

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Undercarriage Excavator

Undercarriage adalah sekumpulan komponen yang berfungsi sebagai penompang beban pada *excavator* tipe *crawler*. Tugasnya adalah untuk mentransmisikan torsi dari mesin dan menghasilkan gaya cengkram agar . dapat bergerak.. Biasanya, *undercarriage* terdiri dari sejumlah komponen yang dirangkai menjadi satu kesatuan, seperti *track frame*, *track chain assembly*, *front idler*, *recoil spring*, *final drive*, *carrier roller*, *sprocket*, *rock guard*, *track roller*, dan *track guard*.

Sebuah *assembly undercarriage*, yang juga dikenal sebagai kerangka bawah, merupakan kumpulan komponen yang berfungsi untuk menopang unit *excavator* tipe *crawler*. Salah satu perannya adalah untuk mentransmisikan torsi dari mesin dan menciptakan gaya cengkram yang digunakan untuk mendorong unit maju atau mundur, serta menjaga kestabilan unit selama operasi.

Undercarriage berfungsi sebagai berikut:

1. Menopang dan meneruskan beban unit ke tanah.
2. Mengarahkan unit untuk bergerak maju, mundur, belok ke kanan, dan ke kiri dengan sistem *steering* dan *brake*.
3. Menjadi pembawa dan pendukung unit.



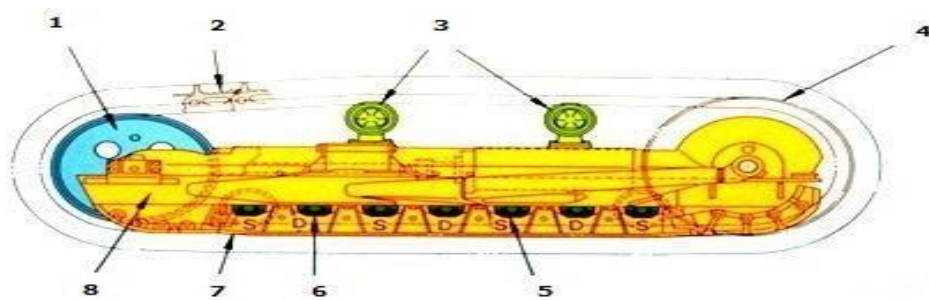
Gambar 2. 1 Excavator
Sumber : PC200 - Bing images

2.2.1 Klasifikasi Undercarriage

Undercarriage rigid dan semi-rigid ada dua jenis (PT United Tractor, 2011).

2.2.1.1 *Undercarriage tipe rigid*

Pada *undercarriage* tipe rigid, *front idler* tidak dilengkapi dengan *rubber pad*; akhir *drive* tidak memiliki *rubber bushing*; dan *equalizing beam* hanya ditempatkan secara langsung pada *main frame*.



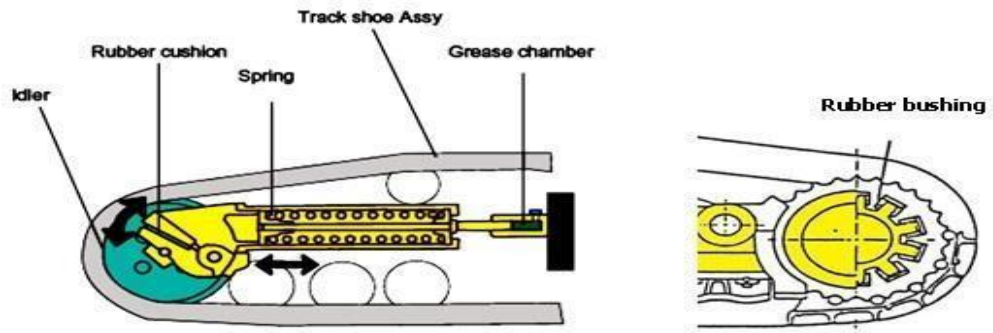
Gambar 2.2 *Track frame tipe rigid* (PT United Tractor. 2011)

Sumber : komponen *undercarriage* - Bing images

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1. Idler | 5. Track roller (single flange) |
| 2. Track shoe | 6. Track roller (double flange) |
| 3. Carrier roller | 7. Track roller guard |
| 4. Sprocket | 8. Track frame |

2.2.1.2 *Undercarriage tipe rigid*

Undercarriage tipe *equalizing beam* dihubungkan dengan *frame* menggunakan *pin*. Tipe kerangka ini memiliki *rubber pad* pada *track frame* dan *rubber bushing* pada *sprocket*.



Gambar 2.3 Track frame tipe semi rigid (PT United Tractor. 2011)

Sumber : Track Frame – Mekanik Alat Berat (penambang.com)

2.2.2 Klasifikasi Undercarriage

2.2.2.1 Undercarriage tipe rigid

Track frame merupakan elemen sentral dari *undercarriage* yang berfungsi sebagai tempat penempatan komponen-komponen *undercarriage* (kecuali *sprocket* yang langsung terhubung dengan *final drive*). Setiap unit *crawler tractor* biasanya dilengkapi dengan dua track frame yang terpasang di sisi kiri dan kanan unit.

Track frame adalah struktur yang terbuat dari baja dengan bentuk mirip kotak, dipasang secara saling menyilang, dan dihubungkan menggunakan plat baja yang dilas. Desain khusus dari *track frame* ini memungkinkannya untuk dapat menanggung beban kejut dengan baik, baik dalam kondisi kerja yang ringan maupun berat.



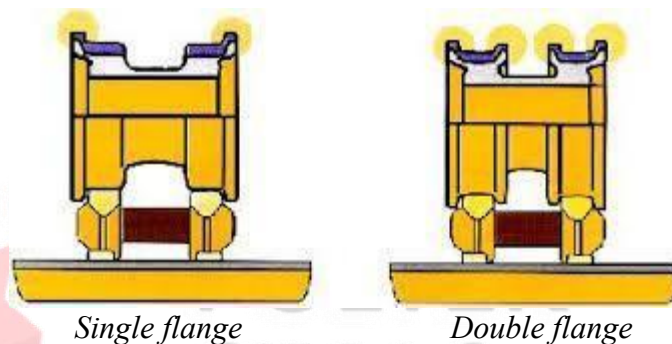
Gambar 2.4 Track frame

Sumber : Track frame undercarriage - Bing images

2.2.2.2 Undercarriage tipe semi rigid

Track roller merupakan sebuah roda yang terbuat dari baja, dan dipasang di bagian bawah rangka track. Fungsinya adalah untuk mendistribusikan beban unit ke *track* dan membantu mengarahkan track dengan lancar, bukan untuk menggulung *track*.

