dan pembahasannya, dan bagian kelima adalah kesimpulan.

2. Metoda Deteksi Gerakan dengan Perbandingan Pola Gema

Metoda pengukuran jarak sebagai salah satu teknik pendeteksian gerakan dapat digambarkan seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Metoda *pulse echo ranging* memanfaatkan laju cepat rambat gelombang akustik pada medium, dimana laju cepat rambat gelombang akustik di medium udara adalah 344m/s [8].



Gambar 1. Transduser *ultrasound* dengan sebuah objek. diam

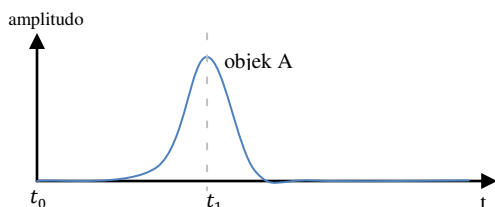
Metoda ini mengukur selang waktu yang dibutuhkan oleh gelombang dari mulai saat dipancarkan hingga gemanya diterima kembali. Persamaan untuk menentukan jarak objek terhadap sumber adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{t \cdot v}{2}$$

dimana:

D adalah jarak dalam satuan meter,
 t waktu tempuh gelombang dalam satuan detik,
 v adalah cepat rambat gelombang akustik di medium, (udara = 343m/s).

Gambar 2 memperlihatkan pola gema dan selang waktu ($t_1 - t_0$) yang didengar oleh penerima dari objek A.



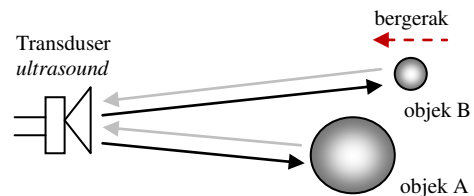
Gambar 2. Pola gema dari objek A.

Pada prakteknya jika terdapat lebih dari satu buah gema yang terdeteksi, maka yang diukur adalah gema pertama terdeteksi, sedangkan gema-gema berikutnya akan diabaikan. *Pulse echo ranging*

biasa digunakan pada pengukuran jarak, seperti sensor parkir pada mobil.

Hampir sama dengan metoda *pulse echo ranging*, pada perbandingan pola gema, pemancar akan mengirimkan gelombang pulsa. Objek-objek disekitar sensor akan memantulkan gema, kemudian gema ini direkam dalam interval waktu tertentu. Untuk mengetahui ada atau tidaknya pergerakan benda-benda di area deteksi, maka dua buah pola gema yang telah direkam akan dibandingkan, untuk kemudian dilihat apakah terdapat perbedaan bentuk kedua pola tersebut atau tidak. Jika ternyata terdapat perbedaan diantara keduanya, maka dapat disimpulkan bahwa telah terjadi pergerakan objek-objek di sekitar sensor [11].

Ilustrasi pada Gambar 3.a sampai dengan Gambar 3.g dibawah ini dapat menggambarkan metoda yang dimaksud. Sebuah transduser *ultrasound* memancarkan gelombang *ultrasound* ke arah dua buah objek: A dan B. Objek A dalam posisi diam, sedangkan objek B bergerak mendekati transduser seperti pada Gambar 3.a. Kemudian gema yang dihasilkan kedua objek tersebut ditangkap kembali oleh transduser dan kemudian dilakukan sampel data pola gema sebanyak dua kali dalam jeda waktu tertentu, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.d dan Gambar 3.e.



Gambar 3.a. Transduser *ultrasound* dan dua buah objek yang berbeda



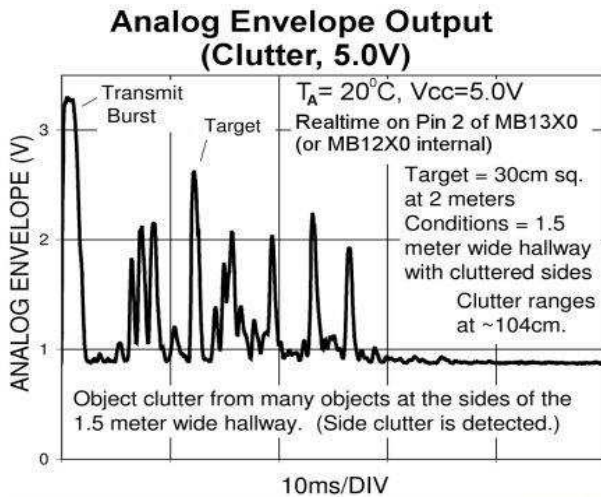
Gambar 3.b. Diagram blok sistem.

