

ANALISA DISPLACEMENT POMPA RODA GIGI LUAR PADA UNIT SISTEM HIDROLIK FORKLIFT

Muchammad Chusnul Azhari¹, Muhamad Sopian²
Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

Abstrak

Forklift adalah mobil atau kendaraan yang memiliki 2 garpu yang bisa digunakan untuk mengangkat dan mengangkut barang ke suatu tempat atau ke ketinggian yang sulit dijangkau. Dalam sistem operasi pengangkatan forklift menggunakan sistem hidrolik. Sistem Hidrolik adalah sebuah sistem untuk mentransfer dan mengontrol tenaga dengan menggunakan media cairan. Dalam kasus ini forklift mengalami kegagalan dalam memindahkan suatu barang pada ketinggian tertentu, hal ini dikarenakan kerusakan pada komponen pompa hidrolik serta penurunan performa kinerja pompa hidrolik sebagai penyuplai utama cairan hidrolik pada sistem hidrolik. Pompa hidrolik pada forklift adalah jenis pompa rotary yaitu pompa roda gigi luar. Analisa pompa roda gigi luar ini bertujuan mencari komponen yang mengalami kerusakan dan seberapa besar penurunan setelah 10 tahun digunakan pada forklift. Hasil pembongkaran dan pengukuran komponen pompa didapat kerusakan pada seal plat penahanan dan keausan side plate pada pompa roda gigi 1,95 mm melebihi batas ukuran minimum pada manual book forklift truck BX 50 series yakni 1,80 mm. Dapat disimpulkan bahwa komponen roda gigi mengalami kebocoran didalam pompa pada sisi side plate dan komponen harus diganti. Penurunan performa kinerja pompa roda gigi dilihat dari estimasi penghasilan pompa secara teoritis dapat dihitung berdasarkan nilai displacement. Pada spesifikasi pompa baru memiliki nilai displacement yaitu 45 cm³/rev setelah 10 tahun digunakan nilai displacement pompa dilapangan 44 cm³/rev, maka penurunan performa pompa roda gigi sebesar 2 %. Hasil akhir dari analisa penelitian ini adalah menjadi referensi berkaitan perawatan pompa roda gigi luar, umumnya pada sistem hidrolik forklif.

Kata kunci : Pompa roda gigi luar, Komponen pompa roda gigi luar, dan Displacement

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT Alfa Polimer Indonesia didirikan pada tahun 1997 sebagai produsen bahan pembantu tekstil. Seiring waktu, perusahaan tumbuh dan beralih fokus ke polimer berbasis air dan bahan kimia khusus. Alat angkut yang paling berperan menunjangnya produksi adalah forklift. Forklift adalah mesin alat angkut yang menggunakan dua garpu untuk mengangkat dan menempatkan beban ke suatu tempat atau tempat tinggi yang sulit dijangkau. Forklift ini alat angkut sangat efisien dan produktif yang menggunakan sistem hidrolik untuk membawa dan mengangkat

barang. Forklift yang digunakan adalah Komatsu tipe FDc25-17 berkapasitas pengangkatan beban maksimal 2,5 ton. Forklift ini menggunakan mesin diesel tipe komatsu 4D94LE. Berbahan bakar solar sebagai bahan bakar utama untuk penggerak utama mesin.

Dengan putaran 2200 rpm putaran dari mesin inilah yang digunakan untuk menggerakkan pompa oli (*oil pump*) & oli dari tangki utama forklift dipompakan, sehingga mengalir menuju control valve pada mesin. Komponen utama pada sistem hidrolik diantaranya seperti, pompa hidrolik, *control valve*, *actuator*, dan lain sebagainya. Pompa hidrolik adalah komponen yang termasuk penting dalam sistem hidrolik. Prinsip

kerja pompa hidrolik adalah memanfaatkan putaran *output engine*, yang disambungkan langsung dengan *shaft* pompa menghisap oli hidrolik dan mengalirnya ke sistem, dengan cara menghisap oli hidrolik dari tangki hidrolik dan mendorongnya kedalam sistem hidrolik, pompa secara langsung menciptakan aliran (*flow*).