Track roller dipasang di bagian bawah *track frame* dan berfungsi untuk menopang sebagian besar bobot kendaraan. *Roller-roller* tersebut memiliki ukuran kecil dan ditempatkan secara berdekatan untuk memastikan tekanan yang merata pada *track*. Bobot kendaraan didistribusikan secara merata di seluruh permukaan dasar *track*. Dengan cara ini, *track* dapat menghasilkan gaya tarikan (*traction*) yang kuat dan mampu mengapung (*floatation*) dengan baik, seperti yang dijelaskan oleh Soesanto (2014)..

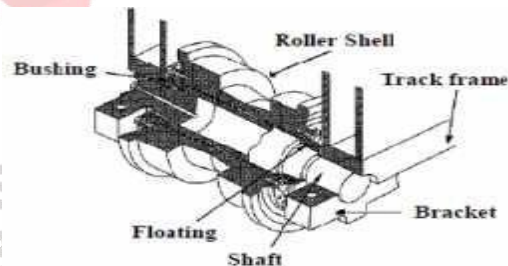


Gambar 2.5 Jenis track roller

Sumber : jenis tracks rollers single flanged double flange - Bing images

Beberapa komponen kunci dari *track roller* mencakup poros (*shaft*), *bracket*, *bushing*, *floating seals*, dan *casing roller* (*roller shell*).

Gambar 2.6 Track Roller



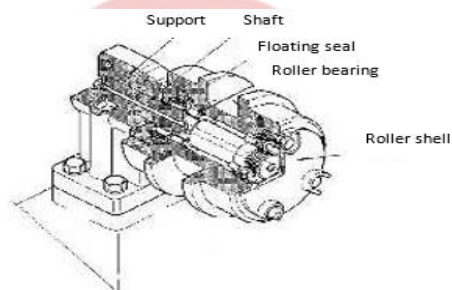
Sumber : Track Roller - Bing images

1. **Shaft** berfungsi sebagai tempat *track roller* ditempatkan saat berputar. *Shaft* ini memiliki ruang internal yang memastikan *track roller* tetap dilumasi dengan baik saat bergerak.
2. **Brackets** berada di ujung *shaft* dan berperan dalam mengunci dan menjamin *track roller* tetap terpasang dengan baik pada *track frame*.
3. **Bronze bushings** dipasang pada *shell* (bagian luar) dari *track roller*. Saat *track roller* berputar, oli dilumasi antara *shaft* (diam) dan *bushing* (yang berputar) untuk mengurangi gesekan dan panas yang dihasilkan.
4. **Floating seals** ditempatkan pada kedua ujung *bushing* dengan tujuan mencegah kebocoran oli dan mencegah kotoran masuk ke dalam sistem.

5. **Roller shell** terbuat dari bahan paduan yang kuat dan mengalami proses pengerasan permukaan untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan.

2.2.2.3 Carrier roller

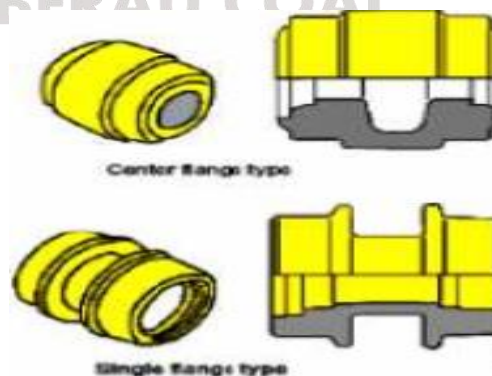
Carrier roller adalah elemen pada *undercarriage* yang berperan dalam menopang beban dari gulungan atas pada track shoe assembly agar tidak bengkok. Selain itu, komponen ini juga bertanggung jawab dalam menjaga agar gerakan *track shoe* tetap lurus antara *sprocket* dan *idler*.



Gambar 2.7 Carrier roller
sumber : Carrier roller - Bing images

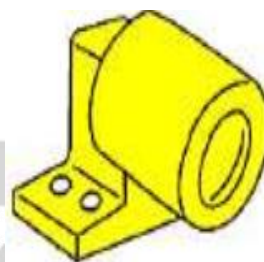
Jumlah *carrier roller* yang dipasang pada setiap sisi *track* bervariasi tergantung pada panjang *track*. Biasanya, terdapat satu atau dua *carrier roller* yang dipasang pada setiap sisi *track*.

Ada dua jenis *carrier roller* yang tersedia, yaitu tipe *flange* (*flange type*) dan tipe datar (*flat type*). Jenis *flange* dari *carrier roller* terbagi menjadi dua, yaitu *center flange* dan *single flange*...



Gambar 2.8 Carrier roller flange type
Sumber : Carrier roller flange type undercariage - Bing images

Pada umumnya, tipe *flensa* tengah digunakan pada unit *eksavator hidrolik*, *bulldozer* berukuran kecil, dan *dozer shovels*, sementara tipe flensa tunggal digunakan pada unit *bulldozer* dengan ukuran sedang hingga besar dan *dozer shovels*.



