

P-11

**ANALISIS PENYEBAB TRAVEL SYSTEM ABNORMAL PADA TRAVEL MOTOR UNIT KOMATSU PC200-8M0 DI PT. UNITED TRACTORS SITE TABANG**

**CAUSE ANALYSIS TRAVEL SYSTEM ABNORMAL ON TRAVEL MOTOR UNIT KOMATSU PC200-8M0 AT PT. UNITED TRACTORS SITE TABANG**

**Taufik Wahyu Hidayat<sup>1\*</sup>, Zulkifli<sup>2</sup>, Arwin<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Balikpapan, Jl. Soekarno Hatta KM. 8, Kota Balikpapan

\*E-mail: [taufikwahyuhidayat99@gmail.com](mailto:taufikwahyuhidayat99@gmail.com)

Diterima 29-09-2023	Diperbaiki 07-10-2023	Disetujui 14-10-2023
---------------------	-----------------------	----------------------

**ABSTRAK**

*Abstrak Travel motor berfungsi sebagai sistem steering dan rem untuk mengarahkan unit bergerak maju, mundur, ke kanan, dan ke kiri. Permasalahan yang terjadi pada excavator Komatsu PC200-8M0 adalah permasalahan pada sistem travel yang tidak normal pada travel motor kiri unit. Unit yang digunakan membangun jalan hauling batu bara ini sangat dibutuhkan oleh customer saat itu demi menunjang produktivitas customer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada unit tersebut dan menemukan cara agar dapat meminimalisir masalah yang sama terjadi di kemudian hari. Dengan metode 8 step troubleshooting, ditemukan bahwa permasalahan ini disebabkan oleh adanya komponen asing berupa majun yang menyumbat aliran oli hidrolik menuju parking brake pada spool counter balance valve sehingga membuat parking brake tidak menerima tekanan oli yang dibutuhkan. Untuk meminimalisir agar masalah tidak terjadi lagi, penulis dan tim mekanik melakukan proses perbaikan dengan baik dan benar. Setiap melakukan pekerjaan penggantian hose hidrolik khususnya pada sistem travel, hendaknya dilakukan dengan peralatan yang telah dipersiapkan terlebih dahulu dan peralatan yang sesuai standar dealer resmi Komatsu.*

**Kata kunci:** Excavator, Travel System, Counterbalance Valve

**ABSTRACT**

*The travel motor functions as a steering and brake system to direct the unit to move forward, backward, right or left. The problem that occurs on the Komatsu PC200-8M0 excavator is a problem with the travel system that is not normal on the left travel motor of the unit. The unit used to build coal hauling roads was urgently needed by the customer at that time to support customer productivity. The purpose of this research is to solve the problem that occurs on the unit and find ways to minimize the same problem occurring in the future. Using the 8-step troubleshooting method, it was found that this problem was caused by the presence of foreign components in the form of moss that blocked the flow of hydraulic oil to the parking brake on the counterbalance valve spool, making the parking brake not receive the required oil pressure. To minimize the problem from happening again, the author and the mechanic team carried out the repair process properly and correctly. Any work that replaces the hydraulic hose, especially in the travel system, should be done with equipment that has been prepared in advance and equipment that meets the standards of Komatsu authorized dealers.*

**Keywords:** Excavator, Travel System, Counterbalance Valve

**PENDAHULUAN**

Excavator merupakan salah satu alat berat yang sering digunakan dalam bidang konstruksi maupun pertambangan. Fungsi dari Excavator itu sendiri yaitu untuk penggalian dan juga pemuatan material ke dalam truck atau

membuang material yang tidak terpakai ke tumpukan. Excavator memiliki dua jenis penggerak yaitu Wheel Excavator dan Crawler Excavator. Wheel Excavator adalah jenis penggerak yang menggunakan roda dari ban sehingga dapat digunakan pada jalanan yang

rata dan padat, sedangkan *Crawler Excavator* yaitu jenis penggerak yang menggunakan roda dari rantai besi sehingga memudahkan untuk berjalan di jalanan bebatuan, berlumpur, maupun berpasir. Kedua jenis penggerak ini memiliki keunggulan juga kekurangan masing-masing tergantung dari medan operasinya. Jenis penggerak yang sering digunakan adalah jenis *Crawler Excavator* dikarenakan jenis ini sangat cocok untuk digunakan dalam berbagai medan ringan maupun berat [1].

