

Mitigasi Resiko Kerusakan Pada *Blade Bulldozer* dengan Metode FMEA

Nikodemus Tatibi¹, Sutrisna^{2*}, Wartono³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : sutrisna@itny.ac.id

ABSTRAK

Bulldozer memiliki beberapa komponen yang penting salah satunya adalah blade untuk menggali, mendorong, mengangkut, dan meratakan material. *Blade bulldozer* terdiri beberapa jenis yaitu, *straight blade (S-Blade)*, *Universal blade (U-Blade)*, *Semi-Universal Blade (SU-Blade)*, *Angel Blade*, *Power Angel Tilt Blade (PAT-Blade)*. Kerusakan yang sering terjadi di *Blade Bulldozer* seperti Deformasi pada blade, Retak pada blade, Aus pada blade, Korosi pada blade dan kelonggaran sambungan blade. Tujuan mitigasi ini yaitu bagaimana cara untuk menurunkan angka resiko pada *blade bulldozer*. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Hasil mitigasi menunjukkan bahwa retak pada *blade bulldozer* dengan RPN 225. Tindakan mitigasi atau usulan perbaikan yang dilakukan adalah memasang sensor untuk mencegah *overload* dan batasi beban sesuai kapasitas standar. melakukan inspeksi berkala atau melakukan pengelasan dibagian retak dengan pengelasan yang berkualitas tinggi. Menggunakan baja tahan aus serta terapkan pelapisan anti korosi dan selalu memeriksa kekencangan sambungan blade secara berkala agar keparahan dari kegagalan maupun kerusakan pada *blade bulldozer* dapat diminimalisir.

Kata kunci: *Blade, Bulldozer, FMEA*

ABSTRACT

Bulldozers have several important components, one of which is the blade for digging, pushing, transporting, and leveling material. *Bulldozer blades* come in several types: *straight blade (S-Blade)*, *universal blade (U-Blade)*, *semi-universal blade (SU-Blade)*, *angel blade*, and *power angel tilt blade (PAT-Blade)*. Common damage to bulldozer blades includes blade deformation, blade cracks, blade wear, blade corrosion, and loose blade joints. The goal of this mitigation is to reduce the risk of bulldozer blades. The *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* method was used. The mitigation results indicated a crack in the bulldozer blade with an RPN of 225. Mitigating actions or proposed improvements include installing sensors to prevent overloading and limiting the load to standard capacity, conducting regular inspections, and welding the cracked area with high-quality welding. Using wear-resistant steel and applying anti-corrosion coatings, and regularly checking the tightness of blade connections can minimize the severity of failure or damage to the bulldozer blade.

A well-prepared abstract enables the reader to identify the basic content of a document quickly and accurately,

