

RISK ASSESSMENT PROSES HYDROTEST TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER DENGAN METODE HIRADC DAN FTA

Mochammad Choirul Rizal¹

*Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia No, 1 Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya*

E-mail: mc.rizal@ppns.ac.id

ABSTRAK

Salah satu jenis alat penukar panas yang memerlukan perhatian terkait keselamatan kerja dalam mengoperasikannya adalah Tube Bundle Heat Exchanger. Salah satu tahapan pekerjaan perakitan Tube Bundle Heat Exchanger adalah proses hidrotest. Proses hidrotest pada pekerjaan perakitan Tube Bundle Heat Exchanger memiliki beberapa risiko bahaya yang muncul akibat adanya bahaya selama proses pekerjaan. Pada penelitian ini dilakukan analisis penilaian risiko dari tahapan pekerjaan tersebut dengan menggunakan metode HIRADC dan FTA. Hasil penelitian identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Controls (HIRADC) diperoleh hasil sebanyak 6 risiko Kuadran IV, 6 risiko Kuadran III, 2 risiko Kuadran II, dan 4 risiko Kuadran I. Risiko yang termasuk dalam Kuadran I yaitu fatality dan tube pecah. Untuk risiko Kuadran I selanjutnya dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) diperoleh sebanyak 14 basic event sebagai minimal cut set atau penyebab utama terjadinya potensi bahaya tersebut. Rekomendasi dari analisis minimal cut set dan berdasarkan hirarki pengendalian risiko yaitu memasang yellow line dan penanda batas area kerja steril dari yang tidak berkepentingan, menyesuaikan design dengan kemampuan komponen, menyusun dan menetapkan SOP sesuai pekerjaan, menyusun dan menetapkan jadwal inspeksi QA/QC, mengawasi pekerjaan, melakukan toolbox meeting, menerapkan budaya 5R, memberikan pelatihan pesawat angkat angkut untuk operator overhead crane, menyediakan dan menggunakan APD yang sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan, seperti safety shoes, cattlepack, safety goggles/faceshield, safety helmet, safety gloves.

Kata Kunci: risk assessment, hidrotest, tube bundle, HIRADC, FTA.

ABSTRACT

One type of heat exchanger that requires attention related to work safety in operating it is the Tube Bundle Heat Exchanger. One of the stages of Tube Bundle Heat Exchanger assembly work is the hydrotest process. The hydrotest process on Tube Bundle Heat Exchanger assembly work has several risks of danger that arise due to hazards during the work process. In this study, an analysis of the risk assessment of the stages of the work was carried out using the HIRADC and FTA methods. The results of the hazard identification and risk assessment research using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Controls (HIRADC) method yielded 6 Quadrant IV risks, 6 Quadrant III risks, 2 Quadrant II risks, and 4 Quadrant I risks. There are fatality and tube rupture that involved in Quadrant I. For Quadrant I risks, further analysis was carried out using the Fault Tree Analysis (FTA) method, obtained as many as 14 basic events as a minimum cut set or the main cause of the potential hazard. Recommendations from minimal cut set analysis and based on risk control hierarchy, namely installing yellow lines and sterile work area boundary markers from unauthorized persons, adjusting the design to component capabilities, compiling and establishing SOPs according to work, compiling and establishing QA/QC inspection schedules, supervising work, conducting toolbox meetings, implementing 5R culture, providing lift and lift training for overhead crane operators, providing and using PPE that is appropriate for the work being done, such as safety shoes, cattlepack, safety goggles/faceshield, safety helmet, safety gloves.

Keyword : risk assessment, hidrotest, tube bundle, HIRADC, FTA.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tube Bundle Heat Exchanger adalah salah satu jenis alat penukar panas yang mempunyai susunan berupa pipa yang *dibundling* yang dihubungkan secara paralel dan ditempatkan dalam suatu cangkang. Fungsinya *heat exchanger* adalah merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan panas atau kalor dari suatu fluida ke fluida yang lain.