Salah satu jenis *Crawler Excavator* yang sering ditemukan di PT. United Tractors site Tabang adalah *Excavator* Komatsu PC200-8M0. *Unit* ini dapat digunakan di berbagai keperluan, seperti pertambangan, konstruksi, perkebunan, pertanian, dan sebagainya[1,2]. *Excavator* dapat bergerak karena digerakan oleh *Travel Motor* yang berfungsi sebagai sistem *steering* dan rem untuk mengarahkan *unit* bergerak maju, mundur, ke kanan dan ke kiri. *Travel Motor* adalah suatu komponen yang dipasang pada *final drive* sebagai *input* putarannya. *Piston motor type* akan mengubah *flow oil* (tenaga hidrolik) dari *control valve* atau *pump* menjadi putaran (tenaga mekanis). *Travel Motor* sangat berpengaruh terhadap produktivitas dari *excavator* [3,4].

Pada 25 September 2022, ditemukan permasalahan pada *unit excavator* Komatsu PC200-8M0 milik PT. Yustina Prima Mandiri. *Unit* ini mengalami masalah dimana *operator* mengeluhkan hanya satu sisi dari *excavator* yang dapat berjalan sehingga *unit* tidak dapat bekerja dengan normal. *Unit* ini beroperasi terus menerus dalam pembuatan jalan *hauling* batu bara dari Tabang ke Muara Pahu, sehingga sangat berpengaruh terhadap produksi pada perusahaan.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Fajar tentang analisa kerusakan dan perbaikan *travel motor excavator* XG822EL. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan, penyebab kerusakan, mengetahui langkah perbaikan pada *travel motor excavator* XGMA822EL [5]. Prosedur pemeriksaan dilakukan dengan melakukan *performance test* yang terdiri dari *pressure test* pada *hydraulic system*. Pemeriksaan juga dilakukan secara *visual* pada *hose hydraulic*, *control valve*, *swivel joint*, *travel reducer*, *travel motor*. Selanjutnya dilakukan analisa kerusakan pada *travel motor* menggunakan *fishbone diagram* untuk menganalisa penyebab kerusakan pada *travel motor*. Hasil analisa kerusakan pada *travel motor*, terjadi kerusakan

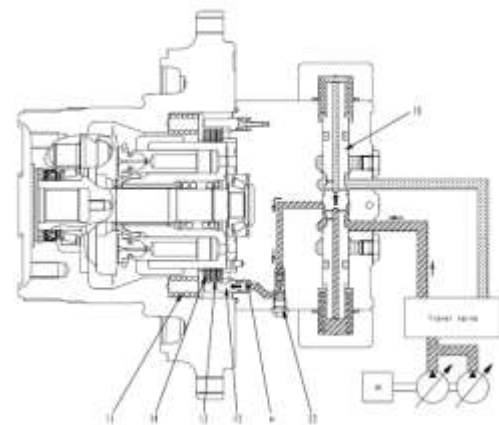
pada *o-ring* dan *plate and disc* yang disebabkan oleh terkontaminasinya *motor travel* dengan air dan kotoran menyebabkan tersumbatnya aliran *oil hydraulic* dan merusak *plate and disc* menjadi berkarat. Langkah perbaikan yang dilakukan dengan mengganti komponen-komponen yang rusak dan membersihkan semua komponen dari kotoran. Tindakan pencegahan dengan menjalankan *daily check* dan *preventive maintenance* prosedur.

### **Parking Brake**

*Parking Brake* pada *excavator* berfungsi sebagai mekanisme keamanan dengan menggunakan tenaga hidrolik agar unit dapat diam ditempat walaupun *engine* dalam keadaan *running*.