Flat Type Carrier Roller

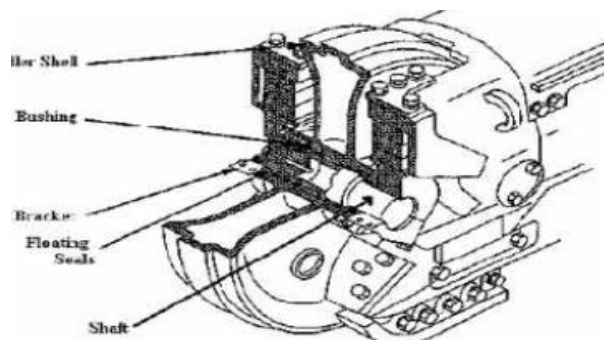
Gambar 2.9 Carrier roller flat type

Sumber : Carrier roller flat type - Bing images

Umumnya, *carrier roller* tipe dengan sering dipakai pada *hydraulic excavator* berukuran kecil.

2.2.2.4 Front idler

Pemalas depan berperan sebagai panduan untuk sambungan *track*, membantu dalam mengatur ketegangan dan mengendurkan *track*, serta meredam guncangan. Di dalam *idler* terdapat bushing dan poros beserta oli yang berfungsi sebagai pelumas.



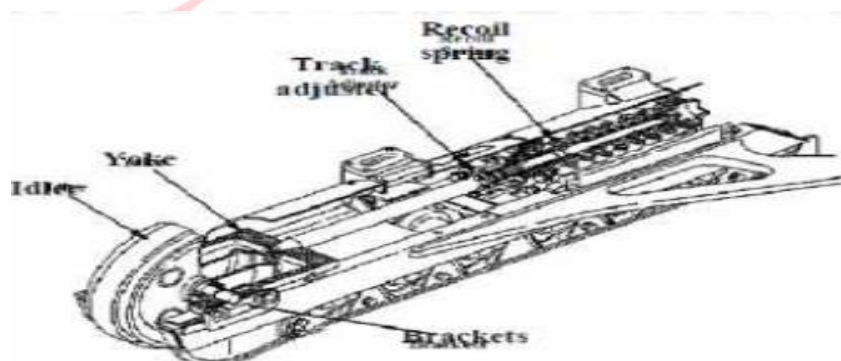
Gambar 2.10 Struktur Front idler

Sumber : Struktur Front idler - Bing images

2.2.2.5 *Front idler*

Recoil spring berperan sebagai penyerap kejutan yang berasal dari *front idler* saat alat bergerak. Fungsinya adalah untuk memperpanjang umur komponen dan meningkatkan kenyamanan operator dalam mengoperasikan alat tersebut. Saat unit bergerak, *front idler* akan bergerak maju/mundur dengan cara *sliding*, dan beban kejutan dari *idler* tersebut ditangani oleh *recoil spring*.

Track adjuster berfungsi untuk mempertahankan ketegangan *track shoe assembly* agar tetap optimal. Komponen ini berupa piston yang berada di dalam silinder. Ketegangan pada *track* dapat disesuaikan dengan cara mengisi atau melepaskan *grease* pada *silinder*..



Gambar 2.11 Struktur *recoil spring* dan *track adjuster*
sumber : Struktur *recoil spring* dan *track adjuster* - Bing images

2.2.2.6 *Sprocket*

"sprocket" dalam komponen undercarriage (sistem pergerakan) pada mesin berat, terutama digunakan pada alat berat seperti ekskavator, bulldoser, dan mesin-mesin lain dengan track atau rantai sebagai sistem pergerakannya.

Sprocket adalah roda gigi bergerigi yang bertanggung jawab untuk meneruskan tenaga gerak dari mesin ke *track* atau rantai yang ada di bawah mesin tersebut. *Sprocket* terhubung dengan poros tenaga dari mesin melalui mekanisme penggerak yang dapat memutar *sprocket*. Ketika *sprocket* berputar, gigi-gigi pada *sprocket* akan saling masuk ke dalam ruang antar gigi pada *track*.

Fungsi utama dari *sprocket* adalah:

1. **Penerusan Tenaga Gerak:** *Sprocket* meneruskan tenaga gerak dari mesin ke *track*. Ketika mesin menghasilkan gerakan berputar pada *sprocket*, *sprocket* akan mendorong atau menarik *track* melalui gigi-gigi yang masuk ke dalam *track*. Ini menghasilkan pergerakan mesin maju atau mundur, tergantung pada arah rotasi *sprocket*.
2. **Mengubah Putaran *Sprocket* Menjadi Gulungan pada *Track*:** *Sprocket* mengubah gerakan rotasi dari mesin menjadi gerakan *linear* pada *track*. Saat

- sprocket* berputar, *track* akan tergulung pada sekitar *sprocket* dan menghasilkan pergerakan mesin.
3. Mempertahankan Kekencangan *Track*: *Sprocket* membantu menjaga kekencangan *track* dengan menariknya secara konsisten dan merata. *Track* yang kencang penting agar mesin dapat beroperasi dengan stabil dan efisien.
 4. Mendukung Beban Berat: *Sprocket* harus dirancang dan dibuat dengan bahan yang kuat dan tahan lama karena harus menahan beban berat dari mesin dan muatan selama operasi.

Bushing (*ring* dan *pin*) adalah bagian penting lainnya dalam sistem *undercarriage*, yang memungkinkan *sprocket* berputar pada porosnya dan menurunkan gesekan yang berlebihan antara *sprocket* dan porosnya. *Bushing* terbuat dari bahan yang tahan aus untuk mengurangi keausan dan memperpanjang umur pakai *sprocket*.

Secara keseluruhan, *sprocket* dan *bushing* dalam komponen *undercarriage* bekerja sama untuk memastikan pergerakan yang lancar dan efisien dari alat berat dengan menggunakan sistem *track* atau rantai sebagai sarana pergerakan.

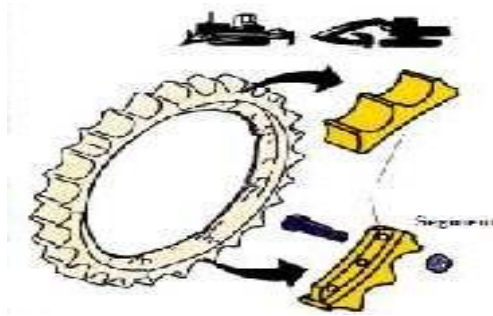


Gambar 2.12 Solid sprocket

Sumber : solids sprockets undercarriage - Bing images

Sprocket tipe segmen terdiri dari tiga segmen yang terhubung dengan hub dari *final drive*. Kelebihan dari jenis *sprocket* ini adalah kemudahan dalam penanganan dan penggantian, karena tidak memerlukan alat khusus. Selain itu, keuntungan lainnya adalah bahwa segmen dapat diganti satu per satu secara terpisah, berbeda dengan *sprocket solid* yang harus diganti sebagai satu kesatuan.