Diagram blok sistem seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.b., dengan urutan sebagai berikut: 1 = transduser *ultrasound*, 2 = ADC, 3 = memori, 4 = komparator.

Transduser *ultrasound* akan memancarkan gelombang ultrasonik dan kemudian menangkap gema dari benda-benda disekelilingnya, gema tersebut kemudian didijitalisasi selama selang waktu tertentu menggunakan ADC dan membentuk sebuah pola gema. Pola gema ini kemudian disimpan pada dua buah *array* di dalam

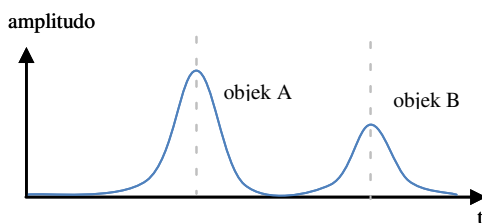
memori. Kemudian komparator akan membandingkan kedua buah pola tersebut.

Transduser yang digunakan berupa *envelope detector*, contoh keluaran transduser *envelope detector* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.c.



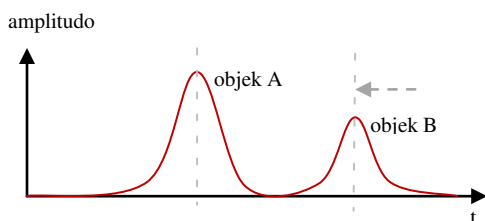
Gambar 3.c. Keluaran analog envelope dari transduser *ultrasound* MaxBotix1360[11].

Gambar 3.d memperlihatkan grafik sinyal gema dari objek A yang diam, dan sinyal gema dari objek B sebelum berpindah posisi (sebelum bergerak).



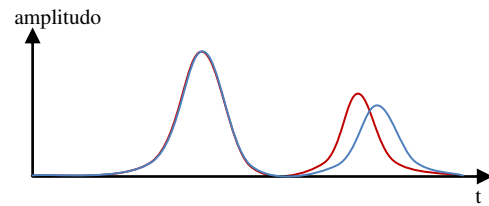
Gambar 3.d. Pola gema pertama objek A dan objek B.

Gambar 3.e memperlihatkan grafik sinyal gema dari objek A yang diam, dan sinyal gema dari objek B setelah berpindah posisi (setelah bergerak).



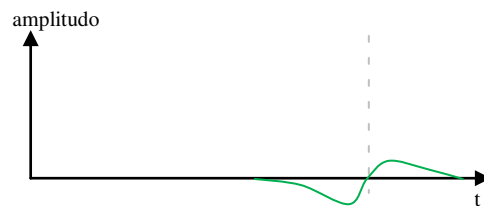
Gambar 3.e. Pola gema kedua objek A dan objek B, Objek B bergerak mendekati sensor.

Gambar 3.f memperlihatkan perbandingan grafik sinyal gema dari objek A yang diam, dan sinyal gema dari objek B setelah berpindah posisi, akan terdapat perbedaan kurva dari gema objek B yang akan merubah fasa dan amplitudonya[9].



Gambar 3.f. Perbandingan pola gema benda ke 1 terhadap benda ke 2.

Gambar 3.g. memperlihatkan selisih dari penjumlahan kedua pola gema tersebut.



Gambar 3.g. Selisih pola gema pertama terhadap pola gema kedua.

Integral dari selisih kedua sinyal ini secara relatif memperlihatkan seberapa besar pergerakan yang terjadi.

Secara sederhana jika kuantitas selisih amplitudo kedua pola gema tersebut tidak sama dengan nol maka berarti sensor mendeteksi adanya gerakan dari benda-benda di area cakupannya[9,10].

