

Rancang Bangun Alat Bantu Penekan Ring Penahan pada Tangga *Sling Haul Master* Kendaraan PT. Vale Indonesia

Suhardi⁽¹⁾, Busman DS⁽²⁾ Oktavianus Riza Ganna⁽³⁾ Aswar⁽⁴⁾

^(1,2)Perawatan dan Perbaikan Mesin, Akademi Teknik Soroako, Soroako, Indonesia

Email : ⁽¹⁾ suhardi@ats-sorowako.ac.id ⁽²⁾ busman@ats-sorowako.ac.id ⁽²⁾

oktavianus@ats-sorowako.ac.id ⁽⁴⁾ aswar@ats-sorowako.ac.id

ABSTRAK

Proses pengikatan ring penahan pada tangga *sling haul master* dilakukan dengan proses *hot forming* dimana ring penahan dipanaskan dengan api oksi-asetilin kemudian dipalu dengan martil. Proses ini dianggap tidak efektif dan efisien karena menggunakan pemanasan gas asetilin, boros energi, proses yang lama dan resiko bahaya cukup besar. Tujuan dari penelitian ini untuk mencari metode pembuatan tangga *sling haul master* lebih mudah, dalam waktu yang cepat, dan lebih aman. Proses penelitian dimulai dari pengambilan data dengan observasi di lapangan, perancangan dan pembuatan produk, uji coba serta evaluasi produk rancang bangun. Pembuatan tangga *sling haul master* dengan metode dipalu mengakibatkan deformasi pada ring penahan dan tali sling. Hasil rancang bangun alat bantu penekan ring penahan pada Tangga *Sling Haul Master* yang dibuat dan berfungsi dengan baik dengan kapasitas tekan hingga 50 ton. Produk yang dibuat mampu menekan ring penahan tanpa mempengaruhi deformasi bahan pada sling dan hanya membutuhkan waktu operasi rata-rata 1,55 menit dengan satu orang operator. Kondisi ini mendukung proses pengikatan ring penahan yang lebih ekonomis, efektif, dan tentunya tingkat resiko kecelakaan selama proses dapat diminimalisir.

Kata kunci: *ring, sling, haul master, hot forming, cold forming, press.*

ABSTRACT

The process of fastening the retaining ring on the Sling Haul Master ladder is currently carried out using a hot forming method, where the retaining ring is heated with an oxy-acetylene flame and then hammered with a mallet. This method is considered ineffective and inefficient due to the high energy consumption from acetylene gas heating, the lengthy process duration, and significant safety risks. This study aims to identify a more straightforward, quicker, and safer method for manufacturing the Sling Haul Master ladder. The research process included data collection through field observation, product design and manufacturing, testing, and evaluation of the developed product. The hammering method resulted in deformation of the retaining ring and sling. As a solution, a pressing tool for the retaining ring on the Sling Haul Master Ladder was designed, with a pressing capacity of up to 50 tons. This tool is capable of pressing the retaining ring without causing deformation of the sling material and requires only 1.55 minutes of operation with a single operator. This condition supports a more economical and effective fastening process of the retaining ring, significantly reducing the risk of accidents during the process.

Keywords: *ring, sling, haul master, hot forming, cold forming, press.*

Submit:
25.03.2024

Revised:
27.03.2024

Accepted:
29.04.2024

Available online:
01.04.2024

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, penggunaan kendaraan berat untuk keperluan industri juga semakin meningkat (Johnson, 2020). PT. Vale, misalnya, menggunakan kendaraan berat seperti *Haul Master* untuk mendukung produktivitas perusahaan, terutama dalam mengangkut atau memindahkan slag sisa peleburan nikel (PT. Vale, 2019). Untuk membantu operator naik ke kabin *Haul Master*, kendaraan ini dilengkapi dengan tangga sling. Namun, dalam pembuatan tangga ini, pemasangan ring penahan ke sling masih dilakukan secara manual dengan metode pemanasan (Burmawi et al., 2018).