Salah satu tahapan pekerjaan pada pembuatan/perakitan *tube bundle heat exchanger* adalah tahap *hydrotest*, dimana pada tahapan pekerjaan tersebut memiliki tingkat risiko yang bervariasi. Tahapan *hydrotest* tersebut melibatkan tekanan dan fluida yang digunakan selama pekerjaan. Pekerjaan *hydrotest* atau *hydrostatic test* pada *Tube Bundle Heat Exchanger* merupakan pengujian dengan menggunakan media air sebagai pengujinya dan menggunakan tekanan tertentu, untuk mengetahui kekuatan suatu material dan mengetahui adanya kebocoran atau tidak [1]. Pengujian dengan menggunakan tekanan tinggi dapat menimbulkan potensi bahaya [2]. Salah satu potensi bahaya yang berisiko tinggi di area workshop adalah ledakan pipa saat *hydrotest*. Pengujian *hydrotest* menggunakan air yang dialirkan ke dalam pipa-pipa kecil dengan diberikan tekanan tertentu dan ditahan selama beberapa menit. Pada tahapan pekerjaan *hydrotest* ini belum pernah dilakukan proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko oleh perusahaan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi bahaya dan analisis penilaian risiko untuk tahapan pekerjaan *hydrotest* pada proses pembuatan *tube bundle heat exchanger*. Adapun metode yang digunakan adalah metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Controls (HIRADC)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)*. Metode *HIRADC (Hazard Identification Risk Assessment and Determining Controls)* mampu mengidentifikasi kecelakaan kerja dan menilai tingkat risikonya yang diperoleh dari hasil perkalian antara probabilitas dengan dampaknya, serta menentukan tindakan kontrol atau perbaikan yang dilakukan [3]. Risiko dengan kategori Kuadran I akan dianalisis lebih lanjut menggunakan metode *FTA (Fault Tree Analysis)* dengan menggambarkan event-event yang dikaitkan dengan garis seperti struktur pohon yang merepresentasikan alur kesalahan sehingga dapat secara efektif menemukan inti penyebab masalah [4].

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana hasil analisis penilaian risiko tahapan *hydrotest* pada proses pembuatan *tube bundle heat exchanger* menggunakan metode *HIRADC*?
- Bagaimana rekomendasi pengendalian dari hasil analisis faktor penyebab potensi bahaya tinggi pada proses pembuatan *tube bundle heat exchanger* menggunakan metode *FTA*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mendapatkan hasil penilaian risiko dari tahapan tahapan *hydrotest* pada proses pembuatan *tube bundle heat exchanger* menggunakan metode *HIRADC*.
- Mendapatkan rekomendasi pengendalian dari hasil analisis faktor penyebab potensi bahaya tinggi pada proses pembuatan *tube bundle heat exchanger* menggunakan metode *FTA*.

2. PEMBAHASAN

2.1 Penilaian Risiko Kebakaran

Proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko dilakukan dengan melakukan wawancara pada *expert judgement* untuk memvalidasi hasilnya. Terdapat 11 tahapan pekerjaan dalam pekerjaan *hydrotest Tube Bundle Heat Exchanger*, yang terbagi dalam beberapa sub tahapan yaitu pemasangan blind flange, pra uji *hydrotest*, *hydrotest*, pemeriksaan kebocoran, pembersihan, pengemasan, dan pengiriman. Proses penilaian risiko menggunakan matriks penilaian risiko yang dimiliki oleh perusahaan. Hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko tahapan pekerjaan *hydrotest* pada pembuatan *tube bundle exchanger* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Pekerjaan Hydrotest Tube Bundle Heat Exchanger (Awal)

No.	Pekerjaan/Proses	Bahaya	Risiko	Risk Value	Pengendalian
1	Memasang blind flange ke tube sheet	Pekerjaan lifting	Benda jatuh, kerusakan material	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
			Cidera	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
			Fatality	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
2	Mengencangkan baut	Baut kurang kencang	Kebocoran uji tekan dan hydro test	II	Memasang baut secara sequence Pengecekan secara berkala
		Baut terlalu kencang	Kerusakan material dan peralatan	II	Memasang baut secara sequence Berhati-hati saat melakukan pengencangan
3	Pra uji tekanan menggunakan air test	Kebocoran	Menghambat proses pengujian	I	Pemeriksaan komponen secara visual
		Overpressure	Ledakan, kebocoran, kerusakan material	I	Menaikkan tekanan secara perlahan
4	Memeriksa kebocoran setiap tube	Ledakan, kebocoran	Cidera	III	Pemakaian APD yang sesuai