Dengan menggunakan ADC pola gema tersebut disampling dan dikuantisasi, kemudian disimpan didalam *array* data q . Terdapat dua buah *array* data gema, yang terdiri dari *array* data gema sebelumnya q' , dan *array* data gema sekarang q . Data tersebut dibandingkan untuk setiap nilai kuantisasi m_n , kemudian diakumulasi M .

Persamaan selisih absolut untuk setiap nilai kuantisasi adalah:

$$m_n = \text{abs}[q'_n - q_n] \quad (1)$$

Dan nilai total dari selisih kuantisasi adalah:

$$M = \sum_0^n m_n \quad (2)$$

Pada prakteknya digunakan *threshold* untuk mengeliminasi *noise* dari gema-gema yang tidak diinginkan, sehingga persamaannya menjadi seperti dibawah ini.

$$\therefore M = \sum_0^n f(m_n) = \begin{cases} 0, & m_n \leq \text{threshold} \\ m_n, & m_n > \text{threshold} \end{cases} \quad (3)$$

Untuk mengatur sensitifitas sistem terhadap gerakan maka dapat kita atur pada besaran berapa sistem akan bereaksi. Pada prakteknya besaran ini bisa kita dapatkan dari percobaan di lab.

3. Setup Percobaan

Pembandingan pola gema dilakukan dengan membandingkan dua buah pola gema yang sebelumnya telah direkam ke dalam *array*. Masing-masing pola gema diambil sampel sebanyak 200 buah, dengan lama pengambilan data sebesar 45ms agar didapat jarak tempuh gelombang terjauh yang dapat direkam sebesar sekitar 15 meter. Selang waktu pengambilan pola gema pertama dan kedua adalah sepertiga detik, dengan pertimbangan optimalisasi pada pengukuran gerak tubuh manusia, dari gerakan eksternal seperti gerak kaki berjalan, gerak tangan, dan juga gerakan internal yaitu gerak tubuh saat bernafas (proses respirasi eksternal).

Pengambilan sampel menggunakan ADC dengan resolusi kuantisasi sebesar 10bit untuk mendapatkan ketelitian yang cukup.

Setup pengukuran adalah sebagai berikut: ruangan berukuran 5 x 6 meter, tinggi plafon 3 meter, sensor dipasang di tengah-tengah plafon. Pengukuran dibagi menjadi 3 skenario, yaitu: ruangan kosong, ruangan diisi benda tidak bergerak, ruangan diisi benda bergerak. Pada tulisan ini ditampilkan hasil pengukuran untuk ruangan kosong, ruangan berisi orang yang sedang berjalan kaki, kemudian ruangan diisi orang yang sedang duduk diam tanpa melakukan gerakan.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran ditampilkan melalui gambar-gambar pola gema yang ditangkap dan hasil pengolahannya seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Gambar 4.a sampai dengan Gambar 4.l memperlihatkan hasil pengukuran pola gema, dimana sumbu- x adalah besaran kuantisasi 10bit (0-1023) representasi amplitudo tegangan dari 0 sampai dengan 5volt, dan sumbu-y adalah urutan sampel (1-200) representasi waktu dari 0 sampai dengan 45ms.

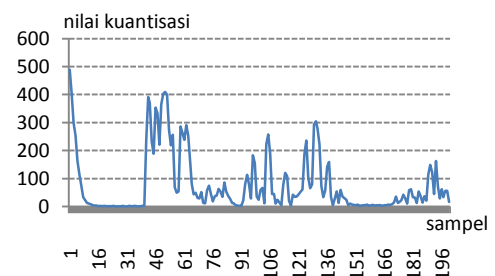
Gambar 4.a sampai dengan 4.d menampilkan hasil pengukuran dan pengolahan pola gema ruangan yang dalam keadaan kosong. Gambar 4.a dan 4.b adalah dua buah pola gema yang diambil berurutan berselang sekitar sepertiga detik, kemudian 4.c merupakan hasil perbandingan pola gema dari gambar 4.a dan 4.b. Secara ideal pola

gema pertama dan kedua tersebut adalah identik, energi yang masih terlihat pada Gambar 4.c merupakan *noise* yang tidak diinginkan dan dieliminasi dengan menambahkan *threshold* pada sistem, hasilnya seperti diperlihatkan pada gambar 4.d.

