PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *PROTOTYPE* ALAT PEMASANG DAN PELEPAS *E-CLIP* HIDROLIS PADA PERAWATAN JALAN REL

Dadang Sanjaya Atmaja¹, dadang@api.ac.id

Henry Widya Prasetya², henry@api.ac.id

Teknologi Mekanika Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Indonesia

ABSTRAK

Perawatan sistem penambat merupakan upaya dilakukan agar penambat pada rel kereta api tetap dalam kondisi yang baik. Memasang dan melepas penambat di Indonesia menggunakan alat manual yaitu palu dan *panpuller* sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan kurang efektif, sehingga pengembangan alat ditujukan agar dapat meminimalisir penggunaan tenaga manusia, lebih efektif dan tidak memerlukan banyak waktu untuk memasang dan melepas penambat. Pada penelitian perancangan dan pembuatan *prototype* alat pemasang dan pelepas penambat berbasis hidrolik ini dilakukan metode pengujian fungsi secara langsung pada lintas rel. Alat pemasang dan pelepas penambat berbasis hidrolik memiliki panjang 105 cm, lebar 67 cm dan tinggi 91 cm yang mampu meminimalisir penggunaan tenaga manusia dan lebih efektif dalam pemasangan maupun pelepasan penambat. Penggunaan alat tersebut dengan cara menempatkan alat diatas rel dan memposisikan silinder hidrolik di depan penambat, kemudian pompa dengan menggunakan tuas pompa hidrolik hingga penambat dapat terpasang maupun terlepas. Dari hasil pengembangan alat ini dapat diketahui pemasangan dan pelepasan penambat dapat dilakukan dengan meminimalisir tenaga manusia dan memerlukan waktu yang efektif singkat yaitu 50 detik untuk proses pemasangan atau proses pelepasan 1 penambat tipe *e-clip*.

Kata Kunci: perawatan, penambat *e-clip*, hidrolik.

ABSTRACT

Maintenance of the mooring system is an effort to keep the moorings on the railroad tracks in good condition. Installing and removing fastenings in Indonesia uses manual tools, namely hammers and panpullers so that it takes a long time and is less effective, so the development of the tool is aimed at minimizing the use of human labor, being more effective and not requiring a lot of time to install and remove fasteners. In the research on the design and manufacture of a prototype of this hydraulic-based fastening installation and release tool, the function test method is carried out directly on the real rail. The hydraulic-based fastening installation and removal tool have a length of 105 cm, a width of 67 cm and a height of 91 cm which is able to minimize the use of human labor and is more effective in installing and removing the fasteners. The use of these tools by placing the tool on the rail and positioning the hydraulic cylinder in front of the fasteners, then pump using the hydraulic pump lever until the fasteners can be attached or removed. From the results of the development of this tool, it can be seen that the installation and removal of fasteners can be done by minimizing human labor and requires an effective time of 50 seconds.

Keywords: maintenance, *e-clip* fastening, hydraulic.

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan transportasi yang dipilih sebagai alat pengangkut yang mampu mengangkut penumpang dan barang dalam jumlah yang banyak, bebas hambatan serta memiliki tingkat keamanan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan tujuan penyelenggaraan moda transportasi kereta api menurut UU Nomor 23 Tahun 2007 pasal 3 yaitu untuk memperlancar perpindahan orang dan atau barang secara massal dengan selamat,

aman, nyaman, cepat dan lancar, tepat, tertib dan teratur, efisien, serta menunjang pemerataan, pertumbuhan, stabilitas, pendorong dan penggerak pembangunan nasional. Pemerintah berusaha menjaga dan memaksimalkan pelayanan perkeretaapian karena dinilai merupakan transportasi massal yang sangat diminati, sehingga perlu dilakukan peningkatan kualitas pelayanan, salah satunya yaitu dengan pemeriksaan sarana maupun prasarana. Dalam penyelenggaraannya, prasarana memerlukan

perawatan komponen seperti jalan rel mulai dari rel, bantalan, penambat serta ballas.