Namun, kelemahan dari *sprocket* tipe segmen adalah kemungkinan mudah kendur dibandingkan dengan *sprocket solid*. Hal ini disebabkan oleh area jepitan atau pengikatan baut pada setiap segmen yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tipe *solid*.

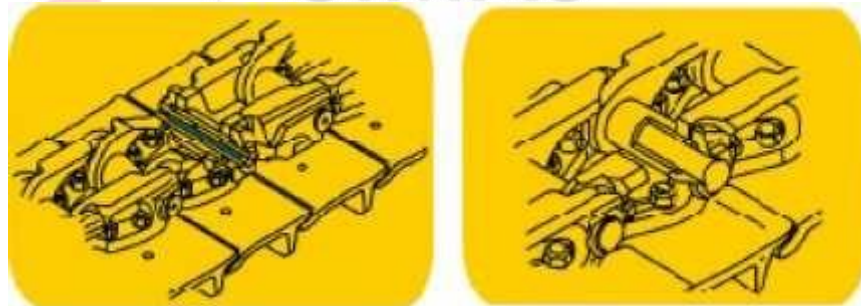


Gambar 2.13 Segment Sprocket

Sumber : Segment Sprocket - Bing images

2.2.2.7 Track Link

Track link berfungsi sebagai komponen yang mengubah gerakan putar menjadi gerakan gulungan dan sebagai tempat penopang untuk *track roller*. Fungsi ini memungkinkan unit (atau alat berat lainnya) untuk bergerak dengan lancar. Komponen utama dan bagian dari *track link* terdiri dari *link* (gulungan), *pin* (penyangga), *bushing* (penahan), dan *seal assy* (perangkat penutup).



POLITEKNIK SINAR MAS BERAU COAL

Gambar 2.14 menunjukkan Oil Sealed Track Link (sebelah kiri) dan Grease Sealed Track Link (sebelah kanan).

Sumber: Oil Sealed Track Link (sebelah kiri) dan Grease Sealed Track Link (sebelah kanan) - Bing images

Ada dua jenis *Track link*, yaitu "*grease sealed track*" dan "*sealed and lubricated type track*". Jenis "*grease sealed track*" biasanya digunakan pada alat berat seperti *small dozer* dan *excavator*. Sedangkan, "*sealed and lubricated type track*" lebih sering digunakan pada alat berat ukuran medium dan besar, seperti dozer berukuran medium dan besar.

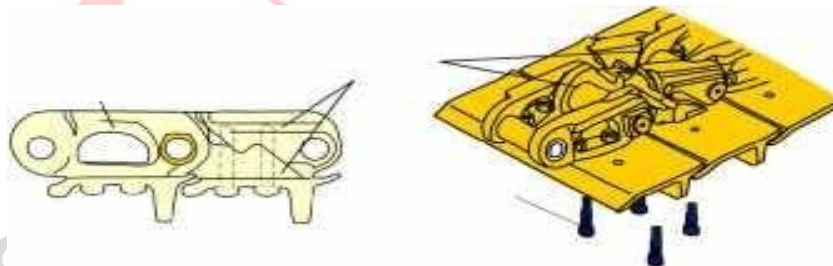
Perbedaan utama antara kedua jenis *Track link* terletak pada media pelumas yang digunakan. "*Grease sealed track*" menggunakan pelumas berupa *grease* (gemuk), sementara "*sealed and lubricated type track*" menggunakan pelumas berupa *grease* atau minyak (oil). Fungsi dari pelumasan ini adalah untuk mengurangi gesekan antara *pin* dan *bushing*, sehingga mengurangi keausan internal pada *Track link*. Selain itu, pelumasan juga membantu mengurangi perpanjangan "*link pitch*" pada *Track link*.

1. Link

Berfungsi untuk :

1. Menumpu berat unit ke landasan.
2. Tempat kedudukan *pin*, *bushing* serta *track shoe*.
3. Tempat bersinggungan dengan *roller* saat *crawler tractor* diam maupun bergerak.
4. Menghubungkan dan memutuskan rangkaian *crawler* (hanya pada *master link*).

Link terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Master link* dan *Regular link*. *Master link* berperan dalam memutuskan atau menghubungkan rangkaian *track link assembly*. Rangkaian tersebut dapat diputus atau disambung dengan mengendurkan baut yang mengikat *track shoe* dengan *link*.



Gambar 2.15 Contoh gambar *master link*

Sumber : Contoh gambar *master link undercarriage* - Bing images

2. Pin dan Bushing

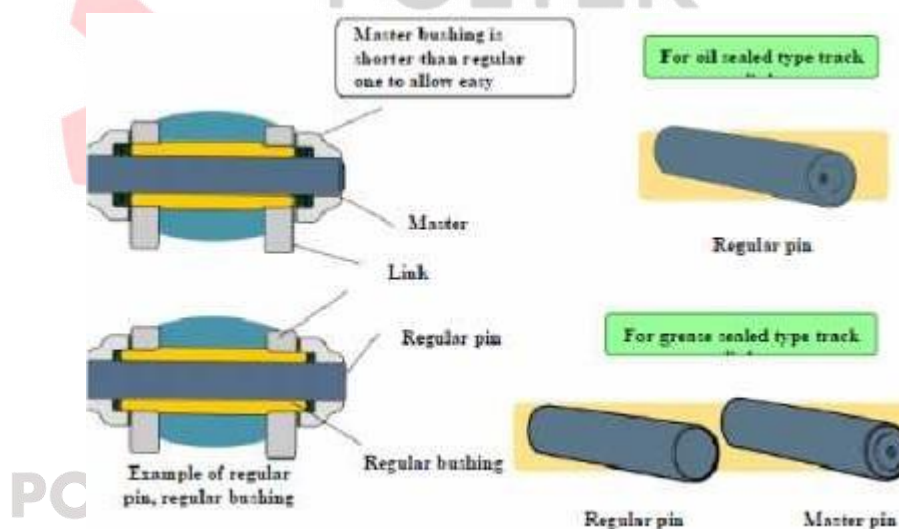
Pin berperan dalam menyambungkan dan memutuskan tautan satu dengan yang lain, sementara *bushing* berfungsi untuk memberikan fleksibilitas saat jalur bergerak atau tergulung.



