

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bulldozer

Bulldozer adalah mesin berat yang digunakan untuk mendorong, menarik, dan menggali material seperti pasir, tanah, dan sebagainya. Buldoser dapat dioperasikan di medan berlumpur, berbatu, berbukit. Jenis alat berat bertipe tractor menggunakan rantai serta dilengkapi pisau (*blade*) yang terletak di depan (Hendro dkk,2023).

Unit bulldozer model Komatsu D85ESS-2 ini berasal dari Jepang dan di distribusikan di Indonesia oleh ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk)*PT. United Tractors*. *Bulldozer Komatsu D85ESS-2* banyak di gunakan di industri konstruksi,pertambangan,energi dan kehutanan.selain terbukti kehandalannya pelayanan purna jual yang baik serta pengoperasian dan perawatan yang sederhana dan mudah dimengerti menjadi faktor banyaknya populasi unit tersebut di Indonesia. *D85ESS-2* yang tertuliskan pada *bulldozer* seperti yang tertulis pada penjelasan diatas adalah pengkodean pada alat berat Komatsu memiliki arti sebagai berikut :

Tabel 2.1. Pengkodean Unit Bulldozer

D	Bulldozer
8	Ukuran 8
5	Type Torque Converter
E	Long Track
SS	Super Skid
-2	Modifikasi ke-2

Komatsu D85ESS-2 merupakan *crawler dozer* dengan pilihan *angle blade*, *semi-u blade*, dan *coal blade* untuk *attachment*-nyayang memiliki berat operasi sebesar 21 ton. *Bulldozer* ini dapat juga dipasangkan dengan *towing winch* sehingga dapat digunakan untuk aplikasi penarikan seperti pada proses *extracting* dan *logging*. Produk dengan julukan “*Advance Skidder*” ini dilengkapi dengan mesin *S6D125E- 2 diesel turbocharged* bertenaga 161 kW atau 215 HP, menjadikannya *bulldozer* tangguh di kelasnya.

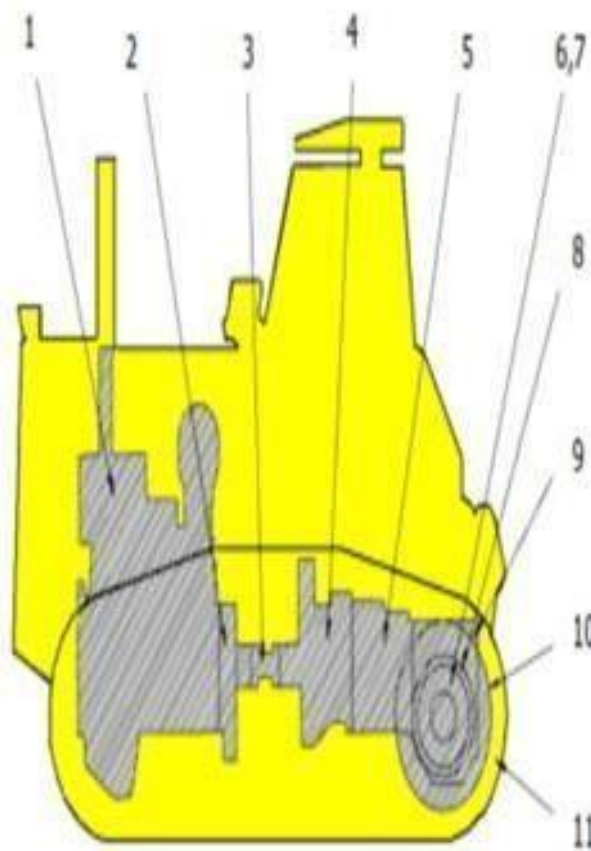
Nama Komponen :

1. Cutting Edge
2. Blade
3. Work Lamp
4. Lift Cylinder
5. Exhaust pipe
6. Operator Seat
7. Cabin
8. Brace
9. Front Idler
10. Straight Frame
11. Upper Roller
12. Lower Roller
13. Track Frame
14. Final Drive
15. Sprocket
16. Track Shoe Assy
17. Engine Cover

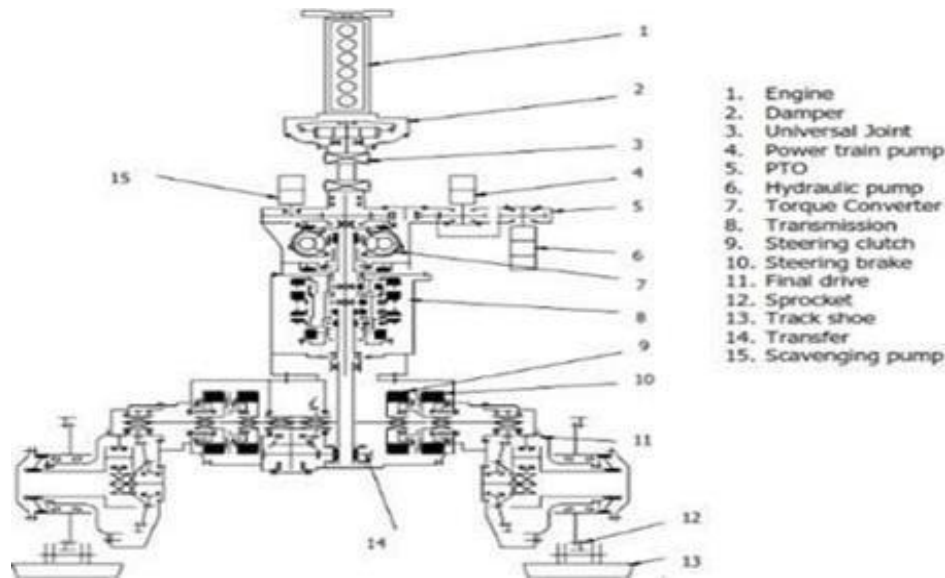


Gambar 2.1. Struktur Nama Bagian Bulldozer

2.2 Sistem Power Train



1. Engine
2. Damper
3. Universal Joint
4. Torque Converter
5. Transmission
6. Steering clutch
7. Transfer
8. Steering brake
9. Final drive
10. Sprocket
11. Track shoe



Gambar 2.2. Komponen *Powertrain*

Powertrain adalah mekanisme dari beberapa komponen yang saling bekerja sama untuk meneruskan tenaga dari mesin menuju *final drive*, tujuannya agar alat berat bisa bergerak.

2.3 Prinsip Kerja Power Train

Powertrain tidak hanya mengacu pada satu bagian alat berat saja melainkan serangkaian komponen. Semua tipe kendaraan baik mobil, truk, hingga alat berat sudah pasti punya *powertrain*.

Istilah ini merujuk pada beragam komponen yang menghasilkan dan menyalurkan daya sebagai penggerak roda. Seperti yang Anda ketahui, jenis roda pada alat berat berbeda-beda. Misalnya, alat berat tambang seperti ADT dan juga alat berat *grader* memiliki roda karet. Sementara itu, alat berat *bulldozer*, *excavator*, dan alat berat *bore pile* rodanya berupa *track* atau rantai besi.

Meskipun jenis rodanya tidak sama, mekanisme sistem penggeraknya tetap serupa. Sistem tersebut meliputi beragam komponen yaitu mesin, kopling, transmisi, poros, dan juga roda. Bagian-bagian tersebut punya peran vital dalam mengatur pergerakan alat berat. Oleh sebab itu, jika terjadi kerusakan pada sistem *powertrain* alat berat, alat tersebut pasti tidak akan bisa melakukan pergerakan

Kemudian untuk fungsi *system powertrain* pada alat berat diantaranya adalah

1) Menghasilkan Daya

Mesin merupakan bagian paling krusial karena fungsinya adalah memproduksi daya untuk mentransfernya ke komponen lain agar dapat bergerak. Mesin alat berat punya kemampuan untuk mengubah energi kimia yakni bahan bakar menjadi energi mekanis untuk menggerakkan roda

2) Mengatur Distribusi Daya

Daya yang telah dihasilkan mesin akan disalurkan ke komponen penggerak. Bagian transmisi yang berguna untuk mengatur proses distribusi daya ini. Komponen transmisi memungkinkan operator untuk melakukan kontrol kecepatan dan juga torsi alat berat sesuai kebutuhan.

3) Mengatur Arah Pergerakan

Powertrain juga bertanggung jawab untuk mengatur pergerakan atau manuver alat berat. Sehingga, alat berat tersebut dapat maju, mundur, atau berbelok tanpa adanya hambatan.

2.4 Komponen PowerTrain

Seperti penjelasan di atas, sistem *powertrain* terdiri beberapa komponen yang bekerja bersama-sama diantara komponen *powertrain* adalah :

2.4.1 Mesin

Bagian mesin merupakan sumber daya utama pergerakan alat berat. Umumnya, alat berat memanfaatkan mesin diesel yang menghasilkan energi dari pembakaran BBM. Energi yang tercipta akan dialirkan ke komponen lain agar pergerakan roda dapat dilakukan.



Gambar 2.3.Engine Seri S6D125E-2

2.4.2 Transmisi

Alat ini memungkinkan operator untuk mengontrol kecepatan dan torsi sesuai kebutuhan. Sehingga, alat berat dapat bergerak cepat atau melambat. Ada 3 jenis transmisi yang dipergunakan oleh alat berat yaitu transmisi *manual*, *power shift*, dan juga *hydrostatic*.



Gambar 2.4. *Transmision Case*

2.4.3 Kopling

Fungsi komponen ini adalah menjadi penghubung antara mesin alat berat dan transmisi. Kopling memungkinkan alat berat melakukan perpindahan gigi, berhenti, atau bergerak secara mulus. Selain itu, kegunaan kopling adalah mencegah kerusakan mesin saat beban berlebih.



Gambar 2.5. *Kopling*

2.4.4 Differential

Komponen ini memungkinkan alat berat untuk bergerak dengan kecepatan yang berbeda khususnya pada saat berbelok. Selain itu, *differential* juga berfungsi untuk mencegah terjadinya selip. Alat ini bisa Anda temukan pada alat berat yang beroda karet. Sementara itu, pada alat berat yang menggunakan *track*, fungsi ini digantikan oleh komponen bernama *bevel gear*.



Gambar 2.6. Gardan/Differential

2.4.5 Drive Shaft

Poros ini menghubungkan komponen-komponen *powertrain* yang letaknya berjauhan. Namun pada *Bulldozer* alat ini disebut dengan *universal joint* yang berfungsi meneruskan daya dari *output* mesin menuju *transmisi*. *Universal Joint* (atau sambungan universal) adalah komponen mekanis yang memungkinkan transmisi torsi dan rotasi antar dua poros yang tidak berada dalam satu garis lurus.



Gambar 2.7. Drive Shaft

2.4.6 Final Drive

Bagian ini berguna untuk menyalurkan daya dari poros penggerak ke bagian roda / *track* secara efisien. Tidak cuma itu, *final drive* juga berguna

drive juga berguna untuk menaikkan dan menurunkan torsi putaran.



Gambar 2.8. *Final Drive*

2.5 Karakteristik Baja Karbon C1026

Material baja karbon C1026 (SAE AISI 1026) merupakan jenis baja karbon rendah hingga sedang yang dikenal karena keseimbangan antara kekuatan, keuletan, dan kemudahan dalam proses fabrikasi. Komposisi kimianya terdiri dari karbon sebesar 0.22–0.28%, mangan 0.60–0.90%, silikon 0.15–0.30%, serta kandungan maksimum fosfor dan sulfur masing-masing 0.040% dan 0.050%. Kandungan karbon yang relatif rendah membuat baja ini mudah dibentuk dan dilas, namun tetap memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, yaitu sekitar 490 MPa, dengan kekuatan luluh sekitar 415 MPa dan elongasi sebesar 15%. Kekerasan Brinell-nya berada di kisaran 143 HB, menjadikannya cocok untuk aplikasi struktural ringan hingga menengah. Dari sisi sifat fisik, C1026 memiliki densitas sekitar 7.85 g/cm³ dan konduktivitas termal sebesar 51.9 W/m·K, dengan koefisien ekspansi termal 12.1 µm/m·°C, yang membuatnya stabil dalam berbagai kondisi suhu. Material ini banyak digunakan dalam pembuatan poros motor, tabung mekanik, komponen otomotif, serta bagian mesin yang dibubut atau ditempa. Selain itu, kemampuannya untuk menjalani proses *cold drawing* dan heat treatment menjadikannya pilihan yang fleksibel dalam industri manufaktur dan teknik mesin.

Material ini termasuk dalam kategori baja non-paduan dengan kandungan karbon sedang, yang menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan kombinasi antara kekuatan struktural dan kemudahan pengerjaan. Salah satu keunggulan utama C1026 adalah kemampuannya untuk menjalani proses *cold drawing*, yaitu proses deformasi plastis pada

suhu ruang yang meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan tanpa mengorbankan keuletan. Selain itu, C1026 juga dapat mengalami perlakuan panas seperti *annealing*, *normalizing*, dan *quenching & tempering*, yang memungkinkan penyesuaian sifat mekanik sesuai kebutuhan aplikasi.

Dalam dunia industri, C1026 banyak digunakan untuk pembuatan tabung mekanik presisi, poros transmisi, komponen hidrolik, dan bagian mesin otomotif. Keandalannya dalam proses pengelasan dan pembentukan menjadikannya pilihan utama dalam manufaktur massal, terutama di sektor otomotif dan alat berat. Dari sisi ekonomi, material ini juga tergolong efisien karena harga yang relatif lebih rendah dibanding baja paduan, namun tetap memberikan performa yang memadai untuk aplikasi struktural ringan hingga menengah.

2.5.1 Pengaruh Pengelasan pada Material C1026

a. Perubahan Kekerasan

Proses pengelasan, khususnya metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), dapat meningkatkan kekerasan di area las (weld zone) dan HAZ (*Heat Affected Zone*).

Dalam penelitian dengan variasi arus 80A, 100A, dan 120A, ditemukan bahwa:

- Kekerasan tertinggi di area las mencapai 39.3 HRC (dengan arus 120A dan elektroda E7016)
- Kekerasan HAZ kanan dan kiri mencapai 36.28 HRC dan 36.20 HRC (dengan elektroda E7018)
- Kekerasan rata-rata base metal (material asli) hanya sekitar 30.15 HRC Sumardi, S. (2021)

b. Pembentukan Zona HAZ

HAZ adalah area di sekitar sambungan las yang mengalami perubahan struktur mikro akibat panas, meskipun tidak meleleh.

Di zona ini, struktur mikro bisa berubah dari ferrite-pearlite menjadi martensit atau bainite, tergantung pada laju pendinginan dan perlakuan panas setelah pengelasan.

c. Resiko Cacat Las

Jika arus pengelasan terlalu tinggi atau elektroda tidak sesuai, dapat muncul cacat seperti :Porositas dan retak panas

d. Pengaruh terhadap Kekuatan Tarik

Arus pengelasan yang lebih besar cenderung meningkatkan kekuatan tarik sambungan, namun harus disesuaikan dengan ketebalan material agar tidak menyebabkan distorsi atau cacat struktural (Picanussa, J. S., Nanulaitta, N. J., & Huka, G. I. (2024)).

Tabel 2.2. Spesifikasi material carbon steel C1026

Carbon Steel Grade 1026 Data Sheet						
AISI 1026 Carbon Steel, cold drawn, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round						
Subcategories: Carbon Steel; AISI 1000 Series Steel; Low Carbon Steel						
Close Analogs:						
Key Words: UNS G10260, ASTM A29, ASTM A273, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A545, ASTM A576, carbon steels						
Component	Weight %					
C	Max 0.28					
Fe	98.73-99.18					
Mn	0.60-0.90					
P	Max 0.040					
S	Max 0.050					
Physical Properties	Metric	English	Comments	Cold Head	Hot Forge	Wire Form
Density	7.858 g/cc	0.2839 lb/in ³				
Mechanical Properties	Metric	English	Comments	Cold Head	Hot Forge	Wire Form
Hardness, Brinell	143	143				
Hardness, Knoop	163	163	Converted from Brinell hardness.			
Hardness, Rockwell B	78	78	Converted from Brinell hardness.			
Hardness, Vickers	149	149	Converted from Brinell hardness.			
Tensile Strength, Ultimate	490 MPa	71100 psi				
Tensile Strength, Yield	415 MPa	60200 psi				
Elongation at Break	15%	15%	In 50 mm			
Reduction of Area	40%	40%				

2.6 Pengujian Kekerasan

Kekerasan material adalah salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas sambungan las. Metode pengukuran kekerasan yang umum digunakan adalah metode Brinell, Vickers dan Rockwell.

a. Metode Brinell

Pengujian Brinell adalah jenis uji kekerasan yang melibatkan penekanan atau penusukan spesimen dengan Indentor berbentuk bola baja yang dikeraskan atau karbida tungsten. Material yang memiliki kekerasan Brinell hingga 450 BHN diindentasi dengan bola baja. Jika material yang diuji memiliki kekerasan Brinell antara 451- 650 BHN, Indentor bola karbida tungsten harus digunakan. Bola baja berdiameter 10

mm atau karbida tungsten digunakan untuk pengujian standar, dan bebannya adalah 3000 kgf untuk logam keras, 1500 kgf untuk logam sedang, dan 500 kgf atau kurang untuk material lunak.