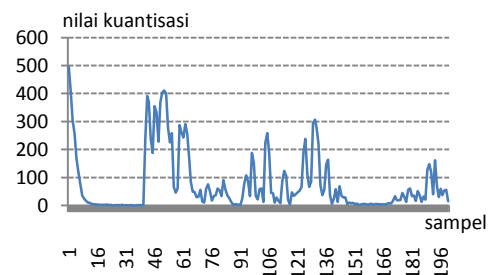
Dari pengukuran laboratorium seperti diperlihatkan pada Tabel 1 didapat *noise* yang tidak diinginkan rata-rata sekitar 11, maka jika *threshold* kita berikan di angka 15-20 sudah cukup baik.

Tabel 1. Pengukuran *noise* yang tidak diinginkan

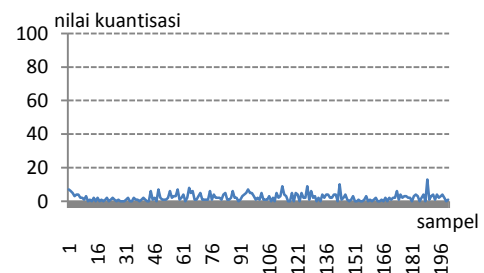
Jumlah pengukuran	Nilai terkecil	Nilai terbesar	Nilai rata-rata
30 pola, jumlah data 6000 buah	0	36	10.97 ≈ 11



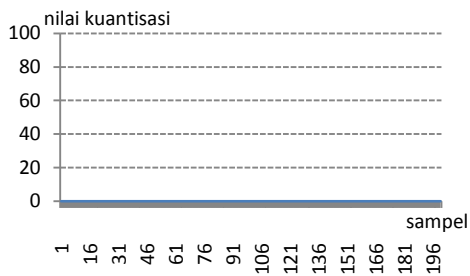
Gambar 4.a. Pola gema pertama, di ruang statis.



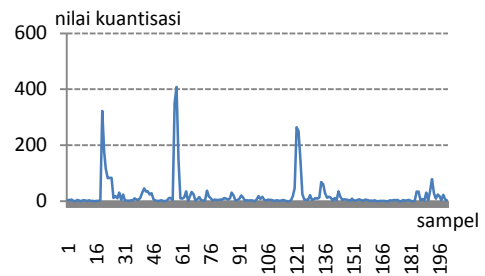
Gambar 4.b. Pola gema kedua, di ruang statis.



Gambar 4.c. Nilai absolut perbandingan gema pertama dan gema kedua.

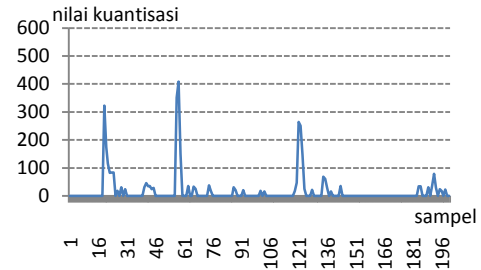


Gambar 4.d. Hasil setelah dikurangi *threshold*, jumlahnya adalah 0.



Gambar 4.g. Nilai absolut perbandingan gema pertama dan gema kedua.

Gambar 4.e sampai dengan Gambar 4.h menampilkan hasil pengukuran dan pengolahan pola gema ruangan yang didalamnya terdapat seseorang sedang melakukan gerakan berjalan. Gambar 4.e dan 4.h adalah dua buah pola gema yang diambil berurutan, kemudian 4.c merupakan hasil perbandingan pola gema dari gambar 4.e dan 4.f, energi yang terlihat pada gambar 4.g merupakan selisih kedua pola gema tersebut, dan gambar 4.h merupakan grafik setelah *threshold*.



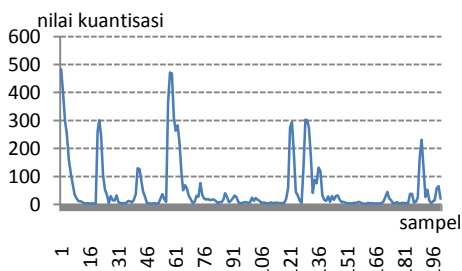
Gambar 4.h. Hasil setelah dikurangi *threshold*, jumlahnya adalah 3586.