Pemeriksaan sarana dan prasarana dilakukan dengan dua metode yaitu metode uji pertama dan metode uji berkala. Uji Pertama wajib dilakukan terhadap setiap sarana dan prasarana perkeretaapian baru dan yang telah mengalami perubahan spesifikasi teknis. Sedangkan uji berkala dilakukan untuk setiap jenis sarana dan prasarana perkeretaapian yang telah dioperasikan. Prasarana perkeretaapian meliputi jalur kereta api, stasiun, dan fasilitas pengoperasian kereta api. Berdasarkan Peraturan Menteri (PM) Nomor 32 Tahun 2011 tentang standar dan tata cara perkeretaapian salah satunya perawatan jalan rel dilakukan untuk menjaga kondisi jalan rel sesuai dengan standar pengoperasian jalan rel. Jalan rel terdiri dari komponen yaitu tanah dasar, lapis dasar (*sub grade*), *subballast*, *ballast*, bantalan, penambat, rel, dan wesel. Penambat merupakan salah satu komponen yang terpenting dalam prasarana perkeretaapian, sehingga wajib dilakukan pemeriksaan dan perawatan (Rais, 2007)

Menurut Peraturan Dinas No. 10 Tahun 1986 penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser. Tata cara perawatan penambat diatur dalam Peraturan Menteri Nomor 32 Tahun 2011 yaitu dengan mengamati sistem penambat pada rel, mengencangkan penambat yang kendur pada rel menggunakan palu, mencatat dan melaporkan apabila terdapat penambat yang hilang. Perawatan sistem penambat dilakukan agar penambat pada rel kereta api tetap dalam kondisi yang baik.

Memasang dan melepas penambat di Indonesia membutuhkan waktu yang cukup lama dan kurang efektif, dikarenakan masih menggunakan alat manual yaitu palu dan *panpuller*. Cara memasang penambat dengan *panpuller* yaitu dengan mengaitkan *e-clip* dan dipukul dengan bantuan palu, begitupun dengan melepas penambat (Sumbowo, 2008). Oleh karena itu, untuk meminimalisir penggunaan tenaga manusia agar penggunaannya lebih efektif, tidak memerlukan banyak waktu dan dapat meningkatkan faktor keselamatan kerja dibutuhkan sebuah inovasi yaitu pembuatan alat bantu pemasangan dan pelepas penambat *e-clip* berbasis hidrolik.

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari data sebagai berikut :

2.1 Data primer

- Survei lapangan.

Survei di lapangan perlu dilakukan yang bertujuan untuk mengumpulkan data untuk mendapatkan informasi teknis, seperti cara memasang dan melepas penambat dengan menggunakan alat konvensional. Dalam pengamatan ini, peneliti mengamati dan mencatat yang terjadi di lapangan untuk mendapatkan data teknis sebagai parameter dalam perancangan-pembuatan alat pemasangan dan pelepas penambat *e-clip* hidrolik.

- Spesifikasi komponen alat.

Dilakukan pemilihan dan penyesuaian spesifikasi komponen-komponen utama pada alat yang akan dirancang dengan tujuan komponen yang dibutuhkan dapat dirakit dengan tepat dan bekerja dengan baik.

- Perancangan desain alat.

Perancangan desain alat menggunakan aplikasi *solidwork* dan *auto cad* dengan ukuran – ukuran yang telah ditentukan.

2.2 Data sekunder

- Spesifikasi dan cara kerja alat konvensional.
- PM 32 Tahun 2011 Tentang Standart dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian.

