



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Excavator

Excavator merupakan alat berat yang termasuk dalam kategori *earthmoving equipment* yang digunakan untuk melakukan pekerjaan penggalian, pemindahan material, serta berbagai aplikasi konstruksi dan pertambangan lainnya. Secara umum, excavator terdiri dari tiga bagian utama yaitu *undercarriage*, *upper structure*, dan *front attachment* (boom, arm, dan bucket) yang digerakkan oleh sistem hidrolik (Kwon et al., 2018).

Excavator adalah mesin berbasis sistem hidrolik yang dirancang untuk menghasilkan gaya besar melalui aktuator hidrolik guna melakukan pekerjaan seperti digging, lifting, dan material handling secara efisien. Sistem hidrolik ini memungkinkan excavator menghasilkan tenaga tinggi dengan kontrol yang presisi, sehingga menjadi alat utama dalam operasi konstruksi modern. (Kim et al., 2019)

Holt (2015) menyebutkan bahwa excavator khususnya tipe *crawler hydraulic excavator* sebagai mesin yang dapat swagerak (*self-propelled*) dengan sistem *undercarriage* berupa rantai (*crawler tracks*) serta memiliki struktur atas yang dapat berputar hingga 360°. Pada bagian ini terpasang komponen utama seperti mesin, kabin operator, serta sistem hidrolik yang mendukung keseluruhan fungsi operasional alat.

Dapat disimpulkan bahwa excavator merupakan alat berat berbasis sistem hidrolik yang termasuk dalam kategori *earthmoving equipment* dan memiliki peran utama dalam pekerjaan konstruksi maupun pertambangan. Excavator dirancang dengan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

struktur utama yang terdiri atas *undercarriage*, *upper structure*, dan *front attachment* (boom, arm, dan bucket) yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan gaya besar dalam proses penggalian, pengangkatan, dan pemindahan material. Dengan dukungan sistem hidrolik yang mampu menghasilkan tenaga tinggi serta kontrol yang presisi, excavator menjadi mesin yang efisien, fleksibel, dan esensial dalam berbagai operasi konstruksi modern.

2.2 Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik merupakan suatu sistem tenaga fluida yang memanfaatkan fluida cair bertekanan sebagai media untuk mentransmisikan energi dan menghasilkan kerja mekanis. Prinsip kerja sistem ini didasarkan pada kemampuan fluida dalam menyalurkan tekanan secara merata sehingga dapat menggerakkan aktuator seperti silinder dan motor hidrolik.

Sifat fluida yang memiliki kompresibilitas tertentu memungkinkan terjadinya penyimpanan dan pelepasan energi, sehingga sistem hidrolik mampu menghasilkan respon yang cepat, kapasitas beban yang besar, serta kestabilan operasi yang tinggi dalam berbagai aplikasi teknik (Wang et al., 2021).

Sistem hidrolik berfungsi sebagai sistem penggerak utama yang mengontrol pergerakan komponen kerja melalui integrasi antara pompa, katup pengatur, dan aktuator. Sistem ini memungkinkan terjadinya koordinasi gerakan yang presisi pada bagian boom, arm, dan bucket, sehingga mendukung pelaksanaan pekerjaan seperti penggalian dan pemindahan material secara efisien (Xu & Yoon, 2016).

2.3 Tekanan Hidrolik

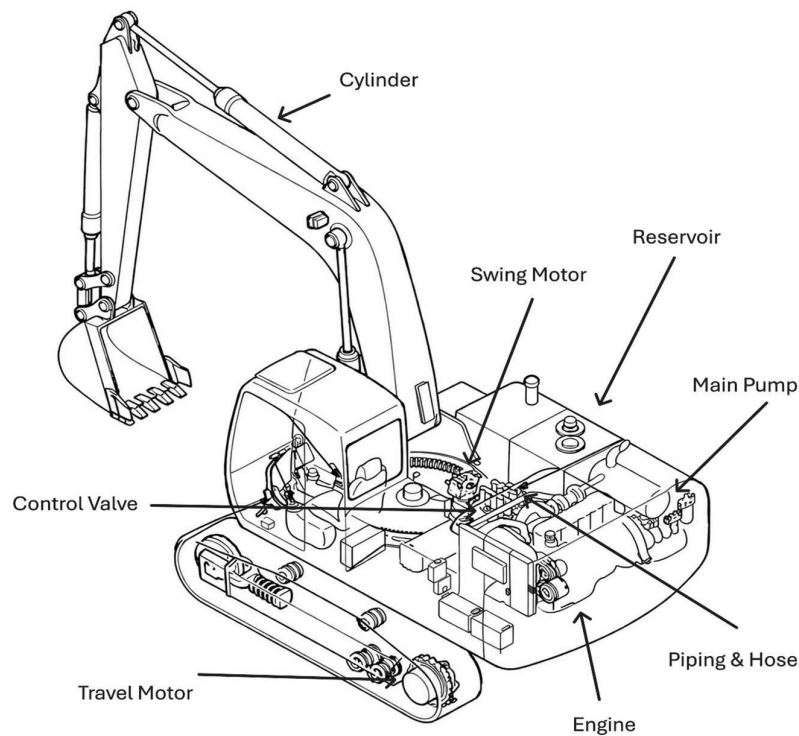
Tekanan hidrolik merupakan salah satu parameter utama dalam sistem tenaga fluida yang berperan dalam mentransmisikan energi dari pompa ke aktuator. Dalam sistem hidrolik, tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas yang bekerja pada fluida, yang secara prinsip mengikuti Hukum Pascal, yaitu tekanan yang diberikan pada fluida dalam ruang tertutup akan diteruskan secara merata ke segala arah (Esposito, 2014).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada excavator, tekanan hidrolik dihasilkan oleh main pump dan digunakan untuk menggerakkan berbagai komponen kerja, termasuk attachment seperti *hydraulic breaker*. Dalam kondisi operasi normal, tekanan hidrolik cenderung stabil sesuai dengan kebutuhan beban kerja. Namun, pada penggunaan *hydraulic breaker*, tekanan dalam sistem mengalami perubahan yang signifikan akibat adanya beban tumbukan berulang (*impact loading*) (Zhang et al., 2020).

2.4 Sistem Hidrolik pada Excavator



Gambar 2.2 Sistem Hidrolik Pada Excavator

Sumber : Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., 2025

Sistem hidrolik pada excavator memanfaatkan tenaga fluida yang berfungsi untuk mentransmisikan dan mengontrol energi dalam bentuk tekanan oli untuk menghasilkan gerakan kerja pada komponen alat berat. Sistem ini mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh engine menjadi energi hidrolik, kemudian



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dikonversikan kembali menjadi energi mekanik pada aktuator seperti silinder dan motor hidrolik.

Engine berperan sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan *main pump*. Pompa hidrolik menghasilkan aliran oli bertekanan tinggi yang selanjutnya dialirkan ke dalam sistem. Oli hidrolik disimpan dalam *reservoir* yang berfungsi sebagai tempat penampungan, pendinginan, serta pemisahan udara dan kontaminan sebelum fluida digunakan kembali dalam siklus kerja.

Aliran oli bertekanan tinggi didistribusikan melalui *piping dan hose* menuju *control valve*. *Control valve* berfungsi sebagai pengatur utama yang mengendalikan arah aliran, tekanan, serta debit fluida sesuai dengan perintah operator. Pergerakan tuas kendali akan mengubah posisi spool pada control valve sehingga jalur aliran oli dapat diarahkan ke aktuator tertentu.

