

## MEKANISME PERAWATAN POMPA LUMPUR PADA RIG #20 DI PT BESMINDO MATERI SEWATAMA

M.Iqbal Sanjaya Cane<sup>1\*</sup>, Bambang Yudho Suranta<sup>1</sup>, Yohanes Kendek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Produksi Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, 58315

<sup>2</sup>PT Besmindo Materi Sewatama, Jl. Duri - Dumai Km.09, Riau, 28983

\*E-mail: miqbalsanjayacane@gmail.com

### ABSTRAK

*Mud pump* adalah salah satu komponen penting dalam sistem pengeboran minyak dan gas bumi, digunakan untuk mengedarkan lumpur pengeboran dengan tekanan tinggi. Keberhasilan operasional sangat bergantung pada kondisi optimal *mud pump*. Jika *mud pump* dioperasikan dalam kondisi tidak optimal, dapat terjadi penurunan efisiensi pengeboran, *overheating* dan kerusakan komponen, serta kegagalan dalam mengangkat *cutting*. Oleh karena itu, diperlukan perawatan yang terstruktur dan berkelanjutan untuk mencegah masalah-masalah tersebut. Sehubungan dengan hal tersebut, paper ini akan membahas tentang metode perawatan *mud pump*, yaitu *Routine Maintenance*, *Preventive Maintenance*, dan *Breakdown Maintenance*. *Routine Maintenance* dilakukan secara harian sehingga potensi kerusakan fatal dapat diminimalisir. Lalu dilanjutkan dengan metode *Preventive Maintenance* yang dilakukan secara rutin sesuai jadwal sehingga keandalan pompa dapat terjaga dan kerusakan besar yang bisa mengakibatkan semua kegiatan dihentikan dapat dicegah, terakhir dengan metode *Breakdown Maintenance* yang dilakukan ketika terjadi kerusakan, metode ini sangat diperlukan untuk memastikan pompa kembali berfungsi secepat mungkin. Dapat disimpulkan bahwa *mud pump* yang digunakan di Rig BMS #20 ketika dilakukan perawatan dengan ketiga metode tersebut dengan tepat dan terstruktur, efisiensi pengeboran dapat meningkat, dan potensi kegagalan peralatan yang dapat menyebabkan penghentian operasi dapat diminimalkan, sehingga kerugian operasional dapat dikurangi.

**Kata Kunci:** *Mud pump*, Perawatan Pompa, *Routine Maintenance*, *Preventive Maintenance*, *Breakdown Maintenance*

### 1. PENDAHULUAN

Pemboran dengan metode *direct circulation mud flush* (pembilasan sirkulasi langsung dengan lumpur bor) adalah teknik pengeboran yang menggunakan lumpur bor sebagai media pembilas. Dalam metode ini, diperlukan peralatan khusus, salah satunya adalah pompa lumpur atau *mud pump*. *Mud pump* merupakan perangkat piston yang bergerak secara berlawanan dan dirancang untuk mengedarkan lumpur bor dengan tekanan hingga 7.500 psi (52.000 kPa). Lumpur tersebut dipompa ke dalam *drill pipe*, kemudian naik kembali melalui *annulus*, keluar menuju *mud pit*, dan dihisap kembali oleh pompa lumpur untuk tersirkulasi ulang [1].

Dalam industri pengeboran minyak dan gas, kelancaran operasi sangat bergantung pada ketersediaan peralatan yang andal dan efisien. Salah satu perangkat krusial adalah *mud pump*, yang berperan dalam mengalirkan lumpur pengeboran ke dalam lubang bor. Lumpur pengeboran memiliki beberapa fungsi utama, seperti menjaga kestabilan tekanan bawah tanah, melumasi mata bor, dan membawa *cutting* dari dasar lubang ke permukaan. Kegagalan atau kerusakan pada *mud pump* dapat menyebabkan konsekuensi serius, seperti *downtime* yang mahal, penurunan kinerja, hingga risiko kecelakaan kerja. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan yang baik dan sistematis untuk memastikan *mud pump* beroperasi secara optimal.