Dimungkinkan untuk menggunakan indentor dengan diameter lebih kecil dari 10 mm, seperti 5 mm, 2,5 mm, dan 1 mm. Beban harus diubah menggunakan rumus $P/D^2 = \text{konstan}$ jika diameter indentor kurang dari 10 mm. Baja dan paduannya memiliki nilai konstan 30, tembaga dan paduannya memiliki nilai konstan 10, sedangkan aluminium dan paduannya memiliki nilai konstan 5.

b. Metode Vickers

Konsep dasar uji Vickers mencerminkan uji Brinell, tetapi menggunakan Indentor berlian berbentuk seperti piramida dengan alas persegi dan sudut puncak 136 derajat antara dua sisi yang berlawanan. Pengukuran diagonal persegi panjang lebih presisi daripada pengukuran pada lingkaran. Pemeriksaan ini dapat dilakukan pada sampel tipis berukuran hingga 0,006 inci. Nilai yang diperoleh presisi hingga 1300 (setara dengan Brinell 850).

Indentor tidak sedatar pada Brinell. Beban yang diterapkan pada uji Vickers berkisar antara 1 hingga 120 kgf. Variasi beban relatif tidak memengaruhi hasil pengujian menggunakan berbagai beban akan tetap menghasilkan hasil yang sama untuk material yang sama.

c. Metode Rockwell

Metode Hardness Test Rockwell berbeda dengan Brinell dan Vickers. Pada uji kekerasan Rockwell tidak melakukan pengukuran tapak tekan secara manual, pengukuran langsung dilakukan oleh mesin dan langsung menunjukkan nilai hardness dari bahan yang diuji, nilai ini dapat dilihat pada dial indikator.

Nilai kekerasan yang diperoleh berhubungan terbalik dengan kedalaman indentasi. Indenter yang digunakan adalah bola baja yang diperkeras berukuran 1/16 in dan 1/8 in serta kerucut intan bersudut 120° dengan ujung bulat diberi nama brale. Pada operasi pengujian, Beban minor diterapkan sebesar 10 kgf yang menyebabkan indentasi awal dan menempatkan indenter pada posisi yang akurat untuk penekanan. Dial

ditempatkan pada skala tanda set nol.

Selanjutnya, pemberian beban utama (major) yang berbeda besarnya tergantung pada skala rockwell yang digunakan. Rockwell skala A digunakan untuk logam yang sangat keras. Rockwell skala B digunakan untuk menguji material dengan kekerasan medium. Skala B memiliki nilai 0 – 100. Nilai Hardness diatas 100 memberikan hasil pengujian yang kurang valid sebab kemungkinan indenter telah menjadi rata.

2.7 *Heat Affected Zone (HAZ)*

Heat Affected Zone (HAZ) merupakan bagian penting dalam proses pengelasan yang perlu dipahami secara mendalam, khususnya dalam bidang teknik material dan manufaktur. HAZ adalah zona pada logam dasar yang tidak mengalami pelelehan namun mengalami perubahan struktur mikro akibat paparan panas tinggi dari proses pengelasan. Perubahan ini dapat memengaruhi sifat mekanik logam, seperti ketangguhan, kekerasan, dan ketahanan terhadap retak. MachineMFG. (2023)

2.7.1 Contoh Kegagalan pada *Heat Affected Zone (HAZ)*

Heat Affected Zone atau HAZ pada hasil pengelasan logam menyebabkan dampak yang merugikan pada sifat dan mikrostruktur logam khususnya pada area yang terpengaruh oleh panas. Berikut ini beberapa dampak dan pengaruh akibat *Heat Affected Zone (HAZ)* pada logam.



Gambar 2.9. Kegagalan /Patahan pada *shaft universal joint*

2.7.2 Hubungan daerah Heat Affected Zone (HAZ) pada *shaft* dan putaran

Heat Affected Zone (HAZ) pada poros yang mengalami proses pengelasan dapat menyebabkan perubahan struktur mikro seperti pertumbuhan butir atau transformasi fasa, yang berpotensi menurunkan kekuatan lelah dan meningkatkan risiko retak mikro, terutama jika poros tersebut berputar. Saat poros berputar, ia mengalami tegangan dinamis akibat gaya sentrifugal, getaran, dan kemungkinan resonansi pada kecepatan kritis, yang semuanya dapat mempercepat propagasi retak di area HAZ. Kombinasi antara perubahan sifat material di HAZ dan beban rotasi yang berulang menjadikan zona ini titik lemah struktural yang rentan terhadap kegagalan. Oleh karena itu, penting untuk mengontrol proses pengelasan dengan baik, menghindari pengelasan di area tegangan tinggi, serta melakukan inspeksi tak rusak dan perancangan poros yang mempertimbangkan kecepatan kritis dan distribusi tegangan.