Gambar 2.16 *Bushing*Sumber : *bushing undercarriage* - Bing images

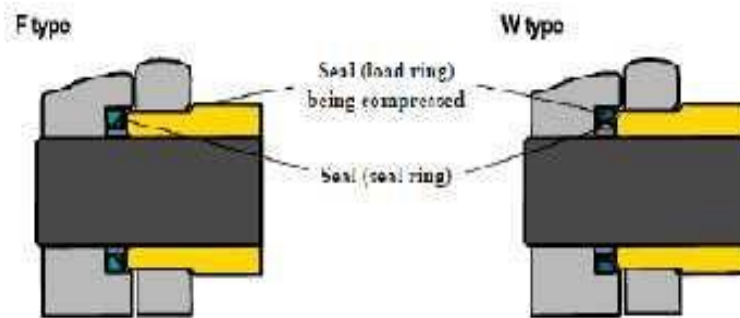
Persyaratan utama untuk sebuah *pin* adalah memiliki kemampuan untuk menahan tekanan dan keausan yang konstan, sedangkan kriteria utama untuk sebuah *bushing* adalah memiliki toleransi kelelahan yang baik dan ketahanan terhadap keausan.

Seperti *link*, *pin*, dan *bushing* juga terbagi menjadi dua jenis, yaitu *master* (*pin* dan *bushing*) dan *regular* (*pin* dan *bushing*). *Master pin* dan *regular pin* memiliki ukuran diameter yang sama dan permukaan yang rata. Namun, *master pin* memiliki *chamfered* dan *center bore* tambahan yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses identifikasi. Sementara itu, *master bushing* memiliki diameter yang sama dengan *regular bushing*, tetapi ukurannya lebih pendek dari *regular bushing*, hal ini dilakukan agar proses penggantian menjadi lebih mudah.

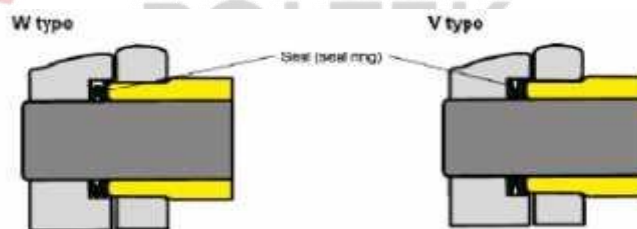
Gambar 2.17 *Master dan regular Pin*Sumber : *master dan regular pin undercarriage* - Bing images

3. Seal

Seal memiliki peran penting dalam mencegah kebocoran oli dan mencegah masuknya kotoran dari luar ke dalam komponen. Pada *track link*, terdapat beberapa jenis seal yang digunakan tergantung pada jenis track link yang dipakai. Untuk tipe *sealed and lubricated track link* (*SALT type*), *seal tipe F* dan *tipe W* digunakan. Sedangkan untuk *track link tipe grease sealed type*, *seal tipe W* dan *tipe V* digunakan..



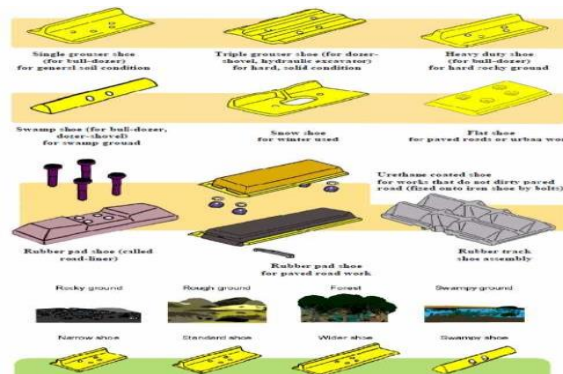
Gambar 2.18 Tipe Seal untuk Sealed dan lubricated Track Type
 Sumber : Tipe Seal untuk Sealed dan lubricated Track Type - Bing images



Gambar 2.19 Tipe Seal untuk Grease Sealed Track Type
 Sumber : Tipe Seal untuk Sealed dan lubricated Track Type - Bing images

2.2.2.8 Track shoe

Track shoe memiliki fungsi penting dalam menciptakan *traksi* dan memudahkan manuver pada *crawler traktor*. Sama seperti memilih jenis sepatu yang sesuai untuk kita, memilih *track shoe* yang tepat juga menjadi hal yang sangat penting. Pemilihan *track shoe* yang tidak tepat dapat menyebabkan traktor mudah tergelincir dan mengurangi daya dorong dan tarikan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan kondisi landasan tempat *traktor* akan beroperasi saat memilih jenis *track shoe* yang sesuai. Dengan memperhatikan kondisi landasan, kita dapat memilih *track shoe* yang akan memberikan performa terbaik dan meningkatkan efisiensi operasional *traktor*.



Gambar 2.20 Tipe *Track Shoe*Sumber : Tipe *Track Shoe undercarriage* - Bing images

2.2 Dasar Teori Perhitungan *Performance Maintenance*

Penelitian ini memanfaatkan data kualitatif sebagai sumber untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi. Data ini diperoleh dari catatan historis yang mencatat kerusakan komponen *undercarriage*.

MTBF (Mean Time Between Failures) adalah waktu rata-rata antara dua kegagalan peralatan, dihitung dari saat peralatan diperbaiki hingga mengalami kegagalan kembali. *Performance maintenance* digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi kinerja mesin produksi (Dhilon, 2006).

