

USULAN REKOMENDASI PERBAIKAN PADA PROSES PENGECORAN (*CONCRETE FILLING*) DAN PENGELUARAN PRODUK BETON (*DE-MOULDING*) BERDASARKAN ANALISA KEANDALAN MANUSIA MENGGUNAKAN METODE *HUMAN ERROR ASESMENT AND REDUCTION TECHNIQUE (HEART)* DI PT WIJAYA KARYA BETON TBK, BOYOLALI, JAWA TENGAH

Yana Laras Widyowati Astuti^{*}, Singgih Saptadi

*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

PT Wijaya Karya Beton Tbk merupakan salah satu anak perusahaan dari PT Wijaya Karya Persero yang bergerak di bidang produksi beton pracetak. Perusahaan ini memiliki 2 macam tipe produksi yaitu sistem sentrifugal atau produksi putar dan sistem nonsetrifugal atau produksi nonputar. Perusahaan ini memiliki komitmen untuk menjaga Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dan kualitas produk beton. Berdasarkan laporan kualitas perusahaan tahun 2017, salah satu produk beton yang memiliki jumlah cacat terbesar adalah tiang pancang, yang terdiri atas tiang pancang bulat dan segiempat. Sebanyak 19 cacat pada tiang pancang 17 diantaranya adalah cacat pada tiang pancang bulat. Hasil dari laporan kualitas beton tahun 2017, menunjukkan bahwa 76,46 % cacat produk dari tiang pancang bulat disebabkan oleh faktor manusia, dan 23,54 % disebabkan oleh faktor alat. Berdasarkan hal diatas akan dilakukan pengukuran keandalan manusia untuk menganalisis human error khususnya pada proses pengecoran dan pengeluaran produk beton tiang pancang bulat di PT Wijaya Karya Beton. Metode yang digunakan dalam pengukuran human error adalah Human Error Assesment and Reduction Technique (HEART). HEART merupakan metode yang dirancang sebagai Human Reliability Assesment (HRA) yang cepat dan sederhana dalam menguantifikasi resiko human error. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa membersihkan bibir cetakan pada proses pengecoran dan memiliki nilai HEP paling tinggi yaitu 0,958 selanjutnya task mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap pada proses pengeluaran produk beton mendapat urutan kedua yaitu dengan nilai HEP sebesar dan 0,9216. Sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan seperti penggantian alat untuk membersihkan bibir cetakan, pemasangan visual display, memaksimalkan fungsi supervisor dalam pengawasan, penerapan konsep build in quality di masing-masing proses, dan penggantian alat dalam mengeluarkan produk beton.

Kata kunci: *Analisa Keandalan Manusia, Human Error; Human Error Assessment and Reduction Technique*

Abstract

PT Wijaya Karya Beton Tbk is one of the subsidiaries of PT Wijaya Karya Persero which is engaged in precast concrete production. The company has 2 types of production: centrifugal system or rotary production and non-spin or non-spin production system. The company is committed to maintaining Health and Safety (K3) and quality of concrete products. Based on the company's 2017 quality report, one of the largest concrete products that has the largest number of defects is a pile, consisting of round and rectangular piles. A total of 19 defects in piles of 17 of them are defects in a round pole. Results from the 2017 concrete quality report show that 76.46% of product defects from round piles are caused by human factors, and 23.54% are caused by appliance factors. Based on the above will be done the measurement of human reliability to analyze human error, especially in the process of casting and expenditure of concrete pile products round in PT Wijaya Karya Beton. The method used in measuring human error is Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). HEART is a method designed as a Human Reliability Assessment (HRA) that is fast and simple in quantifying the risk of human error. The calculation results show that cleaning the printed lips in the casting process and has the highest HEP value of 0.958 then the task of lifting the mold from steam or steam boiler steam on the process of removing the product of concrete

gets second order with the value of HEP and 0.9216. Therefore, recommendation of improvement such as replacement tool to clean the print lips, visual display installation, maximizing supervisory function in supervision, application of build in quality concept in each process, and replacement of tool in removing concrete product.

Keywords: Analysis of Human Reliability, Human Error; Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)

