

Human Reliability Assessment Dengan Metode SPAR-H Pada Pekerjaan Menggerinda Di Bengkel Mekanik Surabaya Dan Rancang Bangun Sensor HC–SR 501 Pada Mesin Gerinda

Riva Ardhia Nuswantari¹, Dika Rahayu Widiana², Mey Rohma Dhani³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Email: rivaardhia@student.ppns.ac.id

Abstrak

Bengkel mesin industri di Surabaya merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi mesin yang dilengkapi dengan peralatan produksi seperti mesin bubut, las, bor, dan gerinda. Berdasarkan data kecelakaan tahun 2018-2020 telah terjadi 25 kasus kecelakaan yang terjadi di area produksi dan hampir 80% diakibatkan oleh mesin gerinda. Kecelakaan ini disebabkan oleh salah satunya yaitu human error. Penelitian dilakukan untuk mengetahui penyebab kecelakaan yang sering terjadi pada proses penggerindaan. Pengukuran reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode dari *Human Reliability Assessment (HRA)*, yaitu *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H)*, yang selanjutnya dilakukan pembuatan rancang bangun pada mesin gerinda. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil (*Human Error Probability*) HEP tertinggi yaitu pada tahap pemakaian APD khususnya menggunakan sarung tangan dan memakai baju kerja berlengan panjang. Oleh karena itu, salah satu rekomendasi yang diberikan adalah pembuatan rancang bangun sensor ultrasonik HC–SR 501 pada mesin gerinda. Hasil pengujian alat, didapatkan *relay* dan *buzzer* akan menyala secara otomatis ketika tangan mendekati mata pisau gerinda.

Kata Kunci : HEP, Human Error, mesin gerinda, sensor HC-SR 501, SPAR-H

Abstract

Industrial machinery workshop in Surabaya is a company engaged in the production of machines equipped with production equipment such as lathes, welding, drills, and grinding machines. Based on accident data in 2018-2020 there have been 25 cases of accidents that occurred in the production area and almost 80% were caused by grinding machines. This accident was caused by one of them, namely human error. The study was conducted to determine the causes of accidents that often occur in the grinding process. Reliability measurement in this study uses one of the methods from the Human Reliability Assessment (HRA), namely the Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H), which is then carried out on the design of the grinding machine. From the calculation results, the highest HEP (Human Error Probability) is at the stage of using PPE, especially using gloves and wearing long-sleeved work clothes. Therefore, one of the recommendations given is the design of the ultrasonic sensor HC–SR 501 on the grinding machine. The results of the tool test, obtained that the relay and buzzer will turn on automatically when the hand approaches the grinding blade

Keywords : HEP, Human Error, grinding machine, sensor HC-SR 501, SPAR-H

1. PENDAHULUAN

Bengkel mesin industri di daerah Surabaya, merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi mesin industri dan penyedia layanan jasa meliputi perakitan, bubut, pengelasan, modifikasi, serta *service* untuk aneka mesin industri. Bengkel mesin industri ini dilengkapi dengan berbagai alat produksi yang menunjang guna mempermudah pekerja dalam pembuatan mesin-mesin industri. Mulai dari mesin bubut, mesin las, mesin bor, mesin roll, mesin gerinda, dan brander potong. Proses penggerindaan ini menggunakan gerinda tangan ukuran 4 inch dengan 3 mata pisau yang berbeda yaitu, potong, kasar, dan halus. Berdasarkan data kecelakaan pelaporan para pekerja telah terjadi 25 kasus kecelakaan di area

produksi tahun 2018 hingga 2020 di area produksi bengkel mesin industri di daerah Surabaya ini. Hampir 80% kecelakaan kerja selama 2 tahun ini diakibatkan oleh mesin gerinda. Kecelakaan ini dapat disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya kecelakaan yang disebabkan oleh human error (kelalaian manusia). Human error dapat didefinisikan suatu keputusan, tindakan yang mengurangi atau potensial untuk mengurangi efektivitas keamanan atau performansi suatu sistem (Sanders dan Mc Cormick, 1993).