Keyword : *Blade Bulldozer, FMEA*

PENDAHULUAN

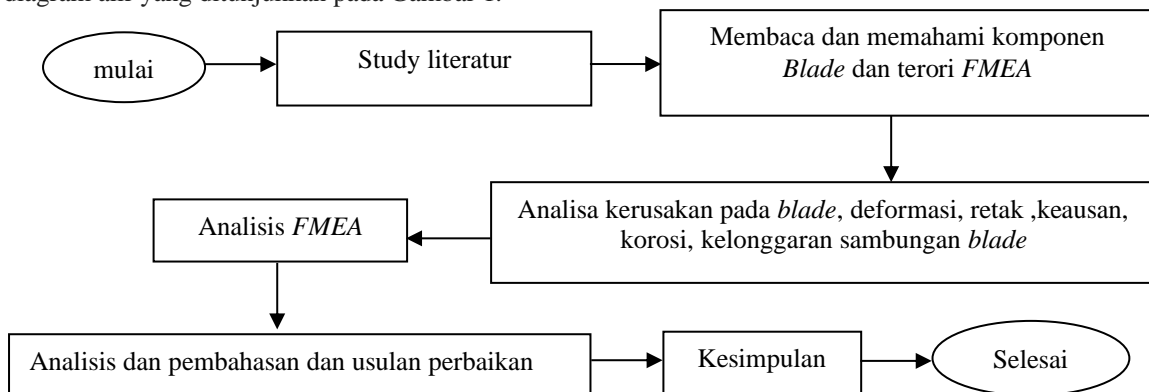
Bulldozer merupakan alat berat yang di lengkapi dengan pisau pendorong. Bagian tersebut dapat di gunakan untuk berbagai fungsi seperti menarik beban, meratakan, menggali, dan menimbun tanah. Peran *bulldozer* di perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangunan gedung bertingkat, infrastruktur, pertambangan, dan konstruksi sangat di butuhkan guna mendukung proses yang lebih cepat dan efisien [1]. Alat ini mampu melakukan berbagai pekerjaan sekaligus, manfaat dari menggunakan *bulldozer* adalah pembabatan lahan, merintis lahan, penggalian tanah, angkutan jarak pendek, menyebarkan material, penimbunan kembali, menarik. *Bulldozer* juga dapat digunakan dalam berbagai medan seperti tanah keras sampai lunak (rawa). *Bulldozer* sendiri memiliki beberapa jenis yaitu *Crawler Bulldozer*, *Whell Bulldozer*, *Mini Bulldozer*. *Bulldozer* memiliki beberapa bagian utama utama seperti ruang kabin, rangka bulldozer, penggerak belakang, roda, ripper dan penggerak (*blade*), *blade* adalah salah satu komponen penting bulldozer. *Blade* berada di bagian depan bulldozer yang umumnya berbentuk scope. Bagian ini berfungsi sebagai pendorong, penggali, dan pengangkut material seperti tanah, lumpur, pasir, batubara, kayu, kerikil, dan bebatuan. *Blade bulldozer* juga di kategorikan berdasarkan kegunaan dan kebutuhan yaitu *straight blade*, *universal blade*, *semi-universal blade*, *angel blade*, *power-angel-tilt blade*, dan *cushion blade*. *Blade bulldozer* sangat berperan penting sehingga perlu perawatan supaya bisa berfungsi dengan optimal dan maksimal [2].

Salah satu metode perawatan yaitu, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* adalah metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, sistem, atau proses alat berat, menilai dampaknya,

menentukan penyebabnya, dan mengembangkan langkah-langkah mitigasi. Dalam industri alat berat, *FMEA* digunakan untuk memastikan peralatan *bulldozer* tetap beroperasi secara andal dan aman [3]. Dengan menerapkan *FMEA* pada *blade bulldozer* dapat dilakukan identifikasi berbagai faktor yang berpotensi mengakibatkan kerusakan. Seperti tekanan yang berlebih, material yang tidak sesuai, hingga kurangnya perawatan. *FMEA* juga dapat membantu dalam menentukan prioritas tindakan yang perlu diambil untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, dengan memberi bobot pada tingkat keparahan, dan kemampuan deteksi dari masing-masing kegagalan.

METODE PENELITIAN

Mitigasi yang dilakukan untuk merancang terjadinya kegagalan-kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* untuk mengurangi angka resiko *severity*, *occurrence*, *detection* sesuai dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Mitigasi

Obyek Penelitian

Obyek mitigasi ini terletak pada blade bulldozer, dalam penelitian ini berpusat pada *Blade Face*, *Cutting Edge* dan sambungan *blade*. untuk menganalisa terjadinya *deformasi*, retak, keausan, korosi dan sambungan *blade*. Menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dalam setiap kasus kegagalan pada *Straight blade*, diperlukan analisis yang komperhensif untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat.

Metode Mitigasi

Pada proses mitigasi yang akan dirancang maka diterapkan 3 metode yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Metode study literatur, yaitu mengumpulkan berbagai data dan referensi.
2. Metode analisis, yaitu mengumpulkan data dan referensi yang didapat dari study literatur.
3. Metode *FMEA*, *Failure Mode and Effect Analysis*.

HASIL DAN ANALISIS

Penempatan Komponen Utama

Dibawah ini merupakan Tabel 1 yang dimana dapat digunakan untuk menentukan komponen utama atau proses yang mempunyai potensi kegagalan untuk selanjutnya dianalisa menggunakan Tabel 2.