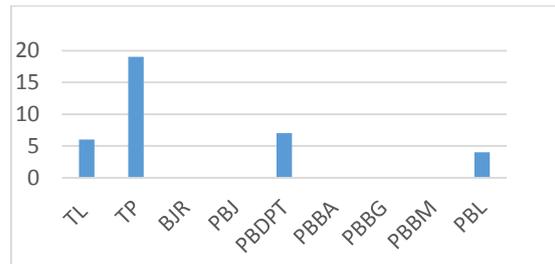
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan perkembangan industri manufaktur yang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan peningkatan nilai tambah industri manufaktur baik terhadap produk yang dihasilkan maupun kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Data yang disampaikan oleh United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) yaitu organisasi pengembangan industri Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) tahun 2017 menunjukkan bahwa Indonesia berhasil naik peringkat ke posisi 9 setelah sebelumnya menduduki posisi ke-10 sebagai negara dengan nilai tambah industri manufaktur terbesar (Kemenperin, 2017). Selain itu perkembangan industri manufaktur yang pesat juga ditandai dengan peningkatan daya saing global. UNIDO mencatat, daya saing Indonesia di posisi ke 9 pada tahun 2016 dengan nilai tambah industri sebesar 225,67 miliar dolar AS dan pangsa pasar meningkat menjadi 1,83 persen. Sedangkan, merujuk data World Economic Forum terkait Global Competitiveness Index 2017-2018, memperlihatkan daya saing Indonesia secara global tahun ini berada pada posisi ke-36 dari 137 negara atau naik lima peringkat dibandingkan tahun sebelumnya yang menduduki posisi ke-41 (Kemenperin, 2017).

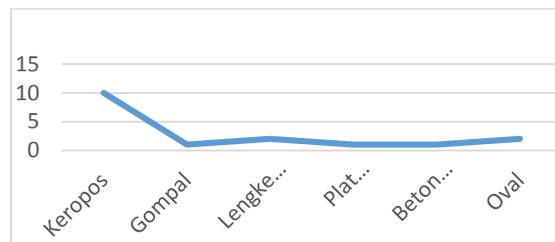
Wigjosoebroto dan Sutanta (2010) mendefinisikan bahwa Industri manufaktur (*the manufacturing industries*), adalah industri yang memproses bahan baku guna dijadikan bermacam-macam bentuk/model produk, baik yang berupa produk setengah jadi (semi manufactured) ataupun yang sudah berupa produk jadi (*finished goods product*). Disini akan terwujud suatu transformasi proses baik secara fisik ataupun kimiawi terhadap input material dan akan memberi nilai tambah yang lebih tinggi terhadap material tersebut. Contoh: industri permesinan, industri mobil, industri tekstil, dan lain-lainnya.

Transformasi proses dapat berjalan dengan baik apabila didukung dengan faktor produksi yang berkualitas. Sumber Daya Manusia (SDM) atau tenaga kerja merupakan salah satu faktor produksi yang vital dalam proses produksi. Ketersediaan SDM yang baik akan sangat mempengaruhi kualitas produk atau jasa yang dihasilkan. Namun seberapa-pun baiknya kualitas SDM yang dimiliki perusahaan, tidak dapat menghilangkan *human error* yang memang sudah melekat dalam diri setiap manusia. Hollnagel (1998)

menyebutkan bahwa 60%-90% kegagalan yang terjadi dalam suatu sistem disebabkan oleh human error.



Gambar 1. Grafik persebaran jumlah cacat beton tahun 2017



Gambar 2. Grafik jenis penyimpangan beton tiang pancang sepanjang tahun 2017

PT Wijaya Karya Beton Tbk merupakan suatu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang industri pembuatan beton pracetak. Perusahaan ini memiliki 2 macam tipe produksi yaitu sistem *sentrifugal* atau produksi putar dan sistem *nonsetrifugal* atau produksi nonputar. Salah satu komitmen perusahaan ini adalah menjaga mutu produk serta meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja. Berdasarkan laporan mutu sepanjang tahun 2017 seperti yang ditunjukkan di Gambar 1, produk tiang pancang menempati urutan pertama sebagai produk yang paling banyak mengalami cacat. Produk tiang pancang dibagi menjadi 2 yaitu tiang pancang bulat dan segiempat.

Dari 19 cacat pada tiang pancang 17 diantaranya adalah cacat pada tiang pancang bulat. Jenis cacat yang biasa ditemukan pada produk tiang pancang bulat seperti yang ditunjukkan pada grafik 1.2 adalah keropos, gompal, lengket kulit, plat selubung penyok, beton tipis, dan oval. Laporan mutu produk PT Wijaya Karya Beton tahun 2017 juga menunjukkan bahwa 76,46 % cacat

*) Penulis Korespondensi.
email:yanalaras88@gmail.com

produk dari tiang pancang bulat disebabkan oleh faktor manusia, dan 23,54 % disebabkan oleh faktor alat.

Berdasarkan hal diatas akan dilakukan pengukuran keandalan manusia untuk menganalisis *human error* khususnya pada proses pengecoran dan pengeluaran produk beton tiang pancang bulat di PT Wijaya Karya Beton. Metode yang digunakan dalam pengukuran *human error* adalah *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART). HEART merupakan metode yang dirancang sebagai *Human Reliability Assesment* (HRA) yang cepat dan sederhana dalam menguantifikasi resiko *human error*.