Penelitian yang dilakukan pada perusahaan ini, bertujuan untuk mengetahui penyebab kecelakaan yang sering terjadi pada proses penggerindaan. Pengukuran reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode dari *Human Reliability Assessment* (HRA), yaitu *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment* (SPAR-H). Metode ini dapat memberikan gambaran tentang probabilitas berdasarkan jenis kegiatan diagnosis dan jenis kegiatan actions. SPAR-H juga sudah dinyatakan validitasnya, dapat digunakan secara luas, dan berpotensi digunakan pada tempat dengan potensi bahaya keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk mendapatkan nilai tingkat resiko kecelakaan kerja, SPAR-H menggunakan rumus matematika yang menghasilkan nilai *Human Error Probability* (HEP) melalui *Hierarchical Task Analysis* (HTA) dan memanfaatkan *Performing Shaping Factor* (PSF) yang dikategorikan kedalam 8 kriteria (*available time, stress, complexity, experience, procedures, ergonomics, fitness for duty, dan work process*). Metode SPAR-H dipilih karena instruksi kerja pada proses penggerindaan ada dalam kriteria 8 PSF.

Pengendalian *human error* saat pengoperasian gerinda ini difokuskan pada engineering control karena tidak memungkinkan dengan menggunakan eliminasi dan substitusi. Karena kecelakaan terbanyak adalah tangan terkena mesin gerinda maka *engineering control* disini dipilih dengan pemasangan *safety device* pada gerinda yang mana ketika gerinda yang sedang beroperasi otomatis akan mati apabila ada tangan yang akan menyentuh gerinda. Pada penelitian ini tidak difokuskan untuk pembuatan rancang bangun saja, human error karena kelalaian operator pada penelitian ini merupakan masalah utama yang terjadi di bengkel mekanik Surabaya dengan data kecelakaan hampir 80% diakibatkan oleh mesin gerinda. Sehingga perlu diadakan penelitian guna memperoleh data yang lebih akurat melalui metode SPAR-H, untuk mencari tahu kesalahan mana yang sering dilewatkan oleh para pekerja.. Setelah itu, memberikan rekomendasi dengan menambahkan sensor ultrasonik pada mesin gerinda agar dapat meminimalisir kecelakaan kerja dan diharapkan dapat mengurangi tingkat kesalahan operator.

2. METODOLOGI

a. *Hierarchical Task Analysis* (HTA)

Data work instruction pekerjaan penggerindaan yang telah diperoleh dari perusahaan kemudian dianalisa menggunakan HTA (*Hierarchical Task Analysis*). Data *work instruction* tersebut meliputi peralatan yang digunakan, pelaksana, dan petunjuk kerja. HTA tersebut dijabarkan untuk mengidentifikasi rangkaian proses pekerjaan penggerindaan. Dari HTA tersebut dapat diketahui pola rangkaian pelaksanaan dari proses pekerjaan penggerindaan.

b. Penentuan Kegiatan *Action/Diagnosis*

Pada metode SPAR-H, perlu dilakukan penentuan pekerjaan tersebut merupakan pekerjaan action/diagnosis. Pekerjaan penggerindaan merupakan pekerjaan *action* dan *diagnosis* karena kegiatan yang dilakukan pekerja sangat dibutuhkan pengalaman dan pengetahuan terhadap kondisi, perencanaan, dan pemprioritasan aktivitas dalam menjalankan kegiatan serta berhubungan dengan prosedur penulisan.

c. Pengolahan Data dengan Metode SPAR-H

HEP sendiri merupakan output yang didapat dari metode SPAR-H, setiap nilai kehandalan yang dihasilkan oleh masing-masing *error* nantinya memperoleh solusi. Berdasarkan *Performance Shaping Factors* (PSF's), dengan menggunakan 8 PSF yang terdiri dari *available time, stress, complexity, experience, procedures, ergonomic, fitness for duty, dan work process*. Form pengambilan data kuisioner diisi oleh beberapa ahli (expert judgement) yang sudah terpilih dan para pekerja yang ada di bengkel mekanik.

d. Perhitungan HEP dengan Metode SPAR-H

Dari hasil penyebaran kuisioner diperoleh data berdasarkan 8 kriteria PSF yang kemudian akan dilakukan perhitungan HEP (*Human Error Probabilities*) untuk masing-masing jenis pekerjaan actions/diagnosis. Setelah melakukan perhitungan maka didapatkan HEP tertinggi dan terendah. Kemudian setelah didapatkan nilai HEP tertinggi dan terendah akan digunakan sebagai acuan rekomendasi hasil.

e. Faktor *Dependency*

Metode SPAR-H juga mempertimbangan faktor dependency, yaitu menganalisa suatu kegiatan yang terjadi akan berdampak pada rangkaian kegiatan yang terjadi sebelum atau sesudah kegiatan tersebut. Faktor dependency didapat dari penyebaran kuisioner yang diisi oleh *expert judgement*.