Mean Time to Repair (MTTR) adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh teknisi untuk memperbaiki malfungsi peralatan saat terjadi (Dhillon, 2006). Di sisi lain, ketersediaan (*availability*) mengacu pada perbandingan antara waktu pemrosesan aktual dan waktu yang telah ditentukan sebelumnya (Dhillon, 2006).

$$MTBF = \frac{\text{Total operation time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$Availability = \frac{\text{Total Operation time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Kerusakan dapat dianalisis dengan menggunakan tiga metode, yaitu diagram pareto, FMEA, dan diagram *Fishbone*. Diagram pareto merupakan grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan kejadian masalah yang paling sering terjadi (Ishikawa, 1976). Sementara itu, *FMEA* adalah pendekatan untuk mengidentifikasi bagian atau proses yang berpotensi mengalami kegagalan dalam memenuhi spesifikasi, menghasilkan cacat, atau ketidaksesuaian, serta mengevaluasi dampaknya pada pelanggan jika mode kegagalan tersebut tidak dicegah atau diperbaiki (Stamatis, 1995).

2.3 FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ialah sebuah pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bentuk kegagalan yang mungkin terjadi, sehingga setiap kegagalan fungsi dapat diidentifikasi, dan juga untuk mengevaluasi dampak dari setiap bentuk kegagalan tersebut. Tahapan-tahapan analisis *FMEA* meliputi:

- a. Identifikasi kegagalan potensial.
- b. Identifikasi akibat kegagalan.
- c. Analisis tingkat keseriusan kegagalan.

- d. Identifikasi fungsi produk.
- e. Identifikasi sebab-sebab kegagalan.
- f. Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*.

FMEA merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menilai potensi terjadinya kegagalan pada suatu sistem, desain, proses, atau layanan. Dalam pendekatan ini, setiap jenis kegagalan dievaluasi berdasarkan frekuensi kemunculan, tingkat dampak, dan kemampuan deteksi masing-masing (Stamatis, 1995).

Tingkat kejadian (*occurrence*) menggambarkan seberapa sering kemungkinan terjadinya penyebab tertentu yang dapat menyebabkan kegagalan produk saat digunakan. Penilaian tingkat kejadian didasarkan pada perkiraan frekuensi atau jumlah kumulatif dari kegagalan yang mungkin terjadi (Stamatis, 1995).

Tingkat keparahan (*severity*) mencerminkan tingkat seriusnya dampak yang dihasilkan. Dalam situasi ini, setiap kegagalan dinilai berdasarkan tingkat keparahannya. Terdapat hubungan langsung antara dampak dan tingkat keparahan, sehingga semakin serius dampak yang terjadi, semakin tinggi nilai tingkat keparahan yang diberikan. Sebagai contoh, jika dampak yang timbul sangat kritis, maka nilai tingkat keparahan akan tinggi. Sebaliknya, jika dampaknya tidak terlalu kritis, maka nilai tingkat keparahan akan sangat rendah (Stamatis, 1995).

Di sisi lain, nilai *detection* terkait dengan tingkat pengendalian saat ini. *Detection* adalah ukuran dari kemampuan untuk mengontrol atau mengatasi kegagalan yang mungkin terjadi (Stamatis, 1995).

Risk Priority Number (RPN) diperoleh melalui perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. RPN digunakan untuk memberikan prioritas pada kegagalan yang dievaluasi. Secara mandiri, RPN tidak memiliki nilai atau makna standar (Stamatis, 1995). Namun, nilai RPN digunakan untuk mengidentifikasi tindakan korektif yang sesuai berdasarkan nilai numerik yang diperoleh (Jannah, Supriyadi, & Nalhadi, 2017).

Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan, langkah pertama adalah mendefinisikan tingkat keparahan (*Severity*), tingkat kejadian (*Occurrence*), dan tingkat deteksi (*Detection*). Dari ketiga faktor ini, kita dapat menghitung *Risk Priority Number (RPN)* yang merupakan hasil akhir dari analisis *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*.

$$RPN = S \times O \times D$$

Memberikan pendekatan evaluasi alternatif untuk Analisis Kritis. Jumlah prioritas risiko total menawarkan estimasi numerik kualitatif dari risiko desain. *RPN* didefinisikan sebagai produk dari tiga faktor independen yang dinilai:

S = *Saverity* (tingkat keparahan)

O = *Occurrence* (tingkat kejadian)

D = *Detection* (deteksi)

Berikut tahapan-tahapan dalam perhitungan metode *FMEA* :

Tabel 2. 1 Pengukuran terhadap nilai *severity*

Dampak	Kriteria keparahan	Peringkat
Tidak ada dampak	1. Tidak ada dampak terhadap sistem produksi atau layanan jasa maupun produk atau hasil jasa	1
Sangat Kecil	2. Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk atau hasil jasa masih ada keluhan hanya dari konsumen tertentu	2
Kecil	3. Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk atau hasil jasa masih ada keluhan dari hanya dari konsumen tertentu	3
Rendah	4. Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi tidak memerlukan perbaikan	4
Sedang	5. Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi masih bisa diperbaiki	5
Signifikan	6. Kinerja produk tidak sempurna tetapi masih bisa difungsikan atau hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen	6
Mayor	7. Sedikit mengganggu kelancaran proses produksi atau layanan jasa 8. Kinerja produk tidak sempurna tetapi masih bisa difungsikan atau hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen	7
Ekstrem	9. Mengganggu kelancaran proses atau layanan jasa	8

	10. Proses tidak dapat dioperasikan (100% <i>scrap</i>) atau hasil jasa sangat tidak memuaskan (0% tingkat kepuasan)	
Serius, Kegagalan terjadi dengan peringatan	11. Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah 12. Menghasilkan produk atau hasil jasa yang membahayakan konsumen	9
Bahaya, kegagalan terjadi tanpa ada peringatan	13. Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah 14. Menghentikan pengoprasian sistem produk atau layanan jasa	10