Energi hidrolik yang telah diatur kemudian dimanfaatkan oleh aktuator. *Hydraulic cylinder* mengubah energi tekanan fluida menjadi gerakan linier yang digunakan untuk menggerakkan boom, arm, dan bucket. *Swing motor* mengubah energi hidrolik menjadi gerakan rotasi untuk memutar bagian atas excavator. *Travel motor* berfungsi menghasilkan gerakan rotasi pada sistem undercarriage sehingga excavator dapat berpindah tempat.

Oli hidrolik yang telah digunakan akan kembali ke reservoir melalui jalur balik dengan tekanan yang lebih rendah. Siklus ini berlangsung secara kontinu selama excavator beroperasi.

2.5 Komponen Pada Sistem Hidrolik di Excavator

Secara umum, komponen sistem hidrolik meliputi pompa, fluida hidrolik, katup, aktuator, reservoir, dan sistem perpipaan Berikut penjelasan mengenai komponen yang ada pada sistem hidrolik di excavator.

2.5.1 Pompa Hidrolik



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pompa hidrolik merupakan komponen utama dalam sistem hidrolik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dalam bentuk aliran fluida bertekanan. Energi mekanik yang berasal dari sumber penggerak seperti motor listrik atau mesin diesel dikonversikan menjadi energi fluida yang kemudian digunakan untuk menggerakkan aktuator dalam sistem.

Menurut Yang et al. (2022), pompa hidrolik sering disebut sebagai “jantung dari sistem hidrolik” karena berfungsi mensuplai fluida bertekanan ke seluruh sistem sehingga memungkinkan terjadinya proses kerja pada aktuator. Tanpa adanya pompa, sistem hidrolik tidak dapat menghasilkan energi yang diperlukan untuk melakukan kerja mekanis.

Penelitian oleh Beskopylny et al. (2025) menjelaskan bahwa pompa hidrolik dirancang untuk menghasilkan aliran fluida dengan karakteristik tertentu, seperti debit dan tekanan yang stabil, guna meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem hidrolik secara keseluruhan.

2.5.2 Fluida Hidrolik

Fluida hidrolik berfungsi sebagai media transmisi energi dalam sistem. Selain itu, fluida juga berperan sebagai pelumas, pendingin, serta pelindung terhadap korosi. Karakteristik fluida seperti viskositas, stabilitas termal, dan kemampuan pelumasan sangat menentukan kinerja dan umur komponen sistem hidrolik.

Menurut Fox et al. (2015) viskositas merupakan sifat fluida yang menunjukkan tingkat hambatan internal terhadap aliran akibat adanya gesekan antar lapisan fluida. Secara ilmiah, viskositas didefinisikan sebagai hubungan antara tegangan geser (*shear stress*) dan laju perubahan kecepatan (*shear rate*) dalam suatu fluida. Fluida dengan viskositas tinggi memiliki resistansi aliran yang lebih besar dibandingkan fluida dengan viskositas rendah.

Menurut penelitian oleh Spikes (2015), kemampuan pelumasan berkaitan dengan kemampuan fluida membentuk lapisan film pelumas (*lubricating film*) yang memisahkan permukaan kontak sehingga mengurangi gaya gesek dan mencegah terjadinya kontak langsung antar logam. Lapisan ini dapat berupa *boundary*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

lubrication, mixed lubrication, atau hydrodynamic lubrication, tergantung pada kondisi operasi dan sifat fluida.

2.5.3 Katup (Valve)

Menurut penelitian oleh Merritt (2017), katup hidrolik dapat didefinisikan sebagai perangkat yang mengendalikan aliran fluida melalui mekanisme pembukaan, penutupan, atau pengaturan penampang aliran, sehingga dapat mengatur arah dan besar aliran dalam sistem.

2.5.4 Aktuator Hidrolik

Aktuator hidrolik merupakan komponen dalam sistem tenaga fluida yang berfungsi untuk mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanik guna menghasilkan gerakan atau gaya. Menurut penelitian oleh Nápoles-Báez et al. (2022), aktuator hidrolik adalah perangkat yang “mengubah energi hidrolik yang disuplai oleh pompa menjadi energi mekanik”. Berdasarkan jenis gerakan yang dihasilkan, aktuator hidrolik secara umum dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu aktuator linier dan aktuator rotasi.

Menurut Nápoles-Báez et al. (2022), aktuator linier merupakan bentuk paling umum dari aktuator hidrolik yang digunakan untuk menghasilkan gerakan naik dan turun atau maju dan mundur dalam berbagai sistem industri. Aktuator jenis ini banyak digunakan pada alat berat seperti excavator untuk menggerakkan boom, arm, dan bucket.

Aktuator rotasi merupakan aktuator yang menghasilkan gerakan putar. Pada jenis ini, energi fluida diubah menjadi torsi melalui mekanisme internal motor hidrolik. Boaventura dan Semini (2022) menjelaskan bahwa motor hidrolik merupakan salah satu bentuk aktuator yang digunakan untuk menghasilkan gerakan rotasi dengan torsi tinggi, terutama pada aplikasi yang membutuhkan daya besar. Contoh penggunaannya pada alat berat adalah sistem swing dan travel motor.

2.5.5 Sistem Perpipaan (Piping & Hose)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sistem perpipaan terdiri dari pipa kaku (*pipe*) dan selang fleksibel (*hose*) yang berfungsi untuk menyalurkan fluida antar komponen dalam sistem hidrolik. Penelitian menunjukkan bahwa sistem perpipaan juga berperan dalam mempengaruhi karakteristik getaran dan fluktuasi tekanan dalam sistem. Hose dengan sifat elastis tertentu dapat membantu meredam getaran dan *pressure pulsation*, terutama pada sistem dengan beban dinamis seperti excavator dengan *hydraulic breaker* (Zhang et al., 2020).

2.5.6 Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai tempat penyimpanan fluida hidrolik serta sebagai media untuk menjaga kestabilan suhu dan kualitas fluida. Selain itu, reservoir juga memungkinkan terjadinya pemisahan udara dari fluida serta pengendapan partikel kontaminan sebelum fluida kembali digunakan dalam sistem (Esposito, 2014).