Metode ini secara umum dapat digunakan pada situasi atau industri dimana *human reliability* menjadi satu hal yang penting. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi urutan setiap proses perakitan beserta *possible error* dari setiap urutan kerja, mengklasifikasikan setiap *task* kedalam *generic task type* dan mengidentifikasi *error producing conditions*, menghitung nilai *Assesed Proportion of Effect* dan *Human Error Probability*, dan memberikan rekomendasi perbaikan pada proses pengecoran dan pengeluaran produk beton tiang pancang bulat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode *Human Error Assesment and Reduction Technique* (HEART)

HEART pertama kali diperkenalkan oleh Williams pada 1985 ketika dia berkerja di Central Electricity Generating Board. HEART merupakan salah satu metode kuantifikasi human error . HEART dirancang sebagai metode kuantifikasi resiko human error yang cepat, sederhana dan mudah dipahami oleh engineers dan human factors specialists. HEART merupakan metode yang umum yang dapat diaplikasikan di segala situasi atau industri dimana human reliability dianggap penting. Secara ekstensif, HEART digunakan di industry nuklir UK dan juga dikebanyakan industri lain seperti industri kimia, penerbangan, kereta api, pengobatan dan sebagainya (Bell et al., 2009). Kelemahan dari metode HEART yaitu bersifat subyektif sehingga hasil yang diperoleh antara peneliti satu dengan yang lain belum tentu sama.

Metode ini diawali dengan menentukan nilai *Generic Task* pada setiap task kegiatan yang akan digolongkan kedalam 8 kategori. Penentuan nilai ini didasarkan pada pertimbangan pakar/ahli yang telah sesuai dengan expert judgement. Setelah didapatkan nilai *Generic Task*, melakukan dengan pakar untuk menentukan nilai *Error Producing Condition*. (EPC) masing masing task kegiatan. Error Producing Condition adalah sebuah kondisi penyebab suatu kesalahan manusia pada suatu pekerjaan. Selanjutnya adalah menentukan nilai *Assesed Proportion of Affect* (APoA). Nilai ini berkisar antara 0 – 1 dengan rincian nilai 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1. Semakin tinggi nilai APOA, akan semakin tinggi pula kemungkinan Error terjadi. Setelah mengetahui task kegiatan, nilai generic task, nilai Error Producing Condition dan nilai Assesed Proportion

of Affect (APoA), menghitung nilai Assesed Effect dengan rumus $((value\ of\ EPC - 1) \times APoA) + 1$.

Langkah terakhir yang dilakukan dalam analisa HEART adalah menentukan nilai HEP masing masing pekerjaan untuk mengetahui pekerjaan mana yang membutuhkan perhatian khusus dikarenakan memiliki nilai HEP yang tinggi diantara pekerjaan yang lain. Rumus menghitung HEP yaitu $HEP: GTT \times AE1 \times AE2 \times AE3 \dots \dots AEn$.

Hubungan *Human Error Probability* dan *Human Reliability Assesment*

Human Error Probability berhubungan erat dengan *Human Reliability*. *Human Reliability* adalah kemungkinan dari sebuah keberhasilan dari suatu tugas dalam batas waktu tertentu, dengan persyaratan yang ditentukan (Dillon, & Balbir, 2009). Swain & Guttman (1983) mendefinisikan Human Reliability sebagai performansi suatu sistem dalam waktu tertentu tetapi tidak menurunkan performansi sistem yang lain. Tujuan dari analisis human reliability adalah untuk mengetahui daerah – daerah yang beresiko tinggi, menemukan faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya human error, mengetahui besar resiko yang ditimbulkan dan bagaimana melakukan suatu perbaikan terhadap sistem yang ada sehingga dapat meminimalisir biaya dan atau dapat mengurangi human error yang dapat menimbulkan bahaya. Terdapat beberapa teknik untuk menganalisis human reliability. Teknik – teknik tersebut sangat berguna dalam pengukuran nilai human error probability (HEP) yang terjadi, sehingga dapat dilakukan perbaikan terhadap kesalahan yang terjadi dari suatu pekerjaan. Menurut Dhillon & Balbir (2009) HEP didefinisikan sebagai probabilitas terjadinya human error pada periode waktu tertentu. Potensi terjadinya human error dapat dilihat berdasarkan HEP.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian pada penelitian ini menunjukkan prosedur yang dilakukan oleh penulis selama melakukan penelitian ini. Penelitian ini telah dilaksakan di PT Wijaya Karya Beton Tbk, Boyolali, Jawa Tengah dari tanggal 2 Januari 2018 hingga 2 Februari 2018. Penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi masalah. Pada tahapan ini, penulis melakukan identifikasi masalah yang ada pada PT Wijaya Karya Beton Tbk dengan melakukan observasi dan berdasarkan data data cacat produk beton 2017. Setelah mengidentifikasi permasalahan, penulis kemudian menetapkan tujuan penelitian. Tujuan penelitian yaitu melakukan *Human Reliability Assesment* atau Analisa Keandalan Manusia di PT Wijaya Karya Beton Tbk di bagian pengecoran dan pengeluaran produk beton dengan *Human Error Assesment and Reduction Technique* (HEART) dan dapat memberikan usulan perbaikan. Setelah menetapkan tujuan, penulis melakukan pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data diperlukan penulis untuk mengumpulkan informasi-informasi guna mendukung

tercapainya tujuan penelitian. Penulis dalam memperoleh data dengan beberapa cara, yaitu antara lain:

1. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pekerja pada proses pengecoran dan pengeluaran produk beton, Supervisor, serta Staf Teknik dan Mutu. Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi berupa langkah-langkah proses perakitan, kegagalan dan kejadian yang pernah terjadi, kesulitan yang dihadapi pekerja, dan faktor-faktor yang dapat memicu kegagalan tersebut.