Metode yang digunakan saat ini adalah pemanasan ring dengan api oxy-acetylin pada suhu tertentu, diikuti dengan pemukulan menggunakan martil di atas anvil yang memiliki alur radius hingga ring penahan terikat kuat pada sling (Rizza Akhlis, 2010). Namun, pemanasan dengan api oxy-acetylin menyebabkan penurunan kekerasan pada sling, yang berisiko mengurangi kekuatan tangga, terutama pada bagian sling yang sering menjadi titik kritis dan mengalami kerusakan (Huny, 2014).

Selain itu, proses pemasangan dengan metode pemanasan ini membutuhkan waktu yang lama karena ring penahan harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum dikencangkan dengan martil, dan kemudian didinginkan sebelum penanganan lebih lanjut (Permana, 2010). Penggunaan gas oxy-acetylin yang berkepanjangan tidak hanya memakan waktu, tetapi juga meningkatkan biaya produksi (Fauziah, 2017). Proses ini juga berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan bagi operator karena keterlibatan api dan alat berat (Integrated Mining Technologies, 2018).

Mengingat kendala-kendala tersebut, diperlukan alat bantu untuk mengencangkan ring pada sling tanpa perlu melakukan pemanasan. Solusi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi serta mengurangi risiko kecelakaan kerja (Lyon Work and Rescue, 2017). Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan alat bantu pres untuk pemasangan ring penahan pada tangga *Sling Haul Master*.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat bantu untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pemasangan ring penahan pada sling tangga *Haul Master*, yang saat ini masih menggunakan metode manual dengan pemanasan dan pemukulan. Beberapa penelitian dan literatur sebelumnya telah membahas tantangan dan solusi terkait penggunaan alat berat dan metode perakitan dalam industri.

1. Metode Hot Forming dalam Pemasangan Ring Penahan

Metode hot forming yang menggunakan pemanasan api oxy-acetylin untuk memasang ring penahan pada *sling* telah banyak digunakan dalam industri. Burmawi et al. (2018) mengidentifikasi bahwa metode ini efektif untuk memastikan ring terikat dengan kuat, namun memiliki beberapa kelemahan, seperti konsumsi energi yang tinggi, waktu pengerjaan yang lama, dan risiko cedera yang tinggi bagi operator. Permana (2010) juga menunjukkan bahwa metode pemanasan ini dapat menyebabkan penurunan kekuatan material akibat perubahan sifat metalurgi pada sling, yang meningkatkan risiko kegagalan struktural.

2. Dampak Metode Pemanasan terhadap Kualitas Material

Penggunaan api oxy-acetylin dalam proses pemasangan ring penahan dapat menurunkan kekerasan dan ketahanan material pada sling, sehingga mengurangi keamanan dan keandalannya. Penelitian oleh Huny (2014) menunjukkan bahwa paparan suhu tinggi dapat menyebabkan perubahan struktural pada baja, yang berpotensi memperlemah komponen kritis dalam aplikasi beban tinggi seperti tangga sling. Hal ini sejalan dengan temuan Fauziah (2017), yang mencatat bahwa metode pemanasan tradisional sering kali mengakibatkan deformasi material, yang mempengaruhi keandalannya dalam aplikasi jangka panjang.

3. Penggunaan Alat Bantu Mekanis dalam Proses Industri

Beberapa studi telah mengeksplorasi penggunaan alat bantu mekanis untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam proses industri. Integrated Mining Technologies (2018) menunjukkan bahwa alat bantu pres dengan kontrol tekanan yang baik dapat menggantikan metode manual yang berisiko dan tidak efisien. Penggunaan alat mekanis tidak hanya mengurangi waktu proses, tetapi juga memastikan hasil yang lebih konsisten dan mengurangi risiko cedera operator (Lyon Work and Rescue, 2017).