Apabila teridentifikasi bahwa performa dari *mud pump* itu menurun maka dilakukan beberapa perawatan yaitu ada 3 metode, pada studi kasus di PT. Besmido Materi Sewatama di

Rig #20. Maka dari itu penulis mengambil judul ini untuk mengetahui penyebab turunnya performa dan perawatan yang dilakukan untuk meningkatkan kembali performa dari *mud pump* pada PT. Besmido Materi Sewatama, yaitu dengan metode *Routine Maintenance*, *Preventive Maintenance*, dan *Breakdown Maintenance*. Dengan penerapan metode perawatan yang tepat, tidak hanya masa pakai peralatan yang dapat diperpanjang, tetapi efisiensi operasi pengeboran juga dapat ditingkatkan, mengurangi risiko kegagalan pompa, dan secara keseluruhan meningkatkan produktivitas.

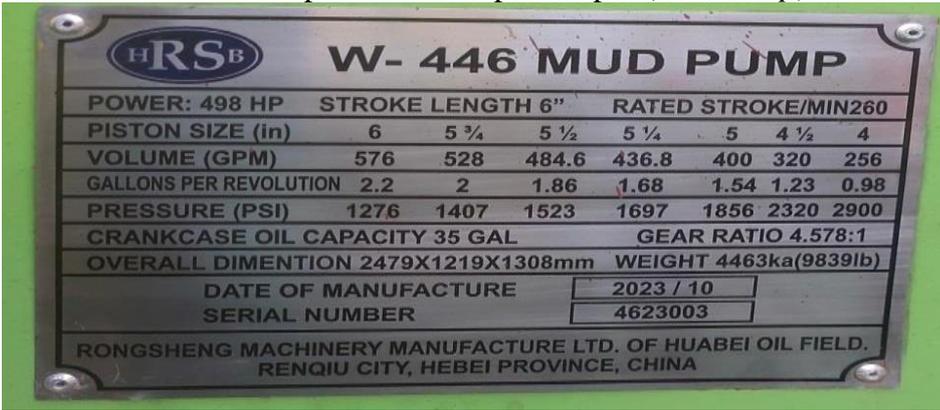
## 2. METODE

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pemeliharaan pompa lumpur, yaitu *Routine Maintenance*, *Preventive Maintenance*, dan *Breakdown Maintenance*. *Routine Maintenance* adalah metode pemeliharaan yang melibatkan inspeksi harian terhadap peralatan yang sedang beroperasi. Inspeksi ini dilakukan untuk mendeteksi gejala-gejala awal kerusakan sehingga tindakan perbaikan dapat segera diambil sebelum kerusakan yang lebih parah terjadi. Dengan pendekatan ini, potensi kerusakan fatal dapat diminimalkan, sehingga peralatan tetap berfungsi secara optimal dan dapat diandalkan dalam jangka panjang.

Sementara itu, *Preventive Maintenance* adalah metode yang fokus pada tindakan pencegahan kerusakan, dilakukan secara rutin dan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan keandalan dan memperpanjang umur peralatan, sehingga pemeliharaan ini membantu menjaga kinerja optimal dari pompa lumpur secara berkelanjutan. Adapun *Breakdown Maintenance* dilakukan saat terjadi kerusakan mendadak selama operasi. Perawatan ini mencakup penggantian atau perbaikan komponen yang rusak dengan tujuan meminimalkan waktu henti operasi.

Berdasarkan kondisi dilapangan untuk mengetahui adanya penurunan performa dari mud pump, maka harus diketahui data spesifikasi dari mud pump dan juga data penurunan performa dari mud pump tersebut. Data-data tersebut digunakan untuk mengetahui apa saja penyebab terjadinya penurunan performa seperti volume dan pressure yang menurun, dan juga daya yang menurun akibat keausan pada bagian-bagian peralatan. Ketika sudah mengetahui penyebabnya maka dapat dilakukan metode-metode perawatan yang telah ditentukan.

Gambar 1 Spesifikasi Pompa Lumpur (*Mud Pump*)



HRSB		W- 446 MUD PUMP						
POWER: 498 HP	STROKE LENGTH 6"			RATED STROKE/MIN260				
PISTON SIZE (in)	6	5 ¾	5 ½	5 ¼	5	4 ½	4	
VOLUME (GPM)	576	528	484.6	436.8	400	320	256	
GALLONS PER REVOLUTION	2.2	2	1.86	1.68	1.54	1.23	0.98	
PRESSURE (PSI)	1276	1407	1523	1697	1856	2320	2900	
CRANKCASE OIL CAPACITY 35 GAL				GEAR RATIO 4.578:1				
OVERALL DIMENTION 2479X1219X1308mm			WEIGHT 4463ka(9839lb)					
DATE OF MANUFACTURE				2023 / 10				
SERIAL NUMBER				4623003				
RONGSHENG MACHINERY MANUFACTURE LTD. OF HUABEI OIL FIELD. RENQIU CITY, HEBEI PROVINCE, CHINA								

Pada Gambar 1 telah dilampirkan data spesifikasi *mud pump* yang berasal dari PT. Besmido Materi Sewatama di Rig #20. Pada Tabel 1 berisi sejumlah hasil yang didapatkan setelah melakukan uji tes *mud pump* yang dilakukan di PT. Besmindo Materi Sewatama, sehingga dapat diketahui parameter apa saja yang menjadi penyebab penurunan performa dari *mud pump* tersebut. Performa *mud pump* tipe W-446 dengan ukuran *piston* 4 inci mengalami penurunan yang signifikan. Daya pompa berkurang menjadi sekitar 460 HP, akibat keausan pada

komponen seperti *piston*, *liner*, dan sistem *valve*. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi pompa, dengan laju *stroke* hanya mencapai 240 kali per menit. Tekanan maksimum yang dihasilkan pompa menurun hingga sekitar 2600 PSI, yang berdampak pada kemampuan pompa dalam menjaga tekanan *hidrostatik* dan sirkulasi fluida selama operasi berlangsung. Volume aliran juga berkurang menjadi sekitar 230 GPM, mengurangi efektivitas dalam proses pembersihan sumur.

**Tabel 1.** Kondisi Penurunan Performa *Mud Pump*

Parameter	Spesifikasi	Kondisi Sebelum Maintenance
Daya (HP)	498 HP	460 HP
Stroke per Menit	260	240
Ukuran Piston (in)	4	4
Volume (GPM)	256	230
Galon per Revolusi	0.98	0.9
Tekanan (PSI)	2900	2600
Kapasitas oli (gal)	35	34.5

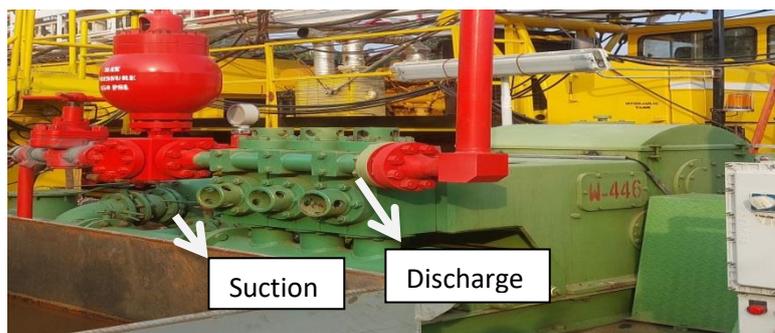
Selain itu, kapasitas oli *crankcase* menurun sedikit, hanya tersisa sekitar 34,5 galon karena adanya kebocoran pada *seal* atau *gasket* yang aus, yang mengakibatkan pelumasan tidak optimal. Kondisi ini menambah risiko gesekan berlebihan dan potensi kerusakan komponen. Secara keseluruhan, performa *mud pump* sebelum *maintenance* berada di bawah spesifikasi, yang berpotensi meningkatkan *downtime* dan menghambat kelancaran operasional dilapangan.

### 3. PEMBAHASAN

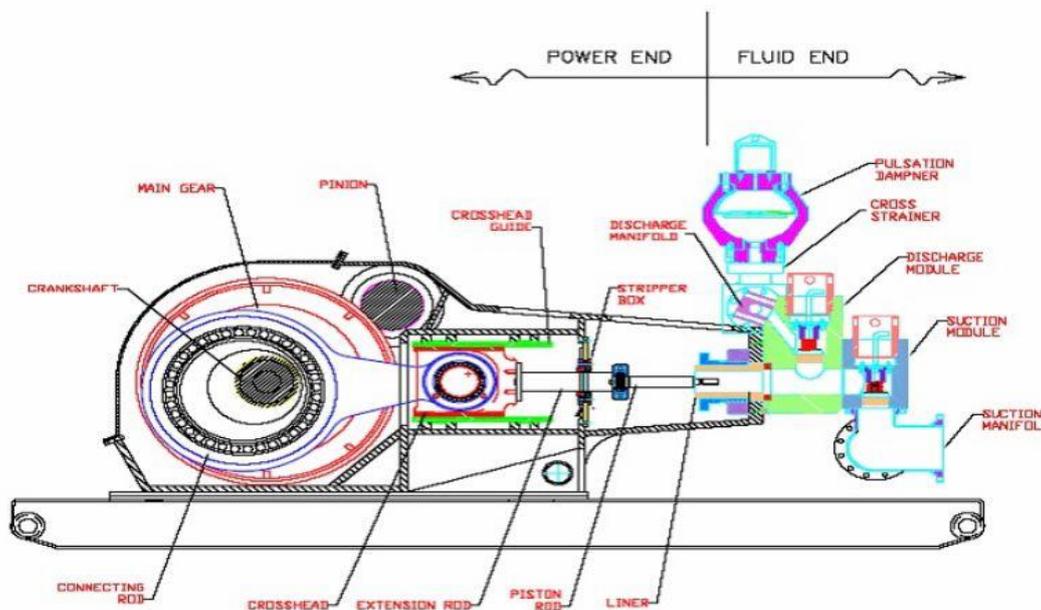
#### A. Pompa Lumpur W-446

Pompa lumpur W-446 adalah sebuah peralatan sirkulasi pengeboran dengan tenaga 498 HP, prinsip kerjanya sama dengan pompa lumpur pada umumnya, yang membedakan ialah tenaga, tenaga yang dimiliki Pompa lumpur W446 mampu pada kedalaman sumur 3353 ft. Pompa ini beroperasi menggunakan bahan bakar jenis solar. Pompa lumpur (*Mud Pump*) seperti pada Gambar 2 dengan spesifikasi 498 *house power* merupakan komponen utama yang terdapat pada pembahasan ini. Pompa merupakan suatu mesin yang mengubah energy mekanik menjadi energy hidrodinamik. Suatu fluida akan menerima energy mekanis dari pompa sehingga dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat tertentu. Prinsip utama pompa yakni membuat perbedaan tekanan antara saluran masuk (*suction*) dan saluran keluar (*discharge*), dengan adanya perbedaan tekanan maka fluida dapat mengalir [2].

*Mud pump* 498 Hp menggunakan 3 silinder (*Triplex Single Acting Pump*) seperti dipaparkan pada Gambar 3. Dalam pompa triplex, terdapat tiga piston yang berperan dalam memompa lumpur dengan efisiensi tinggi. Piston-piston ini secara bergantian beroperasi untuk menghisap dan mendorong lumpur dalam satu arah. Gunanya adalah untuk mengurangi fluktuasi tekanan yang timbul akibat gerakan piston, digunakan surge tank yang juga dikenal sebagai pulsation dampener. Fungsinya adalah untuk menyempurnakan aliran lumpur [3]. Pompa ini hanya bekerja satu arah saja yaitu pada saat gerakan kedepan, pompa hanya menghasilkan tekanan fluida keluar, sedangkan untuk gerakan piston kebelakang hanya menghasilkan pengisapan lumpur dari tangki masuk keruangan liner pompa [4]. Gerakan piston ini lebih cepat dibandingkan dengan pompa *duplex*, yaitu antar 1,5 sampai 2 kali lebih cepat cocok untuk sumur sumur dalam yakni sampai kedalaman 15000 feet. Berat yang lebih ringan sehingga dapat mempermudah saat rig akan *moving* [5].



Gambar 2. Pompa Lumpur (*Mud Pump*)



Gambar 3. Bagian-bagian Pompa Lumpur (*Mud Pump*)

Pompa *triplex* terbagi menjadi dua komponen utama dengan fungsi spesifik. Pertama, *Power End*, yang bertugas mengubah gerakan putar dari motor menjadi gerakan maju-mundur pada setiap *piston* secara bergantian. Mekanisme ini memastikan ketiga *piston* bekerja selaras dan efisien. Kedua, *Fluid End*, yang berfungsi mengonversi energi mekanis menjadi energi hidrolis. Bagian ini menghasilkan aliran fluida bertekanan tinggi, memungkinkan pompa untuk mengalirkan fluida dengan tekanan signifikan. Kombinasi kedua bagian tersebut memastikan pompa *triplex* beroperasi secara optimal dan efektif.

### B. Perawatan Pompa Lumpur

Pada proses sirkulasi fluida pemboran, pompa lumpur torak digunakan dari awal hingga akhir operasi pemboran. Pompa lumpur merupakan peralatan utama dalam sistem sirkulasi pada *rig*. Pompa diibaratkan jantung dalam sistem sirkulasi tersebut. Fungsi utama dari pompa lumpur adalah untuk memompa lumpur pengeboran dari tangki ke lubang pengeboran dengan tekanan yang tinggi [6]. Oleh karena itu, perlu diperhatikan mengenai pengoperasian yang baik serta penerapan pemeliharaan yang tepat pada pompa lumpur tersebut, sehingga pompa dapat menjalankan fungsinya dengan baik serta bisa memiliki umur yang lebih lama [7].

Keselamatan operator, fungsi, dan servis mesin sesuai dengan spesifikasi yang dinyatakan sangat bergantung pada pengamatan cermat terhadap instruksi yang diberikan. Kegagalan untuk

mematuhi jadwal pemeliharaan dapat berakibat berbahaya, karena mesin mungkin tidak berada dalam kondisi yang disyaratkan untuk penggunaan yang dimaksudkan [8]. Pemeriksaan dan perawatan pencegahan rutin sangat penting untuk menjaga pompa beroperasi dengan baik dari tahun ke tahun. Pemeriksaan ini akan memungkinkan anda mendeteksi masalah kecil sejak dini, saat masalah tersebut dapat diperbaiki dengan mudah sebelum menjadi masalah besar yang memerlukan waktu henti dan perbaikan yang mahal [9]. Kegiatan-kegiatan perawatan meliputi :

### 1. *Routine Maintenance*

Merupakan inspeksi harian dilakukan pada peralatan yang sedang beroperasi untuk mendeteksi gejala awal kerusakan, sehingga kerusakan lebih parah dapat dicegah [10]. Jika ditemukan indikasi masalah, langkah pemeriksaan lanjutan dilakukan dengan bantuan instrumen khusus untuk memastikan kondisi peralatan secara akurat. Kegiatan yang dilakukan pada saat melakukan routine maintenance adalah :

1. Pemeriksaan kondisi oli.
2. Pemeriksaan temperatur fluida.
3. Memeriksa apakah terjadi vibrasi yang terlalu besar.
4. Pemeriksaan baut-baut pada sambungan.

### 2. *Preventive Maintenance*

*Preventive Maintenance* merupakan pekerjaan perawatan yang sifatnya berupa pencegahan dan dilakukan secara rutin sesuai jadwal. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan peralatan dan memperpanjang umur peralatan tersebut. Hal-hal berikut ini adalah serangkaian area minimal yang harus diperiksa dan diperiksa yang harus menjadi bagian wajib dari setiap jadwal perawatan pencegahan pada pompa *triplex* adalah sebagai berikut :

- a. Periksa oli fluid end untuk mengetahui tanda-tanda kontaminasi. Bilas dan ganti jika perlu. Sebelum menambahkan oli baru, bilas dengan hati-hati dan kontaminan dari *fluid end*, terutama di palung oli di bawah *crosshead* dan di kompartemen di bagian atas pemandu *crosshead*. Bersihkan kotoran dari saringan saluran masuk pompa pelumas.
- b. Lepaskan penutup pembersih atas di kedua sisi rangka *fluid end* dan bersihkan ruang pengendapan kotoran di dalamnya. Pompa harus dibiarkan diam selama setidaknya satu jam sebelum membersihkan ruang agar semua kotoran mengendap. Hal yang normal jika beberapa galon oli akan habis selama proses ini, dan oli baru harus ditambahkan kembali ke dalam bak penampung untuk menggantikan jumlah ini setelah proses selesai.
- c. Lepaskan tutup sekrup kepala heksagonal dari pelat penutup pembuangan bawah dan biarkan air atau kondensasi yang telah mencemari oli mengalir keluar. Air lebih berat dari pada oli dan akan mengendap di dasar seiring waktu, jadi pompa harus dibiarkan diam selama setidaknya satu jam sebelum mengurasnya untuk memberi waktu yang cukup bagi oli dan air untuk terpisah. Pastikan oli baru ditambahkan kembali ke bak penampung jika perlu untuk mengembalikan level oli ke level normal.
- d. Pastikan tekanan oli *fluid end* berada dalam kisaran normal 20-40 PSI menggunakan pengukur tekanan yang disertakan di bagian belakang rangka. Selidiki penyebab perubahan mendadak pada tekanan oli dari satu periode pemeriksaan ke periode lainnya.
- e. Buka penutup belakang dan lakukan pemeriksaan umum pada pompa untuk mengetahui tanda-tanda kerusakan atau keausan yang tidak biasa. Pastikan baut bantalan utama telah dimuat dengan benar dan slide *crosshead* halus.
- f. Pastikan kabel pengaman dipasang pada semua pengencang *fluid end* yang terpengaruh. Jika ada kabel putus, periksa bagian tersebut untuk melihat apakah ada penyebab kerusakan yang terlihat. Jika tidak ditemukan, kencangkan kembali pengencang dan ganti kabel pengaman.

- g. Terakhir, dan mungkin yang paling penting, jika pompa berbunyi, menjadi panas, bergetar, berdenyut, atau beroperasi di luar kebiasaan, hentikan apa yang sedang anda lakukan dan cari tahu penyebab masalahnya. Memperbaiki masalah kecil sejak dini selalu merupakan pilihan terbaik.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat *preventive maintenance* adalah:

- a. Pemberian pelumasan pada pompa dengan mengisi sesuai dengan ukuran/kapasitas yang sudah ditentukan. Dan apabila mengisi pelumas pada pompa melebihi ukuran yang sudah ditentukan, akan meningkatkan temperatur dengan tidak normal
- b. Awal pengoperasian pompa yang harus diperhatikan adalah temperature *bearing* (bantalan) dan mengganti pelumas pada bearing minimal satu minggu dua kali dan secara berkala.
- c. Pemberhentian operasi pompa, berhenti jika *temperatur bearing* melebihi *temperatur tekanan* pompa mencapai suhu 40°C dan mencari permasalahan yang membuat temperatur pompa menjadi naik, sehingga harus berhenti beroperasi.
- d. Memperkuat penekanan pompa, mengencangkan *packing* untuk menghindari kebocoran yang berkelanjutan. Apabila terjadi kebocoran kembali, ganti packing dan kecangkan kembali.

### 3. Breakdown Maintenance

Yakni melakukan serangkaian perawatan terhadap pompa apabila pompa mengalami kerusakan pada saat pompa beroperasi [11]. Komponen pompa yang sering mengalami kerusakan pada saat di operasikan yaitu komponen utama yang merupakan bagian utama dari *fluid end* pompa dipaparkan pada Gambar 4-10.



Gambar 4. *Insert valve*



Gambar 5. *Seal Liner*



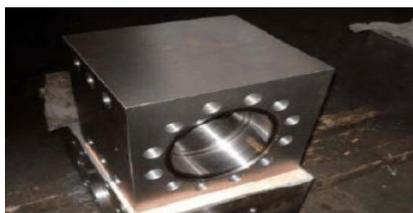
Gambar 6. *Spring Valve*



Gambar 7. *Liner Assembly* [12] (Made-in-China.com)



**Gambar 8. Charging Pump**



**Gambar 9. Clutch**

**Gambar 10. Module**

Komponen-komponen tersebut sangat sering terjadi kerusakan apabila lumpur yang disirkulasikan dengan tekanan yang tinggi akibat sistem pemboran yang sudah dalam trayek akhir. Oleh sebab itu di setiap *rig* di haruskan unruk memiliki 2 unit pompa yang satu unitnya lagi menjadi cadangan dan selalu siap untuk di operasikan setiap waktu. Pada saat melakukan perbaikan pompa yang mengalami kerusakan, ada beberapa hal yang harus di lakukan antara lain :

- a) Matikan *charging pump* dan pompa lumpur di *rig floor*.
- b) Posisikan luas *clutch* pada posisi *off* sehingga apabila operator menghidupkan pompa dari *rig floor* pompa daam kondisi mati.
- c) Jika *liner* perlu diganti, buka *fluid end module* dan bersihkan agar *module* tidak angin.

Setelah dilakukan *maintenance*, performa *mud pump* tipe W-446 dengan ukuran *piston* 4 inci hampir kembali ke kondisi optimal. Daya pompa mencapai 495 HP, mendekati daya awal spesifikasi, dan *stroke* per menit meningkat menjadi 258 kali, memperbaiki efisiensi operasionalnya. Volume aliran fluida mencapai 254 GPM, sementara tekanan pompa kembali naik hingga 2850 PSI, yang penting dalam mendukung kebutuhan sirkulasi dan tekanan selama beroperasi di lapangan. Kapasitas oli *crankcase* juga diisi ulang hingga 35 galon, memastikan pelumasan yang baik pada semua komponen, sehingga risiko kerusakan akibat gesekan dapat diminimalkan. Secara keseluruhan, kondisi pompa setelah *maintenance* hampir sepenuhnya kembali ke spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2, meningkatkan keandalan dan efektivitas kerja pompa dalam kegiatan operasional di lapangan.

**Tabel 2. Kondisi Mud Pump Sesudah Maintenance**

Parameter	Kondisi Sesudah Maintenance
Daya (HP)	495 HP
Stroke per Menit	258
Ukuran Piston (in)	4
Volume (GPM)	254
Galon per Revolusi	0.97
Tekanan (PSI)	2850
Kapasitas oli (gal)	35

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan perawatan yang terstruktur dan berkala secara signifikan meningkatkan performa dan keandalan *mud pump*. Sebelum dilakukan *maintenance*, parameter utama seperti daya, tekanan, dan volume aliran mengalami penurunan yang disebabkan oleh keausan pada komponen seperti *piston*, *liner*, dan *valve*. Kondisi ini mengakibatkan penurunan efisiensi operasional, peningkatan *downtime*, dan risiko kerusakan yang lebih tinggi selama pengeboran.

