

RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN PENDETEKSI HALANGAN GERAK SWING PADA SWING AREA BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN SENSOR ULTRASONIK UNTUK EKSKAVATOR

Herbudi Bagas Anyuca¹, Andhi Akhmad Ismail¹✉

¹ Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉ andhi_akhmad@ugm.ac.id

Received 24 January 2024, Revised 8 July 2024, Accepted 8 July 2024

ABSTRAK

Kesehatan dan keselamatan kerja, terutama dalam proyek alat berat, merupakan hal yang sangat penting untuk menghindari kecelakaan kerja. Dalam bidang konstruksi dan pertambangan kecelakaan kerja yang banyak dialami biasanya seperti tergilas, serta terhantam. Kasus kecelakaan tersebut kebanyakan disebabkan oleh faktor kelalaian operator atau manusia, dan juga faktor dari mesin atau alat. Pada hidrolik ekskavator terdapat gerakan *swing*, gerakan tersebut berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja seperti menghantam objek pada *swing area* dikarenakan objek tersebut berada dalam *blind spots* yang tidak bisa terukur dan terlihat oleh operator. Pada penelitian ini, penulis merancang suatu alat yang berfungsi sebagai sistem peringatan dan *monitoring* pendeteksi halangan gerak *swing* pada *swing area* untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja, sekaligus menguji kinerja sistem yang telah dibuat. Perancangan alat ini menggunakan sensor ultrasonik HC SR-04 yang mampu mendeteksi suatu objek dengan gelombang ultrasonik, LCD 1602 sebagai alat monitor berapa jarak antara sensor dengan objek yang menghalangi gerak *swing*, serta dengan tambahan *buzzer* sebagai sistem peringatan yang akan berbunyi pada jarak tertentu. Dengan demikian operator dapat mengantisipasi apabila terdapat objek yang menghalangi dalam gerak *swing*. Hasil pengujian keseluruhan dari sistem yang telah dibuat menunjukkan bahwa bagian depan didapatkan tingkat keberhasilan pengujian sebanyak 84% dengan standar deviasi atau simpangan baku sebesar 0,3116, dan bagian belakang didapatkan tingkat keberhasilan pengujian sebanyak 86% dengan standar deviasi atau simpangan baku sebesar 0,2916.

Kata Kunci: Hidrolik ekskavator, *blindspot*, sensor ultrasonik, sistem peringatan

1. PENDAHULUAN

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan faktor dan kondisi keseluruhan yang dapat berdampak pada keselamatan dan kesehatan kerja dari tenaga kerja maupun orang lain yang terlibat dalam lingkungan kerja. Keselamatan dan kesehatan kerja sangat diperlukan untuk menghindari kecelakaan kerja. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja, antara lain: faktor lingkungan di sekitar karyawan seperti bangunan, mesin, alat, faktor manusia yang lalai, dan faktor kegagalan dari perusahaan [1], [2].