### **Saat Unit Mulai Travel**

Cara kerja *parking brake* saat *unit* mulai *travel* dimulai saat *travel lever* (tuas *travel*) dioperasikan, oli bertekanan dari pompa mengaktifkan *spool counterbalance valve*, dan membuka sirkuit *parking brake*. Oli bertekanan masuk menuju ke ruang (e) dari *brake piston* dan menekan *spring*, sehingga mendorong *piston* ke arah kiri. Dikarenakan tidak ada tekanan yang menekan *plate and disc*, *plate* kemudian berpisah dari *disc* dan *brake* akan di



*release* (lepaskan) [6].

Keterangan : (11) *Spring*, (12) *Brake piston*, (13) *Plate*, (14) *Disc*, (19) *Spool Counterbalance Valve*.

### **Saat Unit Berhenti Travel**

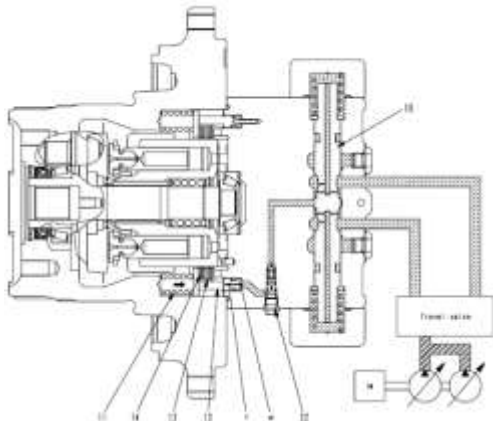
Cara kerja *parking brake* saat *unit* berhenti *travel* dimulai saat *travel lever* (tuas *travel*) dalam posisi netral, *spool counterbalance valve* kembali ke posisi netral dan menutup sirkuit *parking brake*. Oli bertekanan yang ada di ruang (e) pada *brake piston* melewati *orifice* (f) dari *brake piston* dan oli di *drain* ke *motor case*. Kemudian *brake*

Gambar 1. *Parking brake* saat *unit* mulai *travel*

*piston* terdorong ke kanan oleh *spring*. *Plate* dan *disc* terdorong bersama dan *brake* dapat teraplikasikan. Saat *brake piston* kembali, aliran dari oli bertekanan dikurangi secara perlahan oleh *return valve* [6].

### Brake Valve

*Brake valve* berfungsi untuk menjaga agar *unit* dapat menjaga kecepatannya saat *travel*. *Brake valve* terdiri dari *suction safety valve* dan *counterbalance valve*.



Keterangan : (11) *Spring*, (12) *Brake piston*, (13) *Plate*, (14) *Disc*, (19) *Spool Counterbalance valve*, (22) *Return valve*.

Gambar 2. *Parking brake* saat *unit* berhenti *travel*

### Counterbalance Valve

Komponen ini berfungsi pada saat *unit* melakukan *travel* menuruni bukit, *unit* cenderung menurun lebih cepat dari pada kecepatan *motor (engine)* dikarenakan oleh berat *unit* itu sendiri. Jika *unit travel* dengan *engine* ada pada *low speed*, *motor* mungkin berputar tanpa beban, sehingga membuat *unit* dapat berjalan sendiri dengan cepat, menghasilkan situasi yang sangat berbahaya. *Valve* ini digunakan untuk mencegah kejadian tersebut dengan mengendalikan kecepatan *travel unit* berdasarkan kecepatan *engine (pump discharge)* [6].