Dari pengukuran laboratorium seperti diperlihatkan pada Tabel 2 didapat nilai kuantisasi yang cukup besar dengan nilai kuantisasi terbesar adalah 668 dan nilai rata-rata sebesar 28869.

Tabel 2. Pengukuran orang berjalan

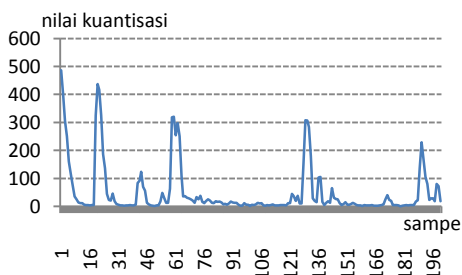
Jumlah pengukuran	Nilai terkecil	Nilai terbesar	Nilai rata-rata
24 pola, dgn jumlah data 4800 buah	0	668	28869

Gambar 4.i sampai dengan 4.l menampilkan hasil pengukuran dan pengolahan pola gema ruangan yang didalamnya terdapat seseorang sedang duduk diam. Gambar 4.i dan 4.j adalah dua buah pola gema yang diambil berurutan, kemudian Gambar 4.k merupakan hasil perbandingan pola gema dari Gambar 4.i dan 4.j, energi yang terlihat pada Gambar 4.k merupakan selisih kedua pola gema tersebut, dan Gambar 4.l merupakan grafik setelah *threshold*.



Gambar 4.e. Pola gema pertama, di ruang dinamis (orang sedang berjalan).

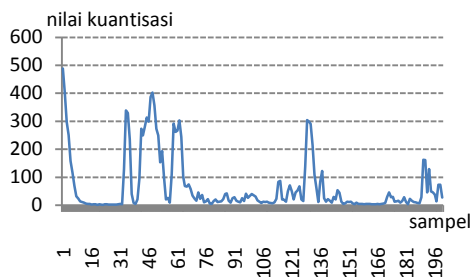
Dari pengukuran laboratorium seperti diperlihatkan pada Tabel 3 didapat nilai kuantisasi yang cukup besar dengan nilai kuantisasi terbesar adalah 242 dan nilai rata-rata sebesar 489.



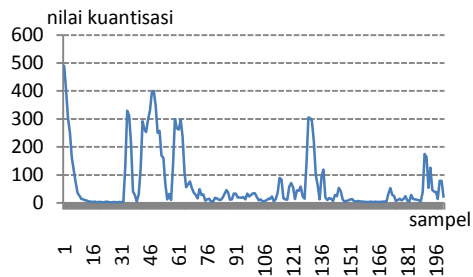
Gambar 4.f. Pola gema kedua, di ruang dinamis (orang sedang berjalan).

Tabel 3. Pengukuran orang diam

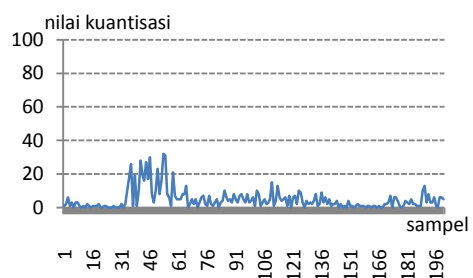
Jumlah pengukuran	Nilai terkecil	Nilai terbesar	Nilai rata-rata
30 pola, dgn jml data 6000	0	242	489



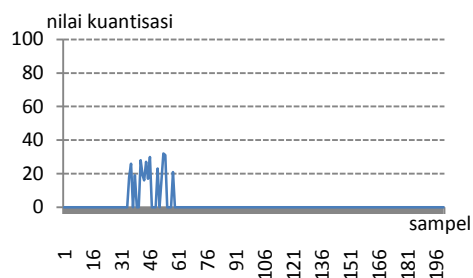
Gambar 4.i. Pola gema pertama di ruang dinamis (orang sedang duduk diam).



Gambar 4.j. Pola gema kedua di ruang dinamis (orang sedang duduk diam).



Gambar 4.k. Nilai absolut perbandingan gema pertama dan gema kedua.