2.6 Hydraulic Breaker

2.6.1 Definisi Hydraulic Breaker

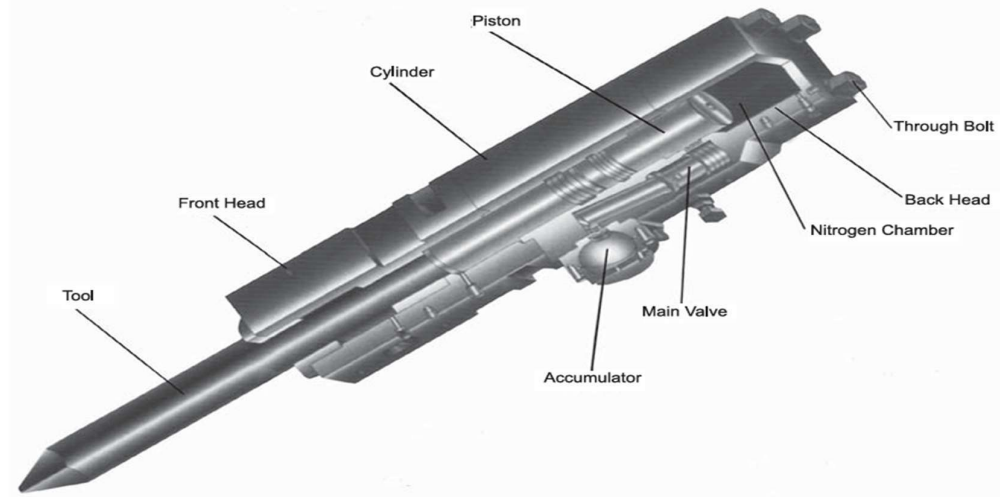
Hydraulic breaker merupakan *attachment* pada excavator yang digunakan untuk menghancurkan material keras seperti batuan, beton, dan struktur lainnya dengan memanfaatkan energi tumbukan (*impact energy*) yang dihasilkan oleh sistem hidrolik. Menurut Wahyudi (2023), fungsi utama *hydraulic breaker* adalah melakukan proses fragmentasi material melalui tumbukan berulang yang dihasilkan oleh piston hidrolik, sehingga material berukuran besar dapat dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil dan mudah ditangani dalam proses lanjutan.

Menurut Kwon, Y. S. et al. (2018), *hydraulic breaker* bekerja sebagai bagian dari sistem kerja excavator yang mengubah energi hidrolik menjadi energi mekanik dalam bentuk tumbukan berulang. Prinsip kerja alat ini didasarkan pada interaksi antara aliran fluida bertekanan, gerakan piston, serta mekanisme katup yang mengatur siklus kerja secara kontinu.

2.6.2 Komponen Pada Hydraulic Breaker

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.3 Komponen *Hydraulic Breaker*

Sumber : Hitachi Construction Machinery Asia Pacific Pte. Ltd. (2025)

Komponen internal *hydraulic breaker* terdiri dari komponen utama seperti *tool* (*chisel*), *front head*, *cylinder*, *piston*, *main valve*, *accumulator*, *nitrogen chamber*, *back head*, dan *through bolt*. Berikut penjelasan terperinci terkait komponen pada *hydraulic breaker* tersebut.

1. *Tool (Chisel)*

Tool atau *chisel* merupakan bagian yang berinteraksi langsung dengan material. Komponen ini berfungsi sebagai media untuk mentransfer energi tumbukan dari piston ke material, sehingga proses penghancuran dapat terjadi secara efektif. Energi kinetik yang dihasilkan oleh piston diteruskan melalui *tool* dalam bentuk gaya impulsif yang besar.

2. *Front head*

Front head berfungsi sebagaiudukan dan penopang *tool*, sekaligus sebagai pelindung bagian depan *hydraulic breaker*. Komponen ini dirancang untuk menahan beban tumbukan yang tinggi selama proses kerja serta menjaga posisi *tool* agar tetap stabil saat menerima gaya impact.

3. *Cylinder*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Cylinder merupakan ruang utama tempat piston bergerak secara bolak-balik. Komponen ini berfungsi untuk menahan tekanan fluida hidrolik sekaligus mengarahkan gerakan piston agar tetap linear dan stabil selama siklus kerja berlangsung. Kualitas dan presisi *cylinder* sangat berpengaruh terhadap performa keseluruhan sistem.

4. *Piston*

Piston merupakan komponen inti yang berperan dalam menghasilkan energi tumbukan. *Piston* bekerja dengan mengubah energi hidrolik menjadi energi kinetik melalui gerakan naik dan turun. Saat bergerak turun, *piston* menghantam *tool* sehingga menghasilkan gaya tumbukan yang digunakan untuk menghancurkan material.

5. *Main Valve*

Main valve berfungsi sebagai pengatur aliran fluida hidrolik dalam sistem. Katup ini mengontrol arah aliran oli ke bagian atas atau bawah *piston*, sehingga menentukan siklus gerakan piston. Selain itu, *main valve* juga berperan dalam mengatur timing kerja *hydraulic breaker* secara otomatis berdasarkan tekanan fluida.

6. *Accumulator*

Accumulator merupakan komponen yang berfungsi menyimpan energi dalam bentuk tekanan gas nitrogen. Keberadaan *accumulator* membantu menstabilkan tekanan dalam sistem hidrolik, mengurangi fluktuasi tekanan (*pressure pulsation*), serta meningkatkan efisiensi kerja dengan menyediakan energi tambahan saat dibutuhkan.

7. *Nitrogen chamber*

Nitrogen chamber berisi gas nitrogen bertekanan yang berfungsi sebagai elemen penyimpan energi tambahan. Gas nitrogen akan terkompresi saat *piston* bergerak naik dan kemudian melepaskan energi tersebut untuk membantu mendorong *piston* saat bergerak turun. Dengan demikian, komponen ini berperan dalam meningkatkan efisiensi tumbukan serta meredam sebagian energi balik.

8. *Back head*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Back head merupakan bagian belakang *hydraulic breaker* yang berfungsi sebagai penutup sekaligus pelindung komponen internal. Selain itu, *back head* juga menjadi tempat penyimpanan nitrogen chamber dan berperan dalam menahan tekanan internal sistem selama operasi.

9. *Through Bolt*

Through bolt merupakan baut panjang yang mengikat seluruh komponen utama *hydraulic breaker*, seperti *front head*, *cylinder*, dan *back head*. Komponen ini berfungsi menjaga kekuatan struktur dan memastikan seluruh bagian tetap terpasang dengan baik meskipun menerima beban dinamis yang tinggi selama proses kerja.

2.6.3 Spesifikasi Hydraulic Breaker

Tabel 2.1 Spesifikasi *Hydraulic Breaker*

Sumber : Hitachi Construction Machinery Asia Pacific Pte. Ltd. (2025)

	Spesifikasi	Satuan
Berat Total	2094	kg
Panjang	2900	mm
Lebar	565	mm
Tinggi	707	mm
Tekanan Operasi	160 - 180	kg/cm ²
Debit Aliran	120 - 180	l/menit
Frekuensi	350 - 500	bpm
Tekanan N ₂ Chamber	16.5	kg/cm ²
Tekanan N ₂ Accumulator	55 - 60	kg/cm ²

Tabel Spesifikasi tersebut menunjukkan bahwa *hydraulic breaker* ini memiliki bobot 2094 kg dengan dimensi panjang 2900 mm, lebar 565 mm, dan tinggi 707 mm. Alat ini beroperasi pada tekanan 160–180 kg/cm² dengan kebutuhan aliran 120–180 l/menit. Frekuensi kerja sebesar 350–500 bpm (*blow per minute*)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sementara itu, tekanan nitrogen pada chamber ($16,5 \text{ kg/cm}^2$) dan accumulator ($55\text{--}60 \text{ kg/cm}^2$).

2.7 Efek Pada Sistem Hidrolik Akibat Penggunaan *Hydraulic Breaker*

Penggunaan *hydraulic breaker* pada excavator memberikan beban kerja yang bersifat dinamis dan impulsif terhadap sistem hidrolik, sehingga mempengaruhi karakteristik aliran dan tekanan fluida secara signifikan. Berbagai penelitian terbaru menunjukkan bahwa operasi sistem hidrolik dengan beban tumbukan berulang dapat menimbulkan fenomena *pressure pulsation*.