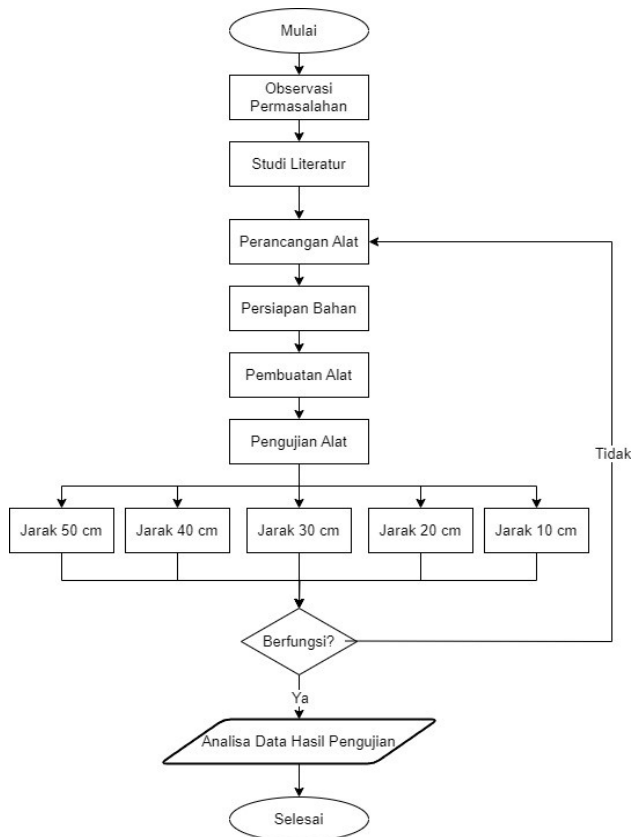
Terdapat banyak contoh kasus kecelakaan kerja terutama pada bidang alat berat dan konstruksi seperti tergilas, maupun terhantam. Kasus-kasus tersebut kebanyakan disebabkan oleh faktor kelalaian manusia atau operator dan faktor dari lingkungan di sekitar yaitu mesin [3]. Menurut Census of Fatal Occupational Injuries, pekerja dalam pekerjaan konstruksi menyumbang hampir setengah dari semua cedera fatal, mewakili 1.282 dan 976 kematian di tempat kerja [4]. Sebagai contoh pada ekskavator terdapat gerakan *swing*, gerakan tersebut berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja seperti menghantam objek pada area gerak *swing* tersebut jika tidak dilakukan dengan hati-hati. Salah satu penyebab kecelakaan pada *swing area* ekskavator yaitu adanya *blind spots*. *Blind spots* pada peralatan konstruksi juga membuat masalah bagi operator dengan membatasi pandangan mereka dan menghilangkan pandangan mereka terhadap personel, material, dan peralatan lain dalam lingkup kerja atau *swing area* mereka [5].

Untuk mengatasi permasalahan mengenai *blind spots* tersebut perlu dilakukan suatu cara untuk membangun sistem peringatan agar operator dapat mendeteksi dan mengetahui berapa jarak sebuah objek yang menghalangi gerak *swing* pada ekskavator. Penelitian ini disusun guna mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan cara merancang suatu alat dengan menggunakan sensor ultrasonik yang dihubungkan dengan *micro-controller* Arduino dan sebuah LCD sebagai interface dapat digunakan untuk mendapatkan informasi tersebut secara

real-time, serta buzzer digunakan sebagai suara peringatannya ketika mencapai jarak tertentu [6], [7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

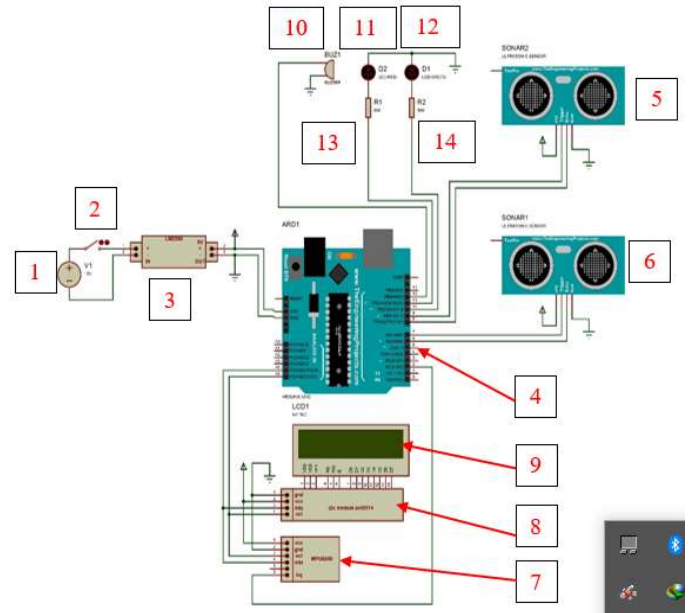
Dari Gambar 1 ditunjukkan bagaimana proses penelitian yang dilakukan. Observasi permasalahan dilakukan sebagai langkah pertama, kegiatan tersebut meliputi observasi di lapangan tempat pengujian. Selanjutnya dilakukan perancangan alat, meliputi perancangan wiring, ataupun merencanakan bahan apa saja yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah perancangan dilakukan, penulis mempersiapkan alat-alat yang sudah dikumpulkan untuk selanjutnya dilakukan pembuatan alat. Setelah alat selesai dibuat, *box casing* yang di dalamnya terdapat LCD untuk menampilkan *interface* dan komponen-komponen elektronik selain sensor ultrasonik ditempatkan di dalam kabin ekskavator. Untuk kedua sensor ultrasonik, masing-masing ditempatkan pada upperstructure sebelah kanan pada bagian depan dan belakang. Setelah itu, dilakukan pengujian dengan lima skema, yaitu pengujian untuk menguji apakah sistem peringatan dan alat tersebut berfungsi pada jarak 50 cm, 40 cm, 30 cm, 20 cm, dan 10 cm sesuai yang sudah diprogram. Selanjutnya hasil dari pengujian kemudian dicatat untuk selanjutnya dianalisis.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Perancangan Perangkat