Gambar 4.l. Hasil setelah *threshold* jumlahnya 323.

5. Kesimpulan

Karena metoda perbandingan pola gema secara relatif merekam seluruh gema yang dipantulkan oleh objek-objek di area sensitif sensor, berbeda dengan metoda *pulse echo ranging* yang hanya melakukan pengukuran jarak terhadap objek terdekat saja, maka metoda perbandingan pola

gema lebih efektif digunakan sebagai pendeteksi gerakan.

Dengan penekanan *noise* yang baik pada transduser dan resolusi kuantisasi ADC yang tinggi, dapat dihasilkan pendeteksi gerakan yang mempunyai sensitifitas tinggi.

Dari hasil beberapa skenario pengukuran, untuk pengukuran gerakan-gerakan besar hingga gerakan-gerakan halus, didapatkan hasil yang cukup baik, sistem dapat mendeteksi gerakan-gerakan orang yang sedang berjalan dengan baik, terlihat dari perolehan selisih nilai kuantisasi yang cukup besar, dari 24 sampel pola gema yang diambil nilai perolehan rata-ratanya adalah 28689. Kemudian sistem juga dapat mendeteksi gerakan orang bernafas dengan baik, dari 30 sampel didapat nilai perolehan rata-ratanya sebesar 489. Sedangkan untuk pengukuran ruangan kosong didapat nilai-nilai signifikan di sekitar 32 – 36, dengan nilai rata-rata sekitar 11, sehingga dapat digunakan nilai *threshold* diatas angka 15. Pada penelitian ini digunakan nilai *threshold* sebesar 20, dengan hasil yang cukup baik.

Pada pengukuran di laboratorium menggunakan transduser *ultrasound* jenis MaxBotix-1360[11] dan ADC 10bit dari *controller board* arduino uno[12], sistem cukup sensitif untuk dapat mendeteksi gerakan-gerakan tubuh manusia, dari mulai gerakan-gerakan yang besar seperti gerakan berjalan, hingga gerakan yang kecil seperti gerakan respirasi eksternal.

Daftar pustaka

- [1] T. Teixeira, G. Dublon, and A. Savvides, "A Survey of Human Sensing: Methods for Detecting Presence, Count, Location, Track and Identity", ACM Computing Surveys, 2010.
- [2] M.A. Troost, "Presence detection and activity recognition using low-resolution passive IR sensors", Technische Universiteit Eindhoven, 2013.
- [3] Clare Chen, Grace Li, Peter Ngo, and Connie Sun, "Motion Sensing Technology", Management of Technology – E 103, Team Bazinga, 2011.
- [4] Glolab Corporation, "Infrared Motion Detector Manual", 307 Pine Ridge Drive, Wappingers Falls, NY 12590, Glolab Corp, 2005.
- [5] Sukhivinder Singh, Qilian Liang, and Dechang Chen, "Sense through Wall Human Detection Using UWB Radar", Dept. of Electrical Engineering, University of Texas at Arlington, Arlington, 2011.
- [6] Leslie Hodges, "Ultrasonic and Passive Infrared Sensor Integration for Dual Technology User Detection Sensors", ECE 480 - Application Note, Michigan State University, 2009.

- [7] Don B Munroe, "Comparison of Watt Stopper's Patented Dual Technology Sensor vs. Microphonics", <http://www.wattstopper.com/>, 2013, diakses tanggal 10-03-2013.
- [8] Suzanne Amador Kane, "Ultrasound Imaging Physics", Physics Department, 370 Lancaster Avenue, Haverford College, Haverford PA 19041, 2008.
- [9] Victor Kremin, "Ultrasound Motion Sensor", Application Note – AN2047, Cypress MicroSystems, 2002.
- [10] Kurt Inman, "What Is an Ultrasonic Motion Detector?", <http://www.wisegeek.com/what-is-an-ultrasonic-motion-detector.htm>, diakses tanggal 10-03-2013.
- [11] XL-MaxSonar®- EZ™ Series High Performance Sonar Range Finder, MaxBotix Inc. USA, 2013.
- [12] Masimo Banzi, "Getting Started with Arduino" Second Edition, O'Reilly, 2013.