Pada perancangan alat ini terdapat beberapa tahapan yang dikerjakan untuk menyelesaikan alat tersebut. Adapun tahapannya yaitu, Menganalisis alat yang sudah ada dari hasil survei. Analisis digunakan untuk memperjelas langkah kerja dan konsep perancangan dengan unsur-unsur yang terlibat dalam proses pembuatan alat yang dirancang. Merancang desain alat dilakukan untuk pengembangan alat lama yang menggunakan metode manual menjadi metode berbasis hidrolik. Cara merancang alat tersebut yang pertama yaitu menentukan desain ukuran rangka alat. Tahapan kedua mendesain roda gerak dan roda penyeimbang. Pada tahapan ketiga mendesain instalasi komponen-komponen alat yaitu pompa hidrolik, silinder hidrolik, selang hidrolik dan besi penahan. Menentukan komponen – komponen alat yang akan digunakan untuk merancang alat bantu pemasangan dan pelepas penambat berbasis hidrolik. Selanjutnya proses manufaktur meliputi proses pemotongan, proses penyambungan, proses pengecatan dan proses *assembly* semua komponen.

2.3 Pengujian Alat

Langkah berikutnya proses pengujian alat pada prasarana perkeretaapian, dengan melakukan pemasangan dan pelepasan penambat tipe *e-clip*. Perhitungan waktu, jumlah operator yang menggunakan alat, dan kondisi penambat tipe *e-clip* merupakan parameter-parameter yang akan dianalisa. Selain itu juga dilakukan langkah pembandingan dengan

alat pemasang dan pelepas penambat *e-clip* konvensional dengan alat bantu hidrolik ini. Prosedur penelitian pembuatan alat pemasang dan pelepas penambat *e-clip* berbasis hidrolik dijelaskan pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan Material dan Komponen Alat

Pemilihan material dan komponen alat merupakan tahap dimana material dan komponen apa saja yang akan digunakan dalam pembuatan alat ini. Material dan komponen alat disesuaikan dari segi ketersediaan barang yang ada di pasaran, nilai ketahanan yang kuat, nilai akurasi yang tinggi, nilai fungsi yang efektif dan efisien, serta nilai estetika yang baik (Putriningtyas, 2007). Berdasarkan data pemilihan material maka didapat gambaran material dan komponen yang akan digunakan pada alat ini. Maka, penulis menyusun sesuatu komponen yang digunakan berdasarkan kebutuhan alat tersebut. Tabel 1 merupakan skema komponen alat bantu pemasang dan pelepas penambat *E-clip*.

Tabel 1. komponen alat bantu pemasang dan pelepas penambat *E-clip* berbasis hidrolik

No	Material	Pilihan
1.	Bahan komponen utama	<ul style="list-style-type: none"> Besi kanal UMP 60x120x60 tebal 6 mm Pipa besi dengan tebal 3 mm Plat besi 580 mm x 480 mm
2.	Komponen hidrolik	<ul style="list-style-type: none"> Pompa hidrolik dengan kapasitas daya tekan 4 ton <i>Solenoid valve</i> Aktuator hidrolik
3.	Pelepas dan pemasang	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bracket</i> silinder hidrolik plate SM 400 Tebal 12 mm dengan daya tekan 3 ton

3.2 Perencanaan Desain Alat

Rancangan suatu alat, pada dasarnya merupakan bagian perancangan yang direncanakan dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan mekanisme dari suatu peralatan (Marsudi et al, 2018). Desain dibuat menggunakan software *solidwork* pada PC atau komputer sebagai perencanaan awal. Dimensi direncanakan sesuai komponen alat yaitu pompa hidrolik panjang 50 cm, silinder hidrolik panjang 30 cm, Rangka sebagai pegangan alat memiliki ketinggian 90 cm, Rangka sebagai penyeimbang alat sesuai dengan lebar *spoor* 1067 mm sebagai ukuran yang digunakan sebagai jarak besi penyeimbang alat. Spesifikasi teknis jalan rel di lapangan serta ketinggian dari penambat terhadap *top rail* yaitu 4 cm.