Pressure pulsation didefinisikan sebagai pulsasi tekanan fluida yang terjadi secara periodik akibat perubahan aliran dan beban dinamis dalam sistem hidrolik. Menurut Jung et al. (2018), pulsasi tekanan ini menghasilkan gelombang tekanan (*pressure wave*) yang merambat sepanjang sistem fluida dan berinteraksi dengan komponen mekanis.

Hou et al. (2025) menjelaskan bahwa *pressure pulsation* pada pompa piston aksial secara langsung menyebabkan getaran dan kebisingan, serta berdampak negatif terhadap umur pakai dan stabilitas operasi sistem hidrolik. Pulsasi tekanan ini menghasilkan gaya berulang yang bekerja pada komponen, sehingga memicu respon dinamis berupa getaran.

2.8 Getaran (Vibrasi)

Getaran merupakan fenomena gerakan osilasi suatu sistem mekanik yang terjadi secara berulang terhadap posisi keseimbangan. Getaran umumnya muncul ketika suatu sistem menerima gaya dinamis yang berubah terhadap waktu. Singiresu S. Rao (2017) menyatakan bahwa getaran terjadi ketika energi diberikan ke dalam sistem dan menyebabkan sistem tersebut bergerak secara osilatif. Gerakan ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik sistem seperti massa, kekakuan, dan redaman (*damping*). Getaran pada sistem hidrolik excavator umumnya muncul sebagai respons dinamis akibat adanya gaya eksternal yang berubah terhadap waktu,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terutama dari penggunaan *hydraulic breaker* yang menghasilkan beban tumbukan berulang (*impact loading*). (Rao, 2017).

Getaran pada sistem ini dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu getaran mekanis dan getaran hidrolik. Getaran mekanis terjadi akibat rambatan gaya tumbukan melalui komponen struktural seperti tool, piston, cylinder, dan rangka excavator. Getaran hidrolik terjadi akibat perubahan tekanan fluida yang tidak stabil di dalam sistem, yang dipicu oleh siklus kerja piston dan perubahan aliran fluida secara cepat (Jung et al., 2018).

Interaksi antara sistem hidrolik dan struktur mekanik dapat menimbulkan fenomena resonansi apabila frekuensi eksitasi dari *hydraulic breaker* mendekati frekuensi alami sistem. Kondisi ini dapat memperbesar amplitudo getaran secara signifikan dan berpotensi menyebabkan kerusakan komponen seperti kelelahan material, retakan, serta kebocoran pada sistem hidrolik (Rao, 2017).

Getaran yang timbul akibat operasi *hydraulic breaker* tidak hanya perlu dipahami dari sisi mekanisme terjadinya, tetapi juga perlu dievaluasi tingkat keparahannya secara kuantitatif. Hal ini penting untuk menentukan apakah getaran yang terjadi masih dalam batas aman atau sudah berpotensi menimbulkan kerusakan pada sistem. Oleh karena itu, diperlukan suatu acuan standar yang dapat digunakan untuk mengukur dan mengklasifikasikan tingkat getaran secara objektif.

2.8.1 Standar Ukuran Getaran

Pada analisis getaran mesin dan peralatan industri, diperlukan acuan standar untuk menentukan tingkat keparahan (*severity*) getaran. Salah satu standar internasional yang umum digunakan adalah ISO 10816 yang mengatur evaluasi getaran mesin berdasarkan pengukuran pada bagian *non-rotating* (seperti *housing* atau *casing* mesin).

Standar ini menggunakan parameter utama berupa kecepatan getaran (*vibration velocity*) dalam satuan mm/s (RMS) sebagai indikator kondisi mesin, karena parameter ini dianggap paling representatif dalam menggambarkan energi getaran yang mempengaruhi keausan dan kerusakan komponen (Rao, 2017).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Standar ISO 10816 tidak hanya menetapkan batas tingkat keparahan getaran, tetapi juga mengelompokkan mesin dan peralatan industri ke dalam beberapa klasifikasi tertentu. Klasifikasi ini menjadi dasar dalam menentukan batas toleransi getaran yang sesuai dengan spesifikasi masing-masing mesin.

2.8.2 Klasifikasi Mesin dan Peralatan Industri pada ISO 10816

Menurut standar ISO 10816, mesin diklasifikasikan berdasarkan ukuran dan jenisnya, antara lain:

Tabel 2.2 Klasifikasi Mesin

Sumber : International Organization for Standardization. (2009)

Kelas	Penjelasan
Kelas I	Kelas I mencakup mesin dengan daya relatif kecil, yaitu hingga sekitar 15 kW.
Kelas II	Kelas II mencakup mesin dengan daya sekitar 15 kW hingga 75 kW.
Kelas III	Kelas III mencakup mesin dengan daya di atas 75 kW hingga 300 kW
Kelas IV	Kelas IV mencakup mesin dengan daya besar, umumnya di atas 300 kW hingga megawatt (MW).

Klasifikasi mesin berdasarkan ISO 10816-1 dibagi menjadi empat kelas berdasarkan daya yang dihasilkan. Kelas I mencakup mesin kecil dengan daya hingga sekitar 15 kW, yang umumnya berupa motor listrik kecil atau peralatan ringan. Kelas II terdiri dari mesin dengan daya sekitar 15 kW hingga 75 kW, termasuk mesin kecil yang dipasang pada fondasi khusus. Kelas III mencakup mesin dengan daya di atas 75 kW hingga ratusan kilowatt, bahkan dapat mencapai sekitar 300 kW atau lebih, seperti pompa besar atau turbin kecil. Sementara itu, Kelas IV mencakup mesin berdaya besar di atas 300 kW hingga megawatt, seperti

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

turbin dan generator besar, yang memiliki energi operasional dan potensi getaran yang lebih tinggi.

Standar ISO 10816 tidak hanya mengklasifikasikan mesin, tetapi juga menetapkan tingkat keparahan getaran (*vibration severity*) yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi operasional mesin berdasarkan nilai getaran yang terukur.

2.8.3 Tingkat Keparahannya Berdasarkan Kelas Mesin

Tabel 2.3 Tingkat Keparahannya (ISO 10816-1;2009)

Sumber : International Organization for Standardization. (2009).

Velocity Severity		Velocity Range Limits and Machine Classes			
mm/s RMS	in/s Peak	Small Machines Class I	Medium Machines Class II	Large Machines	
				Rigid Supports Class III	Less Rigid Supports Class IV
0.28	0.02				
0.45	0.03	Good			
0.71	0.04		Good	Good	Good
1.12	0.06	Satisfactory	Satisfactory		
1.80	0.10				
2.80	0.16	Unsatisfactory (alert)	Satisfactory	Satisfactory	
4.50	0.25		Unsatisfactory (alert)		Satisfactory
7.10	0.40			Unsatisfactory (alert)	
11.20	0.62	Unacceptable (danger)	Unacceptable (danger)	Unacceptable (alert)	Unacceptable (alert)
18.00	1.00			Unacceptable (danger)	
28.00	1.56				Unacceptable (danger)
45.00	2.51				

Tabel 2.3 menyatakan tingkat keparahan getaran dalam standar ISO 10816 dinyatakan dalam parameter kecepatan getaran (*velocity RMS*, mm/s). Nilai ini digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi mesin ke dalam beberapa kategori, yaitu *Good* (Putih), *Satisfactory* (Hijau), *Unsatisfactory (alert)* (Kuning), dan *Unacceptable (danger)* (Merah). Setiap kategori menunjukkan tingkat kondisi operasional mesin dan risiko kerusakan yang mungkin terjadi.