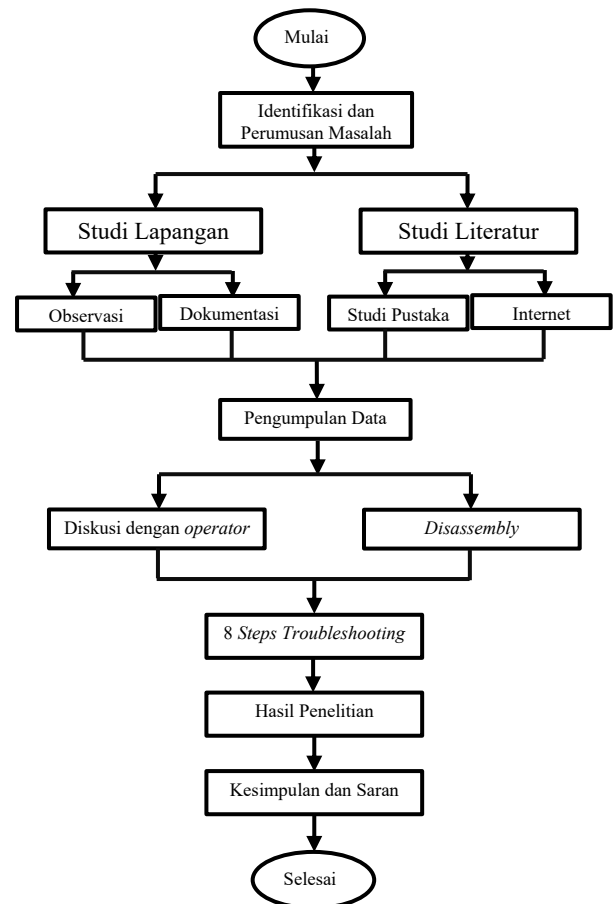
### Safety Valve

Selama *unit* berhenti *travel* atau *unit travel* menurun, *counterbalance valve* menutup saluran masuk dan keluar sirkuit dari *motor*. Sejak *motor* dirotasikan dengan gaya kelembaman, tekanan yang ada pada saluran keluar meningkat secara tidak normal (*abnormal*), dan mungkin menyebabkan kerusakan pada *motor* dan *hose*. *Safety valve* melepas tekanan tidak normal (*abnormal*) ini untuk mencegah kerusakan pada *unit* [6].

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *root cause* ketidaknormalan pada *travel motor unit* Komatsu PC200-8M0. Dalam proses analisa penyebab kerusakan menggunakan metode *8 step troubleshooting* Komatsu.

### METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *field research*.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

### Identifikasi Masalah

Pada bagian ini akan diidentifikasi dan dirumuskan masalah berdasarkan fakta yang didapat dengan melakukan studi lapangan dan studi literatur.

### Pengumpulan Data

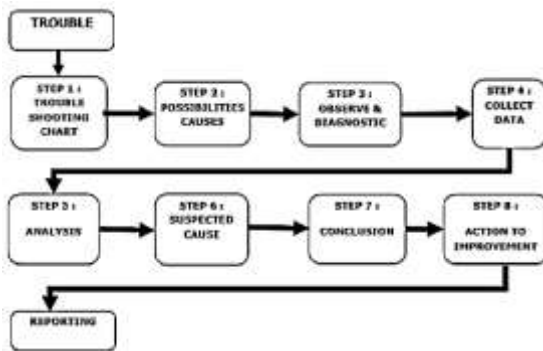
Metode yang digunakan dalam pengumpulan data primer dan sekunder adalah sebagai berikut [7]:

- Metode Observasi dan Dokumentasi – Dalam metode ini penulis secara langsung terlibat dalam pemeriksaan dan analisis yang terjadi di *travel motor* pada *unit* Komatsu PC200-8M0 serta mengumpulkan berbagai

- macam bukti tertulis maupun foto-foto kerusakan yang terjadi pada komponen.
- b. Metode Diskusi - Dalam metode ini penulis mendapatkan informasi ataupun masukan - masukan penjelasan mengenai *travel motor*. Dengan menanyakan kepada *supervisor* dan mekanik yang ada di *site* tersebut. Penulis juga melakukan diskusi dengan *operator customer* bersama dengan mekanik dari *dealer*.
  - c. Studi Pustaka - Dalam metode ini penulis mendapatkan segala teori-teori dasar dari *shop manual, product catalogue, operation and maintenance manual*, buku *training* dan buku-buku teori pendukung yang ada baik di perpustakaan kampus maupun sumber lain.

### Pengolahan Data

Dalam pembahasan ini penulis selanjutnya mengolah data-data yang diperoleh menggunakan metode *8 Steps Troubleshooting* kemudian menyusun data – data tersebut.



Gambar 3. 8 Step Troubleshooting

### Menyimpulkan Hasil Penelitian

Dalam tahap ini penulis membahas proses secara keseluruhan penelitian dan menganalisis data yang diperoleh mulai dari identifikasi dan perumusan masalah sampa akhirnya menghasilkan suatu hasil penelitian dan membuat suatu kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Unit

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi *unit* serta keterangan masalah berdasarkan tanggal kejadian saat *unit* mengalami masalah. Tabel ini juga menyebutkan *serial number engine* dan *engine model unit* yang mengalami *trouble*.