Tabel 1. *Failure effect*



No	Komponen	Failure	Failure effect	Angka Resiko (Saverity)
1	Deformasi pada <i>blade</i>	<i>Blade</i> jadi bengkok	Penurunan kemampuan mendorong, kerusakan sistem hidrolik	8
2	Retak pada <i>blade</i>	<i>Blade</i> mengalami keretakan	Potensi pecahnya <i>blade</i> saat digunakan	9
3	Aus pada <i>blade</i>	<i>Blade</i> mengalami keausan lebih cepat	<i>Blade</i> cepat habis atau tumpul	7
4	Korosi pada <i>blade</i>	<i>Blade</i> menjadi karat dan hancur	Degradasi material, kemampuan <i>blade</i> tidak maksimal	6
5	Sambungan <i>blade</i> longgar	Kelonggaran pada sambungan <i>blade</i>	<i>Blade</i> bisa lepas saat digunakan	10

Dari Tabel 1. dapat ditentukan komponen utama yang akan dianalisa menggunakan tabel *FMEA sheet* yaitu yang memiliki angka resiko *saverity* dari range 4 sampai dengan 10. Sedangkan komponen yang memiliki angka resiko *saverity* 1 sampai 3 tidak akan dianalisa. Karena komponen tersebut masih dalam kategori kerusakan yang cukup rendah.

Analisis *RPN* setelah mitigasi

Deformasi pada *blade*

Pada komponen *blade* bulldozer, ditemukan potensi kegagalan berupa *deformasi* akibat beban kerja yang melebihi kapasitas. Berdasarkan analisis awal menggunakan metode *FMEA*, diperoleh nilai: *Severity* (*S*) 7 yaitu mesin masih dapat dioperasikan tetapi bila tetap dioperasikan maka dalam waktu dekat mesin akan mengalami gangguan berat, *Occurrence* (*O*) 6 yaitu tetap terjadi failure walaupun proses terkendali dengan baik, *Detection* (*D*) 4 yaitu kemampuan instrumen mendeteksi cukup lumayan dan hasil pengukuran diketahui tanpa harus melihat.

Hasil dari perhitungan *Risk Priority Number* (*RPN*) = $7 \times 6 \times 4 = 168$

Nilai *RPN* sebesar 168 menunjukkan bahwa risiko deformasi cukup tinggi dan perlu dilakukan tindakan perbaikan. Sebagai langkah mitigasi, dilakukan pemasangan sensor beban untuk mencegah terjadinya overload serta membatasi beban kerja sesuai dengan kapasitas maksimal *blade*. Setelah implementasi tindakan tersebut, dilakukan evaluasi ulang dan diperoleh hasil sebagai berikut:

- *Severity* (*S*) = 7 (tetap, karena dampak *deformasi* tetap signifikan jika terjadi)
- *Occurrence* (*O*) = 3 (menurun, karena risiko overload dapat dicegah)
- *Detection* (*D*) = 2 (meningkat, karena keberadaan sensor mempermudah deteksi potensi beban berlebih)
- *RPN* baru = $7 \times 3 \times 2 = 42$

Dengan demikian, pemasangan sensor telah berhasil menurunkan nilai *RPN* dari 168 menjadi 42, yang berarti tingkat risiko deformasi telah berkurang secara signifikan. Cara untuk mendeteksi terjadinya *deformasi* dengan melakukan inspeksi visual atau melakukan pengukuran dimensi

Tabel 2. *Failure Mode and Effect Analysis(FMEA) Worksheet*



System		Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Worksheet								Target mitigasi			Date	Mitigate action
Type	Bulldozer												Page	
No	Element	Failure	Effect	S	Cause	O	Detection	D	RPN	S	O	D	RPN	
1	Deformasi	Terjadi deformasi pada blade atau bengkok	Terjadi penurunan kemampuan mendorong material	7	Blade bengkok	6	Inspeksi visual, pengukur dimensi	4	168	8	3	2	48	Pasang sensor untuk mencegah overload batasi beban sesuai kapasitas
2	Retak	Blade retak	Blade bisa hancur atau patah saat digunakan	9	Keretakan blade	5	NDT (ultrasonik/penetrant test) visual	5	225	9	2	2	36	Inspeksi berkala, lakukan pengelasan berkualitas tinggi
3	Aus	Aus berlebihan pada blade	Blade cepat habis	7	Keausan blade	7	Pengukuran ketebalan, menggunakan baja tahan aus dan inspeksi harian	4	196	7	3	3	63	Gunakan baja tahan aus (high hardnes steel)
4	Korosi	Korosi pada blade	Degradasi material dan menurunkan kekuatan blade	6	Blade terkikis	5	Inspeksi visual, pasang anti korosi	6	180	6	2	4	48	Terapkan pelapisan anti korosi, simpan alat ditempat yang kering
5	Sambungan blade	Sambungan blade longgar	Blade lepas saat operasi dan resiko kerusakan besar pada komponen lain	10	Sambunagn blade longgar atau lepas	4	Pemeriksaan kekencangan baut, las	5	200	10	2	2	40	Periksa kekencangan sambungan secara berkala dan lakukan pengelasan berkualitas tinggi