2. Observasi

Peneliti melakukan observasi secara langsung pada proses perakitan di waktu dan tempat yang sama. Selain itu, peneliti juga melakukan dokumentasi proses perakitan tersebut untuk mengidentifikasi jika terjadi kegagalan yang terjadi.

3. Data Perusahaan

Data perusahaan yang diperoleh berupa lembar instruksi kerja operator, serta laporan pengendalian kualitas tahun 2017. Data tersebut digunakan salah satunya untuk menganalisis setiap *task* dan menyusunnya kedalam *Hierarchical Task Analysis*.

Dari data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan *Human Error Assesment and Reduction Technique*. Berikut adalah langkah-langkah menggunakan metode HEART (Iridiastadi, 2014):

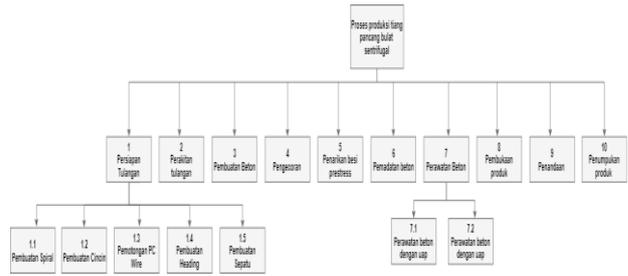
- 1) Langkah I : Menentukan tipe task dari kemungkinan error yang terjadi (HEP) yang diperoleh dari tabel HEART Generic Categories.
- 2) Langkah II : Menentukan Error Producing Conditions, EPCs yang diperoleh dari tabel Error Producing Conditions.
- 3) Langkah III : Menentukan Proportion of Effect yang bernilai antara 0 s.d. 1 pada tabel *assessed Proportion of Effect*.
- 4) Langkah IV : Menghitung *Assessed Effect* dan *Human Error Probability*

Setelah mendapat nilai HEP, penulis memberikan rekomendasi perbaikan terhadap *task* yang memiliki nilai keandalan terkecil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Hierarchical Task Analysis

Berikut adalah bagan urutan pekerjaan produk tiang pancang bulat jenis produksi putar:



Gambar 3. HTA proses produksi beton tiang pancang bulat

Berdasarkan bagan di atas terdapat 10 tahap proses produksi beton tiang pancang, namun untuk penelitian dengan metode HEART ini difokuskan pada 2 proses dimana *Human Error* sering terjadi yaitu proses pengecoran dan pengeluaran produk beton. Proses pengecoran merupakan proses penuangan adukan beton segar yang didistribusikan dari *hopper mobile* ke seluruh bagian cetakan sesuai volume yang diinginkan. Sedangkan proses pengeluaran produk beton merupakan tahapan untuk mengeluarkan produk dari cetakannya menggunakan alat bantu bernama *hoist*.

2) Identifikasi Kegagalan Proses

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan proses yang mungkin terjadi dari tiap-tiap sub task yang ada dengan mengamati dan menganalisis setiap tahapan yang dilakukan operator untuk mendapatkan potensi kegagalan proses yang mungkin akan terjadi. Berikut adalah tabel urutan proses beserta kemungkinan kesalahan yang terjadi dan akibat pada setiap urutan proses:

Tabel 1. Identifikasi Proses Kegagalan Pengecoran Beton

Operasi	Task	Possible Error	Akibat
Pengecoran	*1 Mengalokasikan cetakan di atas trolley cor	Pelantikan cetakan terlalu low pinggir	Pada proses pengecoran adukan bisa tumpah
	*2 Memasang tebang cor pada kanan dan kiri cetakan bawah	Terlupakan lupa memasang tebang cor	Adukan pada bagian ujung tidak bisa penuh
	*3 Memasukkan adukan ke dalam hopper	Volume adukan yang dimasukkan terlupakan tidak memenuhi atau kurang	Produk beton jadi tipis
	*4 Memasukkan adukan ke dalam cetakan	Pemasangan ke dalam cetakan tidak dilakukan secara merata	Ketebalan produk di setiap segmen berbeda
	*5 Mendistribusikan adukan secara merata di sepanjang cetakan dengan alat parojok	Pendistribusian adukan tidak dilakukan secara merata serta alat parojok tidak digunakan dengan maksimal	Ketebalan produk di setiap segmen berbeda
	*6 Memasukkan cetakan ke lokasi pemasangan kemudian melepaskan tebang cor	Lupa melepaskan tebang cor	Cetakan tidak bisa ditump
	*7 Memeriksa butir cetakan	Kurang butir dalam pemeriksaan butir cetakan	Pemutihan cetakan tidak bisa rapat (leakage)
	*8 Memasang karet upon pada butir cetakan dan bagian permukaan segmen cetakan bila diperlukan	Tidak dilakukan pemasangan karet upon pada butir cetakan saat diperibukan	Pemutihan cetakan tidak bisa rapat (leakage)
	*9 Memasang cetakan atas, klem cetakan dan mengencangkan baut L dengan impact tool	Kemungkinan baut L kurang kencang. impact tool kurang pas, baut atas	Adukan pasta bisa keluar
	*10 Mengendorok baut dorong pada cetakan	Baut dorong tidak dikendalikan	Produk bisa gonjral saat pembekuan produk

Tabel 2. Identifikasi kegagalan proses pengeluaran produk beton

Operasi	Task	Possible Error	Akibat
Pengeluaran Produk Beton	8.1 Mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak tiap	Sling yurus (alat angkat rusak), terlalu tinggi saat mengangkat cetakan dengan hoist	Produk terjatuh, sehingga bisa rompal atau patah
	8.2 Meletakkan trostel uap pada trolley/trostel buka	Posisi peletakkan cetakan tidak pas pada tempatnya	Produk bisa terguling
	8.2.1 Memotong besi prategang dengan alat potong (blander), satu per satu secara menyilang (single stressing)	Pemotongan besi prategang tidak menyilang	Produk beton bisa bengkok
	8.2.2 Mengendorkan mur rod simultan (proses release)	Mur rod simultan tidak dikendorkan	Produk beton bisa bengkok
	8.2.3 Melepaskan baut penahan plat sambung pada end plate (stressing simultan)	Baut plat sambung tidak dilepas	Produk beton bisa gempal
	8.3 Mengendorkan baut L dengan impact tool	Baut L tidak dikendorkan	Cetakan bagian atas tidak bisa dikeluarkan
	8.4 Melepaskan klem dan meletakkan di atas cetakan	Klem tidak dilepaskan di atas cetakan	Klem bisa hilang
	8.5 Melepaskan cetakan dan meletakkan di tempatnya	Cetakan ditaruh di sembarang tempat	Cetakan tidak dapat dibersihkan
	8.6 Bersihkan cetakan dan olesi dengan minyak secara tipis	Cetakan tidak dibersihkan dan diolesi minyak	Menyebabkan lengket kulit pada produk beton
	8.7 Melakukan penandaan produk	Salah penandaan produk	Proses identifikasi produk tidak akurat
	8.8 Mengangkat cetakan bawah (dengan tiang pancang di dalamnya), letakkan di tempatnya	Posisi kait tidak pas pada lubang (posisi pengangkatan kurang tepat)	Cetakan bisa terjatuh
	8.9 Meletakkan cetakan bawah pada trolley stock yard /trostel terbuka dan atur posisi cetakan	Posisi kait tidak pas pada lubang (posisi peletakkan cetakan kurang tepat)	Cetakan bisa terjatuh

3) Perhitungan Tingkat Keandalan Manusia dengan Metode HEART

Perhitungan Probabilitas Terjadinya Human Error dengan Metode HEART.

I. Menentukan tipe task dari kemungkinan error yang terjadi (HEP) yang diperoleh dari tabel HEART Generic Categories.

Hasil pengelempokkan menunjukkan bahwa pada proses pengecoran terdapat 3 tahapan pekerjaan yang masuk pada task type (E), 4 tahapan pekerjaan masuk pada task type (C), 3 tahapan pekerjaan masuk pada task type (D). Sementara untuk proses pengeluaran produk, 2 tahapan pekerjaan masuk pada task type (C), 9 tahapan pekerjaan masuk pada task type (D), 3 tahapan pekerjaan masuk pada task type (G).

II. Menentukan Error Producing Conditions, EPCs yang diperoleh dari tabel Error Producing Conditions.

Error Producing Conditions dipilih sesuai dengan tabel dan kemudian didapatkan multiplier dari setiap EPC yang akan digunakan untuk perhitungan HEP.

III. Menentukan Proportion of Effect yang bernilai antara 0 s.d. 1 pada tabel assessed Proportion of Effect.

Penentuan Assessed Proportion diperoleh berdasarkan hasil wawancara dengan operator yang bersangkutan dan kepala seksi perakitan tersebut.

IV. Menghitung Assessed Effect dan Human Error Probability.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pekerjaan membersihkan bibir cetakan pada proses pengecoran memiliki nilai Human Error Probability (HEP) paling tinggi yaitu 0,958

selanjutnya pekerjaan mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap pada proses pengeluaran produk beton mendapat urutan kedua yaitu dengan nilai HEP sebesar dan 0,9216. Nilai HEP ini menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik dengan *Human Reliability* (HR) atau keandalan manusia. Sehingga semakin tinggi HEP yang dihasilkan maka tingkat keandalan manusia semakin rendah.

Hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode HEART dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan HEP proses pengecoran

Task	Generic Task Unreliability	Multiplier	Assessed Proportion of Effect	Assessed Effect	HEP
4.1 Meletakkan cetakan di atas trolley cor	0,02	8	0,2	2,4	0,0768
		4	0,2	1,6	
4.2 Memasang tebing cor pada kanan dan kiri cetakan bawah	0,02	8	0,2	2,4	0,04992
		1,2	0,2	1,04	
4.3 Memasukkan adukan ke dalam hopper	0,16	3	0,2	1,4	0,58060
		1,4	0,2	1,08	
		8	0,2	2,4	
4.4 Memasukkan adukan ke dalam cetakan	0,09	4	0,1	1,3	0,117
4.5 Mendistribusikan adukan secara merata di sepanjang cetakan dengan alat perocok	0,09	4	0,1	1,3	0,117
4.6 Menempatkan cetakan ke lokasi penutupan, kemudian melepaskan tebing cor	0,09	8	0,2	2,4	0,216
4.7 Membersihkan bibir cetakan	0,16	1,2	0,2	1,04	0,958
		8	0,2	2,4	
		8	0,2	2,4	
4.8 Memasang karet/spun pada bibir cetakan dan bagian pertemuan segmen cetakan	0,02	5	0,2	1,8	0,0576
		4	0,2	1,6	
4.9 Memasang cetakan atas, klem, cetakan dan mengencangkan baut L dengan impact tool	0,16	8	0,2	2,4	0,4992
		2,5	0,2	1,3	
4.10 Mengendorkan baut dorong pada cetakan	0,16	2,5	0,2	1,3	0,4

Tabel 4. Rekapitulasi hasil perhitungan HEP proses pengeluaran produk beton

Task	Generic Task Unreliability	Multiplier	Assessed Proportion of Effect	Assessed Effect	HEP
8.1 Mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak tiap	0,16	8	0,2	2,4	0,9216
		8	0,2	2,4	
8.2 Meletakkan trostel uap pada trolley/trostel buka	0,09	8	0,2	2,4	0,5184
		8	0,2	2,4	
8.2.1 Memotong besi prategang dengan alat potong (blander), satu per satu secara menyilang (single stressing)	0,09	4	0,1	1,3	0,2808
		8	0,2	2,4	
8.2.2 Mengendorkan mur rod simultan (proses release)	0,09	4	0,1	1,3	0,2808
		8	0,2	2,4	
8.2.3 Melepaskan baut penahan plat sambung pada end plate (stressing simultan)	0,09	8	0,2	2,4	0,5184
		8	0,2	2,4	
8.3 Mengendorkan baut L dengan impact tool	0,09	8	0,2	2,4	0,216
8.4 Melepaskan klem dan meletakkan di atas cetakan	0,09	1,2	0,1	1,02	0,0918
8.5 Melepaskan cetakan dan meletakkan di tempatnya	0,09	1,2	0,1	1,02	0,0918
8.6 Bersihkan cetakan dan olesi dengan minyak secara tipis	0,09	1,2	0,1	1,02	0,0918
8.7 Melakukan penandaan produk	0,16	8	0,2	2,4	0,39936
		1,4	0,1	1,04	
8.8 Mengangkat cetakan bawah (dengan tiang pancang di dalamnya), letakkan di tempatnya	0,09	8	0,2	2,4	0,22464
		1,4	0,1	1,04	
8.9 Meletakkan cetakan bawah pada trolley stock yard /trostel terbuka dan atur posisi cetakan	0,0004	8	0,2	2,4	0,001037
		1,4	0,2	1,08	
8.10 Mengeluarkan produk dengan memiringkan/mengangkat cetakan	0,0004	4	0,2	1,6	0,00064
8.11 Putar baut dorong dengan menggunakan impact tool/kunci hingga tiang transmisi terlepas dari cetakan	0,0004	4	0,2	1,6	0,001152
		5	0,2	1,8	
8.12 Mengambil tiang pancang bulat agar tidak jatuh dari trolley/trostel buka	0,0004	1,2	0,2	1,04	0,000998
		8	0,2	2,4	

Setelah memperoleh nilai HEP seperti pada tabel 3 dan 4, maka langkah selanjutnya adalah memberikan rekomendasi perbaikan terhadap prioritas *task* yang memiliki *error* terbesar. Berikut

adalah rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan terhadap kedua *task* tersebut.

Rekomendasi Perbaikan

Konsekuensi dari *human error* dapat dikurangi melalui pemilihan personel dan pelatihan dan desain peralatan, prosedur dan lingkungan yang tepat (Sanders dan McCormick, 1993). Berikut adalah rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan.

1. Mendesain ulang peralatan kerja



Gambar 3 Batangan pc wire atau besi scrap yang digunakan operator

Gambar 3 merupakan alat yang digunakan untuk membersihkan bibir cetakan dari sisa produk beton. Alat tersebut tidak dilengkapi dengan jenis coupling fair sehingga kurang nyaman bagi pekerja. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan perbaikan desain peralatan kerja yang lebih ergonomis dan nyaman bagi operator. Desain peralatan kerja yang baru di bawah ini menggunakan 2 handle atau pegangan yang akan memudahkan pekerja untuk mengarahkan dalam membersihkan bibir cetakan. Di ujung alat dibuat agak runcing dan sedikit bulat untuk memudahkan meraih sisa-sisa adukan di sela-sela baut.

Perhitungan dimensi alat berdasarkan data antropometri orang indonesia

- **Dimensi 1 (Tinggi alat)**

Dimensi tinggi alat menggunakan data antropometri tinggi badan pada saat posisi duduk menggunakan persentil pria 95% sehingga perhitungan secara manualnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ukuran} &= (X + 1,645 \text{ SD}) + \text{allowance} \\ &= (864 + (1,645 \times 33)) + 50 \\ &= 964,34 + 50 \\ &= 968,28 \text{ mm} \\ &= 96,82 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Dimensi 2 (Diameter Handle)**

Dimensi diameter genggam tangan maksimum menggunakan data antropometri persentil pria 5% sehingga perhitungan secara manualnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ukuran} &= (X - 1,645 \text{ SD}) + \text{allowance (sarung tangan + Coupling/handle)} \\ &= (45 - (1,645 \times 2)) + 30 \\ &= 71,71 \text{ mm} \\ &= 7,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Dimensi 3 (Tinggi Handle)**

Dimensi tinggi handle didapat dari lebar telapak tangan (sampai ibu jari) menggunakan data antropometri persentil pria 5% sehingga perhitungan secara manualnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ukuran} &= (X - 1,645 \text{ SD}) + \text{allowance} \\ &= (88 - (1,645 \times 6)) + 30 \\ &= 108,13 \text{ mm} \\ &= 10,813 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Dimensi 4 (Jarak Antar Handle)**

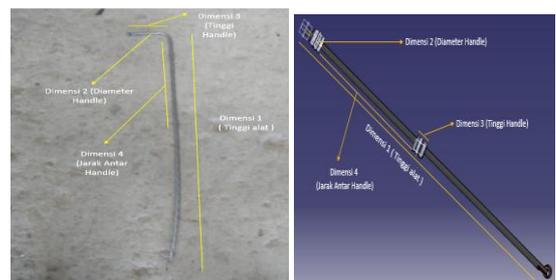
Dimensi jarak antar handle didapat dari jarak siku ke ujung jari menggunakan data antropometri persentil pria 5% sehingga perhitungan secara manualnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ukuran} &= (X - 1,645 \text{ SD}) + \text{allowance} \\ &= (405 - (1,645 \times 21)) + 20 \\ &= 390,45 \text{ mm} \\ &= 39,045 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 5. Perbandingan dimensi saat ini dan dimensi usulan alat pembersih bibir cetakan

	Dimensi saat ini	Dimensi usulan
Dimensi 1 (Tinggi alat)	85 cm	96,82 cm
Dimensi 2 (Diameter Handle)	5 cm	7,17 cm
Dimensi 3 (Tinggi Handle)	6 cm	10,813 cm
Dimensi 4 (Jarak Antar Handle)	15 cm	39,045 cm

Berikut adalah hasil desain alat pembersih bibir cetakan berdasarkan perhitungan antropometri



Gambar 4. Alat pembersih bibir cetakan sebelum perbaikan (kiri) dan sesudah perbaikan (kanan)

2. Penerapan Visual Display

Pemberian visual display dimaksudkan untuk memberikan informasi maupun pemberitahuan secara tertulis maupun menggunakan indikator warna sehingga pekerja lebih memberikan perhatian atau waspada. Penggunaan warna dalam visual display dapat juga berfungsi sebagai penerjemahan secara visual. Visual display atau label diletakkan pada bagian-bagian yang dapat terlihat oleh pekerja

baik saat sedang maupun tidak sedang melaksanakan task tersebut. Berikut adalah contoh desain visual display pada proses pengecoran dan pengeluaran produk:



Gambar 5. Desain visual display pada pekerjaan mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap pada proses pengeluaran produk beton



Gambar 6. Desain visual display pada pekerjaan membersihkan bibir cetakan pada proses pengecoran beton

3. Peran Supervisor dalam memberikan pengawasan, himbauan dan teguran.

Fungsi ini dapat dijalankan dengan memberikan himbauan ataupun teguran langsung dari Supervisor shift. Kemudian dilakukan evaluasi kerja di tiap shift dan operator atau pekerja melaporkan tugas yg dijalankan masing-masing apakah berjalan lancar atau terdapat kendala.