No.	Uraian	Keterangan
1	Working Area	Hauling Road KM 67 Muarapahu
2	Unit Model	PC200-8M0
3	Serial Number Unit	C20747
4	Engine Model	SAA6D107E-1
5	Serial Number Engine	26681133
6	Trouble	Travel System Abnormal
7	Trouble Date	25 September 2022
8	Customer	PT. Yustina Prima Mandiri
9	Hour Meter	12572

### Kronologi Permasalahan

PT Yustina Prima Mandiri adalah kontraktor pertambangan batu bara dan konstruksi di Tabang. Mereka menyediakan *unit LV (Light Vehicle)* untuk PT United Tractors *site* Tabang dan jasa penyebrangan kapal *ferry* antar gunung sari-*jobsite* IPR. Salah satu aset perusahaan adalah *unit* Komatsu PC200-8M0 yang digunakan untuk membuat jalan baru menuju *jetty* Muarapahu di KM 67. Pada 25 September 2022, PT United Tractors *site* Tabang menerima laporan bahwa *unit* tersebut hanya bisa bergerak di sisi kirinya. Mereka kemudian mengirim mekanik untuk melakukan *troubleshooting* pada *travel system* sisi kiri *unit* tersebut.

### 8 Step Troubleshooting

Dalam melakukan analisa penyebab permasalahan pada *unit* Komatsu PC200-8M0 digunakan metode *8 step troubleshooting* sebagai berikut:

#### 1. Troubleshooting Chart

Berdasarkan data *unit* yang ditunjukkan pada Tabel 1 Data Unit yang mengalami *trouble*, langkah selanjutnya mempersiapkan *troubleshooting chart* yang didapatkan dari *shop manual* Komatsu PC200-8M0.

H-21 One of tracks does not run					
Faktor	• One of tracks does not run				
Relevant information	• Perform all troubleshooting with working mode in power mode (P)				
Probable causes and solutions	Cause	Causes and troubleshooting procedures			
	1 Defective seal of travel control valve (action valve)	Seal of action valves of travel motor may malfunction. Check it.			
	2 Defective seal of travel motor (safety valve)	Seal of safety valves of travel motor may malfunction. Check it. * You may replace the safety valves of forward and reverse sections of the same motor at those of the right and left motors with each other and judge from the change of the phenomenon.			
	3 Defective seal of travel motor (check valve)	Seal of check valves of travel motor may malfunction. Check it. * You may replace the check valves of forward and reverse sections of the same motor at those of the right and left motors with each other and judge from the change of the phenomenon.			
	4 Malfunction of travel motor (parking brake)	Parking brake of travel motor may malfunction. Check it.			
	5 Defective travel motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Be ready with engine stopped, then troubleshoot with engine at full speed.</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Travel lever</td> <td>Look into travel motor</td> </tr> <tr> <td>Travel system relief</td> <td>27.2 Drive</td> </tr> </table>	Travel lever	Look into travel motor	Travel system relief
Travel lever	Look into travel motor				
Travel system relief	27.2 Drive				
6 Defective final drive	Final drive may have internal defect. Check it. * It may be checked by abnormal sound, abnormal heating, metal chips in drain oil, etc./metal chips in drain oil, etc.				

Gambar 5. Troubleshooting Chart

*Troubleshooting Chart* merupakan daftar permasalahan yang dapat terjadi pada unit tersebut jika *One of tracks does not run* pada Komatsu PC200-8M0.

2. *Possibilities Causes*

Sebelum menuju lokasi unit dan memeriksa unit, perlu dikaji beberapa analisa kemungkinan penyebab *trouble*, kemudian juga mempersiapkan *tool*, *part* yang diperlukan, dan kamera untuk dokumentasi. Pada Tabel 2 *Troubleshooting Chart* menunjukkan bahwa penyebab terjadinya *travel system abnormal* pada *travel motor* pada unit Komatsu PC200-8M0 dapat dikelompokkan menjadi 4 penyebab, yaitu *Internal part*, *Safety suction valve defect*, *Check valve defect* dan *Parking brake defect*.

3. *Observe & Diagnostic*

Langkah ini merupakan langkah yang digunakan untuk mengetahui kemungkinan penyebab *trouble* dengan melakukan observasi langsung terhadap kondisi unit. Berikut ini hasil observasi yang dilakukan terhadap kondisi unit :

- a. *Travel system* sisi kiri tidak bergerak.
- b. *Travel system* sisi kanan bergerak dengan normal.
- c. Tidak ada gangguan lain yang terjadi selain gangguan pada *travel system* sisi kiri.

4. *Collect Data*

Langkah ini melibatkan pengumpulan data dan informasi yang relevan yang dapat membantu dalam memahami *trouble* dengan lebih baik.

- a. Diskusi penulis, tim mekanik PT United Tractors *site* Tabang, dan *operator* dari unit PC200-8M0 di tempat.

Berdasarkan hasil diskusi dengan *operator*, *Customer* mengganti *hose travel motor* tanpa *tool* standar yang sesuai, menggunakan improvisasi dengan majun karena lokasi unit jauh dari *workshop*.

- b. Pengumpulan data pada unit

Tabel 2 Hasil Pengumpulan Data

No.	Uraian	Keterangan
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak ditemukan gram pada <i>magnetic plug final drive</i></li> <li>- Ditemukan oli dalam posisi <i>level</i></li> <li>- kondisi oli <i>final drive</i> sudah rusak</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak ditemukan adanya kebocoran pada sisi luar <i>travel motor</i></li> <li>- Tidak ditemukan juga kebocoran maupun <i>abnormality</i> pada <i>hose travel motor</i></li> <li>- Tidak ditemukan bekas kebocoran oli pada komponen <i>final drive</i></li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditemukan komponen asing berupa majun di <i>Ring Counterbalance Valve</i></li> </ul>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditemukan komponen asing berupa majun pada <i>Spring Counterbalance Valve</i></li> </ul>
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditemukan komponen asing berupa majun pada <i>Spool Counterbalance Valve</i></li> </ul>

c. *Emergency Trouble Report*



Gambar 6. *Emergency Trouble Report*

## 5. Analysis

Setelah dilakukan tahap pengumpulan data, maka langkah berikutnya yaitu melakukan analisis. Berdasarkan data yang didapat, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Dari hasil diskusi dengan operator, penggantian *hose* tidak menggunakan *tool* semestinya. Berikut ini adalah contoh *tool* yang semestinya digunakan saat proses penggantian *hose* hidrolik:



Gambar 7 Tool khusus hose hidrolik

- b. Hasil pemeriksaan pada *unit* menunjukkan bahwa oli *final drive* dalam keadaan *level*, membutuhkan penggantian oli, dan tidak ada gram besi pada *magnetic plug final drive*. Ini menunjukkan tidak ada kerusakan *internal* pada *final drive*. Tidak ada tanda kebocoran atau retakan pada *motor case travel motor* berdasarkan pemeriksaan *visual*. Selain itu, saat proses *disassembly travel motor*, ditemukan komponen asing berupa majun di beberapa tempat di *counterbalance valve*.

## 6. Suspected Causes

Pada saat dilakukan pengumpulan data terlihat bahwa penyebab utama dari masalah ini adalah adanya komponen asing pada *spool counterbalance valve*. Komponen asing ini menyumbat aliran oli hidrolik yang mengalir melewatinya. Salah satunya yaitu menyumbat aliran oli menuju ke *parking brake*, sehingga dengan tidak adanya tekanan oli hidrolik yang masuk ke sirkuit *parking brake* membuat *parking brake* tetap aktif dan *travel motor* sisi kiri tidak dapat menggerakkan *final drive* sehingga sistem *travel* sisi kiri *unit* tidak dapat bergerak.