4. Inovasi dalam Desain Alat Bantu Industri

Penelitian oleh Rizza Akhlis (2010) menyoroti pentingnya inovasi dalam desain alat bantu untuk mengurangi waktu dan biaya produksi serta meningkatkan keamanan. Alat bantu pres yang dirancang secara khusus untuk aplikasi tertentu, seperti pemasangan ring penahan pada sling tangga, dapat memberikan tekanan yang tepat tanpa menyebabkan deformasi atau kerusakan pada material. Ini didukung oleh temuan Johnson (2020), yang menekankan pentingnya penerapan teknologi baru untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional dan meningkatkan produktivitas industri.

5. Efisiensi dan Keselamatan Kerja di Industri Kendaraan Berat

Efisiensi dan keselamatan kerja dalam penggunaan alat berat khususnya kendaraan Haul Master (lihat gambar 1) merupakan fokus penting dalam industri saat ini. Studi oleh PT. Vale (2019) menunjukkan bahwa penerapan alat bantu mekanis dapat secara signifikan mengurangi risiko cedera dan meningkatkan efisiensi operasional. Alat bantu yang dirancang dengan baik memungkinkan proses yang lebih cepat dan aman, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.



Gambar 1 Haul Master

6. Pengembangan Prototipe Alat Bantu Pres

Pengembangan prototipe alat bantu pres yang mampu menekan ring penahan tanpa perlu pemanasan merupakan langkah penting dalam meningkatkan proses manufaktur di industri alat berat. Desain yang diusulkan dalam penelitian ini diharapkan dapat mengatasi kelemahan metode manual yang ada saat ini dan memberikan solusi yang lebih efektif dan efisien untuk kebutuhan industri modern.

Berdasarkan tinjauan literatur yang ada, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan alat bantu yang lebih efisien dan aman untuk pemasangan ring penahan pada sling tangga Haul Master. Inovasi dalam desain alat bantu pres dapat memberikan solusi yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi proses dan keselamatan kerja, serta mengurangi biaya produksi. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada perkembangan teknologi di bidang perakitan industri dan memberikan solusi praktis untuk tantangan yang dihadapi oleh perusahaan-perusahaan yang menggunakan kendaraan berat dalam operasionalnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan perancangan dan pengembangan (*research and development*) untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi alat bantu pres dalam pemasangan ring penahan pada sling tangga *Haul Master*. Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep dan teori terkait, diikuti oleh pengumpulan data lapangan melalui observasi langsung di lokasi operasi Haul Master di PT. Vale untuk mengidentifikasi metode kerja, waktu pemasangan, peralatan yang digunakan, dan risiko keselamatan. Berdasarkan data tersebut, alat bantu pres dirancang menggunakan software CAD dan Inventor dengan mempertimbangkan kapasitas tekan, material konstruksi, ergonomi, dan keselamatan operator.

Prototipe alat kemudian dibuat di bengkel teknik dan diuji baik di laboratorium maupun lapangan untuk menilai kekuatan tekan, efisiensi waktu, deformasi material, dan keselamatan operator. Hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja alat dibandingkan metode tradisional, dan penyempurnaan desain dilakukan berdasarkan evaluasi ini untuk meningkatkan efektivitas dan keamanannya. Kesimpulan dari penelitian ini menawarkan solusi yang lebih efisien, ekonomis, dan aman untuk pemasangan ring penahan, serta rekomendasi untuk implementasi alat di industri dan penelitian lanjutan untuk pengembangan lebih lanjut. Adapun tahapan metodologi yang akan dilakukan meliputi:

A. Menentukan Variabel Penelitian

Dalam perancangan dan pembuatan Alat Bantu Penekan Ring Penahan pada Tangga Sling Haul Master, variabel yang diamati meliputi proses pemasangan dan pengencangan ring penahan pada tali sling, yang sebelumnya dilakukan dengan metode pemanasan menggunakan api oxy-acetylin, diikuti dengan pemukulan menggunakan martil. Proses pemanasan ini dapat mengubah struktur mikro material ring penahan, sehingga menurunkan tingkat kekerasannya. Ilustrasi proses pemanasan ring penahan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Pemanasan Ring Penahan Anak Tangga dengan Oxy-asetilin