f. Pemilihan Sensor Ultrasonik

Pada penelitian sebelumnya, bahwa sensor ultrasonik HC-SR 501 memiliki tingkat keberhasilan 100% pada percobaan yang telah dilakukan. Dan daya tembus sensor sangat rendah sehingga jika ada penghalang sensor tidak bisa mendeteksi manusia, jadi sensor ini sangat cocok di pasang pada mesin gerinda.

g. Perencanaan Pembuatan Alat

Setelah didapatkan nilai HEP, penulis memberikan rekomendasi saran pengendalian kecelakaan dengan melakukan penambahan sensor ultrasonik, *buzzer*, dan *relay* sebagai tindakan pencegahan terjadinya kecelakaan. Dimana *buzzer* akan berbunyi dan *relay* akan memutuskan aliran listrik secara otomatis. Dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR 501 akan bekerja maksimal jika dideteksi oleh sensor adalah manusia karena tingkat kelebihannya mencapai 100% dari 10 kali percobaan

h. Perancangan Pembuatan Alat

Ketika gerinda menyala atau sudah dioperasikan, dan salah satu bagian tubuh pekerja mendekati mata pisau mesin gerinda maka sensor ultrasonik HC-SR 501 yang terletak pada sekitar area mata pisau akan mendeteksi bagian tubuh yang mendekat, kemudian sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal ke *buzzer* untuk berbunyi, setelah itu *relay* akan bekerja dan secara otomatis mesin gerinda akan mati.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Task analysis pada pekerjaan ini dibuat berdasarkan work instruction yang telah ada pada bengkel mekanik di Surabaya serta telah dilakukan diskusi dengan expert terkait kondisi lapangan ketika pekerjaan dilakukan. Pada proses pekerjaan menggerinda memiliki urutan yang telah disusun kedalam HTA yaitu sebagai berikut:

<i>Task Analysis</i>	<i>Sub Task Analysis</i>
1. Persiapan	1.1 Menyiapkan dokumen <ul style="list-style-type: none"> a. Menyiapkan <i>Work Permit</i> b. Menyiapkan gambar kerja 1.2 Memilih batu gerinda sesuai kebutuhan untuk penggerindaan pemotongan, pembersihan permukaan yang kasar, dan penghalusan <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Cutting Wheel</i> : untuk memotong besi b. <i>Grinding Wheel</i> : digunakan untuk mengikis besi c. <i>Flap Disc</i> : untuk mengamplas, menggunakan mata gerinda ini untuk menghilangkan cat pada kayu atau besi karena tidak terlalu merusak permukaan benda 1.3 Menghindari penggunaan mata gerinda yang tidak sesuai dengan fungsinya. Seperti jangan menggunakan mata gerinda <i>cutting</i> untuk <i>grinding</i> (amplas) 1.4 Menyiapkan material atau benda kerja yang akan dilakukan penggerindaan
2. Pemakaian APD	2.1 Memakai kacamata safety 2.2 Memakai masker 2.3 Memakai sepatu safety 2.4 Memakai sarung tangan 2.5 Memakai pakaian kerja berlengan panjang
3. Set-up Mesin Gerinda	3.1 Memastikan steker/colokan gerinda tidak terhubung dengan stop kontak untuk menghindari hal yang tidak diinginkan 3.2 Memasang pelindung untuk mengarahkan percikan api saat memotong besi 3.3 Mengarahkan percikan ke bawah dan singkirkan benda yang mudah terbakar pada saat proses menggerinda 3.4 Memasang spacer gerinda, spacer ini berfungsi sebagai dudukan mata gerinda, terutama mata gerinda jenis <i>cutting wheel</i> / <i>grinding wheel</i> 3.5 Meletakkan mata gerinda dan mur pengunci 3.6 Memasang batu gerinda dengan posisi yang benar dan kuat serta pastikan putarannya <i>centris</i> /tidak bergoyang 3.7 Memastikan menekan pengunci pada bagian belakang gerinda, agar mata gerinda tidak berputar saat dikencangkan. Tekan tombol dan tahan, lalu kencangkan mur pengunci 3.8 Memastikan switch gerinda pada posisi off, sebelum memasang steker pada stop kontak. 3.9 Mendorong switch/saklar untuk menyalakan mesin dan tekan untuk mengunci switch/saklar
4. Proses	4.1 Memastikan menekan mata gerinda sesuaikan dengan jenisnya, jangan terlalu

Menggerinda	<p>kuat saat menekan</p> <p>4.2 Untuk Cutting Wheel, beri tanda ukuran benda kerja yang akan dipotong</p> <p>4.2.1 Menekan dengan perlahan-lahan material benda yang akan terpotong sampai benda jadi terpotong</p> <p>4.2.2 Memastikan benda yang telah dipotong jangan disentuh dengan tangan kosong, karena benda tersebut menjadi panas akibat gesekan dengan mata gerinda potong</p> <p>4.3 Untuk Flap Disc, Atur ketinggian mata gerinda untuk mencapai hasil sudut bebas penggerindaan yang diperlukan</p> <p>4.4 Untuk Grinding Wheel, Lakukan penggerindaan awal dengan tipis atau sesuai dengan kebutuhan</p>
5. Finishing	<p>5.1 Mematikan mesin gerinda dan mencabut steker dari stopkontak</p> <p>5.2 Membersihkan gerinda dan area kerja dari serbuk-serbuk akibat dari proses menggerinda menggunakan kuas</p> <p>5.3 Merapikan kembali mesin dan peralatan kerja seperti keadaan semula</p>

Proses pekerjaan penggerindaan termasuk kegiatan action dan diagnosis. Kegiatan diagnosis merupakan kegiatan yang dilakukan pekerja yang berhubungan dengan pengalaman dan pengetahuan terhadap kondisi, perencanaan, dan memprioritaskan aktivitas dalam menajalankan suatu kegiatan. Pekerjaan ini memerlukan pengetahuan (diagnosis) karena sebelum pekerjaan dimulai pasti dilakukan perencanaan, kesesuaian dengan kondisi lapangan, pengalaman dan pengetahuan pekerja dan pengawas, dan berhubungan dengan prosedur dan peraturan

Bedasarkan nilai HEP total pada masing-masing task dimana Nilai HEP tertinggi pada tahap pemakaian APD yaitu pada task 2.4 dan 2.5. Memastikan menggunakan sarung tangan dan memastikan menggunakan pakaian kerja berlengan panjang dengan nilai HEP sebesar 0,8583. Elemen kerja tersebut memiliki HEP tinggi karena pada faktor ergonomi, pekerja merasa tidak nyaman ketika menggunakan APD tersebut dan kurangnya pengawasan pada saat proses pekerjaan tersebut dilakukan sehingga pekerja mengabaikan keselamatan dirinya sendiri tanpa adanya pengawasan dan tindakan yang tegas.

Factor dependency menggambarkan suatu kegiatan yang terjadi akan berdampak pada rangkaian kegiatan yang terjadi sebelum atau sesudah kegiatan tersebut. Task yang memiliki factor dependency low dan memiliki nilai HEP yang tinggi maka potensi human error dan kecelakaan kerjanya juga tinggi, dikarenakan dipengaruhi oleh pekerja yang melakukan pekerjaan berbeda sehingga dapat terjadi kesalahan komunikasi ketika melakukan pekerjaan, waktu untuk melakukan pekerjaan berjauhan. Dari hasil factor dependency dihasilkan dependency complete lebih banyak yang berarti factor dependency sudah cukup bagus tidak membawa dampak buruk terhadap hasil PSF.

Pengujian Kesuluruhan Sistem Pengujian Rancang Bangun Sensor HC-SR 501 Pada Mesin Gerinda Pada Posisi Samping Kanan dan kiri

No.	Objek	Relay	Buzzer
1.	Tangan tanpa penghalang	On	On
2.	Tangan dengan penghalang plat besi setebal 0,8 mm	Off	Off
3.	Tangan dengan penghalang plat besi setebal 1 mm	Off	Off
4.	Tangan dengan penghalang plat besi setebal 1,5 mm	Off	Off
5.	Tangan dengan penghalang plat besi setebal 2 mm	Off	Off
6.	Tangan dengan penghalang kertas	On	On
7.	Tangan dengan penghalang plastik	On	On
8.	Kertas	Off	Off
9.	Plastik	Off	Off
10.	Tangan dengan menggunakan APD sarung tangan jenis kain	Off	Off
11.	Tangan dengan menggunakan APD sarung tangan jenis kain dengan lapisan karet	Off	Off