Perangkat keras untuk sistem peringatan pendeteksi halangan gerak *swing* pada *swing area* berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonik untuk *ekskavator* secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Wiring Diagram

Keterangan:

1. Catu daya
2. Saklar
3. IC Regulator LM2596
4. Arduino Uno R3
5. Sensor Ultrasonik 1
6. Sensor Ultrasonik 2
7. Sensor MPU6050
8. Modul I2C
9. Buzzer
10. LED 1
11. LED 2
12. Resistor 1
13. Resistor 2

Perancangan perangkat pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa catu daya 12V dihubungkan ke pin *in +* dan *-* IC Regulator LM2596 melalui sebuah saklar, selanjutnya pin *out +* dan *-* dari IC Regulator LM2596 dihubungkan ke pin VCC dan GND pada board Arduino Uno R3. Pin SDA (*Serial Data*) pada Modul I2C dan Sensor MPU 6050 dihubungkan ke pin A4, dan pin SCL (*Serial Clock*) pada Modul I2C dan Sensor MPU6050 dihubungkan ke pin A5 pada board Arduino Uno. Selanjutnya Pin INT pada sensor MPU6050 dihubungkan ke pin INT0 pada Arduino Uno. Untuk sensor ultrasonik satu dan dua, pin *ECHO* dihubungkan ke pin enam dan delapan milik Arduino Uno, sedangkan kedua sumber tegangan sensor dihubungkan ke sumber tegangan 5V. Sumber tegangan buzzer dihubungkan ke

pin 12 milik Arduino Uno. Kemudian ada dua buah *LED* yang masing-masing sumber tegangannya diambil dari pin 11 dan 10.

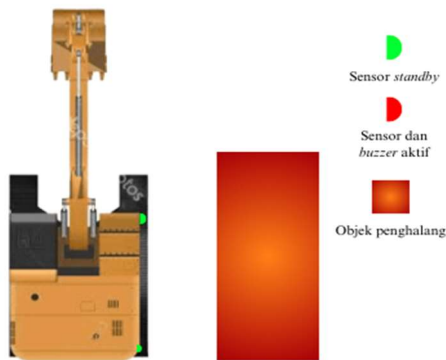


Gambar 3. Tampilan yang Dihasilkan pada LCD

Data yang masuk ke Arduino Uno R3 selanjutnya diproses menjadi data digital yang menghasilkan *output* berupa data jarak dari masing-masing sensor ke suatu penghalang, dan pergerakan yang dideteksi oleh sensor MPU6050. Hasil dari data tersebut akan diperlihatkan pada LCD 1602. Seluruh komponen yang digunakan tersimpan dalam suatu *case box* agar terlindungi dengan baik, dan *case box* tersebut diletakkan pada bagian dalam kabin alat peraga *ekskavator* agar LCD dapat dilihat oleh operator.

2.2. Perancangan Pengujian

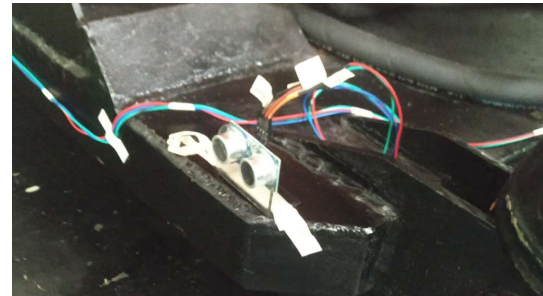
Ilustrasi pengujian dari *ekskavator* yang terpasang Sistem Peringatan Pendeteksi Halangan Gerak *Swing* pada *Swing Area* Berbasis Arduino Uno dengan Sensor Ultrasonik adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 sampai 7. Gambar 4 merupakan posisi ketika sensor depan dan belakang dalam keadaan *standby*, serta objek penghalang gerak *swing* berada di luar jangkauan dari jarak yang sudah ditentukan ketika sensor dan *buzzer* tersebut aktif. Sensor bagian belakang terletak pada sisi kanan bawah *ekskavator* seperti yang terlihat pada Gambar 5, dan sensor bagian depan terletak pada sisi kanan bawah *ekskavator* seperti yang terlihat pada Gambar 6.