B. Aspek-Aspek Penilaian:

Penilaian terhadap suatu rancangan merupakan hal sangat penting agar didapatkan suatu konstruksi yang optimal. Penjelasan aspek-aspek penilaian dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini



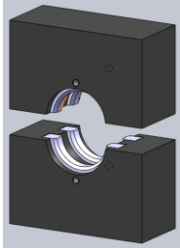
Tabel 1 : Aspek penilaian

No.	Aspek Penilaian	Penjelasan Penilaian
1.	Pembuatan	Tingkat kesulitan yang dihadapi dalam proses pembuatan alat tersebut khususnya dalam pembuatan fungsi bagian utama mesin. Semakin mudah dibuat bagian mesin maka nilai yang diberikan semakin tinggi.
2.	Konstruksi	Semakin mudah komponen dirakit dengan tidak terlalu banyak menggunakan variasi maka nilai yang diberikan semakin tinggi.
3.	Perakitan	Semakin mudah dilakukan perakitan maka nilai yang diberikan terhadap alternatif tersebut akan semakin tinggi.
4.	Perawatan	Semakin mudah proses perawatan mesin untuk jangka waktu yang panjang, maka semakin tinggi pula nilainya.

5.	Pengoperasian	Tingkat kesulitan yang dihadapi pada proses pengoperasian. Semakin sulit pengoperasiannya, semakin rendah nilai yang diberikan.
6.	Bahan/Material	Semakin mudah material didapatkan, semakin tinggi nilai yang diberikan.
7.	Keamanan	Tingkat keamanan pada proses pengoperasian mesin. Semakin sedikit resiko yang ditimbulkan, semakin besar nilai yang diberikan.
8.	Harga	Semakin terjangkau harga yang diberikan maka nilai yang diberikan semakin tinggi.

Berdasarkan tabel pemilihan konsep *alternative* di atas, maka penulis menentukan gambaran pemilihan rancangan mesin dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini

Tabel. 2 Penilaian Rancangan

Konstruksi mesin	<p>Konstruksi rangka baja</p> <p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Konstruksi sedang 2. Material yang digunakan tidak terlalu mahal 3. Dapat menahan beban besar <p>Kekurangan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membutuhkan perhitungan yang teliti. 	
Mekanisme Pressure	<p>Dongkrak Hidrolik</p> <p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Membutuhkan tenaga yang kecil 2. Menggunakan area kerja yang kecil <p>Kekurangan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kecepatan tekan tidak cepat. 	
Rahang	<p>Rahang Alur silinder dengan profil</p> <p>Kelebihan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tenaga tekan yang dibutuhkan tidak besar 2. Pencekaman sangat kuat pada titik penekan <p>Kekurangan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rumit dalam pembuatan. 	

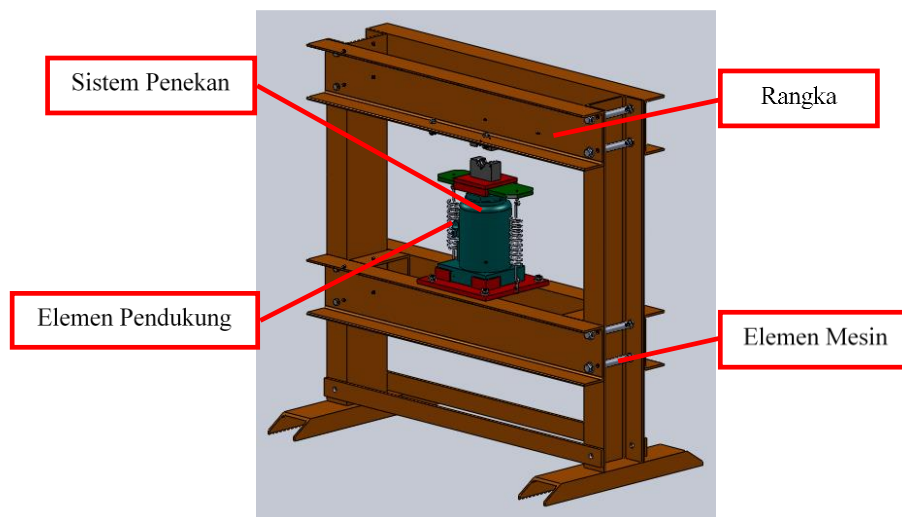
Dalam memilih rancangan untuk alat bantu penekan ring penahan pada tangga *Sling Haul Master*, beberapa alternatif desain dievaluasi berdasarkan efisiensi, keamanan, biaya, dan kemudahan penggunaan. Desain dengan tekanan hidrolik dipilih karena mampu memberikan tekanan tinggi untuk mengencangkan ring penahan tanpa menyebabkan deformasi pada material *sling*, serta menawarkan kontrol tekanan yang presisi untuk mengurangi risiko cedera operator. Desain ini juga memudahkan perawatan dengan komponen yang mudah diakses dan material konstruksi yang tahan lama. Alternatif lain, seperti sistem pemanasan dan pres pneumatik, ditolak karena kurang efisien dan berisiko tinggi. Dengan demikian, rancangan pres hidrolik dianggap sebagai solusi terbaik yang memenuhi semua kriteria operasional dan keselamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Rancangan dan Rakitan Mesin

Hasil rancangan alat bantu penekan ring penahan pada tangga *Sling Haul Master* terdiri dari beberapa komponen utama yang dirancang untuk bekerja secara terintegrasi. Struktur rangka alat dibuat dari baja *channel* dan pelat baja yang kuat dan tahan lama, dirancang untuk menahan beban dan tekanan yang tinggi. Sistem penekan menggunakan *jack* hidrolik berkapasitas 50 ton, yang mampu memberikan tekanan besar secara konsisten dan presisi. Komponen *press tool*, terdiri dari rahang dan insert bit, dirancang khusus untuk menyesuaikan bentuk dan ukuran ring penahan, memastikan pemasangan yang aman dan kuat. Elemen mesin seperti pena dan baut memastikan komponen tetap terpasang dengan aman, sedangkan pegas digunakan sebagai elemen pendukung untuk menyerap guncangan dan mengurangi getaran selama operasi.

Secara keseluruhan, alat ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam proses pemasangan ring penahan pada tangga *Sling Haul Master*. Dengan komponen yang mudah dioperasikan dan dirawat, alat ini tidak hanya mengurangi risiko cedera bagi operator tetapi juga menekan biaya perawatan dan waktu operasional. Rancangan ini memberikan solusi yang inovatif dan praktis bagi industri, meningkatkan produktivitas dan mengoptimalkan keselamatan kerja. Hasil rancangan dapat dilihat pada gambar 3.




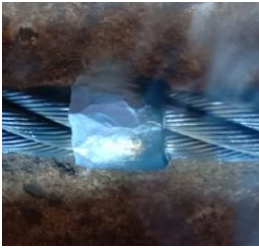




Gambar 3. Hasil Rancang Bangun

Prinsip kerja dari rancangan alat bantu dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: katup hidrolik pada dongkrak dikencangkan (diputar searah jarum jam) untuk mengaktifkan sistem hidrolik. Tuas dongkrak kemudian digerakkan naik-turun untuk menggerakkan ram (piston besar) ke atas, menghasilkan gaya penekanan. Ketika tuas digerakkan naik, oli masuk ke dalam tabung poros kecil (piston tuas). Saat tuas digerakkan turun, katup satu arah pada dongkrak terbuka, menyebabkan tekanan dalam tabung ram hidrolik meningkat dan menggerakkan ram ke atas. Benda kerja yang diletakkan di atas rahang akan tertekan oleh rahang yang didorong oleh gaya dari dongkrak. *Insert* pada rahang ini kemudian menekan permukaan ring penahan pada tangga *sling*, sehingga ring penahan mengencang pada *sling* sesuai dengan bentuk yang diinginkan, mengikuti bentuk *insert* yang digunakan.

1. Uji Coba Pengikatan *Ring* Penahan dengan Metode Dipalu

Uji coba pengikatan *ring* penahan dengan metode dipalu pada tabel 3. bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan serta bagaimana kondisi pengikatan. Pada uji coba ini *ring* penahan yang digunakan terbuat dari material St.37 yang dipanaskan dengan api oksiasi-asetilin kemudian dipalu dengan seberat 2 kg. Metode ini membutuhkan 3 orang operator dengan rincian satu orang untuk memanaskan dan memutar *ring* penahan dan dua orang untuk membentuk *ring* penahan dengan cara dipalu.

Tabel. 1. Uji Coba Pengikatan dengan Metode Dipalu

NO	TANGGAL	KONDISI	HASIL UJI COBA	KETERANGAN
1	28/08/2018			<ul style="list-style-type: none"> - Bahan <i>ring</i> penahan dari St.37 - $t = 1,43$ menit operator =3 orang. Maka: $t_1 = 1,43 \times 3$ $= 4,29$ menit - Pendinginan 16 menit
2	28/08/2018			<ul style="list-style-type: none"> - Bahan <i>ring</i> penahan dari St.37 - $t = 1,50$ menit operator =3 orang Maka: $t_2 = 1,50 \times 3$ $= 4,5$ menit - Pendinginan 18 menit
3	28/08/2018			<ul style="list-style-type: none"> - Bahan <i>ring</i> penahan dari St.37 - $t = 1,65$ menit. operator =3 orang Maka: $t_3 = 1,65 \times 3$ $= 4,95$ menit - Pendinginan 20 menit
Waktu kerja rata-rata pengoperasian dengan metode dipalu adalah sebesar 4,58 menit.				






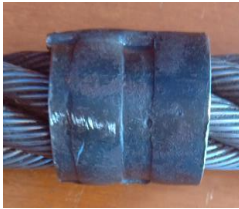
Berdasarkan hasil uji coba, penggunaan bahan ring penahan dari material St.37 dengan metode pemukulan manual menunjukkan waktu pengoperasian yang bervariasi. Setiap uji coba melibatkan 3 operator, dengan waktu operasional masing-masing adalah 4,29 menit, 4,5 menit, dan 4,95 menit, sehingga rata-rata waktu kerja tercatat sebesar 4,58 menit. Selain waktu pengoperasian, proses pendinginan juga memerlukan waktu tambahan yang signifikan, yakni 16 menit pada uji coba pertama, 18 menit pada uji coba kedua, dan 20 menit pada uji coba ketiga.

Variasi waktu operasional dan pendinginan ini mengindikasikan bahwa metode pemukulan manual memiliki beberapa kelemahan, termasuk waktu yang relatif lama dan ketergantungan pada jumlah operator yang banyak. Hal ini menyoroti kebutuhan untuk mengembangkan alat bantu yang lebih efisien dan aman, yang dapat mengurangi waktu operasional dan mengoptimalkan proses pemasangan ring penahan pada tangga *Sling Haul Master*. Inovasi dalam teknologi alat bantu diharapkan dapat meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi risiko cedera kerja.

2. Uji Coba Pengikatan *Ring* Penahan

Uji coba pengikatan *ring* penahan dengan menggunakan rancang bangun pada tabel 4. bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan serta bagaimana kondisi dan hasil pengikatan. Pada uji coba ini *ring* penahan anak tangga yang digunakan terbuat dari material pipa karbon dengan spesifikasi A53. hanya membutuhkan 1 orang untuk melakukan pekerjaan.

Tabel. 4. Uji Coba Pengikatan dengan Rancang Bangun

NO	TANGGAL	KONDISI	HASIL UJI COBA	KETERANGAN
1	21/08/2018			- Bahan <i>ring</i> penahan dari pipa karbon A53 - $t=1,56$ menit Operator = 1 orang Maka: $t_1=1,56 \times 1$ $=1,56$ menit
2	21/08/2018			- Bahan <i>ring</i> penahan dari pipa karbon A53 - $t = 1,41$ menit Operator = 1 orang Maka: $t_2=1,41 \times 1$ $=1,41$ menit
3	21/08/2018			- Bahan <i>ring</i> penahan dari pipa karbon A53 - $t = 1,67$ menit Operator = 1 orang. Maka: $t_3=1,67 \times 1$ $= 1,67$ menit
Jadi waktu kerja rata-rata pengoperasian dengan rancang bangun adalah sebesar 1,55 menit.				

Berdasarkan data hasil uji coba yang dilakukan, penggunaan bahan ring penahan dari pipa karbon A53 dengan alat bantu penekan menunjukkan waktu pengoperasian yang efisien. Setiap uji coba dilakukan oleh satu operator dengan hasil waktu pengoperasian masing-masing adalah 1,56 menit, 1,41 menit, dan 1,67 menit. Dari ketiga uji coba ini, diperoleh rata-rata waktu kerja sebesar 1,55 menit per operator.

Hasil ini menunjukkan bahwa alat bantu penekan yang dirancang mampu mengurangi waktu operasional secara signifikan dibandingkan metode manual sebelumnya. Penggunaan satu operator dengan waktu pengoperasian yang konsisten mengindikasikan bahwa alat ini tidak hanya efektif dalam mempercepat proses pemasangan ring penahan, tetapi juga lebih efisien dari segi tenaga kerja. Efisiensi ini dapat berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja, menjadikan alat bantu ini sebagai solusi praktis dalam operasional industri.

3. Analisa Hasil Uji Coba

Pada tabel 5. kelebihan dan kekurangan kedua metode akan dibandingkan. Dari hasil perbandingan tersebut dapat disimpulkan metode terbaik dalam pembuatan tangga *sling haul master* yang akan dipilih.

Tabel. 5. Analisa Perbandingan Hasil Uji Coba

NO	METODE PEMBANDING	METODE DIPALU	METODE PRES (TEKAN)
1	Kelebihan	1. Kekuatan ikatan sangat kuat	1. Tidak menggunakan peralatan yang banyak 2. Tidak ada potensi bahaya kebakaran dan bahaya gas beracun 3. Dapat dioperasikan oleh 1 orang 4. Menggunakan bahan yang lebih murah 5. Hasil pengikatan lebih seragam
2	Kekurangan	1. Terjadi deformasi pada <i>ring</i> penahan dan tali <i>sling</i> 2. Potensi bahaya kebakaran dan gas beracun. 3. Menggunakan peralatan yang banyak 4. Bentuk hasil pengikatan yang tidak seragam	1. Masih dioperasikan secara manual. 2. Memerlukan biaya yang besar diawal

Berdasarkan perbandingan antara metode pemukulan manual dan rancangan alat bantu yang baru, alat bantu ini memiliki beberapa kelebihan yang signifikan. Alat bantu yang dirancang mampu mengurangi risiko kebakaran dan paparan gas beracun, dapat dioperasikan oleh satu orang, menggunakan bahan yang lebih murah, dan menghasilkan ikatan yang lebih seragam. Sementara itu, metode pemukulan manual, meskipun menghasilkan ikatan yang kuat, memiliki kelemahan seperti deformasi pada ring penahan dan tali *sling*, risiko bahaya kebakaran, dan penggunaan peralatan yang banyak. Namun, rancangan alat bantu ini juga memerlukan biaya awal yang cukup besar untuk pembuatannya.