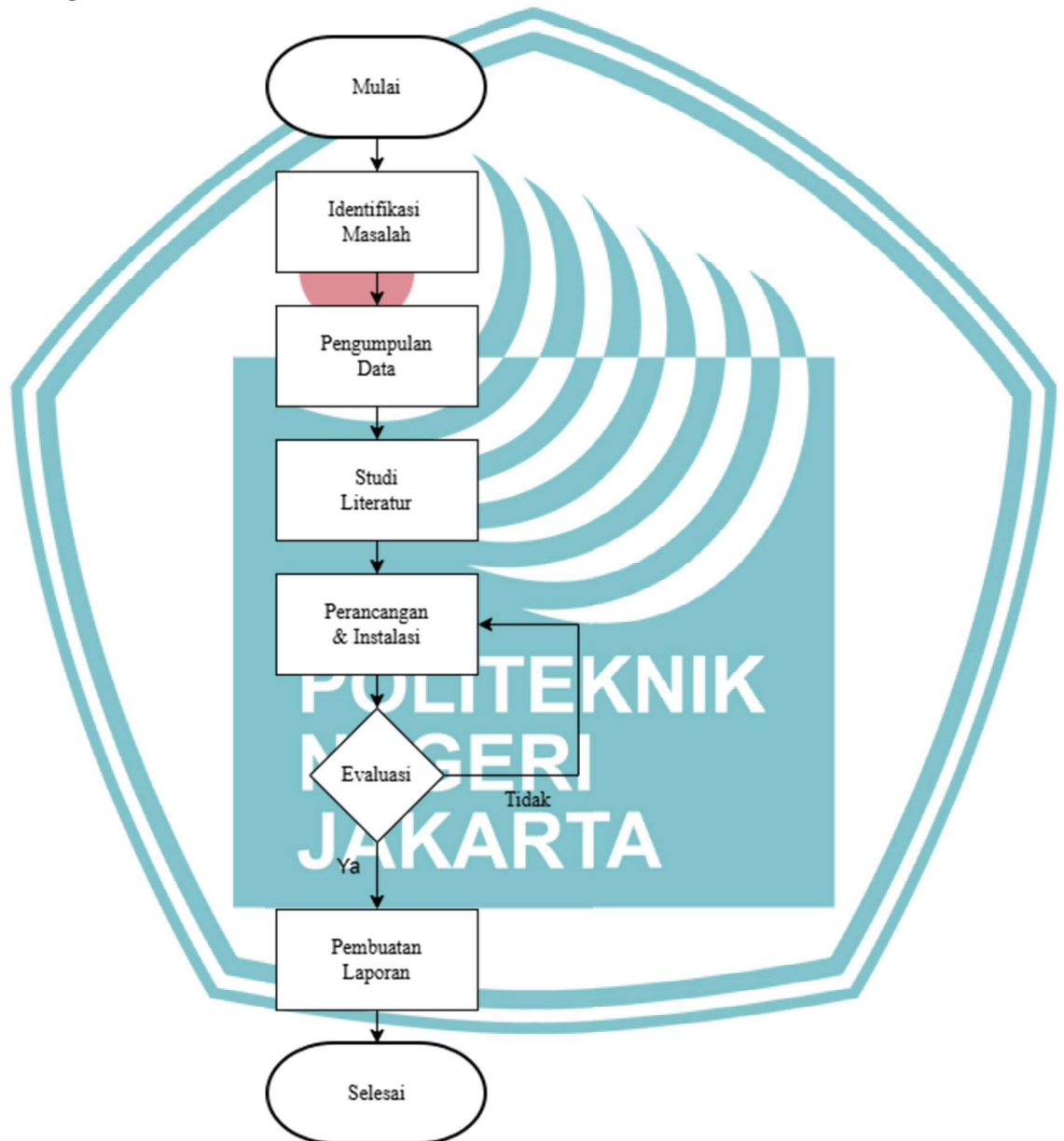
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir

Sumber : Data Peneliti



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah berupa ditemukannya getaran abnormal pada sisi *main pump* excavator milik PT X. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang meliputi hasil pengujian performa sistem hidrolik, pengukuran getaran, serta studi literatur dari berbagai sumber. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode komparatif dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar yang berlaku yaitu ISO 10816.

Setelah analisis selesai, *hose damper* diinstalasikan pada unit. Selanjutnya, dilakukan evaluasi dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah instalasi untuk menilai tingkat keberhasilan berdasarkan penurunan tingkat getaran sesuai dengan standar ISO 10816. Seluruh proses dan hasil penelitian kemudian didokumentasikan dalam bentuk laporan ilmiah yang disusun secara sistematis.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan komparatif. Metode yang digunakan adalah membandingkan kondisi sistem hidrolik excavator sebelum dan sesudah dilakukan penambahan *hose damper*. Pendekatan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel perlakuan terhadap perubahan parameter getaran dan tekanan hidrolik.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini yaitu excavator kapasitas 20 ton yang menggunakan attachment hydraulic breaker milik PT X yang merupakan salah satu perusahaan perkebunan sawit di Provinsi Kalimantan Timur.

3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil pengujian performa pada sistem hidrolik dan pengukuran getaran pada unit yang di uji. Data sekunder berupa data populasi unit yang menggunakan *hydraulic breaker* yang bertujuan sebagai pembanding lifetime dari komponen *main pump* yang dilengkapi *hose damper*. Serta studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, panduan teknis, dan sumber lainnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimulai dari pemeriksaan langsung pada unit di lapangan. Pemeriksaan dilakukan di PT X yang merupakan Perusahaan Perkebunan sawit di Provinsi Kalimantan Timur. Data yang diambil yaitu pengujian sistem hidrolik dan pengukuran getaran pada *main pump* menggunakan alat ukur *vibrometer* dengan parameter ukur *vibration velocity* dalam satuan mm/s.

3.6 Metode Analisis Data

Setelah didapatkan data primer berupa pengukuran dan pengujian dari lapangan, data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan metode komparatif untuk membandingkan performa dan getaran sebelum dan sesudah dilakukan penambahan *hose damper* tersebut.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Inspeksi Unit



Gambar 4.1 Excavator dengan *attachment hydraulic breaker*

Sumber : Dokumen Peneliti

Inspeksi unit dilakukan pada unit excavator kapasitas 20 ton milik PT.X yang merupakan salah satu perusahaan perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Timur. Unit tersebut menggunakan *hydraulic breaker* sebagai *attachment* yang berfungsi untuk menghancurkan material batuan menjadi kecil yang nantinya akan digunakan untuk pembangunan jalan di areal perkebunan.