4. Penerapan konsep *Build In Quality* di masing-masing proses

Konsep ini mengajak seluruh operator untuk senantiasa memiliki kepekaan dan rasa tanggung jawab terhadap kualitas *part di masing-masing proses atau tahapan produksi*. Tujuan dari *build in quality* adalah:

1. Dengan adanya prinsip *build in quality* ini sistem mengajak seluruh operator untuk senantiasa memiliki kepekaan dan rasa

5. KESIMPULAN

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa membersihkan bibir cetakan pada proses pengecoran dan memiliki nilai HEP paling tinggi yaitu 0,958 selanjutnya *task* mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap pada proses pengeluaran produk beton mendapat urutan kedua yaitu dengan nilai HEP sebesar dan 0,9216. Setelah mendapat nilai HEP, langkah selanjutnya yaitu memberikan rekomendasi perbaikan

tanggung jawab terhadap kualitas part yang mereka kerjakan di masing-masing stasiun kerja

2. Menjamin kualitas produksi untuk mencapai hasil 100% baik.
3. Menghemat atau menyederhanakan *man power*, karena dengan konsep *Build in Quality* ini stasiun kerja inspeksi tidak perlu ada.
4. Mencegah terjadinya *down time* akibat adanya kesalahan pada proses operational produksi.

5. Penggantian alat untuk proses pengeluaran produk

Pada proses pengeluaran produk error yang sering terjadi adalah kurangnya pemahaman operator terhadap cara memiringkan dan ketinggian yang sesuai agar produk bisa keluar dari cetakan. Kesalahan dalam pengaturan ketinggian dan kemiringan akan membuat produk jatuh sehingga menyebabkan produk menjadi gompal. Hal yang dapat dilakukan adalah mengganti hoist yang bisa langsung mengangkat produk tanpa harus mengatur ketinggian dan kemiringan cetakan.



Gambar 7. Hoist lama untuk proses pengeluaran produk



Gambar 8. Rekomendasi hoist untuk pengeluaran produk

terhadap kedua *task* yaitu: membersihkan bibir cetakan pada proses pengecoran dan *task* mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap pada proses pengeluaran produk beton. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan terhadap *task* membersihkan bibir cetakan, yaitu: memdesain ulang besi scrap/batangan pc wire yang merupakan peralatan kerja operator di proses tersebut, pemasangan visual display untuk memudahkan operator memahami tugas-tugasnya, dan pengawasan supervisor untuk

meminimasi terjadinya human error. Selanjutnya rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan terhadap mengangkat cetakan dari trostel uap atau bak uap yaitu dengan penggantian alat hoist yang langsung bisa mengangkat produk beton tanpa harus mengatur kemiringan dan ketinggian,

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bell, July & Horoyd, & Justin. (2009). Review of Human Reliability Assessment Methods. *Health and Safety Laboratory*, 25-52.
- Dillon, & Balbir S. (2009). *Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance*. New York: CRC PRESS.
- Hollnagel, E. (1998.) *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*. Norwegia: Elsevier
- Kementerian Perindustrian. (2017). *Daya Saing Indonesia Naik, Produk Industri Semakin Kompetitif*. Diakses pada Februari, 20, 2018, dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/18210/Daya-Saing-Indonesia-Naik,-Produk-Industri-Semakin-Kompetitif-Produk-Industri-Semakin-Kompetitif-Kompetitif>
- Kementerian Perindustrian (Kememnperin). (2017). *Kemenperin dan UNIDO Pastikan 13 Proyek Kerja Sama Industri Terus Berjalan*. Diakses pada Februari, 20, 2018, dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/17691/Kemenperin-dan-UNIDO-Pastikan-13-Proyek-Kerja-Sama-Industri-Terus-Berjalan>.
- Sanders, Mark S., & Cormick, Ernest J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design 7th Edition*. Mc Graw Hill.
- Swain A.D and Guttman.(1983). *Hand Book of Human Reliability Analysis With Emphasis On Nuclear Power Plant Applications*. Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission.
- Wignjosobroto, & Sutanta. (2010). Analisa Human Error Dalam Kasus Kecelakaan Di Persilangan Kereta Api. *Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*, retrieved from personal.its.ac.id/files/pub/2834-m_sritomo-ie
Makalah%20Ergonomi%20Human%20Erro

pemasangan display untuk memudahkan operator memahami penggunaan alat dan instruksi kerja, serta pengawasan dari supervisor tetap diperlukan sebagai kontrol terhadap proses dan meminimasi kemungkinan human error yang terjadi.