Tabel 2. 2 Pengukuran terhadap nilai *occurance*

Dagre	Berdasarkan Frekuensi kejadian	Rating
Remote	0,001 per 1000 item	1
Low	0,1 per 1000 item	2
	0,5 per 1000 item	3
Moderate	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
High	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
Very High	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Tabel 2. 3 Pengukuran terhadap nilai *detection*

Rating	Kriteria	Berdasarkan frekuensi kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul.	0,001 per 1000 item
2	Kemungkinan penyebab terjadinya sangat rendah	0,1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadinya bersifat moderat. Metode pencegahan kadang mungkin mungkin penyebab itu terjadi.	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	Kemungkinan penyebab terjadinya masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif. Penyebabnya masih berulang kembali.	10 per 1000 item
8		20 per 1000 item

9	Kemungkinan penyebab terjadi masih	50 per 1000 item
10	sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif.	100 per 1000 item

Setelah melakukan pengukuran terhadap tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*), langkah berikutnya adalah menentukan nilai RPN menggunakan rumus berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Angka dalam persamaan (4) digunakan sebagai identifikasi risiko serius sebagai panduan untuk tindakan atau perbaikan melalui diagram fishbone. Diagram sebab-akibat ini juga dikenal sebagai diagram tulang ikan atau diagram Ishikawa, yang dinamai dari Profesor Kaoru Ishikawa, yang menunjukkan faktor-faktor penyebab dan karakteristik. Prinsip yang digunakan adalah brainstorming atau sumbang saran, yaitu teknik untuk mendapatkan pendapat kreatif melalui diskusi bebas (Ishikawa, 1976). Ada lima faktor berpengaruh yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Faktor manusia (*man*)
- Faktor metode (*method*)
- Faktor alat (*machine*)
- Faktor lingkungan (*material*)
- Faktor material atau bahan (*environment*)

Risk Priority Number (RPN) adalah ukuran yang digunakan untuk menilai risiko untuk mengidentifikasi "mode kegagalan kritis" yang terkait dengan desain atau proses. Nilai *RPN* berkisar dari 1 (kemungkinan terbaik) hingga 1000 (kemungkinan terburuk). *RPN FMEA* umumnya digunakan di industri dan memiliki kemiripan dengan angka kekritisian yang digunakan untuk tujuan serupa.

- Saverity (S)
- Saverity X Occurrence (S X O) - Criticality
- Saverity X Occurrence X Detection (S x O x D) = RPN

Gambar 2.21 Rumus RPN

Sumber : Sumber : <http://ubpsuralaya.blogspot.com/2010/01/fmea-rpn.html>

Risk Priority Number (RPN) adalah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi risiko dan membantu mengidentifikasi "mode kegagalan kritis" yang terkait dengan desain atau proses. Nilai *RPN* biasanya berkisar dari 1 (kemungkinan terbaik) hingga 1000 (kemungkinan terburuk). *RPM FMEA* umumnya digunakan

di industri dan memiliki kesamaan dengan angka tingkat kekritisannya yang digunakan. Berikut adalah faktor-faktor yang membentuk RPN dan cara menghitungnya untuk masing-masing mode kegagalan (suralaya_2012).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan oleh para insinyur untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan dan dampaknya. Metode ini berfungsi sebagai alat terstruktur yang membantu dalam analisis dan pemikiran sistematis. *FMEA* digunakan untuk menilai tingkat keandalan suatu sistem dan menentukan konsekuensi dari setiap kegagalan yang mungkin terjadi. Kegagalan diklasifikasikan berdasarkan dampaknya terhadap kesuksesan atau keberhasilan dari fungsi sistem secara keseluruhan. Secara umum, *FMEA* fokus pada tiga aspek utama, yaitu:

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk dan proses selama siklus hidupnya.
- Efek dari kegagalan tersebut.
- Tingkat kekritisannya efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

FMEA merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis kondisi sebuah sistem dan faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan dalam mencapai persyaratan keandalan dan keamanan sistem, desain, dan proses. Tujuan dari *FMEA* adalah untuk memberikan informasi dasar tentang prediksi keandalan sistem, desain, dan proses. Dalam industri pertambangan, terdapat lima jenis *FMEA* yang dapat diterapkan, yaitu System, berfokus pada fungsi sistem secara global.

- Design*, berfokus pada desain produk.
- Process*, berfokus pada proses produksi, dan perakitan.
- Service*, berfokus pada fungsi jasa.
- Software*, berfokus pada fungsi *software*.

Berikut ini adalah tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan *FMEA* :

- Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya.
- Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan.
- Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses.
- Untuk membantu fokus *engineer* dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

Dari penerapan *FMEA* pada perusahaan, maka akan dapat diperoleh keuntungan-keuntungan yang sangat bermanfaat untuk perusahaan antara lain :

- Meningkatkan kualitas, keandalan, dan keamanan produk.
- Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
- Meningkatkan citra baik dan daya saing perusahaan.
- Mengurangi waktu dan biaya pengembangan produk.
- Memperkirakan tindakan dan dokumen yang dapat mengurangi resiko.

Output dari proses *FMEA* adalah :

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar *critical characteristic* dan signifikan *characteristic*.
- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

FMEA merupakan dokumen yang berkembang terus semua pembaharuan dan perubahan siklus pengembangan produk dibuat untuk produk atau proses. Perubahan ini dapat dan sering digunakan untuk mengenal mode kegagalan baru. Mengulas dan memperbaharui *FMEA* adalah penting terutama ketika :

- Produk atau proses baru diperkenalkan.
- Perubahan dibuat pada kondisi operasi produk atau proses diharapkan berfungsi.
- Perubahan dibuat pada produk atau proses, dimana produk atau proses berhubungan. Jika desain produk dirubah, maka proses terpengaruh begitu juga sebaliknya.
- Konsumen memberikan indikasi masalah pada produk atau proses.