Pada kasus ini forklift yang tidak mampu mengangkat beban dikarenakan kerusakan pada sistem hidrolik forklift, khususnya kerusakan pada pompa roda gigi tersebut. Pompa hidrolik yang digunakan pada forklift adalah pompa roda gigi luar. Perawatan dan perbaikan pompa roda gigi luar sangat diperhatikan, karena tidak selamanya kondisi pompa roda gigi luar dalam keadaan prima. Seiringnya waktu kondisi pompa roda gigi luar berangsur menurun sehingga dapat mengakibatkan kerusakan sewaktu-waktu.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa pentingnya pompa roda gigi luar pada unit sistem hidrolik, mengetahui perawatan dan perbaikan pada pompa roda gigi luar, mengetahui sebab akibat kerusakan yang terjadi pada pompa roda gigi, serta mengetahui perubahan penurunan *displacement* pompa roda gigi setelah 10 tahun digunakan.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Prinsip kerja pompa roda gigi luar

Pompa ini terdiri dari 2 buah roda gigi yang dipasang saling rapat. Perputaran roda gigi saling berlawanan arah, oli hidrolik akan terisap masuk ke dalam ruang pompa, selanjutnya dikompresikan keluar pompa hingga tekanan tertentu. Tekanan pompa hidrolik dapat mencapai 100 bar.



Gambar 1. Pompa roda gigi

Pompa roda gigi luar serupa dalam aksi pemompaan ke pompa roda gigi internal di mana dua roda gigi masuk dan keluar dari jaring untuk menghasilkan aliran. Namun, pompa roda gigi luar menggunakan dua roda gigi identik yang berotasi satu sama lain - satu gigi didorong oleh motor dan pada gilirannya mendorong gigi yang lain. Setiap gigi didukung oleh poros dengan bantalan di kedua sisi gigi.



Gambar 2. Cara kerja pompa roda gigi

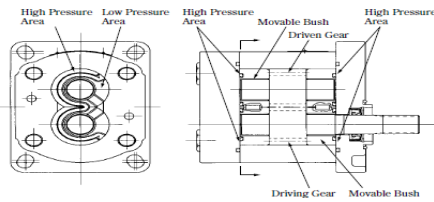
1.2.2 Ketika roda gigi keluar dari jaring, mereka menciptakan volume yang semakin besar pada sisi inlet dari pompa. Cairan mengalir ke rongga dan terperangkap oleh gigi gigi saat mereka berputar.

1.2.3 Cairan bergerak di sekitar bagian dalam celah antara gigi.

1.2.4 Akhirnya, penyambungan roda gigi memaksa cairan melalui port outlet di bawah tekanan.

Karena roda gigi didukung di kedua sisi, pompa roda gigi luar berjalan dengan tenang dan secara rutin digunakan untuk aplikasi tekanan tinggi seperti aplikasi hidrolik. Tanpa beban bantalan yang menggantung, poros rotor tidak dapat membelok dan menyebabkan keausan dini.

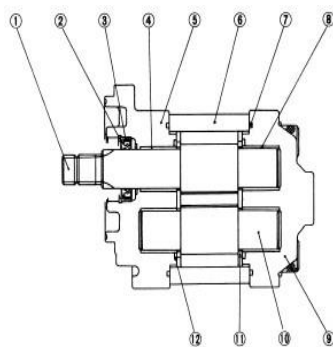
Perilaku tekanan terutama di dalam ruang roda gigi penggerak, berada di bawah tekanan saturasi minyak. Berikut penunjukan area tekanan tinggi pada komponen pompa roda gigi luar.