Pada kasus ini, peneliti mendapatkan terjadinya getaran abnormal dan penurunan kinerja sistem hidrolik pada excavator ketika melakukan pengoperasian *hydraulic breaker*.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



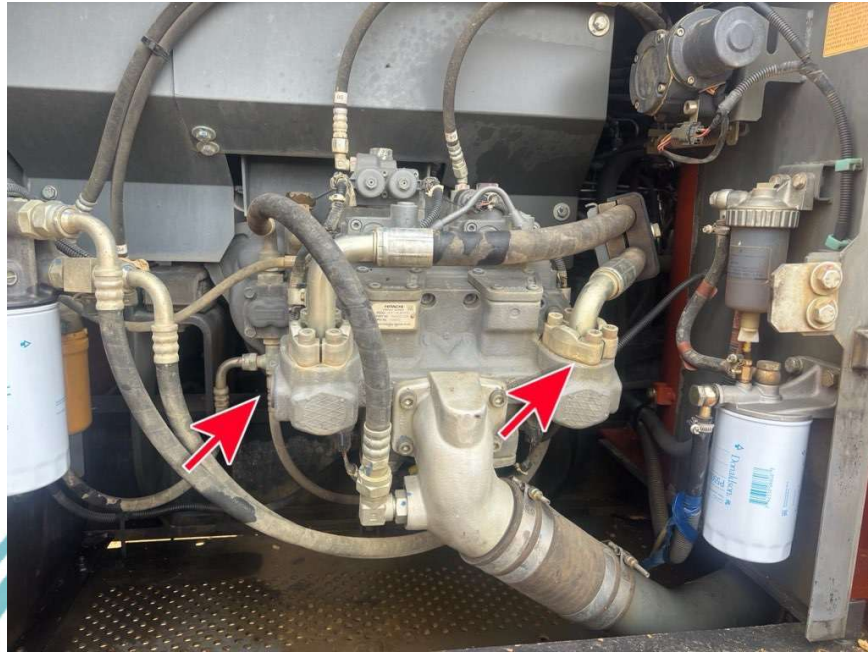
Gambar 4.2 Jam Operasi Excavator

Sumber : Dokumen Peneliti

Jam operasi pada excavator tersebut menunjukkan 2103.5 jam pada monitor. Hal ini menunjukkan bahwa jam operasional excavator tersebut masih tergolong rendah secara operasional.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.3 *Main Pump* Excavator

Sumber : Dokumen Peneliti

Pada gambar 4.3, konfigurasi main pump pada sistem hidrolik excavator yang tidak dilengkapi dengan hose damper sebagai komponen peredam pulsasi tekanan. Main pump berperan sebagai sumber utama energi hidrolik yang mengubah energi mekanik dari mesin menjadi energi fluida bertekanan, kemudian disalurkan melalui jalur pipa dan hose menuju sistem kontrol dan aktuator.

Pada konfigurasi tersebut, fluida bertekanan tinggi dari pompa langsung dialirkan melalui hose tanpa adanya komponen peredam di antara pompa dan jalur pengiriman. Titik sambungan yang ditunjukkan pada gambar merupakan bagian kritis yang menerima langsung fluktuasi tekanan dari pompa. Hal ini disebabkan oleh karakteristik kerja pompa hidrolik, khususnya tipe piston pump, yang menghasilkan aliran tidak sepenuhnya kontinu sehingga menimbulkan fenomena pressure pulsation.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ketiadaan hose damper menyebabkan pulsasi tekanan tersebut merambat secara langsung ke seluruh sistem hidrolik. Kondisi ini berpotensi menimbulkan beberapa dampak, antara lain meningkatnya getaran pada komponen seperti *shaft* dan *rotor* pompa yang dapat mempercepat terjadinya keausan maupun kegagalan material akibat beban dinamis berulang. Selain itu, fluktuasi tekanan yang tidak teredam juga dapat menurunkan kestabilan kinerja sistem, khususnya pada penggunaan attachment seperti hydraulic breaker yang sangat sensitif terhadap perubahan tekanan.

4.1.2 Pengujian Performa Unit Sebelum Instalasi Hose Damper

Tabel 4.1 Pengujian Sebelum Instalasi Hose Damper

Sumber : Dokumen Peneliti

Pengujian	Standar	Parameter Pengujian		
		Low Idle	High Idle	Full Load (<i>operation</i>)
Putaran Mesin	Low Idle 950±100 Rpm High Idle 2150±50 Rpm Full Load 2000±50 Rpm	936 Rpm	2110 Rpm	1996 Rpm
<i>Boom Raise Relief</i>	38.0 (+2.0, -1.0) Mpa	35.7 Mpa		36.4 Mpa
<i>Arm Relief</i>	34.9 (+2.0, -0.5) Mpa	31.8 Mpa		33.4 Mpa
<i>Bucket Relief</i>	34.9 (+2.0, -0.5) Mpa	32.0 Mpa		33.1 Mpa
<i>Breaker Operation</i>	17 (+1.0, -1.0) Mpa	14.3 Mpa		14.6 Mpa

Berdasarkan data pada tabel, putaran mesin pada kondisi low idle tercatat sebesar 936 rpm, yang masih berada dalam rentang standar yaitu 950 ± 100 rpm. Pada kondisi high idle, nilai yang diperoleh sebesar 2110 rpm, juga sesuai dengan standar 2150 ± 50 rpm. Sementara itu, pada kondisi full load (*operation*), putaran mesin sebesar 1996 rpm menunjukkan kinerja mesin yang relatif stabil dalam kondisi beban kerja.

Untuk parameter tekanan hidrolik, nilai *boom raise relief* yang diperoleh sebesar 35,7 MPa pada low idle dan 36,4 MPa pada full load masih mendekati standar 38,0 (+2,0 / -1,0) MPa, meskipun sedikit lebih rendah. Selanjutnya, tekanan pada *arm relief* menunjukkan nilai 31,8 MPa (low idle) dan 33,3 MPa (full load), yang berada di bawah standar 34,9 (+2,0 / -0,5) MPa. Hal serupa



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

juga terjadi pada *bucket relief*, dengan hasil pengujian sebesar 32,0 MPa dan 33,1 MPa, yang masih sedikit di bawah nilai standar 34,9 MPa.

Pada pengujian *breaker operation*, tekanan yang dihasilkan sebesar 14,3 MPa (low idle) dan 14,6 MPa (full load), lebih rendah dibandingkan standar yaitu 17 (+1,0 / -1,0) MPa. Hal ini mengindikasikan adanya penurunan performa tekanan pada sistem breaker yang dapat mempengaruhi efektivitas kerja alat.

4.1.3 Spesifikasi Pompa dan Klasifikasi Berdasarkan ISO 10816

Excavator pada penelitian ini menggunakan jenis pompa *Bent-Axis Type Variable Displacement Axial Plunger Pump* dengan *theoretical displacment* sebesar 106 cm³/rev (6.5 in³/rev)×2, *rated pressure* sebesar 34.3 MPa (350 kgf/cm², 4980 psi), dan *maximum flow rate* 150 L/min (39.6 US gpm). ISO 10816 mengklasifikasi tingkat keparahan getaran berdasarkan *ouput power* dengan satuan kilowatt. Parr (2011) menyatakan bahwa untuk mengetahui *output power* yang dihasilkan oleh pompa tersebut diperlukan perhitungan *output power* yang dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Power (kw) = \frac{Pressure (bar) \times Flow Rate (l/min)}{600}$$