## 7. Conclusion

Untuk memastikan penyebab utama dari masalah *travel system abnormal* tersebut, dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Pembersihan *spool counterbalance valve* oleh tim mekanik PT United Tractors *site* Tabang menggunakan alat khusus yang berfungsi untuk mengait dan menghapus komponen asing seperti majun dari *valve*.
- b. *Travel motor* dirakit dan dipasang



Gambar 8. Pembersihan *spool counterbalance valve*

- c. kembali pada *unit* Komatsu PC200-8M0.
- c. *Hose-hose* pada *travel motor* dipasang dengan memastikan semua baut terkencangkan.
- d. Oli *final drive* LH diganti.
- e. *Track* LH dipasang dan *track tension* disesuaikan menggunakan *grease*.
- f. *Performance test* dilakukan untuk memeriksa kelancaran kerja *travel system* LH.

Dalam *performance test*, *unit* berjalan normal tanpa indikasi masalah pada *travel motor* atau saat digunakan untuk perjalanan. Tidak ada kebocoran pada *travel motor* dan *final drive* LH selama dan setelah *test* dilakukan.

## 8. Action to Improvement

Untuk mencegah masalah *travel system abnormal* di masa mendatang, perlu mengambil langkah-langkah berikut:

- a. Gunakan *tool* yang sesuai saat mengganti komponen, terutama *hose* hidrolik.
- b. Siapkan alat sebelum memulai pekerjaan penggantian *hose*.
- c. Lakukan servis berkala sesuai dengan jadwal *hour meter* dari *dealer* Komatsu dan panduan dalam *Operation and Maintenance Manual* PC200-8M0.
- d. Pastikan tidak ada komponen asing yang masuk ke dalam *travel system* saat melakukan pekerjaan pada *travel system*, khususnya saat melepas dan memasang *hose* hidrolik.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa : masalah *track system abnormal* pada *travel motor* Komatsu PC200-8M0 (*Serial Number* C20747) disebabkan oleh aktifnya *parking brake travel motor* akibat tersumbatnya *spool counterbalance valve* oleh komponen asing berupa majun. Untuk mencegah masalah serupa di masa depan, penting mematuhi jadwal *periodic service* sesuai dengan standar *dealer* Komatsu dan buku *Operation and Maintenance Manual*. Serta mempersiapkan peralatan yang tepat saat mengganti *hose* dan menggunakan alat sesuai standar. Pastikan juga tidak ada komponen asing yang masuk ke dalam *travel system* saat bekerja pada *travel system* terutama saat mengganti *hose* hidrolik.

## SARAN

Penulis memiliki saran berupa pada saat melakukan penggantian *hose* hidrolik disarankan dilakukan oleh mekanik dari *dealer* resmi Komatsu, disarankan juga untuk mempersiapkan peralatan dan oli yang sesuai saat melakukan pekerjaan apapun di unit khususnya pekerjaan yang berhubungan dengan melepas dan memasang *hose* hidrolik, dan terakhir, disarankan untuk lebih mendalami isi *Shop Manual* PC200-8M0 dan *Operation and Maintenance Manual* PC200-8M0 agar dapat lebih efektif dalam melakukan perawatan *unit*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada para Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam pembuatan artikel ilmiah ini serta PT. United Tractors Site Tabang yang telah memfasilitasi dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Yogisworo and M. Dzulfikar, "Prosiding SNST ke-11 Tahun 2021 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang 13," pp. 13–19, 2021.
- [2] A. Firda, B. Asmawi, and D. Parlaungan, "Produktivitas dan efektivitas alat berat pada pekerjaan lapis pondasi proyek rehabilitasi jalan," vol. 8, pp. 100–110, 2023.

- [3] S. Kasus *et al.*, "Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil," vol. 3, no. 2, pp. 74–81, 2022.
- [4] K. Y. Utomo and C. Hp, "Analisis Kerusakan dan Mekanisme Travel Motor pada Excavator R220-9S," vol. 23, no. 1, pp. 35–43, 2020.
- [5] F. D. Saputro, "Analisa Kerusakan Dan Perbaikan Travel Motor Excavator Xgma Xg822el," Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [6] S. Numbers, "PC200LC -8M0".
- [7] S. Akbar and W. Anhar, "Kajian Hasil Pengukuran Undercarriage Bulldozer Komatsu D375A-5 di PT . Pama Persada Nusantara site Batukajang," no. 1, pp. 70–75, 2018.