2.4 Penelitian sebelum

Tabel 2. 4 Judul Tabel: peneliti pendahulu

Penelitian / Tahun	Permasalahan	Pemecahan Kerangka	Hasil
Pada tahun 2017, Irfan Maulana, Akhyar Ibrahim, dan Darmein melakukan analisa kerusakan komponen <i>undercarriage excavator</i> Hitachi EX200 di PT. Grup Takabeya	Karena perawatan komponen <i>excavator</i> mencakup banyak hal, penulis hanya akan fokus pada penyebab kerusakan komponen <i>Undercarriage</i> yang paling umum terjadi, seperti <i>Track roller</i> , <i>carrier roller</i> , <i>sprocket</i> , <i>idler</i> , <i>track link</i> (<i>bushing and link</i>), and <i>track shoe</i> . Kerusakan tersebut disebabkan oleh kondisi lahan yang tidak memenuhi standar	Berdasarkan analisis data lapangan, <i>Maintenance Record</i> , dan wawancara dengan mekanik PT. Takabeya Perkasa Group, ditemukan informasi tentang waktu kerusakan dan durasi perbaikan. Dari data tersebut, dapat dihitung <i>Downtime</i> , yaitu total waktu ketika suatu <i>Equipment</i> tidak dapat beroperasi karena	Berdasarkan penelitian lapangan, catatan pemeliharaan, dan wawancara dengan mekanik dari PT. Takabeya Perkasa Group, telah ditemukan informasi tentang waktu dan durasi perbaikan saat terjadi kerusakan. Dari data tersebut, dapat dihitung <i>Downtime</i> , yang merupakan total waktu ketika suatu

Perkasa menggunakan metode <i>Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)</i> .	yang diharapkan untuk komponen-komponen tersebut. Untuk menganalisis kerusakan ini, penulis menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .	mengalami kerusakan (<i>failure</i>).	peralatan tidak dapat beroperasi karena mengalami kerusakan (<i>failure</i>).
Pada tahun 2021, Irfan dan Sulaiman Ali melakukan analisis mengenai kerusakan dan perbaikan <i>Track Roller</i> pada <i>Excavator</i> Hitachi Zaxis 200E yang dimiliki oleh PT. Beurata Subur Persada.	Analisis Kerusakan <i>Track Roller</i> dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pengujian: 1. <i>Performance test</i> dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada <i>undercarriage</i> excavator. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dan performa <i>undercarriage</i> pada excavator. Hitachi Zaxis 200E, terdapat beberapa komponen yang saling berhubungan. Metode ini bertujuan untuk mengenali keausan dan kerusakan yang terjadi akibat gesekan antar komponen dalam <i>undercarriage</i> . 2. <i>Operating test</i> digunakan untuk menguji kemampuan dan menemukan kendala yang dapat menyebabkan kerusakan pada <i>undercarriage</i> excavator. Pengujian ini dilakukan dengan	Hasil analisis dari data lapangan, catatan <i>Maintenance Record</i> , dan wawancara dengan mekanik PT. Takabeya Perkasa Group mengungkapkan informasi mengenai waktu terjadinya kerusakan dan durasi perbaikan. Dari data tersebut, dapat dihitung lama <i>Downtime</i> yang dialami. <i>Downtime</i> merujuk pada total waktu ketika suatu <i>Equipment</i> tidak dapat beroperasi akibat kerusakan (<i>failure</i>) yang terjadi.	Berdasarkan analisis mengenai keausan dan sisa umur pakai komponen <i>track roller excavator</i> Hitachi Zaxis 200E, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1. Penggunaan komponen <i>track roller</i> secara terus-menerus menyebabkan peningkatan persentase keausan. Pada 240 jam penggunaan, persentase keausan komponen <i>track roller</i> sebesar 15,8%. Pada 480 jam, persentase keausan meningkat menjadi 35,0%, dan pada 720 jam, persentase keausan mencapai 63,3%. 2. Penggunaan komponen <i>track roller</i> secara terus-menerus juga mengakibatkan berkurangnya sisa usia pakai komponen.

	cara menghidupkan mesin dan mengoperasikan <i>excavator</i>. Jika terdapat kendala atau kerusakan pada <i>undercarriage</i>, akan terlihat tidak normalan dalam operasi <i>excavator</i>. 3. <i>Thermogun test</i> dilakukan untuk mengukur suhu pada komponen <i>undercarriage</i> yang bersentuhan dan saling bergesekan saat <i>excavator</i> dioperasikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen <i>undercarriage</i> yang mungkin terjadi akibat gesekan berlebihan saat <i>excavator</i> beroperasi.		Berdasarkan prediksi, sisa usia pakai komponen yang tersisa adalah 256 jam, di mana komponen tersebut kemungkinan memiliki masa pakai yang lebih lama sebelum mengalami keausan yang signifikan.
Satria irvan afif /2019/analisa mekanis komponen <i>track roller excavator</i>	Karena kompleksitas analisis komponen <i>excavator</i> yang sangat luas, penulis membatasi fokus perhatian pada beberapa aspek khusus, yakni gaya tekan, momen inersia, dan metode pelumasan pada komponen <i>undercarriage</i> yang terletak di bagian <i>track roller</i>, yang merupakan area yang sering mengalami kerusakan.	Dengan menggunakan data spesifikasi bobot pada saat operasi sebesar 41500 lb (1 lb = 0,45359 kg), dapat dihitung bahwa beban (m) yang diterima oleh setiap roller adalah sekitar 1344,57 kg karena <i>excavator</i> menggunakan 14 <i>roller</i>. Selain itu, beban yang diterima oleh setiap sisi pada satu <i>roller</i> adalah sekitar 672,285 kg. Namun, terdapat	Prosedur ini mencakup inspeksi dan perawatan komponen yang terhubung secara langsung dengan <i>roller excavator</i>. Selain itu, perawatan juga dilakukan pada komponen <i>undercarriage</i>, termasuk <i>roller</i>, selama <i>excavator</i> beroperasi.

		kendala medan yang menyebabkan excavator terlalu berat untuk dilintasi, sehingga terjadi pemakaian yang berlebihan pada excavator. Akibatnya, terjadi momen inersia sebesar 0,0378 kg.m² yang diterima oleh <i>track roller</i> jika terjadi kemacetan pada <i>track roller</i>.	
--	--	--	--

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL