

Analisis Risiko Komponen Mesin *Press Hidrolik 350 Ton* Menggunakan *Bow-Tie Analysis*

Muhammad Ihsan Afif Muhadzdzib¹⁾, Imah Luluk Kusminah²⁾, Arief Subekti³⁾

¹²³⁾Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

²⁾imahluluk@ppns.ac.id

ABSTRAK

Mesin pres hidrolik adalah perangkat manufaktur yang dirancang dan dibangun untuk mengoperasikan tekanan menggunakan sistem penggerak hidrolik untuk memberikan beban yang terkendali, dimana pada proses pekerjaan dengan mesin ini seringkali terjadi kecelakaan seperti pekerja yang terjepit mesin pres ini. Hal ini memiliki dampak pada pekerja mulai dari cedera hingga kematian, serta mengakibatkan kerugian bagi perusahaan terkait. Adanya berbagai masalah tersebut dapat membuat proses produksi di perusahaan menjadi terganggu dan dapat menjadi potensi bahaya untuk para pekerja. Potensi bahaya tersebut dapat dikurangi dengan menggunakan metode *Bow-Tie Analysis* untuk menggambarkan dan menganalisis jalur suatu risiko dari penyebab hingga dampaknya.

Kata Kunci : Barrier, Bow-Tie Analysis, Mesin Pres Hidrolik

ABSTRACT

*Hydraulic press machine is a manufacturing device designed and built to operate pressure using a hydraulic drive system to provide a controlled load, which is in the process of working with this machine accidents often occur such as workers who are squeezed by this pressing machine. This has an impact on workers ranging from injury to death, as well as resulting in losses for the company concerned. The existence of these problems can disrupt the production process and can be a potential hazard for workers. These potential hazards can be reduced by using *Bow-Tie Analysis* to describe and analyze risks from results to results.*

Keywords: Barrier, Bow-Tie Analysis, Hydraulic Press Machine

I. PENDAHULUAN

Mesin pres hidrolik adalah perangkat manufaktur yang dirancang dan dibangun untuk mengoperasikan *Dies/Punch* menggunakan sistem penggerak hidrolik untuk memberikan gaya/beban yang terkendali. Mesin ini memiliki banyak potensi bahaya. Hal ini akan menyebabkan cedera serius bagi pekerja hingga kematian dan juga faktor usia dari mesin tersebut apabila tidak rutin dilakukan inspeksi. Selain itu, permasalahan yang dapat mengganggu proses produksi dari mesin pres

hidrolik yaitu faktor usia teknis dari komponen mesin pres hidrolik, terutama pada komponen *press piston*.

Banyak terjadi kasus kegagalan mesin hingga kecelakaan yang menyebabkan pekerja cedera hingga mengalami kematian. Masalah yang sering terjadi pada setiap mesin pres hidrolik adalah terdapatnya kebocoran oli dan daya tekan lemah (*low pressure*). Terjadinya kebocoran oli pada mesin pres hidrolik dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin hingga bisa menyebabkan kebakaran jika pekerjaan *pressing* dekat dengan pekerjaan

panas di suatu perusahaan. Daya tekan yang lemah pada mesin pres hidrolik dapat menurunkan proses produksi karena jika material yang harus dipres memiliki ketebalan yang tinggi, maka mesin akan gagal melakukan *pressing* (Sidik et al., 2022).

Dari permasalahan dan kejadian tersebut, maka perlu diadakannya identifikasi bahaya pada mesin pres hidrolik untuk meminimalisir bahaya agar tidak sampai terjadi kejadian serupa, atau bahkan kejadian yang lebih parah. Untuk itu dibutuhkan metode identifikasi bahaya yang dapat mengetahui risiko bahaya pada mesin pres hidrolik tersebut. Menurut Wachyudi beberapa metode identifikasi bahaya yaitu *what if / check list*, *Hazard Operability Study* (HAZOP), *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA), dan lain-lain (WACHYUDI, 2010).

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai analisis risiko pada komponen mesin pres hidrolik menggunakan metode *Bow-Tie Analysis* untuk memberikan visualisasi yang mudah dimengerti mengenai hubungan antara penyebab gangguan, eskalasi kejadian, pengendalian untuk mencegah terjadinya kejadian kecelakaan dan tindakan kesiapan untuk membatasi dampak yang terjadi (Alizadeh, 2020). Metode *Bow-Tie analysis* ini lebih berfokus pada *preventive* dan *mitigating control* yang berupa *barrier*. Maka dapat dilakukan tindakan lebih lanjut berupa penilaian kecukupan dan keefektifitasan dari *barrier* yang ada dan dapat memberikan rekomendasi *barrier* tambahan atau penggantian *barrier* yang kurang efektif sehingga potensi bahaya yang ada pada mesin tersebut bisa dikurangi (Erajati et al., 2017).

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Mesin Pres Hidrolik

Mesin Pres hidrolik adalah perangkat manufaktur yang dirancang dan dibangun untuk mengoperasikan *Dies/Punch* menggunakan sistem penggerak hidrolik untuk memberikan gaya/beban yang terkendali. Sistem hidrolik merupakan sistem pemindah (transmitif) daya dan pengendalian (*control*) gerakan-gerakan dengan menggunakan fluida sebagai perantaranya, adapun fluida yang dimaksud adalah zat cair yang dalam hal ini adalah fluida

hidrolik yang mempunyai sifat dasar tidak dapat dimampatkan (*incompressible*), mudah mengalir (*fluidity*), dan mempunyai sifat fisik kimiawi yang stabil (Adhiharto et al., 2018). Mesin pres hidrolik dapat digunakan untuk berbagai aplikasi kerja seperti *blanking*, *bending*, pemukulan, penusukan, pencetakan, pemangkasan, dll. Pekerjaan dengan mesin press hidrolik biasanya adalah pekerjaan produksi masal yang melibatkan pengerjaan logam, biasanya dalam bentuk lembaran plat baja tipis maupun tebal. Pekerjaan mesin pres hidrolik dapat menghasilkan pemotongan atau pembentukan lembaran logam dalam waktu yang singkat (Amiolemhen & Ogie, 2019).

B. Bow-Tie Analysis

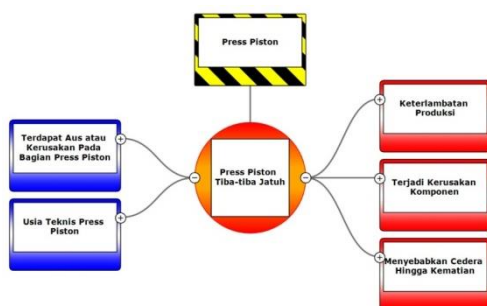
Bow-Tie Analysis merupakan analisis menggunakan diagram yang menyerupai bentuk dasi kupu-kupu yang menyatakan hubungan antara skenario bahaya, ancaman, kendali, dan dampak. *Bow-Tie Analysis* digunakan untuk mencegah, mengendalikan dan mengurangi kejadian yang tidak diinginkan dengan mengembangkan hubungan logis antara sebab dan akibat dari suatu kejadian yang tidak diinginkan (Alizadeh, 2020). Visualisasi interaksi antara *risk element* ini memberikan representasi untuk lebih mudah dipahami dan dimengerti oleh mereka yang pada umumnya bukan seorang yang ahli dalam *risk* dan *safety*, tetapi lebih kepada ahli dalam praktek langsungnya. Hal ini bersifat krusial jika *risk management* adalah aktifitas yang dikerjakan oleh mereka yang bertanggung jawab atas keselamatan dari pada mereka yang dari luar *safety department* (Acfield & Weaver, 2012).

Bow-Tie Analysis digunakan dalam berbagai industri karena memiliki beberapa manfaat antara lain (Lewis & Smith, 2023) :

1. Sangat efektif untuk analisis proses hazard awal.
2. Mengidentifikasi *high probability* dan *high consequence events*
3. Aplikasi gabungan dari FTA dan ETA.
4. Representasi penyebab peristiwa skenario berbahaya, kemungkinan hasil, dan langkah langkah untuk mencegah, mengurangi, atau mengontrol bahaya.
5. Pengaman (hambatan/kendali) diidentifikasi dan dievaluasi.