- Desain 2D Tampak atas

Dari desain tampak atas lebar jarak penyeimbang alat diukur dari sisi terluar rangka alat hingga penyeimbang rangka alat dengan di pasang roda yang berfungsi sebagai maju mundurnya alat. Lebar jarak rangka bawah alat sepanjang 160 mm, dilengkapi dengan komponen hidrolik dan baut pengunci komponen dengan rangka alat sehingga alat menjadi tergabung dan komponen pada alat tidak lepas. Dilengkapi besi di bagian depan sepanjang 100 mm untuk tempat dimasukkan besi penyeimbang alat yang digunakan sebagai pengunci rangka dengan penyeimbang alat.

Gambar 2. Desain 2D Tampak atas

- Desain 2D Tampak depan

Jarak antar rel memiliki lebar 1067 mm, penyeimbang alat memiliki ukuran 1123 mm disesuaikan dengan roda dan lebar *spoor* standar di jalan rel kereta api Indonesia yang pada umumnya.

Gambar 3. Desain 2D Tampak depan

- Desain 2D Tampak samping

Desain rangka alat disesuaikan dengan rangka alat yang digunakan pada alat pemasang dan melepas penambat berbasis hidrolik rangka dirancang dengan praktis dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Dari desain tampak samping terdapat adanya silinder hidrolik dan *bracket* yang difungsikan untuk memasang dan melepas penambat.

Gambar 4. Desain 2D Tampak samping

- Desain *bracket* penekan penambat

Desain roda yang digabungkan berada dibawah komponen pompa hidrolik sehingga mampu sebagai penahan dan maju mundurnya alat pemasang dan melepas hidrolik.

Gambar 5. Desain *bracket* penekan penambat

- Desain 3D Tampak atas

Gambar 6. Desain 3D Tampak atas

- Desain 3D tampak depan

Gambar 7. Desain 3D tampak depan

- Desain 3D tampak samping

Gambar 8. Desain 3D tampak samping

3.3 Spesifikasi Alat

Alat pemasang dan pelepas penambat *E-clip* berbasis hidrolik ini adalah alat yang digunakan sebagai alat bantu memasang dan melepas penambat *E-clip* dengan tujuan untuk mempermudah perawatan jalan rel dengan meminimalisir waktu untuk pemasangan dan pelepasan penambat. Alat ini memiliki spesifikasi, yaitu:

- 1) Panjang 105 cm, lebar 67cm dan tinggi 91 cm.
- 2) Memiliki beberapa rangkaian komponen yang digunakan yaitu *solenoid valve*, pompa hidrolik, silinder hidrolik, *roller*, manometer dan selang penghubung silinder hidrolik.
- 3) Desain praktis dan ergonomi agar mudah dalam pembawaan alat dilapangan.

Adapun Sistem kerja alat bantu memasang dan melepas penambat *E-clip* yaitu:

- a) Menggunakan sistem mekanik yang dirancang dengan berbasis hidrolik yang berfungsi mendorong dengan kekuatan pompa hidrolik.
- b) Menggunakan pompa hidrolik untuk memberikan tekanan dan dikontrol menggunakan *solenoid valve*, yang berfungsi mengatur tekanan maju-mundur silinder hidrolik yang disalurkan menggunakan selang hidrolik.
- c) Manometer yang berfungsi mengukur tekanan fluida didalam pompa hidrolik untuk memasang dan melepas penambat.

Pengoperasian alat pemasang dan pelepas penambat menggunakan metode secara manual dengan proses pelaksanaan dikerjakan secara konvensional atau memanfaatkan tenaga manusia. Alat pemasang dan pelepas penambat ini dapat digerakkan dengan adanya dorongan tenaga manusia dan mobilitas alat dengan adanya roda yang di pasang dibawah komponen alat, sehingga alat dapat bergerak maju untuk melepas penambat dan bergerak mundur untuk memasang penambat *type E-clip*. Tujuan pembuatan alat ini untuk mengembangkan dari proses kerja manual menjadi alat dengan bantuan sistem hidrolik sehingga membantu mempercepat memasang dan melepas penambat *type e-clip*.