Retak pada blade

Analisis risiko retak pada *blade bulldozer* (Metode *FMEA*). Pada komponen *blade bulldozer*, terdapat potensi kegagalan berupa retak yang dapat terjadi akibat beban kerja berat, getaran berulang, atau kualitas sambungan yang kurang baik. Berdasarkan analisis awal menggunakan metode *FMEA*, diperoleh hasil sebagai berikut: *Severity (S)* 9 yaitu membahayakan mesin dan orang sekitar, dengan didahului peringatan. *Occurrence (O)* 5 tetap terjadi failure walaupun proses terkendali dengan baik. *Detection (D)* 5 tersedia instrument yang mampu mendeteksi failure dan terpasang tetap, namun harus dilihat untuk mengetahui hasil pengukuran.

Hasil perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* = $9 \times 5 \times 5 = 225$

Nilai *RPN* sebesar 225 menunjukkan bahwa risiko kegagalan sangat tinggi dan perlu segera dilakukan tindakan perbaikan. Sebagai bentuk mitigasi, dilakukan dua tindakan utama, yaitu inspeksi berkala untuk mendeteksi potensi keretakan secara dini dan pengelasan dengan kualitas tinggi guna memperkuat sambungan pada *blade*. Setelah tindakan dilakukan, analisis ulang menunjukkan perubahan sebagai berikut:

- *Severity (S)* = 9 (tetap, karena jika keretakan terjadi, dampaknya tetap sangat serius)
- *Occurrence (O)* = 2 (menurun, karena frekuensi terjadinya retak berkurang dengan tindakan preventif)
- *Detection (D)* = 2 (meningkat, karena inspeksi berkala memungkinkan deteksi lebih dini)
- *RPN* baru = $9 \times 2 \times 2 = 36$

Dengan demikian, tindakan preventif berupa inspeksi berkala dan pengelasan berkualitas tinggi berhasil menurunkan nilai *RPN* dari 225 menjadi 36, yang menunjukkan penurunan risiko kegagalan secara signifikan. Cara mendeteksi terjadinya retak dengan cara *NDT*(ultrasonik/penetrant test) visual

Aus berlebihan



Analisis Risiko Keausan pada *blade bulldozer* (Metode *FMEA*). Komponen *blade* bulldozer rentan mengalami keausan akibat gesekan terus-menerus saat beroperasi di lingkungan kerja yang keras, seperti tanah berbatu atau material abrasif. Berdasarkan analisis awal menggunakan metode *FMEA*, risiko keausan dinilai dengan parameter berikut: *Severity (S)* 7 yaitu mesin masih dapat dioperasikan tetapi bila tetap dioperasikan maka dalam waktu dekat mesin akan mengalami gangguan berat. *Occurrence (O)* 7 proses tidak terkendali dengan baik. *Detection (D)* 4 kemampuan instrument mendeteksi cukup lumayan dan hasil pengukuran diketahui tanpa harus melihat.

Menghitung *Risk Priority Number (RPN)* = $7 \times 7 \times 4 = 196$

Nilai *RPN* sebesar 196 menunjukkan bahwa keausan pada *blade* merupakan risiko yang cukup tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan. Sebagai upaya mitigasi, dilakukan penggantian material *blade* dengan baja tahan aus (*high hardness steel*) yang memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap abrasi. Setelah penerapan tindakan tersebut, dilakukan evaluasi ulang dengan hasil sebagai berikut:

- *Severity (S)* = 7 (tetap, karena dampak dari keausan jika terjadi masih signifikan)
- *Occurrence (O)* = 3 (menurun, karena material baru lebih tahan terhadap keausan)
- *Detection (D)* = 3 (meningkat, karena aus pada material lebih mudah dipantau dan dikenali)
- *RPN* baru = $7 \times 3 \times 3 = 63$

Dengan demikian, penggunaan baja tahan aus berhasil menurunkan nilai *RPN* dari 196 menjadi 63, yang menunjukkan penurunan tingkat risiko keausan secara signifikan dan meningkatkan keandalan komponen *blade*. cara mendeteksi keausan dengan cara melakukan pengukuran ketebalan atau inpeksi harian.

Korosi pada *blade*

Komponen *blade bulldozer* berisiko mengalami korosi, terutama jika sering terpapar air, kelembapan tinggi, atau lingkungan kerja yang bersifat korosif. Berdasarkan analisis awal menggunakan metode *FMEA*, diperoleh penilaian risiko sebagai berikut: *Severity (S)* 6 mesin mengalami gangguan sedang, dan perbaikan hanya dapat dilakukan ketika mesin tidak dioperasikan (*shutdown*). *Occurrence (O)* 5 tetap terjadi failure walaupun proses terkendali dengan baik. *Detection (D)* 6 tersedia instrument yang mampu mendeteksi failure tetapi tidak terpasang tetap.

Menghitung *Risk Priority Number (RPN)* = $6 \times 5 \times 6 = 180$

Nilai *RPN* sebesar 180 menunjukkan bahwa korosi merupakan potensi kegagalan yang cukup signifikan dan memerlukan tindakan pengendalian. Sebagai langkah mitigasi, dilakukan dua tindakan utama, yaitu memasang pelapisan anti-korosi pada *blade* dan penyimpanan alat di tempat yang kering untuk meminimalkan paparan terhadap kelembapan. Setelah penerapan tindakan tersebut, evaluasi ulang menunjukkan hasil sebagai berikut:

- *Severity (S)* = 6 (tetap, karena dampak kerusakan akibat korosi masih cukup mengganggu)
- *Occurrence (O)* = 2 (menurun, karena pelapisan dan penyimpanan yang baik mengurangi kemungkinan korosi)
- *Detection (D)* = 4 (meningkat, karena kondisi korosi lebih mudah terpantau)
- *RPN* baru = $6 \times 2 \times 4 = 48$

Dengan demikian, penerapan pelapisan anti-korosi dan penyimpanan yang tepat berhasil menurunkan nilai *RPN* dari 180 menjadi 48, yang berarti tingkat risiko korosi telah berkurang secara signifikan dan keandalan alat meningkat.

Sambungan *blade* longgar

Salah satu potensi kegagalan yang dapat terjadi pada komponen *blade* bulldozer adalah sambungan yang longgar, yang dapat mengakibatkan kerusakan struktural serius dan membahayakan keselamatan operasional. Berdasarkan analisis awal menggunakan metode *FMEA*, diperoleh penilaian risiko sebagai berikut: *Severity (S)* 10 yaitu membahayakan mesin dan orang sekitar, tanpa didahului peringatan. *Occurrence (O)* 4 tetap terjadi failure walaupun proses terkendali dengan baik. *Detection (D)* 5 tersedia instrument yang mampu mendeteksi failure dan terpasang tetap, namun harus dilihat untuk mengetahui hasil pengukuran.

Menghitung *Risk Priority Number (RPN)* = $10 \times 4 \times 5 = 200$

Nilai *RPN* sebesar 200 menunjukkan bahwa kondisi sambungan longgar memiliki tingkat risiko yang sangat tinggi, terutama karena dampaknya yang kritis terhadap kinerja dan keselamatan alat. Sebagai langkah mitigasi, dilakukan dua tindakan utama, yaitu pemeriksaan kekencangan sambungan secara berkala dan penerapan pengelasan berkualitas tinggi guna memastikan kekuatan dan kestabilan sambungan. Setelah tindakan korektif diterapkan, dilakukan evaluasi ulang dengan hasil sebagai berikut:

- *Severity (S)* = 10 (tetap, karena bila kegagalan terjadi tetap menimbulkan dampak serius)
- *Occurrence (O)* = 2 (menurun, karena pemeriksaan berkala mengurangi kemungkinan kejadian)



- *Detection (D)* = 2 (meningkat, karena potensi kegagalan lebih mudah dideteksi lebih awal)
- *RPN* baru = $10 \times 2 \times 2 = 40$

Dengan demikian, kombinasi antara pemeriksaan sambungan secara rutin dan pengelasan berkualitas tinggi berhasil menurunkan nilai *RPN* dari 200 menjadi 40, yang menunjukkan penurunan risiko secara signifikan dan peningkatan keandalan serta keselamatan sistem sambungan pada *blade* bulldozer.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan hasil dari mitigasi risiko kerusakan *blade bulldozer* dengan metode FMEA adalah mengidentifikasi potensi Kegagalan yang sistematis. Metode FMEA memungkinkan identifikasi berbagai failure mode (kerusakan potensial) pada *blade bulldozer* secara sistematis, seperti keausan ujung blade, retakan akibat beban berlebih, atau pelapukan akibat korosi. Analisis Risiko Berdasarkan Tiga Kriteria Utama Setiap potensi kerusakan dianalisis berdasarkan tiga indikator: *Severity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (frekuensi kemungkinan terjadinya), *Detection* (kemungkinan kerusakan terdeteksi lebih awal). Nilai ketiganya digunakan untuk menghitung *RPN* (*Risk Priority Number*), yang menjadi dasar prioritas mitigasi. Dengan *RPN*, manajemen dapat memprioritaskan kerusakan mana yang paling berisiko dan harus ditangani terlebih dahulu, misalnya: pengelasan ulang retakan lebih penting daripada pengecatan ulang. Pengembangan strategi pencegahan spesifik. Berdasarkan hasil FMEA, langkah mitigasi bisa dirancang secara terfokus, misalnya: Pembatasan beban maksimum saat pengoperasian. Pemeriksaan *NDT* (*Non-Destructive Testing*) secara berkala untuk deteksi dini retakan. Efisiensi Perawatan dan Pengurangan *downtime* Implementasi FMEA mendorong perawatan prediktif dan preventif, sehingga mengurangi risiko kegagalan besar yang menyebabkan *downtime* mesin secara tiba-tiba. Meningkatkan Keselamatan dan Umur Pakai *Blade*. Pengurangan frekuensi kegagalan yang tidak terdeteksi akan meningkatkan keselamatan kerja operator serta memperpanjang umur operasional *blade bulldozer*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, Orang Tua, kakak, adik, dan teman-teman semua yang selalu memberi dukungan baik secara materi atau moral. Sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Doli Jumat Rianto, Radinal, Sucitra Wijaya, Juli 2022, PENGETAHUAN ESTIMASI PRODUKSI ALAT MEKANIS BULLDOZER KEPADA SISWA KELAS XII MAN 3 BUNGO, volume 2, no 2. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat
- [2] Hj. Rezky Anisari, Mei 2018, Perhitungan Produktivitas Bulldozer pada Aktivitas Dozing di PT.PAMAPERSDA NUSANTARA TABALONG Kalimantan Selatan, volume no. 1, mei 2018: 1-66 , Jurnal INTEKNA.
- [3] Efendi, Ahmad Rizal (2022) Analisa Perawatan Pada Alat Berat Bulldozer D9r Setiap 250 Jam Menggunakan Metode Failure Mode And Effects Analysis (Fmea) Di Pt Pomi. [Experiment] (Unpublished)
- [4] M. Thoriq Bagoes Saifuddin, Riswan, Marselinus Untung Dwiatmoko, Agustus 2022, Analisis Kebutuhan Bulldozer pada aktivitas Slippery Pi1 Blok 24, PT. SENAMAS ENERGINDO MINERAL, volume 7 no 2, Agustus 2022: 103- 106, Jurnal HIMASAPTA
- [5] Sarmidi, Yulius Mases, Rifky Aryadho Prananda, 2023, Identifikasi Risiko Pengoperasian Bulldozer Di Area Live Stockpile OPB 4 PT. Bukit Asam, Tbk. Volume 1, no 2. Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains
- [6] <https://rahayuspareparts.com/6-tipe-blade-pada-bulldozer-dan-fungsinya/> 2 oktober 2024