Terdapat berbagai macam istilah pada *Bow-Tie Analysis*. Berikut adalah terminologi pada *bow-tie analysis* menurut (Hudson, 2013):

1. *Hazard*: segala sesuatu yang melekat atau tak terpisahkan dalam perusahaan yang mempunyai potensi untuk menyebabkan kerugian atau gangguan keselamatan, kesehatan, lingkungan, properti, plant, produk, atau reputasi.
2. *Threat*: penyebab langsung, bebas yang mungkin dapat terjadi yang dapat melepaskan bahaya yang mengakibatkan munculnya *top event* yang mengarah pada dampak/kerugian yang dihasilkan.
3. *Top event*: saat dimana bahaya terlepas; *event* (kejadian pertama dalam hubungan *event* negatif yang mengarah munculnya dampak yang tidak diinginkan).
4. *Control*: segala tindakan yang diambil yang dilakukan terhadap beberapa energi yang tidak diinginkan atau maksud untuk memelihara bagian yang diinginkan; *proactive controls* mencegah *event* (sisi kiri dari *bow-tie diagram*), *reactive controls* untuk meminimalisir dampak (sisi kanan dari *bowtie diagram*).
5. *Escalation factor*: kondisi yang mengarah/memicu meningkatnya risiko dengan menghilangkan atau mengurangi keefektifitasan sebuah pengendalian (*control*).
6. *Consequences*: kejadian yang merupakan dampak atau hasil dari terlepasnya bahaya yang secara langsung mengakibatkan kerugian atau kerusakan: orang, lingkungan, aset, atau reputasi.







C. Barrier

Barrier dijelaskan sebagai sesuatu yang ditempatkan antara orang (*person*) dan bahaya untuk mencegah orang itu terluka atau celaka. *Safety Barriers* adalah alat atau sarana dalam bentuk fisik dan atau non-fisik yang direncanakan untuk mencegah, dan mengontrol atau mengurangi kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) atau kecelakaan (Hosseinnia Davatgar et al., 2021). *Barrier system* adalah sistem yang telah didesain dan diimplementasikan untuk melakukan satu atau lebih fungsi *Barrier*. Untuk *Barrier* yang akan digunakan harus:

1. Dapat menghentikan *threat*.
2. Dapat efektif dalam meminimalisir dampak.
3. Dapat berdiri sendiri (*independent*) dari *Barrier* yang lain pada garis *threat* yang sama.

Berikut adalah 4 kriteria efektivitas *barrier* yang dijadikan acuan dalam mengerjakan *Bow-Tie Analysis* oleh perusahaan galangan kapal :

1.  : *Barrier* sudah dijalankan sesuai prosedur dan tidak terjadi kesalahan
2.  : *Barrier* sudah dijalankan sesuai prosedur namun masih terjadi kesalahan
3.  : *Barrier* tidak dijalankan sesuai prosedur dan selalu terjadi kesalahan
4.  : Tidak ada *barrier* / *barrier* belum dijalankan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Bow-Tie Analysis* digunakan untuk menganalisis kegagalan pada komponen mesin pres hidrolik. Salah satu komponen pada mesin pres hidrolik adalah *press piston* yang mempunyai potensi bahaya berupa *press piston* yang tiba-tiba terjatuh. Gambar dibawah ini merupakan analisis kegagalan *press piston* yang tiba-tiba terjatuh.

Gambar 1. Diagram Bow-Tie Analysis pada Komponen Press Piston

Pada diagram Bow-Tie Analysis gambar 1, terdapat *top event press piston* memiliki *hazard press piston* tiba-tiba terjatuh yang dapat mengakibatkan kerugian material, mesin, hingga cedera atau kematian pekerja. Sehingga didapatkan 2 *Threat*:

1. Terdapat aus atau kerusakan pada bagian *press piston*, hal ini sangat berpengaruh kepada ketahanan dan kinerja *press piston* jika tidak dilakukan penanganan secepatnya.
2. Usia teknis *press piston* yang sangat berpengaruh juga kepada ketahanan serta kelayakan atau tidaknya *press piston* sehingga dapat digunakan.

Dan 3 *Consequence*:

1. Keterlambatan produksi yang dikarenakan material yang mengalami kerusakan akibat tertimpa *press piston*.
2. Terjadi kerusakan komponen karena *press piston* yang terjatuh dan mengenai komponen lainnya.
3. Menyebabkan cedera hingga kematian jika pekerja yang sedang melakukan pekerjaan di mesin *press* tertimpa *press piston*.



Gambar 2. Preventive Control Barrier pada diagram Bow-Tie Analysis Threat 1

Preventive Control Barrier

Hasil identifikasi *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 2 pada kegagalan komponen *press piston* tiba-tiba terjatuh didapatkan *threat 1* yaitu terdapat aus atau kerusakan pada bagian *press piston*, agar *threat*



tersebut tidak sampai pada *top event* maka dipasang 2 *barrier (preventive control)* yaitu:

1. Dilakukan perawatan secara berkala dengan efektivitas *barrier* adalah “good”, bertujuan agar ketahanan dan kelayakan *press piston* tetap terjaga dengan baik dan proses produksi berjalan lancar.
2. Pemeriksaan setiap sebelum dan sesudah digunakan dengan efektivitas *barrier* “poor” yang bertujuan untuk



Gambar 3. Preventive Control Barrier pada diagram Bow-Tie Analysis Threat 2

mengetahui keadaan *press piston* saat selesai digunakan agar dilakukan tindakan perbaikan jika terjadi kerusakan sehingga tidak mengganggu saat proses produksi berikutnya.

Hasil identifikasi *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 3 pada kegagalan komponen *press piston* tiba-tiba terjatuh didapatkan *threat 2* yaitu usia teknis *press piston*, agar *threat* tersebut tidak sampai pada *top event* maka dipasang 2 *barrier (preventive control)* yaitu:

1. Dilakukan tes kelayakan pada *press piston* dengan efektivitas “good”, yang bertujuan agar *press piston* lebih bertahan lama dan layak digunakan.
2. Dilakukan penggantian pada *press piston* jika terdapat kerusakan parah dengan efektivitas “good” untuk mencegah terjadinya bahaya yang ditimbulkan oleh *top event*.
3. Dilakukan pemeriksaan dan perawatan pada komponen mesin secara rutin dengan efektivitas “very good”, bertujuan agar ketahanan dan kelayakan *press piston* tetap terjaga dengan baik dan proses produksi berjalan lancar.

Mitigating Measure Barrier

Gambar 4. Mitigating Measure Barrier pada diagram Bow-Tie Analysis Consequence 1

Hasil identifikasi *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 4 pada kegagalan komponen *press piston* tiba-tiba terjatuh didapatkan *consequence 1* yaitu keterlambatan produksi. Dari analisis *consequence 1* didapatkan 3 *barrier* untuk *mitigating measure* yang diharapkan dapat mengatasi *consequence* tersebut, diantaranya yaitu:

1. Segera melakukan perbaikan pada mesin dengan efektivitas *barrier* “good”, hal ini harus segera dilakukan agar tidak terjadi penundaan atau kemunduran jadwal produksi.
2. Mengadakan pengadaan cadangan komponen mesin dengan efektivitas *barrier* “poor”. Untuk memperbaiki suatu kerusakan pada salah satu komponen mesin, maka cadangan komponen mesin sangat penting karena perbaikan bisa langsung dilakukan tanpa perlu menunggu pemesanan komponen terlebih dahulu.
3. Pengiriman material ke divisi lain untuk perbantuan dengan efektivitas *barrier* “verygood”. Hal ini dilakukan jika mesin di suatu divisi tidak bisa digunakan, maka material akan dikirim ke divisi lain untuk dilakukan proses pengerjaan material menggunakan mesin yang sama.



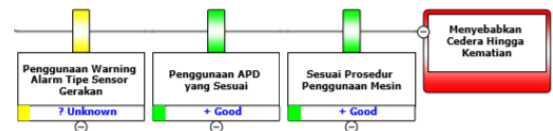
Gambar 5. Mitigating Measure Barrier pada diagram Bow-Tie Analysis Consequence 2

Hasil identifikasi *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 5 pada kegagalan komponen *press piston* tiba-tiba terjatuh didapatkan *consequence 2* yaitu terjadi kerusakan komponen. Dari analisis *consequence 2* didapatkan 3 *barrier* untuk *mitigating measure* yang diharapkan dapat mengatasi *consequence* tersebut, diantaranya yaitu:

1. Dilakukan perawatan secara berkala dengan efektivitas *barrier* “good”, bertujuan agar ketahanan dan kelayakan

press piston tetap terjaga dengan baik dan proses produksi berjalan lancar.

2. Pemeriksaan setiap sebelum dan sesudah mesin dioperasikan dengan efektivitas *barrier* “poor” yang bertujuan untuk mengetahui keadaan *press piston* saat sebelum dan sesudah digunakan agar dilakukan tindakan perbaikan jika terjadi kerusakan sehingga tidak mengganggu saat proses produksi berikutnya.
3. Penggantian baut yang baru pada bagian yang rusak dengan efektivitas *barrier* “good” untuk mencegah terjadinya bahaya yang bisa menimbulkan kerugian dan bahaya bagi pekerja.



Gambar 6. Mitigating Measure Barrier pada diagram Bow-Tie Analysis Consequence 3

Hasil identifikasi *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 6 pada kegagalan komponen *press piston* tiba-tiba terjatuh didapatkan *consequence 3* yaitu menyebabkan cedera hingga kematian. Dari analisis *consequence 3* didapatkan 3 *barrier* untuk *mitigating measure* yang diharapkan dapat mengatasi *consequence* tersebut, diantaranya yaitu:

1. Sesuai prosedur penggunaan mesin dengan efektivitas *barrier* “good”, yang artinya jika pekerja menjalankan mesin sesuai dengan prosedur yang ada maka potensi bahaya bisa diminimalisir.
2. Penggunaan APD yang sesuai dengan efektivitas *barrier* “good”, bertujuan agar para pekerja terlindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau penyakit akibat kerja.
3. Penggunaan warning alarm tipe sensor gerakan dengan efektivitas *barrier* “unknown” sebagai tanda bahwa mesin sesuai dengan prosedur yang ada maka potensi bahaya bisa diminimalisir.

tindakan dari perusahaan untuk segera mengaplikasikan *barrier* tersebut.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis yang telah dilakukan dengan metode *Bow-Tie Analysis* untuk kegagalan komponen *press piston* dengan potensi bahaya berupa *press piston* tiba-tiba terjatuh menunjukkan bahwa didapatkan 2 *threat* dan 3 *consequence*. Analisis pada *threat* 1 terdapat 2 *preventive controls barrier* dan untuk *threat* 2 terdapat 3 *preventive controls barrier*. Analisis pada *consequence* 1,2, dan 3 terdapat 3 *mitigating measure barrier*. Terdapat 1 *barrier* dengan efektivitas “*unknown*” pada *consequence* 3 karena belum adanya penerapan *barrier* tersebut di perusahaan sehingga perlu adanya tindakan dari perusahaan untuk segera mengaplikasikan *barrier* tersebut sehingga diharapkan bisa untuk mencegah maupun mengurangi penyebab dan dampak kegagalan komponen mesin pres hidrolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Acfield, A. P., & Weaver, R. A. (2012). Integrating Safety Management Through the Bowtie Concept a Move Away from the Safety Case Focus. *Proceedings of the Australian System Safety Conference, Assc*, 3–12.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2527218.2527219>
- Adhiharto, R., Patriatna, E., Fauzan, M., Teknik, J., Manufaktur, P., Manufaktur, P., & Bandung, N. (2018). *Studi Perancangan Mesin Press Hidrolik 50 ton dengan Metode VDI 2222*.
- Alizadeh, S. S. (2020). The Bowtie method in safety management system: A literature review. *Scientific Journal of Review, August*.
<https://doi.org/10.14196/sjr.v4i9.1933>
- Amiolemhen, P., & Ogie, N. (2019). DESIGN AND MANUFACTURE OF A 10-TONNE HYDRAULIC PRESS. *Journal of Production Engineering*, 22, 10–14.
<https://doi.org/10.24867/JPE-2019-01-010>
- Erajati, D., Subekti, A., & Khairansyah, M. D. (2017). Identifikasi Bahaya dengan Menggunakan Metode Bowtie untuk Keselamatan Proses pada Boiler UBB di Pabrik III PT . Petrokimis Gresik. *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application*, 1(2581), 147–152.
- Hosseinnia Davatgar, B., Paltrinieri, N., & Bubbico, R. (2021). Safety barrier management: Risk-based approach for the oil and gas sector. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(7).
<https://doi.org/10.3390/jmse9070722>
- Hudson, P. (2013). *Integrating Organisational Culture into Incident Analyses: Extending the Bow Tie Model*.
<https://doi.org/10.2118/127180-MS>
- Lewis, S., & Smith, K. (2023). *Lessons Learned from Real World Application of the Bow-tie Method*.
- Sidik, J., Andalia, W., Tamalika, T., Industri, J. T., Teknik, F., & Tridinanti, U. (2022). *Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi)*. 2(2), 57–64.
<https://doi.org/10.37905/jirev.2.2.57-64>
- WACHYUDI, Y. (2010). *Identifikasi bahaya, analisis, dan pengendalian risiko dalam tahap desain proses produksi minyak & gas di kapal FLOATING PRODUCTION STORAGE & OFFLOADING (FPSO) UNTUK PROJEK PETRONAS*.