Rekomendasi yang dianjurkan adalah mengadopsi rancangan alat bantu baru untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional, terutama dalam lingkungan kerja yang memprioritaskan keselamatan dan ketepatan hasil. Meskipun memerlukan investasi awal yang besar, manfaat jangka panjang dari peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja akan lebih besar dibandingkan biaya tersebut. Disarankan juga untuk melatih operator dalam menggunakan alat bantu baru ini untuk memastikan proses operasional berjalan dengan lancar dan efektif.

KESIMPULAN

Dengan adanya rancangan alat bantu penekan ring penahan ini, diharapkan efisiensi dan keselamatan dalam operasional pemeliharaan truk *Haul Master* dapat meningkat. Inovasi ini tidak hanya memberikan manfaat langsung pada proses kerja, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan keseluruhan produktivitas dan keselamatan kerja di lingkungan pertambangan PT. Vale. Berdasarkan berbagai pengujian dan proses pengerjaan yang telah dilakukan di lapangan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat bantu penekan ring penahan berhasil mengurangi waktu operasional rata-rata menjadi 1,55 menit per operator, dibandingkan dengan metode pemukulan manual yang membutuhkan rata-rata 4,58 menit dengan tiga operator. Hal ini menunjukkan peningkatan efisiensi proses dan waktu yang signifikan.
2. Alat ini menghilangkan risiko bahaya kebakaran dan paparan gas beracun serta menghasilkan ikatan/sambungan yang lebih kuat, meningkatkan keselamatan operator dan kualitas produk akhir yang seragam.
3. Alat ini memerlukan investasi awal yang tinggi, alat bantu ini memberikan manfaat jangka panjang berupa pengurangan biaya operasional, peningkatan produktivitas, dan keselamatan kerja, menjadikannya solusi yang lebih efisien dan ekonomis untuk industri.

REFERENSI

- [1]. Burmawi, dkk. (2018). *Perancangan Alat Press untuk Material dengan Menggunakan Tenaga Hidrolik*. Padang: Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
- [2]. Fauziah. (2017). *Referensi Perhitungan Tangga*. Diakses dari <https://www.slideshare.net/fauziyyahziah/bab-iv-45-tangga-190-201-pdf>.
- [3]. Huny, Hindra. (2014). *Makalah Zat dan Energi: Prinsip Kerja Dongkrak Hidrolik*. Diakses pada Jumat, 12 Desember 2014, dari http://hunihindra.blogspot.co.id/2014/12/v-behavioururldefaultvml_12.html?m.
- [4]. Integrated Mining Technologies. (2018). *Safety Access System*. Diakses dari <http://www.integratedminingtechnologies.co.za/safety/safety-Access-Systems>.
- [5]. Johnson, M. (2020). *Industrial Vehicle Usage in Modern Factories*. New York: McGraw-Hill.
- [6]. Lyon Work and Rescue. (2017). *Ladder Products*. Diakses dari <http://lyon.co.uk/workandrescue/lyon-productd-and-services/ladders>.
- [7]. Permana, Dhimas Ady. (2010). *Rancang Bangun Mesin Press Semi Otomatis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [8]. PT. Vale. (2019). *Annual Report on Nickel Smelting and Production*. Jakarta: PT. Vale Indonesia.
- [9]. Rizza Akhlis, Muhammad. (2010). *Analisa Proses Blanking dengan Simple Press Tool*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [10]. Tim penyusun Modul Perhitungan Elemen Mesin. 1991. "Perhitungan Elemen Mesin". Sorowako : Akademi Teknik Sorowako.
- [11]. Tim penyusun Modul Mekanika Kekuatan Material. 1991. "Mekanika Kekuatan Material". Sorowako : Akademi Teknik Sorowako.