Gambar 3. Tekanan tinggi dan rendah pada komponen pompa roda gigi luar

1.2.5 Komponen pompa roda gigi luar

Pompa roda gigi tekanan tinggi sering mengadopsi gigi yang rumit, yang memungkinkan pemrosesan yang sangat akurat, menghasilkan efisiensi pengoperasian sistem yang tinggi. menghubungkan satu sama lain pada dua titik, roda gigi berputar untuk menjebak minyak di bagian yang menarik, menghasilkan getaran dan kebisingan, yang dikurangi dengan meraba-raba di pelat samping yang memungkinkan pelarian minyak. beberapa pompa roda gigi tekanan rendah menggunakan roda gigi trochoid



- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. DRIVE GEAR | 7. GASKET |
| 2. SNAP RING | 8. BUSHING |
| 3. OIL SEAL | 9. REAR COVER |
| 4. BUSHING | 10. DRIVEN GEAR |
| 5. FRONT COVER | 11. SIDE PLATE |
| 6. BODY | 12. GASKET |

Gambar 4. Komponen pompa roda gigi luar

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi saat sekarang. Penelitian deskriptif

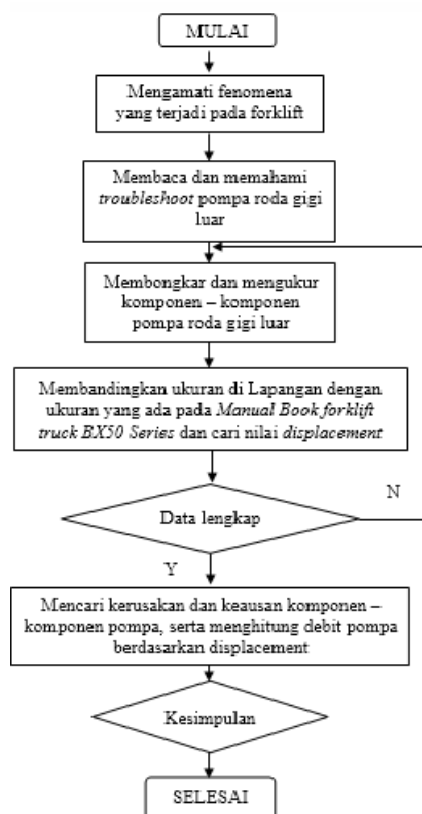
memusatkan perhatian kepada masalah-masalah aktual sebagaimana adanya pada saat penelitian berlangsung. Metode ini dimulai dengan mengumpulkan data.

Data pada hasil pengukuran dan analisa pada komponen pompa roda gigi lalu dibandingkan dengan batas wajar keausan pada *manual book shop manual forklift truck BX50 series*. Selanjutnya mencari nilai *displacement* pompa roda gigi luar tersebut untuk mengetahui berapa persen (%) penurunan pompa setelah 10 tahun digunakan dibandingkan pompa roda gigi luar baru berdasarkan spesifikasi *displacement*

Penelitian ini dimulai dengan tahapan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori dasar dan rumusan atau formula-formula yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan dan analisis data. Tahapan selanjutnya yaitu tahapan pengumpulan data dari pompa roda gigi luar pada forklift di PT. Alfa Polimer Indonesia. Tahapan selanjutnya adalah pengolahan data. Pada tahapan ini dilakukan pengambilan dan perhitungan data yaitu perbandingan tentang data – data ukuran dan analisa komponen – komponen pada pompa roda gigi luar dengan batas wajar keausan untuk mengetahui komponen mana saja yang mengalami kerusakan dan perubahan ukuran atau keausan sehingga mengakibatkan tekanan pompa berkurang, serta mencari nilai *displacement* pompa tersebut untuk mengetahui seberapa besar penurunan kinerja pompa setelah 10 tahun digunakan.

Tahapan terakhir adalah menyimpulkan hasil tahapan-tahapan sebelumnya. Hasil akhir dari penelitian ini adalah pentingnya perawatan pada sistem hidrolik forklift demi sebuah kenyamanan dan keamanan penggunaan forklift. Pengumpulan

data bertujuan untuk memperoleh data yang relevan, dapat dipercaya dan dapat dipertanggung jawabkan. Pengumpulan data pada penelitian Tugas Akhir ini adalah dengan menggunakan data-data yang diperoleh berdasarkan kondisi di lapangan (Observasi) dan wawancara (interview), yaitu diantaranya berupa diagram satu garis (single line diagram), pengaturan dan spesifikasi peralatan pengaman. Pengolahan data adalah cara dalam mengolah data, dimana data-data yang didapat, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumusan dan dasar-dasar teori pada kajian pustaka.



Gambar 6. Diagram alir penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Permasalahan pada Forklift

Pada saat forklift mengangkat barang dengan ketinggian yang ingin di capai 2 m, kemudian forklift pada proses *lifting* terasa lama dan hanya mampu mencapai ketinggian yang diinginkan hanya mampu mencapai ketinggian 1,2 m, terjadi kebocoran pada sistem hidrolik forklift sehingga mengakibatkan tekanan pada sistem hidrolik pada saat pengangkatan barang berkurang atau tidak maksimal.

3.2 Penyebab Permasalahan

Tekanan aliran fluida kurang maksimal dikarenakan adanya kebocoran pada sistem hidrolik, setelah dipastikan tidak ada kebocoran pada komponen sistem hidrolik forklift kemungkinan besar kebocoran ataupun kerusakan terjadi pada pompa hidrolik.

3.3 Uraian Pemecahan Permasalahan

Langkah pertama untuk memastikan hal-hal tersebut benar adanya, lepaskan pompa roda gigi luar untuk memudahkan analisa setiap komponen –komponen pada pompa roda gigi luar yang mengalami kerusakan atau keausan.

Langkah kedua setelah dilepas dari forklift, bongkar pompa roda gigi luar lalu bersihkan setiap komponen dengan kain bersih untuk menghindari kecacatan oleh goresan kotoran pada kain. Setelah dibongkar dan dibersihkan ukur dan teliti secara visual komponen-komponen pompa roda gigi luar yang mengalami kerusakan bentuk atau keausan.

Langkah ketiga hasil pengukuran dan analisa, untuk memastikan ukuran komponen – komponen yang mengalami keausan apabila perlu diganti, gantilah dengan *spare part* yang baru, jika masih diatas batas keausan dan masih layak pakai maka tidak perlu diganti.

3.4 Hasil pengukuran komponen pompa roda gigi luar.

Tabel 1. Hasil pengukuran

No	Nama Komponen	Ukuran minimum (mm)	Hasil pengukuran (mm)	Kondisi	Tindakan
1	Seal plat penahan	-	-	Rusak / aus	Ganti
2	Diameter <i>drive shaft</i>	18,035	18,04	Bagus	-
3	Diameter <i>driven shaft</i>	18,035	18,04	Bagus	-
4	Lubang <i>bushing</i>	19,123	19,115	Bagus	-
5	Tebal <i>bushing</i>	14,768	14,800	Bagus	-
6	<i>Side plate</i>	1,95	1,80	Aus	Ganti
7	celah roda gigi dengan body	0,15	0,08	Bagus	-

3.4.1 Pengaruh keausan komponen pompa roda gigi terhadap kebocoran didalam pompa roda gigi.

Kedua roda gigi terpasang dalam satu rumah yang mempunyai saluran masuk dan saluran ke luar. Titik pusat atau sumbu roda gigi tidaklah sama (tidak seporos). Kelonggaran yang terjadi pada kedua roda gigi terhadap rumahnya pada sisi saluran hisap atau *suction chamber* akan sangat mempengaruhi terhadap kebocoran maupun efisiensi.

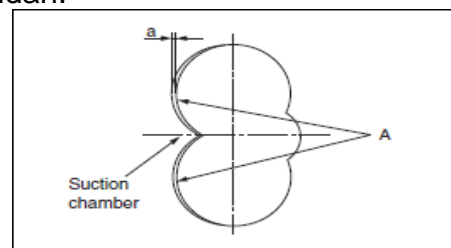
Faktor yang sangat mempengaruhi volume fluida yang dapat dipompa adalah ukuran dari profil gigi, diameter poros roda gigi, beserta kebocoran-kebocoran. Untuk itu dalam pompa roda gigi, *seal* memegang peranan dalam mengatasi kebocoran-kebocoran. Diameter *shaft drive gear* dan *shaft driven gear* wajib diperhatikan selain *seal* karena jika salah satu mengalami keausan maka putaran *drive gear* atau *driven gear* mengakibatkan putaran tidak stabil dan gesekan antara *gear* dengan *gear* atau *gear* dengan *body* begitu besar mengakibatkan kebisingan sehingga mengurangi efisiensi pompa dan mengakibatkan keausan komponen-komponen pompa roda gigi lainnya.

Pada kasus ini *seal* plat penahan mengalami kerusakan secara visual,

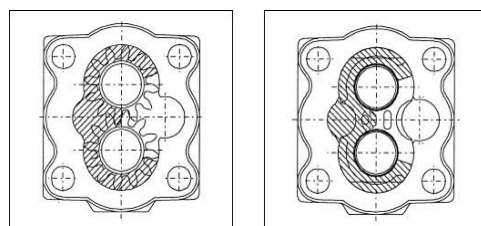
sehingga dipastikan pompa roda gigi ini mengalami kebocoran didalam dan mengakibatkan efisiensi volumetric berkurang.

Pompa roda gigi dirancang untuk memiliki ujung gigi-gigi yang menyentuh dinding bagian dalam lubang gigi ketika berputar yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pompa. Oleh karena itu, tanda kontak ujung gigi (A) dapat dilihat di sekitar port hisap pompa, jika dioperasikan sekali. Dalam hal tanda kontak (A) mencakup kurang dari setengah dari dinding bagian dalam lubang gigi, maka itu adalah normal. Juga normal bahwa kedalaman (a) tanda kontak (A) kira-kira 0,05 mm. Ketika kedalaman tersebut (a) lebih dari 0,15 mm, ganti dengan perakitan pompa roda gigi yang baru [8].

Apabila toleransi ayunan terlalu besar maka akan mengakibatkan kebocoran yang tinggi dan gesekan rendah. Tetapi sebaliknya apabila toleransi kecil maka akan menimbulkan gesekan yang tinggi, dan kebocoran yang sangat rendah. Saat pengukuran memakai *feller gauge* menunjukkan angka 0,08. angka tersebut masih wajar karena masih diantara angka toleransi sehingga tingkat kebocoran pada sisi ini masih rendah.



Gambar 7. Celah pada sisi hisap



Gambar 8. Distribusi aliran tekanan pada sisi gear dan sisi plat.

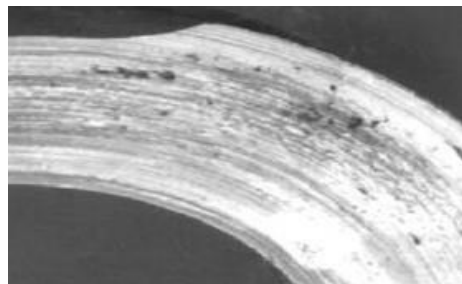
Bantalan yang menahan pada kedua sisi roda gigi akan dipengaruhi oleh tekanan sistem. Bila tekanan keluar menjadi tinggi, gaya yang menolak pelat samping bekerja pada bagian yang diarsir. Pada saat bersamaan, tekanan oli hidrolik juga bekerja di sisi belakang pelat samping, menekan bagian yang diarsir pada Gambar 4.7. Bentuk dan luas permukaan dari kedua bagian yang diarsir hampir sama. Sehingga pelat samping selalu ditekan pada sisi muka roda gigi dengan gaya elastis konstan, terlepas dari tekanan pelepasan pompa. Hal tersebut menjelaskan kenapa pada pelat yang terletak disisi *gear* aus.

