

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan merupakan kegiatan pengambilan material berharga dari dalam bumi, baik berupa logam, mineral, batubara, maupun bahan tambang lainnya yang digunakan untuk mendukung berbagai sektor industri. Di Indonesia, industri pertambangan memegang peranan strategis dalam pembangunan nasional karena kontribusinya terhadap devisa negara, penyerapan tenaga kerja, serta pemenuhan kebutuhan energi dan bahan baku industri. Apabila kegiatan penambangan batu bara tidak di kelola dengan baik dan benar akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan,. Secara lingkungan, keberadaan pertambangan batubara menimbulkan dampak terhadap perubahan bentang alam, penurunan kesuburan tanah, terjadinya ancaman terhadap keanekaragaman hayati, penurunan kualitas air, penurunan kualitas udara serta pencemaran lingkungan. (Reno Fitriyanti, 2016)

Industri pertambangan merupakan salah satu sektor vital dalam perekonomian Indonesia. Untuk menunjang kegiatan operasionalnya, digunakan berbagai jenis alat berat, salah satunya adalah *dump truck* Komatsu HD 785-7. Alat berat ini berfungsi untuk mengangkut material tambang dalam jumlah besar, sehingga memiliki peran penting dalam kelancaran proses produksi. *Dump truck* ini memiliki kemampuan angkut material hingga ± 100 ton dan beroperasi dalam kondisi medan ekstrim di tambang terbuka, dan *unit* ini juga sangat cocok untuk kondisi jalan tambang yang tidak rata dan membawa beban besar dalam waktu lama. HD 785-7 berperan sebagai alat angkut utama dari area *front loading* (penggalian) ke area *dumping* atau *crusher*. Sering digunakan bersama *excavator* berkapasitas besar seperti PC 1250 atau *shovel* seperti Komatsu PC 2000, *dump truck* ini menjadi tulang punggung logistik material tambang.

Proses Pada saat melakukan *On Job Training (OJT)* di Pt. Petrosea site batu kajang pada bulan agustus hingga desember didapati sebuah masalah saat melakukan proses *remove pin torque rod* kendalanya yaitu pada saat penggantian *pin torque rod* ditemukan kesulitan yang dimana posisi yang sempit dibawah kolong *unit* dan dibutuhkan *man power* 3-4 orang agar pekerjaan dapat terlaksana dengan maksimal. *Tool* atau alat yang digunakan sebelumnya pada saat melakukan pekerjaan *remove pin torque rod* hanya menggunakan palu namun tindakan tersebut tidak aman/*safety* dikarenakan *tool* yang digunakan dapat memiliki potensi *slip* atau *miss contact*.

Berdasarkan masalah yang terjadi di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan membuat alat yang dapat memudahkan pada saat proses *remove pin torque rod*. Pentingnya alat ini juga terletak pada pengaruhnya terhadap keselamatan dan kenyamanan kerja di lapangan, dengan penggunaan alat yang tepat, dan proses perawatan yang bagus dapat dilakukan dengan lebih aman, serta meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan kerusakan pada komponen alat berat. Oleh karena itu, pengembangan *special tool* untuk *remove pin torque rod* ini memiliki nilai tambah yang signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan memperpanjang umur *unit* HD 785-7.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat, berikut adalah rumusan masalah dalam penelitian ini.

1. Bagaimana rancangan *special tool remove pin torque rod* pada *unit* Komatsu HD 785-7?
2. Apakah *special tool* tersebut mampu menahan beban kerja aktual selama proses pelepasan pin torque rod?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tugas akhir yang berjudul rancang bangun *special tool remove pin torque rod* Komatsu HD 785-7 di PT. Petrosea site batu kajang tidak menyimpang

dari hal yang di harapkan, maka penulis memberikan batasan masalah, adapun batasan masalah yang ditentukan oleh penulis sebagai berikut:

1. Tidak dilakukannya pengujian *destructive test*, pengujian kekuatan hanya dilakukan menggunakan *software solidworks simulation*.
2. Desain alat hanya digunakan untuk *unit* Komatsu HD 785-7.
3. *Tool* ini dibuat hanya untuk membantu pekerjaan *remove torque rod* di *unit* Komatsu HD 785-7 pada *workshop* PT. Petrosea site KJA batu kajang.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan terdiri atas 2 tujuan:

- a) Untuk mengetahui Merancang dan membuat *tool* untuk proses *remove pin torque rod* secara efisien dan aman.
- b) Untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi alat yang dirancang terhadap metode kerja sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat yang didapat dari penulisan tugas akhir yaitu adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi alat bantu kerja yang lebih aman dan efisien dalam proses pelepasan *pin torque rod* pada *unit* Komatsu HD 785-7.
2. Mempercepat waktu pengerjaan *maintenance* sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja di lingkungan industri alat berat.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan tugas akhir ini di susun menjadi beberapa bagian yaitu:

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Pada bagian ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB 2: LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori-teori dasar yang mencangkup pada perpecahan masalah yang ada di karya tulis ini.

3. BAB 3: METODOLOGI PENELETIAN

Berisi tentang tanggal dan waktu peneltian, jenis penelitian, metode penelitian dan lampiran data.

4. BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dan pembahasan dari hasil penelitian yang telah di lakukan.

5. BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisa yang telah di lakukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Memuat daftar-daftar sebagai refrensi yang di gunakan penulisan dengan menyusun tugas akhir.

7. LAMPIRAN

Berisi tentang data pendukung yang ada sebagai penunjang penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Torque rod pada *unit* Komatsu HD 785-7 memiliki peran yang sangat penting dalam sistem suspensi dan kestabilan kendaraan, khususnya dalam menghadapi beban berat dan kondisi jalan yang tidak rata di area tambang yang dimana berfungsi untuk menahan pergerakan longitudinal (maju-mundur) dari *axle* agar tetap sejajar dan tidak bergeser ketika *unit* mengalami akselerasi, deselerasi, atau saat melaju di medan tidak rata.

Torque rod pada *dump truck* seperti Komatsu HD 785-7 juga berperan dalam menjaga keseimbangan antara sasis dan *axle*. *Torque rod* menghubungkan sasis dengan *axle* dan membantu menjaga keseimbangan serta kenyamanan pengemudi. Komponen ini harus dirawat secara berkala untuk memastikan kinerja optimal dan mencegah kerusakan pada sistem suspensi.

Komponen *torque rod* ini berperan penting dalam sistem suspensi *hidropneumatik*, dimana *rod* berperan menjaga *link* antara *differential* dan sasis agar tetap stabil saat melewati medan tidak rata. Ini menegaskan peran penting *torque rod* dalam menstabilkan gandar belakang meredam getaran, dan memastikan posisi *axle* tetap akurat saat pergerakan *unit* atau medan berat (Rasma et al., 2018).

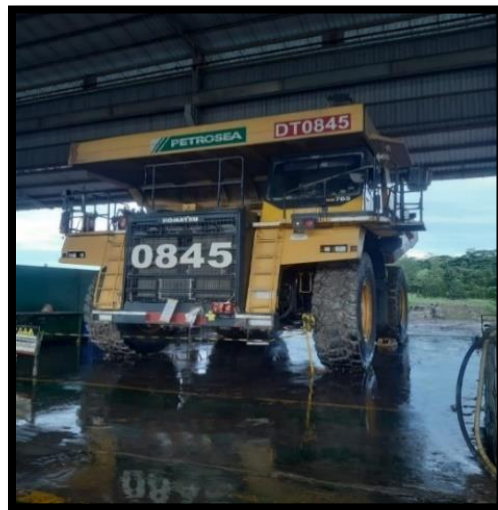
2.2 Rancang Bangun

Rancang bangun merupakan suatu proses sistematis yang terdiri dari tahapan perencanaan, perancangan, dan realisasi suatu produk teknik guna menyelesaikan masalah spesifik. Dalam konteks teknik mesin dan alat berat, rancang bangun melibatkan kegiatan identifikasi kebutuhan teknis, penyusunan konsep desain, pemilihan material, analisis kekuatan, serta proses manufaktur produk secara terintegrasi untuk mencapai solusi yang fungsional.

Menurut (Rudi et al., 2021) rancang bangun adalah penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa sebuah perangkat, atau kegiatan menerjemahkan hasil analisa ke dalam bentuk perangkat keras atau alat yang lebih baik dari yang sudah ada.

Menurut (Pressman, 1996) dalam bukunya *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, rancang bangun (dalam konteks rekayasa perangkat lunak) mencakup aktivitas perancangan arsitektur, komponen, antarmuka, dan data dari sistem yang dikembangkan.

2.3 Unit Komatsu HD 785-7



Gambar 2.1 Unit Komatsu 785-7
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.1 menunjukkan *unit* Komatsu HD 785-7 yang merupakan salah satu alat berat yang khusus digunakan di pertambangan untuk mengangkut material dalam jumlah besar, seperti batu bara, batuan, maupun tanah penutup. Unit ini termasuk kategori *off-highway truck* yang memang dirancang untuk bekerja di medan berat dengan beban muatan yang tinggi. Dengan kapasitas bak yang besar, mesin bertenaga, serta rangka yang kokoh, HD 785-7 mampu beroperasi secara efisien dalam kondisi kerja yang ekstrem. Dari sisi desain, dump truck ini dilengkapi ban berukuran besar, bak angkut dengan dinding tebal, serta sistem penggerak yang kuat sehingga aman dan

stabil saat membawa muatan penuh. Selain itu, teknologi mesin dan transmisi yang digunakan juga mendukung kinerja unit agar tetap bertenaga namun tetap hemat bahan bakar. Tidak hanya itu, faktor kenyamanan operator juga diperhatikan melalui desain kabin dan sistem kontrol yang mudah dioperasikan. Keberadaan Komatsu HD 785-7 sangat penting dalam mendukung kelancaran operasional tambang. Dengan kemampuan angkut yang tinggi dan daya tahan yang baik, unit ini sering dijadikan pilihan utama perusahaan tambang untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menekan biaya operasional (Ervil & Putri, 2018).

2.4 Torque Rod



Gambar 2.2 *torque rod*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Torque rod berfungsi untuk menghubungkan sasis dengan *rear axle* (poros belakang). Komponen ini dirancang untuk menahan gaya torsi yang dihasilkan oleh perputaran roda belakang, serta gaya aksial yang timbul selama pengereman atau akselerasi. Dengan demikian, *torque rod* membantu mencegah pergeseran lateral atau rotasi yang tidak diinginkan pada *rear axle*, memastikan roda tetap sejajar dan stabil di permukaan jalan. *Torque rod* biasanya terdiri dari dua batang yang di pasang secara diagonal atau horizontal dari *housing differential* belakang menuju ke *main frame* bagian tengah. Posisi dan pemasangan ini dibuat agar dapat menahan gaya puntir

(torsional) dari *differential* saat torsi besar dialihkan, membatasi pergerakan *axial axle* ke depan dan ke belakang (Komatsu, 2018).

Torque rod juga berkontribusi terhadap kestabilan *unit* secara keseluruhan terutama saat *unit* medan tidak rata, mengangkut muatan penuh (*overload*), mengalami beban torsional dan beban aksial secara bersamaan. Tanpa *torque rod*, gerakan *axle* yang tidak terkontrol dapat menyebabkan guncangan berlebih, mengganggu kenyamanan operator, mempercepat keausan suspensi, dan bahkan menimbulkan resiko kecelakaan karena hilangnya kendali atas kendaraan.

Torque rod bekerja seperti penahan utama terhadap pergerakan tidak diinginkan dari *axle*. Hal ini membuat beban tidak langsung diteruskan ke suspensi belakang, sehingga umur pakainya lebih panjang, *mounting transmisi* dan *driveshaft* mencegah terjadinya *misalignment*. Secara keseluruhan *torque rod* membuat sistem suspensi dan penggerak bekerja lebih seimbang dan tahan lama, serta mengurangi potensi kerusakan sistem akibat guncangan dan beban torsi.

2.5 Safety Factor

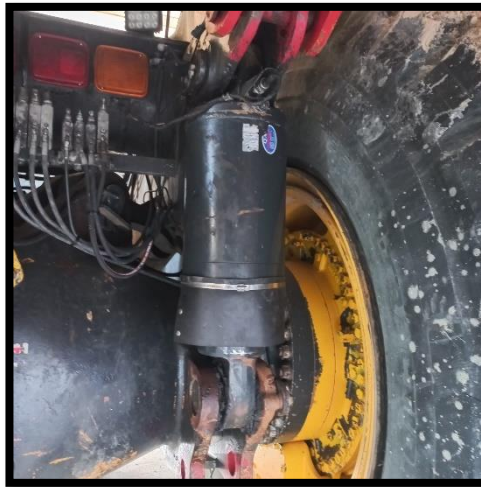
Faktor keamanan atau *safety factor* (sf) adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan. Sebagai perhitungan kekuatan keamanan pada penggunaan pada rancang kalangan *engineer*, khususnya di bidang elemen mesin. Faktor keamanan elemen dan sistem struktur sangat tergantung pada ketahanan struktur (F_u : bahan dan geometri), dan beban yang bekerja (F_i : beban mati, beban hidup, dan sebagainya.) sebagaimana diperlihatkan pada rumus *safety factor* berikut:

$$\text{Safety Factor} = \frac{f_u \text{ (ultimate strenght)}}{f_i \text{ (max working load)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2.1), faktor keamanan dihitung dengan membandingkan antara kekuatan maksimum bahan (*ultimate strenght*, f_u) terhadap beban kerja maksimum yang diterima (*maximum working load*, f_i). Dengan

kata lain, nilai *safety factor* menunjukkan seberapa besar kemampuan suatu material atau komponen menahan beban di atas batas beban kerjanya. Semakin besar nilai faktor keamanan, maka semakin tinggi pula tingkat keandalan dan keselamatan dari elemen atau struktur yang dianalisis.

2.6 Suspensi Komatsu HD 785-7



Gambar 2.3 Suspensi Komatsu HD 785-7
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sistem suspensi pada Komatsu HD 785-7 berfungsi sebagai penyangga berat sasis *unit*, dan penyerap kejutan yang timbul dari permukaan jalan yang tidak rata, untuk memberikan kenyamanan operasi bagi operator. Selain itu, juga mempertahankan kestabilan *unit* dengan memastikan bahwa ke-4 roda selalu menyentuh tanah. Sehingga memungkinkan *unit* dapat memperlihatkan semua kemampuannya, misal saat berakselerasi, *braking*, dan berbelok meskipun *travel* pada kecepatan tinggi (PETROSEA, 2022).

Hydropneumatic cylinder digunakan sebagai *suspension cylinder* untuk mengurangi kejutan. Pada *hydropneumatics cylinder*, *suspension cylinder* diisi (*sealed*) dengan oli dan gas nitrogen yang bekerja sebagai peredam kejut/*shock absorber* (*spring & damper*) dengan menyusutkan (*contracting*) dan memuaikan (*Expanding*) gas nitrogen dan oli untuk meredam beban dari permukaan jalan. Pada sistem ini,

kekuatan *suspension* secara otomatis dirubah dengan pemilihan *dumping force* untuk menyesuaikan dengan kondisi jalan dan beban sehingga meningkatkan kestabilan dan kenyamanan operasi (PETROSEA, 2022).

2.7 SolidWorks

Menurut (Hendrawan et al., 2018) *solidworks* adalah *software* pendukung membantu proses desain suatu rancangan. *Software* ini juga merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) yang memiliki kemampuan membuat model 2 dimensi maupun 3 dimensi yang berguna untuk membantu proses pembuatan desain *prototype* 2 dimensi maupun 3 dimensi secara visual, serta untuk melakukan analisis rekayasa dan simulasi produk.

Menurut (*Book Engineering Design with SOLIDWORKS 2018 and Video Instruction*, 2018) *solidworks* memberikan kemudahan dalam merancang komponen mekanik secara detail dengan pendekatan parametrik, yaitu sistem pengeditan model yang di dasarkan pada dimensi dan hubungan antar bagian. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dengan cepat memodifikasi desain jika terjadi perubahan spesifikasi.

2.8 Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan dua material, biasanya logam atau termoplastik, dengan cara melelehkan kedua permukaan material tersebut sehingga tercipta sambungan yang kuat setelah mendingin. Pengelasan merupakan salah satu teknik fabrikasi utama dalam industri manufaktur, konstruksi, otomotif, hingga pertambangan.

Menurut (Khalfallah et al., 2024) proses pengelasan tidak hanya menyatukan logam secara permanen, tetapi juga memengaruhi mikrostruktur dan sifat mekaniknya, terutama pada logam las (*weld metal*) dan daerah terdampak panas (*HAZ*). Perubahan temperatur tinggi dapat menimbulkan transformasi fasa, pembesaran butir kristal, serta perubahan kekerasan dan kekuatan tarik. Setiap metode las seperti TIG, MIG, FSW, maupun laser *welding* memberi pengaruh berbeda, sementara faktor seperti *heat input*,

kecepatan pendinginan, dan jenis logam dasar sangat menentukan performa mekanik sambungan.

2.9 Job Safety Analysis (JSA)

Job Safety Analysis (JSA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai risiko, dan menetapkan langkah pengendalian pada setiap tahapan pekerjaan yang akan dilakukan. JSA sering juga disebut *Job Hazard Analysis* (JHA), dan merupakan bagian dari kajian risiko kualitatif dalam sistem manajemen K3. Metode ini berfungsi mencegah kecelakaan kerja, dan kerusakan fasilitas melalui pendekatan sistematis mulai dari penentuan langkah kerja hingga cara pengendalian (Marfiana et al., 2019).

Adapun tujuan dari pembuatan JSA yaitu mengidentifikasi bahaya, menentukan metode pengendalian yang tepat agar risiko dapat diminimalkan, meningkatkan kesadaran dan kepedulian pekerja terhadap keselamatan kerja, dan menjaga komunikasi antara efektif antara pengawas dan pekerja mengenai bahaya dan prosedur aman.

2.10 Rumus Perhitungan Alat

Dalam proses kerja *special tool* untuk melepas *pin torque rod*, terdapat beberapa perhitungan dasar yang digunakan untuk mengetahui gaya dan tegangan yang terjadi pada alat. Perhitungan ini penting agar alat dapat bekerja secara optimal dan mampu menahan beban kerja yang diberikan. Adapun rumus yang digunakan antara lain sebagai berikut:

- Gaya Tekanan Hidrolik

Gaya pada sistem hidrolik dapat dihitung dengan persamaan:

$$F = P \times A \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

F = gaya yang dihasilkan oleh tekanan (N)

P = tekanan fluida (Pa = N/m²)

A = luas penampang piston atau bidang tekan (m²)

2.11 Teori Analisis *Safety*

Analisis *safety* merupakan salah satu aspek paling penting dalam proses perawatan dan pekerjaan mekanik pada unit alat berat. Setiap aktivitas pemeliharaan, terutama yang dilakukan di area terbatas seperti di bawah dump truck, memiliki potensi bahaya yang dapat menyebabkan cedera ringan hingga kecelakaan fatal. Menurut (OSHA 3071, 2002) keselamatan kerja adalah upaya sistematis untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan tindakan pengendalian yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Dalam konteks pekerjaan mekanik, risiko dapat timbul dari berbagai sumber, seperti pergerakan komponen, penggunaan alat bantu yang tidak tepat, tekanan hidrolik, benturan, maupun kelelahan pekerja. Pada kondisi ini, analisis *safety* berfungsi untuk mengevaluasi apakah suatu metode kerja—baik konvensional maupun menggunakan alat bantu—memiliki tingkat risiko yang dapat diterima (*acceptable risk*). (Vol et al., 2022)

2.12 Teori Analisis Waktu

Analisis waktu adalah proses pengukuran dan evaluasi terhadap durasi suatu pekerjaan untuk menentukan tingkat efisiensi metode kerja. Dalam aktivitas maintenance alat berat, waktu pengerjaan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas unit, karena semakin lama unit berada di *workshop*, semakin besar potensi *downtime* dan penurunan produksi.

Menurut (Wikipedia & Study, 2025), waktu kerja dipengaruhi oleh empat factor utama:

- 1) Metode kerja yang digunakan
- 2) Ketersediaan dan efektivitas alat bantu
- 3) Tingkat keahlian kerja
- 4) Lingkungan kerja

Melalui analisis waktu inilah dapat terlihat bahwa *special tool* memberikan peningkatan efisiensi meskipun perbedaan menit terlihat kecil, namun sangat berarti dalam skala operasional maintenance yang dilakukan secara berulang.

2.13 Teori Analisis *Manpower*

Manpower atau tenaga kerja adalah jumlah pekerja yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas secara efektif dan aman. kebutuhan *manpower* dalam pekerjaan mekanik sangat dipengaruhi oleh kompleksitas pekerjaan, penggunaan alat bantu, dan tingkat risiko pekerjaan. (Rustinawati & Lestariningsih, 2021).

Pada pekerjaan perawatan alat berat, menentukan jumlah tenaga kerja yang tepat bertujuan untuk:

- 1) Mencegah *over manpower* (terlalu banyak pekerja).
- 2) Menghindari *under man power* (Tenaga tidak cukup sehingga berbahaya).
- 3) Meningkatkan keamanan kerja.
- 4) Mengoptimalkan waktu penyelesaian pekerjaan
- 5) Mengurangi beban fisik pekerja.

Analisis *manpower* digunakan untuk mengetahui perubahan kebutuhan jumlah pekerja dan menilai apakah penggunaan *special tool* memberikan keuntungan dari sisi efisiensi tenaga kerja, keselamatan, dan ergonomi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah penelitian terapan (*applied research*) dengan pendekatan *field research*, yaitu berdasarkan pengalaman langsung penulis selama menjalani *On Job Training* (OJT) di PT Petrosea, khususnya di *site* kideco jaya agung (KJA) batu kajang. Dalam proses pekerjaan di *workshop*, penulis menemukan bahwa pada saat melakukan pelepasan *pin torque rod* pada *unit* Komatsu HD 785-7 masih dilakukan secara manual, sehingga muncul risiko kecelakaan kerja yang fatal. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penulis melakukan perancangan dan pembuatan *special tool remove pin torque rod* agar proses pelepasan komponen menjadi lebih aman, cepat dan presisi. Proses perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD yaitu *SolidWorks*. Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi:

1. Observasi

Penulis melakukan pengamatan langsung terhadap proses pelepasan *pin torque rod* di *workshop* PT petrosea tepatnya di *site* KJA batu kajang. Pengamatan ini mencakup prosedur kerja, waktu pengerjaan, dan hambatan yang sering terjadi.

2. Dokumentasi

Mengumpulkan data berupa foto dan catatan teknis dari pekerjaan yang dilakukan selama OJT. Dokumentasi ini digunakan sebagai referensi dalam proses perancangan alat.

3. Wawancara

Melakukan tanya jawab dengan *supervisor*, mekanik senior di area kerja terkait kebutuhan dan spesifikasi teknis alat bantu yang dibutuhkan dalam pekerjaan *remove pin torque rod unit* Komatsu HD 785-7.

3.2 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di *workshop* PT. Petrosea, *Site* batu kajang yang dilaksanakan dari bulan agustus 2024 sampai desember 2024.

3.3 Peralatan dan Bahan

Dalam proses perancangan dan pembuatan alat, diperlukan berbagai peralatan serta bahan pendukung agar pekerjaan dapat terlaksana dengan baik. Pemilihan peralatan bertujuan untuk mempermudah proses pemotongan, penyambungan, hingga perakitan, sedangkan pemakaian bahan ditujukan untuk memastikan alat yang dibuat memiliki kekuatan, ketahanan, serta kualitas sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.3.1 Peralatan

1. Mesin las merupakan mesin yang mempermudah pekerjaan manusia dalam penyambungan logam. Ada dua jenis yang biasanya dipakai oleh manusia, yaitu mesin las karbit dan mesin las listrik. Yang mana keduanya mempunyai keunggulan masing-masing sebagai penyambung logam. Adapun cara kerjanya bisa dibilang sama, yaitu dengan memberikan arus panas diantara 2 logam yang didekatkan agar kedua logam tersebut dapat tersambung dengan kuat.

2. Gerinda tangan merupakan *power tools* yang memiliki fungsi yang bermacam-macam. Berbagai fungsi tersebut diantaranya yaitu untuk meratakan suatu permukaan, menajamkan suatu alat, memotong atau membentuk suatu permukaan.

3. *Fire blender* alat yang membantu dan mempermudah pekerjaan saat melakukan pemotongan besi atau baja yang tebal dengan cepat dan presisi.

4. *Safety gloves* berfungsi untuk melindungi daerah sekitar jari tangan dari benda panas dan benda tajam.

5. *Safety helmet* atau helm keselamatan berfungsi untuk melindungi kepala terhadap benturan dan untuk menutup kepala atau rambut terhadap debu, kotoran, panas, dan lai-lain

6. *Safety shoes* dipakai untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, percikan cairan kimia yang berbahaya, terkena cairan panas, dan menginjak benda tajam.

7. *Safety goggles* dipakai untuk melindungi mata dari percikan api akibat pengelasan ataupun serpihan akibat menggerinda material.

3.3.2 Bahan

1. Plat baja merupakan komponen yang sangat sering digunakan dalam industri terutama dalam industri otomotif, industri perkapalan, alat transportasi, keperluan alat rumah tangga bahkan keperluan bangunan. Plat baja memiliki ketahanan unggul terhadap korosi dimana dapat mengurangi kontaminasi minimum.

2. Kawat las sebagai media untuk menyambung antara dua material dengan teknik pengelasan.

3.4 Metode Pengujian

Metode pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa *special tool* yang dirancang dapat bekerja sesuai fungsi, aman digunakan, serta terbukti lebih efisien dibanding metode manual. Pengujian dilakukan secara langsung pada unit alat berat Komatsu HD 785-7 dengan metode eksperimen dan observasi lapangan.

3.4.1 Pengujian Fungsional

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *special tool* mampu menjalankan fungsi utamanya, yaitu membantu proses pelepasan *pin torque rod* secara stabil, aman, dan tanpa merusak komponen. Pengujian melibatkan pemasangan alat, pengoperasian *hydraulic jack*, pengamatan respon mekanis *pin*, serta evaluasi kelancaran proses. Hasilnya menunjukkan apakah alat memenuhi spesifikasi rancangan dan dapat digunakan di lapangan.

3.4.2 Pengujian Efisiensi Waktu

Pengujian waktu dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat durasi pekerjaan menggunakan metode manual serta metode dengan *special tool*. Pengujian

ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar penghematan waktu yang dihasilkan oleh penggunaan alat baru. Proses meliputi pencatatan waktu persiapan, proses pelepasan pin, hingga penyelesaian pekerjaan.

3.4.3 Pengujian *Safety*

Pengujian keselamatan mengacu pada metode *Job Safety Analysis (JSA)*. Pada tahap ini, potensi bahaya pada metode manual dan metode menggunakan *special tool* diidentifikasi kemudian dibandingkan. Setiap potensi bahaya dinilai tingkat risikonya berdasarkan kemungkinan terjadinya dan tingkat keparahan dampaknya. Hasil pengujian ini menunjukkan apakah penggunaan *special tool* dapat menurunkan tingkat risiko pekerjaan serta meningkatkan keselamatan operator.

3.4.4 Pengujian *ManPower*

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan jumlah tenaga kerja yang diperlukan antara metode manual dan metode *special tool*. Dengan melakukan observasi langsung, diperhatikan berapa banyak pekerja yang terlibat, seberapa berat beban fisik yang ditanggung operator, serta bagaimana tingkat keterlibatan operator pada setiap tahapan pekerjaan. Tujuannya adalah mengetahui apakah *special tool* dapat mengurangi beban kerja dan kebutuhan tenaga kerja.

3.5 Model-Model Pengujian

Model pengujian digunakan sebagai pendekatan ilmiah untuk mengevaluasi performa alat dan membandingkannya dengan metode manual.

3.5.1 Model Pengujian Waktu

Model ini digunakan untuk mengevaluasi durasi kerja dengan cara membagi pekerjaan ke dalam beberapa elemen, melakukan pencatatan waktu, dan menganalisis konsistensi hasil yang diperoleh. Model ini membantu mengetahui durasi kerja aktual, waktu ideal, serta identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan waktu antara metode manual dan penggunaan *special tool*.

3.5.2 Model Pengujian Risiko

Model ini digunakan untuk mengukur tingkat risiko pada setiap metode kerja. Pendekatan matriks risiko mempertimbangkan dua faktor utama, yaitu kemungkinan suatu kecelakaan terjadi dan tingkat keparahan dampaknya. Dengan model ini, dapat ditentukan kategori risiko mulai dari rendah hingga ekstrem. Model ini sangat sesuai untuk menilai efektivitas *special tool* dalam menurunkan risiko dibanding metode manual.

3.5.3 Model Pengujian Kinerja Alat

Model ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan alat dalam memberikan gaya dan stabilitas yang diperlukan dalam pelepasan *pin torque rod*. Meskipun tidak menggunakan perhitungan dalam penjelasan ini, model tersebut mengevaluasi apakah alat bekerja dengan lancar, stabil, tidak macet, dan mampu menahan beban kerja sesuai operasional sebenarnya.

3.6 Model Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengolah hasil pengujian menjadi informasi yang dapat disimpulkan secara ilmiah.

3.6.1 Analisis Perbandingan Waktu

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan waktu total yang diperlukan saat menggunakan metode manual dan *special tool*. Dari hasil tersebut dapat diketahui apakah terjadi penghematan waktu kerja dan bagaimana kontribusi *special tool* terhadap peningkatan produktivitas.

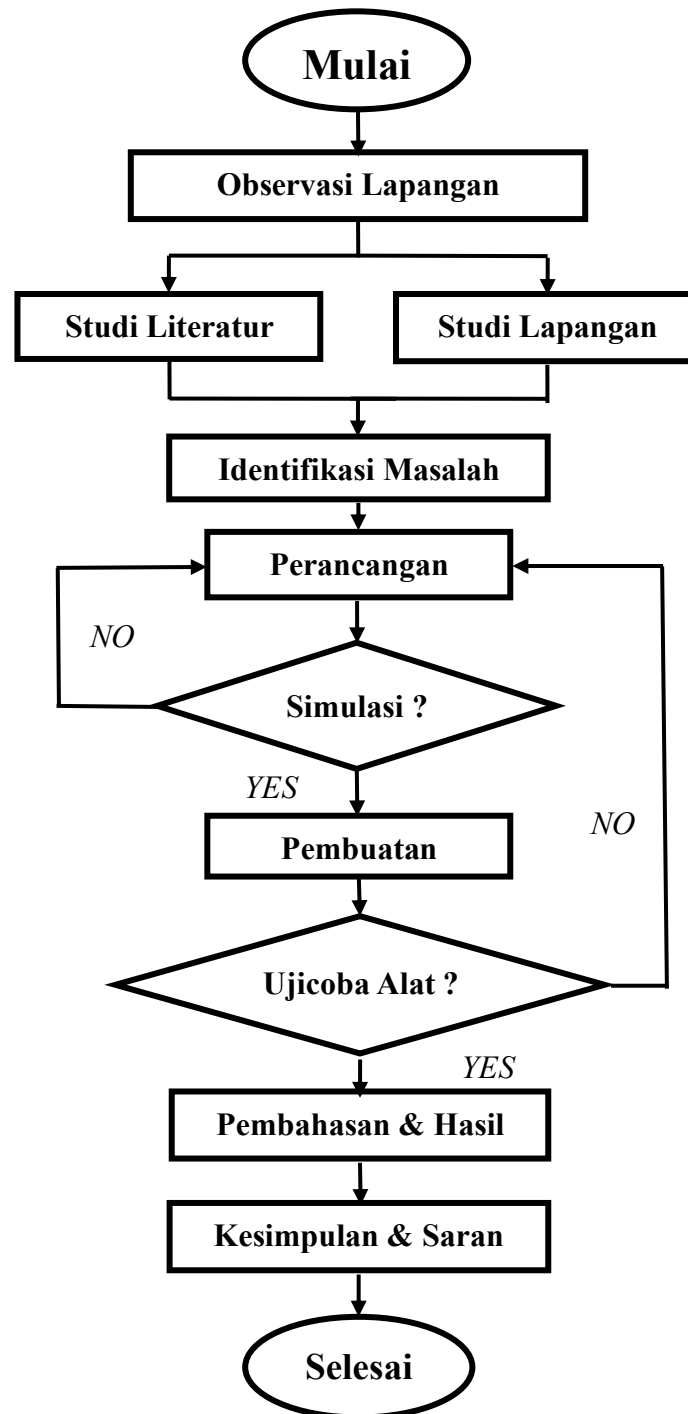
3.6.2 Analisis Penurunan Risiko Kecelakaan Kerja

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan waktu total yang diperlukan saat menggunakan metode manual dan *special tool*. Dari hasil tersebut dapat diketahui apakah terjadi penghematan waktu kerja dan bagaimana kontribusi *special tool* terhadap peningkatan produktivitas.

3.6.3 Analisis Efisiensi *Man Power*

Data mengenai jumlah pekerja yang terlibat dan beban kerja fisik operator dianalisis untuk mengetahui apakah *special tool* mampu mengurangi kebutuhan tenaga kerja dan meningkatkan ergonomi. Pengurangan jumlah pekerja menunjukkan bahwa alat berhasil mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia dan meningkatkan efektivitas pekerjaan.

3.7 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.1 Identifikasi Masalah

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini, maka masalah yang ingin diselesaikan diidentifikasi secara jelas. Dari hasil studi lapangan yang didapat penulis menemukan suatu masalah yaitu saat melakukan proses *remove pin torque rod* masih menggunakan *tool* manual yang dapat lebih banyak memakan waktu dan risiko kecelakaan kerja yang fatal, maka dari itu muncul ide untuk membuat rancangan *special tool remove pin torque rod*. Diharapkan dari alat ini dapat meningkatkan keamanan saat melakukan proses *remove pin torque rod* dan mempermudah pekerjaan tersebut.

3.7.2 Studi Lapangan

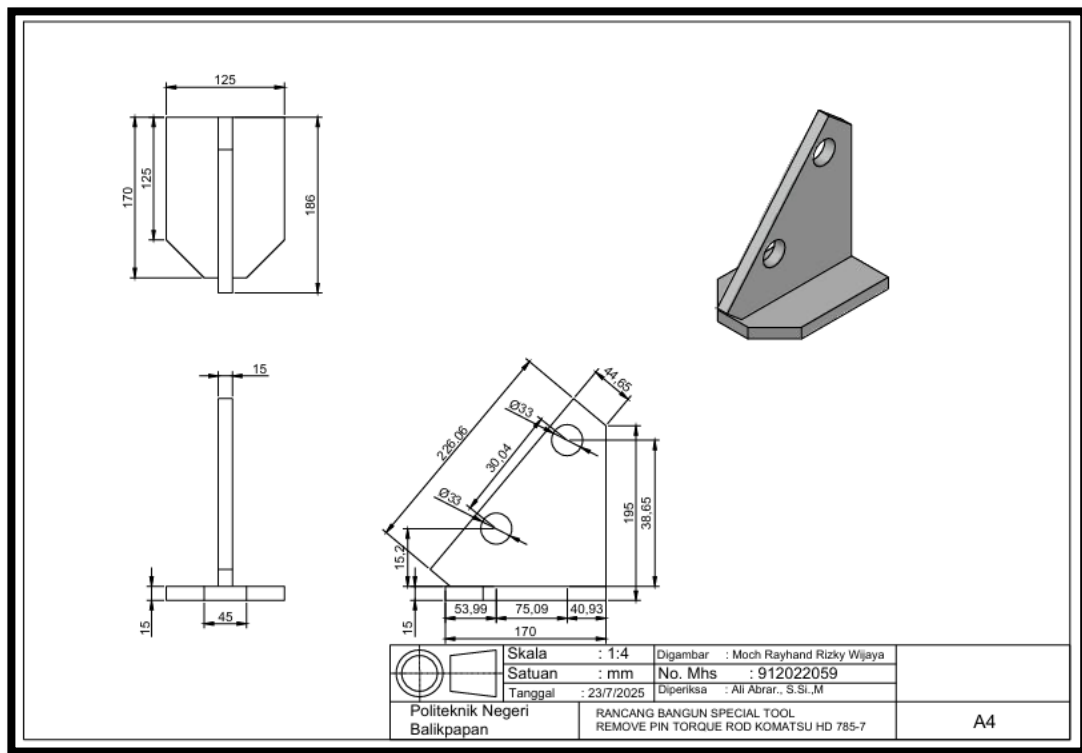
Penulis melakukan tinjauan langsung di lokasi untuk mengetahui masalah yang terjadi dan melakukan pengambilan data berupa dokumentasi.

3.7.3 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan cara yang dipakai untuk mengumpulkan data data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang dibahas dalam suatu penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sumber yang digunakan oleh penulis adalah dari *shop manual*, *jobsheet* atau sumber lain dari internet.

3.7.4 Perancangan Tool

Penulis merancang *special tool remove pin torque rod* berdasarkan dari data-data yang telah dikumpulkan oleh penulis. Perancangan alat dimulai dari perancangan desain gambar teknis dengan alat tulis & ukuran, kemudian menggunakan *software Solidworks* dan dilanjutkan dengan memilih bahan serta memperhitungkan kekuatan dari alat yang akan penulis rancang. Berikut dibawah ini adalah rancangan alat dari penulis.



Gambar 3.2 Rancangan Desain
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.5 Simulasi Tool

Pembuatan *tool* rancang bangun *special tool remove pin torque rod*, dimulai dari perakitan *tool* sesuai dengan desain gambar teknik, pengukuran bahan yang akan digunakan, dan dilanjutkan dengan memilih bahan serta memperhitungkan kekuatan dari komponen yang digunakan menggunakan *software solidworks*.

3.7.6 Pembahasan dan Hasil

Tahap ini membahas hasil yang diperoleh dari simulasi penggunaan *special tool remove pin torque rod*, Pembahasan difokuskan pada kemampuan alat dalam menyesuaikan dengan kondisi komponen, potensi kesalahan yang diminimalkan dengan adanya alat ini, serta efektivitas alat dari sisi teknis operasional dan juga aspek kemudahan penggunaan di lapangan.

3.7.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, penulis menyimpulkan keseluruhan proses mulai dari perancangan, pembuatan, hingga simulasi penggunaan *special tool*. Disampaikan pula kelebihan alat dalam mendukung proses pelepasan *pin torque rod* secara lebih presisi, serta identifikasi keterbatasan alat. Penulis menyarankan agar alat ini mendapatkan penambahan variasi ukuran atau desain modular sehingga dapat digunakan pada *unit* lain dan juga menggunakan material baja dengan daya tahan yang lebih tinggi sehingga daya tahan alat meningkat dan dapat digunakan dalam jangka panjang.

3.8 *Timeframe* perancangan dan pembangunan alat

Timeframe disusun untuk mengatur tahapan perancangan dan pembangunan alat secara terstruktur, mulai dari penentuan judul hingga seminar tugas akhir. Dengan jadwal yang jelas, penelitian dapat berjalan lebih efisien dan sesuai target. *Timeframe* lengkap ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Timeframe* Perancangan & pembangunan Alat

NO	KEGIATAN	BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Penentuan Judul	■											
2	Penyusunan Proposal	■	■	■	■	■							
3	Sidang Proposal						■						
4	Pembuatan Alat							■					
5	Pengujian Alat							■					
6	Penyusunan Tugas Akhir						■	■	■				
7	Seminar Tugas Akhir									■	■		

Keterangan :

■ : Sudah dikerjakan

■ : Belum dikerjakan

Sesuai dengan tabel di atas, pentingnya *timeframe* ini adalah untuk memastikan penelitian berjalan dengan baik dan terencana, sehingga pembuatan tugas akhirpun menjadi lebih efisien.