Berdasarkan tabel didapatkan pada pengujian pada uji keseluruhan sistem rancang bangun dapat dilihat jika pada posisi samping kanan dan kiri objek tangan tanpa penghalang, tangan dengan penghalang kertas,

dan tangan dengan penghalang plastik dapat terdeteksi dan menyebabkan relay on dan buzzer on, sehingga aliran listrik akan langsung terputus dan buzzer akan berbunyi. Sedangkan pada objek tangan dengan penghalang plat besi setebal 0,8 mm, tangan dengan penghalang plat besi setebal 1 mm, tangan dengan penghalang plat besi setebal 1,5 mm, tangan dengan penghalang plat besi setebal 2 mm, kertas, plastik, tangan dengan menggunakan APD sarung tangan jenis kain, dan tangan dengan menggunakan APD sarung tangan jenis kain dengan lapisan karet sensor tidak mendeteksi adanya sinar inframerah sehingga relay dan buzzer tidak menyala atau masih dalam keadaan off.

Pengendalian *human error* saat pengoperasian gerinda ini difokuskan pada engineering control karena tidak memungkinkan dengan menggunakan eliminasi dan substitusi. Karena kecelakaan terbanyak adalah tangan terkena mesin gerinda maka engineering control disini dipilih dengan pemasangan safety device pada gerinda yang mana ketika gerinda yang sedang beroperasi otomatis akan mati apabila ada tangan yang akan menyentuh gerinda. Relay berfungsi memutuskan arus listrik pada mesin gerinda dan buzzer berfungsi sebagai alarm atau tanda peringatan yang akan berbunyi. Pada penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR 501 karena memiliki tingkat keberhasilan 100% pada percobaan yang telah dilakukan. Dan daya tembus sensor sangat rendah sehingga jika ada penghalang sensor tidak bisa mendeteksi manusia, jadi sensor ini sangat cocok di pasang pada mesin gerinda.

4. KESIMPULAN

1. Hasil identifikasi human error dengan metode SPAR-H menggunakan nilai Human Error Probability pada setiap task, dan menghasilkan nilai HEP tertinggi pada task Memastikan menggunakan sarung tangan dan memastikan menggunakan pakaian kerja berlengan panjang dengan nilai HEP sebesar 0,8583. Elemen kerja tersebut memiliki HEP tertinggi karena pada faktor ergonomi, pekerja merasa tidak nyaman ketika menggunakan APD tersebut.
2. Rancang bangun sensor HC-SR 05 pada mesin gerinda dapat digunakan sebagai langkah dalam pengurangan kecelakaan yang terjadi karena sensor hanya dapat membaca suatu benda yang memancarkan sinar inframerah seperti tubuh manusia pada jarak yang telah ditentukan, maka mesin gerinda akan mati dan alarm kan berbunyi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Daya dan upaya tidak cukup untuk menyelesaikan tugas akhir ini tanpa bantuan dari banyak pihak, ucapan terima kasih serta penghargaan yang tinggi kami ucapkan kepada pihak-pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Bell, J., Holroyd, H. (2009). Review of Human Reliability Assessment Methods. Health And Safety Laboratory. Harpur Hill, Buxton.
2. D. Pandya, L. P. (2015). PO-0994: human error analysis in radiotherapy: first steps towards a prospective and quantitative method. Radiotherapy and Oncology, vol. 115, pp. S532S533.
3. Data Sheet, Jameco Valuepro 157004-VP PIR Motion Sensor Detector Module HC-SR501
4. Gertman, D., Blackman, H. (2005). The SPAR-H Human Reliability Analysis Method. U.S. Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research Washington, DC 20555-0001.
5. Rahmadanty, Sabrina. (2018). Analisis Probabilitas Human Error Pada Pekerjaan Pengelasan MIG dengan Metode SPAR-H. Surabaya : PPNS.
6. Sanders, Mark S. & McCormic, Ernest J. 1993. Human Factors in Engineering and Design 7 th Edition. New Delhi: McGraw Hill.
7. Skjong, R. & B.H. Wentworth. (2001). Expert Judgement and Risk Perception. Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE, Volume IV. Stavanger, Norway.
8. Suhartinah, Rima & Wildian. (2020). Rancang Bangun Sistem Berbasis Sensor Passive Infrared untuk Medeteksi Manusia yang Terkubur di Bawah Reruntuhan Pasca Gempa Bumi. Universitas Andalas Padang. Jurnal Fisika Unand.
9. Swari, Nur Dewi R. (2019). Human Reliability Assessment Dengan Metode HEART Pekerjaan Handling Mold Dan Rancang Bangun Monitoring Berat Pada Hand Stacker Semi Electric Di Perusahaan Packaging Surabaya. Surabaya : PPNS.