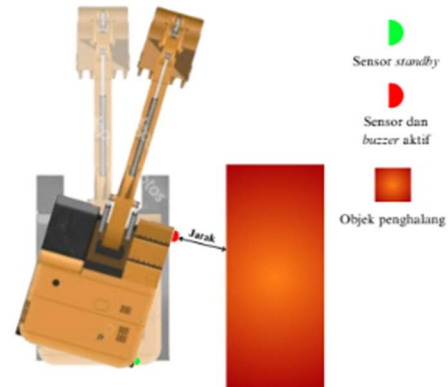
Gambar 4. Posisi Awal



Gambar 5. Posisi Sensor Bagian Belakang



Gambar 6. Posisi Sensor Bagian Depan



Gambar 7. Pengujian Sensor Bagian Depan

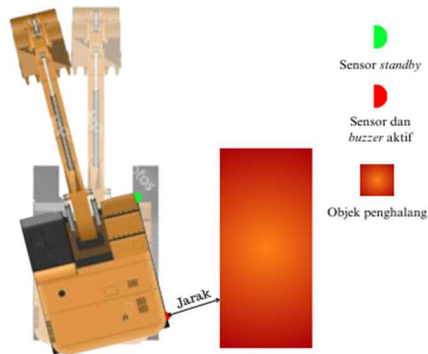


Gambar 8. Posisi Sensor Terhadap Suatu Halangan

Gambar 7 menunjukkan posisi pengujian alat untuk bagian depan *ekskavator* ketika melakukan gerak *swing* yang menyebabkan sensor bagian depan dari *ekskavator* mengaktifkan *buzzer* dikarenakan objek penghalang berada

dalam jangkauan sensor. Sedangkan posisi sensor terhadap suatu objek yang menghalangi gerak *swing* terlihat seperti pada Gambar 8.

Gambar 9 menunjukkan posisi pengujian alat untuk bagian depan *ekskavator* ketika melakukan gerak *swing* yang menyebabkan sensor bagian depan dari *ekskavator* mengaktifkan *buzzer* dikarenakan objek penghalang berada dalam jangkauan sensor.



Gambar 9. Posisi Pengujian Sensor Bagian Belakang

2.3. Prosedur Pengujian

Prosedur atau langkah-langkah untuk pengujian alat adalah sebagai berikut:

1. Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan.
2. Berdasarkan **Gambar 4**, sensor ultrasonik dipasang pada bagian depan kanan dan belakang kanan alat peraga *mini ekskavator*, karena pada bagian tersebut memiliki area *blindspot* yang luas.
3. Pengujian dilakukan dalam lima jarak yang berbeda (50 cm, 40 cm, 30 cm, 20 cm, dan 10 cm) untuk mengetahui apakah alat berfungsi sebagaimana yang diprogram sebelumnya.
4. Alat dapat dihidupkan dengan menekan saklar pada *body* alat.
5. Pengujian dilakukan dengan menempatkan objek pada *swing area ekskavator* sampai *buzzer* berbunyi berdasarkan jarak yang dideteksi.
6. Sudah disiapkan tabel pengujian dengan jarak yang sebelumnya sudah ditentukan (50 cm, 40 cm, 30 cm, 20 cm, dan 10 cm), tabel tersebut digunakan untuk menandai apakah alat tersebut berfungsi atau *error*.
7. Tanda *checklist* (✓) digunakan pada kolom “Tidak *Error*” saat alat berfungsi, dan tanda *checklist* (✓) digunakan pada kolom “*Error*” saat alat tidak berfungsi.
8. Dilakukan analisis perbandingan kinerja alat antara jarak satu dengan yang lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis dari Keseluruhan Hasil Pengujian Alat pada Bagian Depan