Namun, setelah dilakukan perawatan dengan metode *Routine*, *Preventive*, dan *Breakdown Maintenance*, performa *mud pump* berhasil dikembalikan ke kondisi optimal hampir sesuai

spesifikasi awal. Daya pompa kembali mencapai 495 HP, tekanan maksimum mencapai 2850 PSI, dan volume aliran mencapai 254 GPM, yang memungkinkan sirkulasi fluida berjalan dengan stabil. Kapasitas oli juga terjaga untuk memastikan pelumasan yang baik, mengurangi risiko keausan dan kerusakan lebih lanjut. Secara keseluruhan, perawatan yang tepat pada *mud pump* ini mendukung kelancaran operasi pengeboran, meningkatkan produktivitas, serta mengurangi biaya operasional jangka panjang.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Works, D. D. (2013). DDCAP technical manual for drilling works for technical support plan for the drillers in DDCA Version 1. March.
- [2] Version, E. (2000). IADC drilling manual. Houston, USA.
- [3] Katmas, Z., & Purnomosidi, P. (2024). Evaluasi kinerja mud pump PT. Bohai Drilling Service Indonesia pada sumur KTM lapangan blok Rokan. *Jurnal Eksplorasi dan Produksi Migas*, 2(2), 51–57.
- [4] Andini, S. A. A. (2021). Laporan magang industri PT. Petrokimia Gresik. Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Gresik: PT. Petrokimia Gresik.
- [5] Guo, B., & Liu, G. (2011). *Applied drilling circulation systems: Hydraulics, calculations and models*. Gulf Professional Publishing.
- [6] Sari, I. N. (2020). Evaluasi mesin penggerak electric motors pada mud pump stroke untuk pompa triplex single acting saat proses pemboran pada lapangan Y (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- [7] Pancoko, M., & Jami, A. (2013). Kriteria pemilihan pompa untuk mengalirkan larutan asam fosfat ke mixer settler pada proses recovery uranium dari asam fosfat. *PRIMA-Aplikasi dan Rekayasa dalam Bidang Iptek Nuklir*, 9(1), 11–18.
- [8] Drillmec S.p.A. (2013). *Operation and Maintenance Manual for Triplex Mud Pump - Skid Mounted*. Drillmec S.p.A., D2
- [9] Weatherford. (2006). *Model MP10 triplex pump operations and maintenance manual*. Weatherford International.
- [10] Gusniar, I. N. (2014). Optimalisasi sistem perawatan pompa sentrifugal di Unit utility PT. ABC. *Majalah Ilmiah SOLUSI*, 1(01).
- [11] Siolimbona, N. (2021). Mekanisme perawatan pompa lumpur (mud pump) kapasitas 450 host power di PT. Prakarsa Pramandita.
- [12] Made-in-China.com. (n.d). Mud pump spares cylinder liner on oilfield for drilling rig. Diakses pada 28 oktober 2024, dari [https://en.made-in-china.com/?acc=8642081837-lxy&cpn=15288844980-129540664493&tgt=kwd-313558438200&net=g&dev=c-&gid=Cj0KCQjw7Py4BhCbARIsAMMx-LYUd8hqkSSE8\\_0ycZa6c\\_ur-ySWkLKDH4fW2v5sRLIYAgIyLkyiwIaAv5UEALw\\_wcB&kwd=made-in-china&mtp=e&loc=9118075-&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw7Py4BhCbARIsAMMx-LYUd8hqkSSE8\\_0ycZa6c\\_ur-ySWkLKDH4fW2v5sRLIYAgIyLkyiwIaAv5UEALw\\_wcB](https://en.made-in-china.com/?acc=8642081837-lxy&cpn=15288844980-129540664493&tgt=kwd-313558438200&net=g&dev=c-&gid=Cj0KCQjw7Py4BhCbARIsAMMx-LYUd8hqkSSE8_0ycZa6c_ur-ySWkLKDH4fW2v5sRLIYAgIyLkyiwIaAv5UEALw_wcB&kwd=made-in-china&mtp=e&loc=9118075-&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw7Py4BhCbARIsAMMx-LYUd8hqkSSE8_0ycZa6c_ur-ySWkLKDH4fW2v5sRLIYAgIyLkyiwIaAv5UEALw_wcB)