Maka :

$$Power (kw) = \frac{343 Bar \times 150 l/min}{600} = 85,75 kw$$

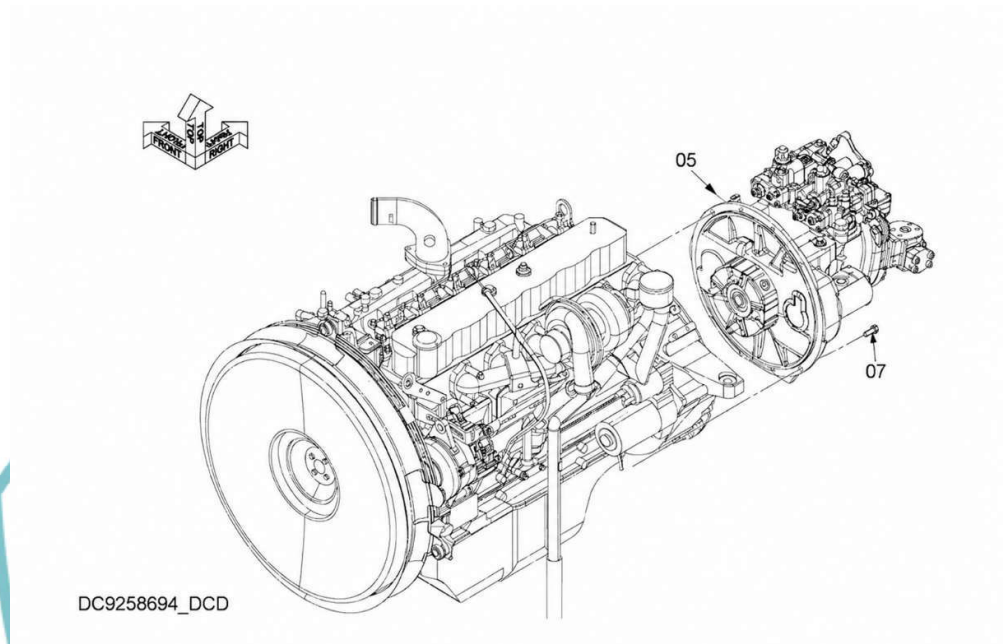
Berdarkan perhitungan tersebut didapatkan *output power* yang dihasilkan oleh pompa hidrolik tersebut sebesar 85.75 kw. Sehingga klasifikasi pompa hidrolik tersebut terdapat pada kelas 3 dengan fondasi rigid.

Klasifikasi fondasi pada main pump excavator dalam penelitian ini didasarkan pada kriteria kualitatif ISO 10816, yaitu bahwa suatu fondasi dikategorikan rigid apabila frekuensi natural sistem mesin-fondasi secara signifikan lebih tinggi dibandingkan frekuensi eksitasi utama, dan secara konstruksi ditandai

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

oleh dudukan yang tidak menggunakan elemen peredam seperti pegas atau bantalan karet isolasi.



Gambar 4.4 *Mounting main pump ke engine*

Sumber : Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., 2025

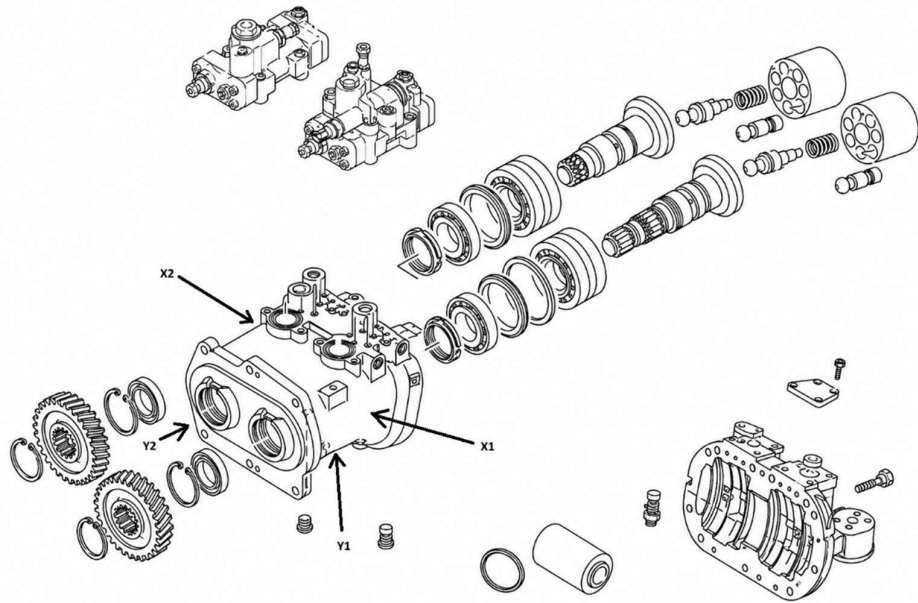
Main pump pada unit excavator yang diteliti terpasang secara flange-mounted langsung pada rumah PTO mesin diesel melalui *coupling* baja tanpa elemen isolator getaran di antara rumah pompa dan dudukannya, sehingga secara konstruksi memenuhi kriteria kualitatif fondasi rigid.

4.1.4 Metode Pengukuran

Metode pengukuran berdasarkan ISO 10816 dilakukan melalui bagian *non-rotating parts* atau bagian tidak berputar pada pompa yaitu *bearing housing* pada pompa. Lokasi pengukuran dilakukan pada bearing housing pompa karena bagian tersebut mampu merepresentasikan gaya dinamis yang dihasilkan pompa selama operasi. Pengukuran dilakukan pada dua arah radial orthogonal, yaitu arah horizontal dan vertikal.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.5 *Inner Parts Main Pump*

Sumber : Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., 2025

Pada gambar 4.5 terdapat 4 titik pengukuran yaitu X1, Y1, X2, & Y2. Dikarenakan dalam satu *pump housing* tersebut terdapat 2 set *piston pump* yang bekerja bersamaan. Pengukuran dilakukan pada letak *bearing* di dalam *housing* secara vertikal dan horizontal di masing – masing *shaft piston pump*.

Parameter utama yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu RMS (*root mean square*) dengan satuan mm/s. ISO 10816 juga menyebutkan bahwa alat ukur yang digunakan dapat mengukur rentang frekuensi minimal 10hz – 1000hz.

4.1.5 Alat Ukur



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.6 Vibrometer SNDWAY SW65A

Sumber : Shendawei Technology (Guangdong) Co., Ltd. (2025)

Pengukuran getaran pada penelitian ini menggunakan vibrometer merk SNDWAY tipe SW65A. Vibrometer ini dilengkapi *piezoelectric accelerated sensor* dengan *range* pengukuran kecepatan getaran sebesar 0.1~199.9mm/s. Alat ini juga dapat mengukur frekuensi kecepatan (*velocity frequency*) antara 10Hz s/d 1Khz sesuai dengan standar pengukuran pada ISO 10816.