Setelah dilakukan pengecekan secara visual dan pengukuran menggunakan jangka sorong, pada *side plate* atau *plate* penahan samping mengalami perubahan ukuran dan terlihat goresan yang menandakan keausan pada *side plate*. Ukuran ketebalan *side plate* tidak boleh kurang dari 1,95 setelah diukur menggunakan jangka sorong ketebalan *side plate* ternyata 1,80 mm ini tandanya kebocoran pada sisi samping *gear* dengan *housing* terlalu besar, sehingga tekanan pompa yang dihasilkan tidak terlalu besar untuk menaikkan beban tersebut. Karena tekanan pada beban yang berat lebih besar dibanding tekanan fluida yang dihasilkan pompa. *Side plate* terbuat dari paduan tembaga, sehingga rentan akan keausan.

Gesekan tersebut bisa juga diakibatkan oli hidrolik mengalami penurunan kekentalan sehingga oli hidrolik sebagai pelumas tidak maksimal atau terkontaminasi suatu kotoran maka dari itu filter oli sangat penting adalah menyaring kotoran-kotoran atau kontaminan yang berasal dari bagian-bagian kecil yang mengelupas, kontaminasi yang akibat oksidasi dan sebagainya yang

terkandung di dalam oli, agar tidak ikut bersirkulasi ke dalam sistem hidrolik khususnya pompa hidrolik yang berakibatkan gesekan komponen menjadi besar dan mengakibatkan keausan. Sehingga kinerja pompa hidrolik tidak maksimal dan penurunan efisiensinya.

Ketinggian level oli hidrolik pada tangki oli hidrolik juga mempengaruhi pada tekanan pompa. Jika oli hidrolik kurang dari yang ditentukan akan mengakibatkan kavitasi, kavitasi itu sendiri adalah suatu keadaan yang disebabkan oleh berubahnya fase cairan yang sedang dialirkan dari fase cair menjadi fase uap sehingga menimbulkan gelembung-gelembung. Timbulnya gelembung tersebut disebabkan oleh menurunnya tekanan hingga berada di bawah tekanan uap jenuh cairan tersebut.



Gambar 9. Pelubangan terhadap *side plate*

Dampak dari tumbukan tersebut dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan mekanis pada pompa, seperti timbulnya lubang atau permukaan dinding pompa yang bergelombang. Lubang / gelombang tersebut disebut sebagai erosi kavitasi yang disebabkan oleh benturan gelembung cairan yang pecah pada dinding pompa yang terjadi secara terus-menerus. Ini menjelaskan terjadinya lubang pada *side plate* selain terjadinya keausan terlihat seperti pada gambar 4.8. Selain menyebabkan kerusakan pada pompa, kavitasi juga dapat menyebabkan berkurangnya volume aliran akibat dari gelembung-gelembung yang banyak

mengambil tempat di dalam pipa, sehingga jumlah fluida cair yang dialirkan akan mengalami penurunan.

3.5 Analisa Flow Pompa Roda Gigi Berdasarkan Displacement antara Pompa Roda Gigi Baru dengan Pompa Roda Gigi Lama.

3.5.1 Debit pada pompa roda gigi baru.

Pada pompa roda gigi baru mempunyai spesifikasi *displacement* 45 cm³/rev. Berdasarkan spesifikasi pompa roda gigi baru nilai displacement sudah di tentukan, maka dapat langsung diketahui bahwa flow pompa yang dihasilkan pada putaran tinggi 2200 rpm, menengah 1100 rpm, dan rendah 700 rpm.

Estimasi penghasilan pompa $Q = n \times V$

Dimana :

Q : penghasilan pompa teoritis (lt/menit)

n : putaran pompa (rpm)

V : volume cairan yang dipindahkan tiap putaran (cm³/rev)

Volume cairan yang dipindahkan tiap putaran disebut juga *displacement*

- Debit pompa pada putaran mesin 2200 rpm
= 45 cm³ /rev x 2200 rpm = 99.000 cc/menit ≈ 99 lt/menit
- Debit pompa pada putaran mesin 1500 rpm
= 45 cm³ /rev x 1500 rpm = 67.500 cc/menit ≈ 67,5 lt/menit
- Debit pompa pada putaran mesin 700 rpm
= 45 cm³ /rev x 700 rpm = 31.500 cc/menit ≈ 31,5 lt/menit.

3.5.2 Debit pada pompa roda gigi lama.

Ukuran lebar roda gigi (b) : 2,8 cm
Ukuran ujung diameter (da) : 6,01 cm
Ukuran gear center (a) : 5,1 cm
Maka displacement pompa roda gigi ini adalah :

$$D = \frac{\pi}{2} \times b \times (da^2 - a^2)$$

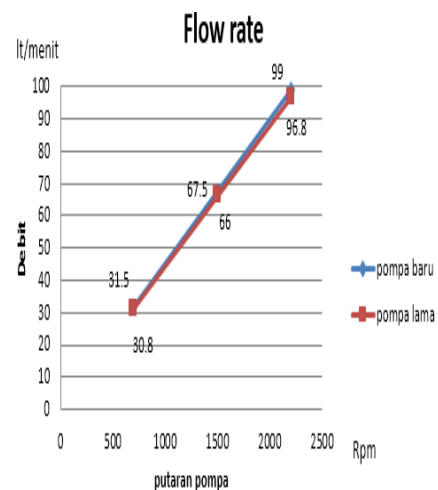
$$D = \frac{3.14}{2} \times 2,8 \times (6,01^2 - 5,1^2)$$

$$D = 4,396 (10,2304)$$

$$D = 43,91604 \text{ cm}^3/\text{rev} \approx 44 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

- Debit pompa pada putaran mesin 2200 rpm
= 44 cm³ /rev x 2200 rpm = 96.800 cm³/menit ≈ 96,8 lt/menit
- Debit pompa pada putaran mesin 1500 rpm
= 44 cm³ /rev x 1500 rpm = 66.000 cm³/menit ≈ 66 lt/menit
- Debit pompa pada putaran mesin 700 rpm
= 45 cm³ /rev x 700 rpm = 30.800 cm³/menit ≈ 30.8 lt/menit

3.6 Analisa Perbedaan Pompa Baru Dengan Pompa Roda Gigi Setelah 10 Tahun Digunakan Berdasarkan Displacement.



Pada tabel diatas terlihat jelas perbedaan pada debit pompa yang dihasilkan antara pompa roda gigi luar baru dengan pompa roda gigi lama yang sudah dipakai pada forklift 10 tahun, bahwa penurunan performa atau daya pompa roda gigi luar yang lama sehingga kinerja pompa roda gigi luar tidak bekerja 100% dibanding

pompa roda gigi yang baru.

Sebesar 2% penurunan daya atau kinerja pompa roda gigi luar yang sudah 10 tahun dipakai pada forklift, penurunan kinerja pompa ini berpengaruh pada sistem hidrolis forklift itu sendiri pada saat proses *lifting* maupun proses *traveling*.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Tekanan pompa hidrolis berkurang dikarenakan kerusakan pada komponen pompa roda gigi yaitu *seal* plat penahan dan mengalami perubahan ukuran atau keausan pada *side plate* yang mengakibatkan aliran pada pompa roda gigi berkurang dikarenakan kebocoran didalam pompa.

Kinerja pompa roda gigi berdasarkan nilai *displacement* mengalami penurunan setelah 10 tahun digunakan sebesar 2%. Berdasarkan spesifikasi standar pompa roda gigi baru yakni $45 \text{ cm}^3/\text{rev}$ turun menjadi $44 \text{ cm}^3/\text{rev}$.

4.2 Saran

Gunakan forklift sesuai beban maksimal forklift untuk mencegah kerusakan pada komponen forklift terutama sistem hidrolis. Ketinggian oli pada tangki hidrolis harus selalu diperhatikan, serta pergantian oli hidrolis harus secara berkala diganti untuk menjaga kinerja dan kebersihan pada komponen sistem hidrolis, khususnya kebersihan oli hidrolis perlu diperhatikan untuk mencegah kerusakan pada komponen pompa roda gigi sebagai penyuplai utama aliran pada sistem hidrolis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aidil. 2013. ANALISA CARA KERJA SISTEM HIDROLIS PADA FORKLIFT. Padang : Universitas Negeri Padang.
- [2] BINA PERTIWI. 2018. Forklift Komatsu. www.forklift-komatsu.id. Diakses 25 Januari 2018.
- [3] Frosina, E., Adolfo Senatore, dan Miguel Rigose. 2017. Study of a High-Pressure External Gear Pump with a Computational Fluid Dynamic Modeling Approach. Naples : Universitas Naples Federico.
- [4] Han, Dawei. 2008. Concise Hydraulics. Ebook at bookboon.com. Diakses 5 Januari 2018, dari www.bookboon.com.
- [5] Headquarters, Departement Of The Army. Hydraulics. E – Go Library. Diakses 12 Januari 2018, dari <https://www.free-ebooks.net>.
- [6] Kurnianto, Hary. 2008. RANCANG BANGUN DAN UJI UNJUK KERJA POMPA GEAR PADA SUHU FLUIDA 70 0C. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [7] Komatsu Forklift U.S.A., Inc. 2004. Operation & Maintenance Manual. Georgia : Datakom Publishing Corporation.
- [8] Manunggal Jaya Abadi., CV. 2016. Komponen Utama Hydraulic pada Forklift. www.manunggaljayaabadi.co.id Diakses pada 25 Januari 2018
- [9] N, Irfan. BAGIAN – BAGIAN FORKLIFT DAN FUNGSINYA. www.indotara.co.id.

- Diakses pada 25 Januari 2018
- [10]Parr, Andrew. 2003. HIDROLIKA DAN PNEUMATIKA ; Pedoman bagi teknisi dan insinyur. Edisi Kedua. Gunawan Prasetyo, Penerjemah. Jakarta. Erlangga. Terjemahaan dari : Hydraulic and Pneumatic : a Technician's and Engineer's Guide.
- [11]Petrus. MENGENAL LEBIH DALAM TENTANG FORKLIFT DAN JENISNYA. www.indotara.co.id. Diakses pada 25 Januari 2018
- [12]Sumbodo, W. Rizki Setiadi dan Sigit Poedjiono. 2017. PNEUMATIK & HIDROLIK. Yogyakarta : CV BUDI UTAMA
- [13]Suhermin, Acep. 2012. Analisis Sistem Gear Pump Pada Unit Forklift Komatsu Kapasitas 3 Ton. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- [14]Sularso, dan Haruo Tahara. 2000. Pompa dan Kompresor Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [15]Setyadi, Wismanto. Dkk. 2015. Uji Fungsi dan Karakterisasi Pompa Roda Gigi. Jurnal Ilmiah GIGA Volume 18 (1) halaman 52-57.
- [16]TCM Corporation. 2010. TCM Service manual. Forklift Truck. Tokyo : TCM Corporation
- [17]Unwin Hydraulic Engineeing, Ltd. 2018. Formula to calculate gear pump displacement. www.unwinhydraulic.co.uk diakses pada 12 Januari 2018
- [18]Viking Pump, Inc. 2017. External Gear Pumps <http://pumpschool.com/principles/external.asp>. Diakses 25 Januari 2018.
- [19]Yuken Kogyo Co.,LTD. 2006. BASIC HYDRAULICS AND COMPONENTS. Tokyo : Overseas Bussines Departement.