No.	Pekerjaan/Proses	Bahaya	Risiko	Risk Value	Pengendalian
		n, retakan			
5	Hydrotest setiap item sesuai drawing	Kebocoran	Terjatuh, terpeleset, lantai kerja basah	III	Pemeriksaan komponen secara visual Pemakaian APD yang sesuai
		Overpressure	Tube pecah	I	Mengamati perubahan bentuk atau reaksi yang terjadi pada setiap bagian Menaikkan tekanan secara perlahan
6	Pembersihan dan pengeringan	Permukaan lantai kerja basah	Terjatuh, terpeleset	III	Pemakaian APD yang sesuai
7	Mengatur tube bundle ke transport jig	Pekerjaan lifting	Benda jatuh, kerusakan material	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
			Cidera	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
			Fatality	I	Sosialisasi K3 Pemeriksaan peralatan lifting
8	Mengencangkan tube bundle	Tube bundle tidak terpasang dengan baik	Jatuh, kerusakan material	III	Pengecekan secara berkala
9	Inspeksi akhir	Pencapaian kurang	Hasil kurang teliti	II	Pemeriksaan pekerjaan rutin Pengecekan secara berkala
10	Mengemas tube bundle	Tidak ter-cover dengan baik	Kerusakan material dan peralatan	IV	Melapisi tube bundle dengan teliti
11	Pengiriman	Terguncang	Kerusakan material dan peralatan	IV	Menjaga kecepatan kendaraan pengiriman

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko pada Tabel 2 di atas, diperoleh hasil bahwa untuk tahapan *hydrotest* pada pekerjaan pembuatan *tube bundle exchanger* terdapat 14 potensi bahaya dan 18 risiko yang mungkin terjadi. Sebanyak 2 risiko Kuadran IV, 4 risiko Kuadran III, 3 risiko Kuadran II, dan 9 risiko Kuadran I. Selanjutnya adalah pengendalian risiko dan kembali menilai risiko sisa yang masih ada. Hasil penilaian risiko dan pengendalian lanjutan disajikan ada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Pekerjaan Hydrotest Tube Bundle Heat Exchanger (Lanjutan)

No.	Pekerjaan/Proses	Bahaya	Risk Value	Pengendalian Lanjutan
1	Memasang blind flange ke tubesheet	Pekerjaan lifting	III	Inspeksi rutin peralatan lifting Pengawasan pekerjaan
			II	Inspeksi rutin peralatan lifting Pengawasan pekerjaan
			I	Inspeksi rutin peralatan lifting Pengawasan pekerjaan
2	Mengencangkan baut	Baut kurang kencang	III	Menggunakan digital torque wrench terkalibrasi Pengawasan pekerjaan Pengecekan secara berkala
			III	Menggunakan digital torque wrench terkalibrasi Pengawasan pekerjaan Pengecekan secara berkala
3	Pra uji tekanan menggunakan air test	Kebocoran	III	Mengencangkan baut Memeriksa dengan teliti dari setiap bagian
		Overpressure	I	Mengamati perubahan bentuk atau reaksi yang terjadi pada setiap bagian Melakukan sesuai SOP
4	Memeriksa kebocoran setiap tube	Ledakan, kebocoran, retakan	IV	Pengawasan pekerjaan Pengecekan secara berkala
5	Hydrotest setiap item sesuai drawing	Kebocoran	III	Mengencangkan baut Memeriksa dengan teliti dari setiap bagian Menyediakan alat kebersihan
			I	Pengawasan pekerjaan Pengecekan secara berkala Mengamati hasil uji hydrotest yang tercetak Melakukan sesuai SOP
6	Pembersihan dan pengeringan	Permukaan lantai kerja basah	IV	Menyediakan alat kebersihan Penerapan 5R
7	Mengatur tube bundle ke transport jig	Pekerjaan lifting	III	Inspeksi rutin peralatan lifting Pengawasan pekerjaan
			II	Inspeksi rutin peralatan lifting

No.	Pekerjaan/ Proses	Bahaya	Risk Value	Pengendalian Lanjutan
				Pengawasan pekerjaan
			I	Inspeksi rutin peralatan <i>lifting</i> Pengawasan pekerjaan
8	Mengencangkan <i>tube bundle</i>	<i>Tube bundle</i> tidak terpasang dengan baik	IV	Pengawasan pekerjaan
9	Inspeksi akhir	Pencahayaan kurang	IV	Menyalakan lampu jika diperlukan Pemeriksaan dilakukan dua kali
10	Mengemas <i>tube bundle</i>	Tidak ter-cover dengan baik	IV	Pengecekan secara berkala
11	Pengiriman	Terguncang	IV	Memasang <i>transport jig</i> dengan baik

Setelah melakukan pengendalian risiko dan menilai risiko kembali diperoleh hasil sebanyak 6 risiko Kuadran IV, 6 risiko Kuadran III, 2 risiko Kuadran II, dan 4 risiko Kuadran I. Tahapan yang paling banyak memiliki potensi bahaya dan risiko tinggi yaitu pekerjaan *lifting*. Penilaian *severity* dan *likelihood* yang dilakukan mengacu pada SOP identifikasi bahaya dan penilaian risiko milik perusahaan. Risiko yang termasuk dalam kategori Kuadran I yaitu *fatality* dan *tube* pecah akan dianalisis lebih lanjut untuk menemukan penyebab utama terjadinya potensi bahaya tersebut menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*).