3.4 Komponen Alat

1. Pompa hidrolik

Pompa hidrolik komponen utama yang digunakan pada alat pemasang dan pelepas penambat, komponen ini berfungsi sebagai sumber tenaga untuk memasang dan melepas penambat. Cara kerjanya yaitu memompa tuas yang ada pada komponen pompa hidrolik sehingga memberikan tekanan yang nantinya terbaca pada

manometer yang terpasang pada komponen pompa hidrolik. Pompa hidrolik jika semakin banyak dipompa maka sumber kekuatan akan menjadi lebih besar sesuai kebutuhan.

Gambar 9. Pompa hidrolik

2. Control valve

Control valve adalah salah satu komponen utama yang digunakan pada alat pemasang dan pelepas penambat. Cara kerja *control valve* berfungsi untuk mengatur, mengarahkan aliran dan mengontrol tekanan fluida didalam pompa hidrolik supaya silinder hidrolik dapat bergerak maju atau mundur.

Gambar 10. *Control valve*

3. Selang hose hidrolik

Selang hose hidrolik komponen yang digunakan dan berfungsi pengantar tekanan dari pompa hidrolik dan disalurkan menuju silinder hidrolik atau aktuator. selang hidrolik yang dirancang dengan bahan-bahan yang kuat sehingga mampu menahan tekanan dari pompa hidrolik dan tidak mudah bocor yang dilapisi dengan material karet yang sangat lentur, dengan panjang 1 meter selang hidrolik memiliki dua selang yang digunakan. Selang yang pertama digunakan untuk menghubungkan penggerak aktuator silinder untuk maju dan selang kedua sebagai penghubung penggerak aktuator silinder untuk mundur.

Gambar 11. hose hidrolik

4. Aktuator hidrolik

Aktuator hidrolik komponen yang digunakan pada alat ini yang berfungsi sebagai pendorong untuk memasang dan melepas penambat *type E-clip*, silinder hidrolik terdapat piston dimana piston ini menghasilkan gaya stoke yang dapat bergerak searah maju dan mundur. Komponen silinder hidrolik cara kerjanya digerakkan dengan mendapatkan gaya dari fluida hidrolik bertekanan. Tekanan dari pompa hidrolik dan disalurkan dengan selang hidrolik sehingga silinder hidrolik bergerak untuk mendorong penambat dengan gaya *stroke* searah maju dan searah mundur untuk memasang penambat *type E-clip*.

Gambar 12. Aktuator hidrolik

5. Bracket pendorong penambat

Bracket pendorong penambat komponen yang digunakan sebagai pemasang dan pelepas penambat, *bracket* pendorong penambat sebuah besi yang digabungkan dengan silinder hidrolik sehingga *bracket* pendorong penambat sebagai komponen yang bersentuhan secara langsung pada penambat dalam pemasangan dan pelepasan penambat *type E-clip*. Cara kerja *bracket* pendorong penambat bergerak maju mengunci penambat untuk melepas dan bergerak mundur untuk mengunci memasang penambat.

Gambar 13. *Bracket* pendorong penambat

3.5 Proses Perakitan Alat

Perakitan plat besi digunakan sebagai letak komponen pompa hidrolik dan silinder hidrolik. besi yang

digunakan merupakan besi yang kuat sehingga mampu menahan komponen sesuai ukuran panjang dan lebar pompa hidrolik.

1. Plat besi sepanjang 580 mm dan lebar 125 mm yang disesuaikan dengan pompa hidrolik sebagai komponen alat pemasang dan pelepas penambat.

Gambar 14. Rangka bawah

2. Pengelasan besi kaki komponen hidrolik yang difungsikan untuk baut dan dimasukkan kedalam lubang besi sebagai *mounting* komponen hidrolik. Metode pengelasan SMAW yang dipilih sebagai proses penyambungan. Karena pengelasan adalah suatu proses penyambungan, dimana logam yang akan disambung dipanaskan hingga mencapai titik lebur dan dipadukan bersama-sama dengan bahan pengisi (Perwira, D.A. 2020).