Setelah dilakukan pengujian dengan jarak tertentu, maka dihasilkan analisis dari keseluruhan hasil pengujian untuk bagian depan sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis dari Keseluruhan Pengujian Bagian Depan

| Pengujian (cm) | Jumlah Percobaan | Jumlah Error | Persentase Keberhasilan | Std. Deviasi |
|----------------|------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| ≤50 | 10 | 2 | 80% | 0,4 |
| ≤40 | 10 | 3 | 70% | 0,458 |
| ≤30 | 10 | 2 | 80% | 0,4 |
| ≤20 | 10 | 1 | 90% | 0,3 |
| ≤10 | 10 | 0 | 100% | 0 |

Dari Tabel 1 didapatkan persentase rata-rata keberhasilan pengujian alat dan rata-rata standar deviasi bagian depan secara keseluruhan masing-masing sebesar 84 % dan 0,3116.

3.2. Analisis dari Keseluruhan Hasil Pengujian Alat pada Bagian Belakang

Setelah dilakukan pengujian dengan jarak tertentu, maka dihasilkan analisis dari keseluruhan hasil pengujian untuk bagian belakang sebagai berikut:

Tabel 2. Analisis dari Keseluruhan Pengujian Bagian Belakang

| Pengujian (cm) | Jumlah Percobaan | Jumlah Error | Persentase Keberhasilan | Std. Deviasi |
|----------------|------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| ≤50 | 10 | 3 | 70% | 0,458 |
| ≤40 | 10 | 1 | 90% | 0,3 |
| ≤30 | 10 | 1 | 90% | 0,3 |
| ≤20 | 10 | 2 | 80% | 0,4 |
| ≤10 | 10 | 0 | 100% | 0 |

Dari Tabel 2 didapatkan persentase keberhasilan pengujian alat bagian depan secara keseluruhan sebanyak 86%. Standard deviasinya adalah 0.292.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan pada sistem peringatan pendeteksi halangan gerak *swing* pada *swing area ekskavator* berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonik, dapat disimpulkan bahwa pengujian pada bagian depan menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 84% dengan standar deviasi sebesar 0,3116. Hal ini menunjukkan bahwa sistem peringatan yang dirancang cukup efektif dalam mendeteksi halangan pada bagian depan *ekskavator*. Pengujian pada bagian belakang menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 86% dengan standar deviasi sebesar 0,2916. Tingkat keberhasilan yang lebih tinggi pada bagian belakang menunjukkan bahwa sistem ini lebih efektif dalam mendeteksi halangan di area tersebut.

REFERENSI

- [1] C. Cheng, S. Leu, C.-C. Lin, and C. Fan, “Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises,” *Saf. Sci.*, vol. 48, pp. 698–707, 2010, doi: 10.1016/J.SSCI.2010.02.001.
- [2] S. González-Recio, M. Boada-Cuerva, M. Serrano-Fernández, J. Assens-Serra, L. Araya-Castillo, and J. Boada-Grau, “Personality and impulsivity as antecedents of occupational

- health in the construction industry,” *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 28, pp. 2403–2410, 2021, doi: 10.1080/10803548.2021.1992946.
- [3] W. Kal, J.-T. Park, and K. Son, “Investigation on the Health and Safety Hazards of Construction Workers,” *Int. J. Saf.*, vol. 4, pp. 43–46, 2005, [Online]. Available: https://consensus.app/papers/investigation-health-safety-hazards-construction-kal/5631d4cd157b584ab8a259611693036c/?utm_source=chatgpt.
- [4] M. Sawicki and M. Szóstak, “Impact of Alcohol on Occupational Health and Safety in the Construction Industry at Workplaces with Scaffoldings,” *Appl. Sci.*, 2020, doi: 10.3390/APP10196690.
- [5] D. Yustiarini, “Safety and Health Study of Construction Workers to Improve Work Productivity,” 2019, doi: 10.2991/ictvet-18.2019.107.
- [6] F. Handoko, M. Wijayaningtyas, I. H. A. Kusuma, S. Hidayat, A. Ismail, and Z. Abdullah, “The Occupational Health and Safety Effect on Road Construction Worker Performance,” *Civ. Eng. Archit.*, vol. 8, no. 5, pp. 750–759, Oct. 2020, doi: 10.13189/cea.2020.080502.
- [7] A. Ransford Tetteh and Y. Liang, “Investigating the Occupational Health and Safety Practices in High-Rise Building Construction Sites,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 9, no. 4, pp. 76–81, 2020, doi: 10.21275/sr20313084800.