Analisis FTA dilakukan dengan menggunakan risiko Kuadran I pada HIRADC sebagai kejadian puncak (*top event*) kemudian mencari sebab-sebab dari *top event* hingga ditemukan sebab kegagalan dasar (*basic event*). Berikut merupakan analisis *basic event* pada risiko *fatality* dan *tube* pecah.

- a. *Basic Cause* untuk *Basic Event* Risiko *Fatality*, terdiri dari Kelalaian pekerja, APD tidak tersedia, tidak ada pengawasan pekerjaan, area kerja tidak steril, tidak ada prosedur, overload, kesalahan penanganan komponen, kesalahan komunikasi, pekerja tidak kompeten, tidak ada inspeksi rutin, tidak ada pemeriksaan sebelum digunakan.
- b. *Basic Cause* untuk *Basic Event* Risiko *Tube Pecah*, terdiri dari Kelalaian pekerja, tidak ada prosedur, pekerja tidak kompeten, tidak ada QA/QC, kesalahan design, *damaged item*.

Berdasarkan hasil analisis pekerjaan *hydrotest Tube Bundle Heat Exchanger* menggunakan metode HIRADC dan FTA dapat diberikan rekomendasi pengendalian sesuai hirarki pengendalian yaitu sebagai berikut:

Eliminasi: tidak dapat dilakukan karena harus menghilangkan tahapan pekerjaan yang dilakukan.

Substitusi: tidak dapat dilakukan.

Rekayasa teknik: memasang *yellow line* dan penanda batas area kerja steril dari yang tidak berkepentingan, menyesuaikan design dengan kemampuan komponen.

Administrasi: menyusun dan menetapkan SOP sesuai pekerjaan, menyusun dan menetapkan jadwal inspeksi

QA/QC, mengawasi pekerjaan, melakukan *toolbox meeting*, menerapkan budaya 5R, memberikan pelatihan pesawat angkat angkut untuk operator *overhead crane*.

APD: menyediakan dan menggunakan APD yang sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan, seperti *safety shoes, cattlepack, safety goggles/faceshield, safety helmet, safety gloves*.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

- a. Hasil dari identifikasi bahaya dan penilaian risiko pekerjaan *hydrotest Tube Bundle Heat Exchanger* menggunakan metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Controls) diperoleh hasil terdapat 6 risiko Kuadran IV, 6 risiko Kuadran III, 2 risiko Kuadran II, dan 4 risiko Kuadran I.
- b. Rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan analisis penyebab utama menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) yaitu memasang *yellow line* dan penanda batas area kerja steril dari yang tidak berkepentingan, menyesuaikan design dengan kemampuan komponen, menyusun dan menetapkan SOP sesuai pekerjaan, menyusun dan menetapkan jadwal inspeksi QA/QC, mengawasi pekerjaan, melakukan *toolbox meeting*, menerapkan budaya 5R, memberikan pelatihan pesawat angkat angkut untuk operator *overhead crane*, menyediakan dan menggunakan APD yang sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan, seperti *safety shoes, cattlepack, safety goggles/faceshield, safety helmet, safety gloves*.

PUSTAKA

- [1] Fatoni, Z., King, M.L. dan Lazim, M.. PERENCANAAN DESAIN ALAT BANTU TEMPORARY CLAMP 8" PADA PIPE LINE INDUSTRI MIGAS, Jurnal Desiminasi Teknologi, Vol. 9 No. 1, 2021.
- [2] Slamet, A. et al., 2022. Mesin Uji Proses *Hydrotest* pada Gate Valve Ukuran 3" – 8" Kelas 150 Guna Mempersingkat Waktu Pengujian, Jurnal Rekayasa Mesin, 17(1), pp. 179–188.
- [3] Ihsan, T., Safitri, A. dan Dharossa, D.P., 2020. Analisis Risiko Potensi Bahaya dan Pengendaliannya Dengan Metode HIRADC pada PT. IGASAR Kota Padang Sumatera Barat, Jurnal Serambi Engineering, 5(2), pp. 1063–1069.
- [4] Ferdiana, T. dan Priadythama, I, 2016. Analisis Defect Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* Berdasarkan Data *Ground Finding Sheet (GFS)* PT. GMF AEROASIA, Prosiding Seminar Nasional Industrial Engineering Conference (IDEC) 2016.