Gambar 15. Pengelasan pada rangka bawah

3. Komponen pompa hidrolik dipasang dengan plat besi komponen alat, penggabungan komponen pompa hidrolik diletakkan diatas plat besi digabungkan menggunakan baut agar terkunci dan tidak terlepas pada saat pelaksanaan pemompaan pada komponen pompa hidrolik.

Gambar 16. Pemasangan pompa hidrolik

4. Perakitan Penyeimbang alat digabungkan dengan plat besi letak komponen alat sehingga posisi sejajar dengan rel sebelahny.

Gambar 17. Roda penyeimbang

5. Perakitan mobilitas roda yang dibuat menggunakan besi dan dirancang sesuai ukuran kondisi jalan rel dilapangan dengan type R54. Roda yang berfungsi sebagai mobilisasi pergerakan alat dengan digabungkan roda dibawah plat besi. Pipa besi yang digunakan sebagai material pembuatan alat dipilih dan di buat untuk pembuatan roda mobilitas alat.

Gambar 18. Roller wheel

6. Perakitan pemasangan silinder hidrolik dirancang di bagian kanan alat sehingga silinder hidrolik dipasang dan digabungkan dengan menggunakan baut. Rangka bawah yang dirancang untuk pemasangan silinder hidrolik dan disesuaikan pada ukuran komponen silinder hidrolik.
7. Perakitan *bracket* pendorong penambat yang digunakan pada alat ini memiliki dimensi 190 cm dan lebar 50 cm dan dilengkapi besi kecil yang berukuran 20 cm, penggabungan *bracket* pendorong penambat dengan silinder hidrolik yang berfungsi untuk mengunci penambat.

Gambar 19. Pemasangan *bracket* pendorong penambat

8. Hasil proses manufaktur alat pemasang dan pelepas penambat *type E-clip* yang siap digunakan untuk melakukan perawatan pemasangan dan pelepasan penambat.

Gambar 20. Alat pemasang dan pelepas penambat *type E-clip*

3.6 Perbandingan Alat Lama Dengan Alat pemasang dan pelepas penambat *type E-clip* berbasis hidrolik

Perbandingan alat lama dengan alat baru dapat diketahui kelebihan dan kekurangan alat lama dan alat baru, alat pemasang dan pelepas penambat dirancang untuk mengembangkan alat lama secara manual dan dikembangkan dengan sistem menggunakan hidrolik yang dapat difungsikan dengan cepat dan memiliki tingkat keamanan keselamatan kerja yang baik. Berikut Tabel 2 menjelaskan perbandingan alat konvensional dengan alat penelitian dengan memanfaatkan sistem hidrolik.

Tabel 2. Perbandingan Alat Lama Dengan Alat pemasang dan pelepas penambat *type E-clip* berbasis hidrolik

NO	Alat lama: <i>penpuler</i> dan palu	Alat baru: alat pelepas dan pemasang penambat berbasis hidrolik
1.	Mempunyai berat 4 kg	Mempunyai berat 10 kg

2.	Mudah dalam perawatan karena dilakukan hanya dengan melakukan pembersihan alat dan melindungi peralatan selama penyimpanan.	Mudah dalam perawatan karena dilakukan hanya dengan melakukan pembersihan alat, melindungi peralatan selama penyimpanan, melakukan pemeriksaan dan pemantauan komponen.
3.	Tidak memiliki tingkat keselamatan kerja (salah memukul penambat bisa mengenai kaki petugas perawat jalan rel).	Memiliki tingkat keamanan keselamatan kerja yang baik.
4.	Membutuhkan waktu 30 menit dalam pelepasan dan pemasangan 10 penambat	Membutuhkan waktu 11,6 menit dalam pelepasan dan pemasangan 10 penambat.
5.	Efisien	Lebih efisien
6.	Tidak memerlukan perawatan mesin.	Membutuhkan perawatan komponen.
7.	Jika salah memukul dapat merusak komponen lainnya yaitu bantalan dan rel.	Memasang dan melepas penambat difokuskan pada silinder hidrolik, sehingga tidak merusak komponen lain.
8.	Menggunakan banyak tenaga manusia.	Menggunakan tenaga manusia cukup 1 orang.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemilihan material yang digunakan sebagai pembuatan alat bantu pemasang dan pelepas penambat *type E-Clip* yaitu berdasarkan dengan spesifikasi teknik material dan mayoritas menggunakan material besi.
2. Rangka dan komponen-komponen alat pemasang dan pelepas penambat *type E-clip* didesain sesuai dengan kondisi pada lintas rel operasi. Komponen utama prototipe alat ini memiliki spesifikasi antara lain: aktuator hidrolik dengan panjang langkah 200 mm dan pompa hidrolik dengan kapasitas 4 ton.
3. Alat pemasang dan pelepas penambat tipe *e-clip* hidrolik memiliki tingkat keamanan, keselamatan kerja lebih baik dibandingkan dengan penggunaan

alat lama *penpuler*. Penggunaan *penpuler* dan palu dapat merusak komponen lain seperti bantalan dan rel serta dapat membahayakan pengguna atau SDM perawatan prasarana perkeretaapian.

4. Alat pemasang dan pelepas penambat tipe *e-clip* hidrolis dapat meningkatkan nilai efisiensi waktu. Hasil pengujian fungsi alat pada lintas rel operasi dengan 1 tenaga manusia membutuhkan waktu 50 detik untuk proses pemasangan atau proses pelepasan 1 penambat tipe *e-clip*.

Surakim, H., (2014). *Konstruksi Jalan Rel Dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api*. Nuansa Cendekia. Bandung.

Utomo, Tri S.H., (2006). *Struktur Rekayasa Jalan Rel*. Beta Offset Yogyakarta.

Undang-Undang Nomor 23. (2007). *Tentang Perkeretaapian*. Lembaran Negara RI Tahun 2007. Sekretariat Negara. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Clark D. S. Varney W. R. (1962). *Physical Metallurgy For Engineering*. D. Van Nostrand Company, INC.

Fretz. Buergler. (1978). *Teknik Bengkel Volume 5*. Institut Teknologi Bandung. Indonesia.

Marsudi et al, (2018). *Perancangan Alat Pengangkat Sistem Hidrolik Tipe H Pada Tempat Pencucian Mobil Dengan Kapasitas Maximum 2,5 Ton*. Universitas Suryadarma. Jakarta.

Nippon Steel & Sumitomo Metal. (2014). *Rails*. Tokyo: Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation.

Peraturan Dinas Nomor 10. (1986). *Perencanaan Konstruksi Jalan Rel*. Peraturan Dinas Nomor 10. PT. Kereta Api Indonesia.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 32 (2011). *Tentang Standar & Tata Cara Perawatan Prasarana*. Lembaran Negara RI Tahun 2011 Sekretariat Negara. Jakarta.

Putriningtyas et al, (2007). *Pembuatan Press Hidrolik untuk Pengambilan Minyak dari Biji-Bijian*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Rais, Nasrullah, M.Q., Murwono D., (2007). *Analisis volume pemeliharaan tahunan jalan rel berdasarkan Passing Tonnage dan klasifikasi jalan kereta api. Studi kasus Lintas Yogyakarta-Solo*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Sari, H. S. (2018). *Material Teknik*. Deepublish. Yogyakarta.

Sato,G.T.,N. Sugiarto H (1994). *Menggambar Mesin*. Pradya Paramita. Jakarta.

Sumbowo, Pamulung H., (2008). *Evaluasi Sistem Perawatan Jalan Rel Lintas Stasiun Kutoarjo – Stasiun Tugu*. Program Studi S2 Mag. S. & T.Transportasi. Universitas Gajah Mada.