4.1.6 Hasil Pengukuran

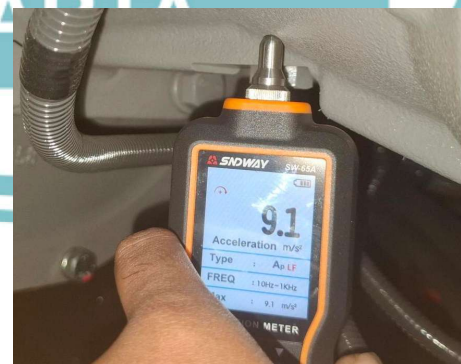
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Getaran Sebelum Instalasi Hose Damper

Sumber : Dokumen Peneliti

Parameter Beban	# Pengukuran	Hasil Pengukuran mm/s							
		X1	Rata - Rata	Y1	Rata - Rata	X2	Rata - Rata	Y2	Rata - Rata
Low Idle	1	2.0	2.06	2.9	2.80	2.1	2.03	2.6	2.56
	2	2.1		2.8		2.0		2.6	
	3	2.1		2.9		2.0		2.5	
High Idle	1	3.1	3.13	3.6	3.66	3.1	3.06	3.5	3.46
	2	3.2		3.7		3.1		3.5	
	3	3.1		3.7		3.0		3.4	
Breaker Operation	1	8.6	8.60	9.4	9.23	8.3	8.23	9.2	9.13
	2	8.5		9.1		8.3		9.0	
	3	8.7		9.2		8.1		9.2	



a) Titik Pengukuran X1



b) Titik Pengukuran Y1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



c) Titik Pengukuran X2

d) Titik Pengukuran Y2

Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Kondisi *breaker operation* sebelum instalasi *hose damper*

Sumber : Dokumen Peneliti

Berdasarkan tabel hasil pengukuran getaran pada pompa, titik pengukuran X1, Y1, X2, dan Y2 diasumsikan sebagai titik pengambilan data getaran pada sisi-sisi tertentu pompa yang merepresentasikan arah horizontal dan vertikal pada bagian drive end maupun non-drive end. Pengukuran dilakukan pada beberapa kondisi operasi, yaitu Low Idle, High Idle, dan Breaker Operation, kemudian dibandingkan dengan standar ISO 10816 Kelas III untuk mengetahui tingkat kelayakan operasi pompa berdasarkan nilai vibrasi yang dihasilkan.

Pada kondisi Low Idle nilai getaran pada seluruh titik pengukuran berkisar antara 2,03 mm/s hingga 2,80 mm/s. Nilai tersebut termasuk dalam kategori Zona B menurut standar ISO 10816. Hal ini menunjukkan bahwa pompa masih berada dalam kondisi operasi yang layak dan aman untuk digunakan secara kontinu. Meskipun demikian, adanya getaran pada rentang tersebut mengindikasikan bahwa terdapat vibrasi mekanis yang mulai muncul pada sistem pompa, seperti ketidakseimbangan ringan (*slight unbalance*) atau getaran akibat putaran poros dan kerja fluida hidrolik.

Pada kondisi High Idle nilai getaran mengalami peningkatan menjadi 3,06 mm/s hingga 3,66 mm/s pada seluruh titik pengukuran. Peningkatan ini terjadi akibat bertambahnya putaran dan tekanan kerja pompa sehingga gaya dinamis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang diterima komponen rotating menjadi lebih besar. Walaupun nilai getaran meningkat, seluruh titik pengukuran masih berada pada Zona B sehingga pompa masih dikategorikan layak untuk beroperasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pompa masih mampu bekerja dengan stabil meskipun menerima beban putaran yang lebih tinggi.

Sementara itu, pada kondisi Breaker Operation nilai getaran meningkat secara signifikan dengan rentang 8,23 mm/s hingga 9,23 mm/s. Seluruh titik pengukuran pada pompa telah masuk ke dalam Zona D berdasarkan ISO 10816. Kondisi ini menunjukkan bahwa pompa mengalami getaran berlebih (*excessive vibration*) yang dapat membahayakan keandalan komponen apabila dioperasikan dalam waktu lama. Tingginya getaran pada saat breaker bekerja disebabkan oleh adanya beban kejut (*shock load*) dan fluktuasi tekanan hidrolik yang tinggi selama proses penghancuran material. Beban tersebut diteruskan ke sistem pompa sehingga menghasilkan vibrasi yang sangat besar pada housing dan poros pompa.

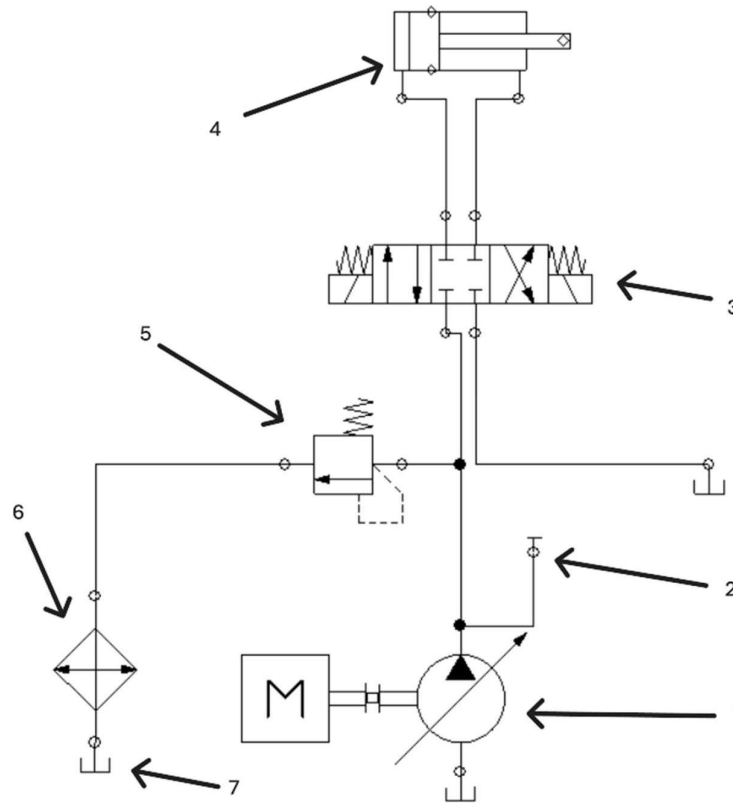
Selain itu, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai getaran pada titik Y1 dan Y2 cenderung lebih tinggi dibandingkan titik X1 dan X2. Hal ini mengindikasikan bahwa arah vertikal pompa menerima pengaruh getaran yang lebih besar dibandingkan arah horizontal.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa pompa masih berada dalam kondisi operasi normal pada saat Low Idle dan High Idle. Namun, saat Breaker Operation, tingkat getaran telah melampaui batas aman standar ISO 10816 Kelas III sehingga diperlukan tindakan perawatan dan inspeksi lebih lanjut. Pemeriksaan dapat difokuskan pada kondisi bearing pompa, alignment kopling, kekencangan mounting, serta kestabilan tekanan hidrolik untuk mengurangi tingkat getaran dan mencegah terjadinya kerusakan pada sistem pompa.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.7 Desain Hose Damper



Gambar 4.8 Rangkaian Hidrolik dengan penambahan hose damper

Sumber : Dokumen Peneliti

Rangkaian ini merupakan diagram sistem hidrolik sederhana untuk menggambarkan aliran fluida dari sumber tenaga hingga aktuator, dengan penambahan hose damper sebagai fokus desain penelitian. Komponen pada rangkaian tersebut terdiri dari :

- 1) Main Pump
- 2) Hose Damper
- 3) Directional Control Valve
- 4) Actuator
- 5) Relief Valve



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 6) Oil Cooler
- 7) Reservoir

Rangkaian hidrolik secara keseluruhan beserta posisi hose damper ditunjukkan pada Gambar 4.5. Tenaga mekanik dari motor penggerak (M) memutar Main Pump (1) yang menghisap oli dari Reservoir (7) dan mengubahnya menjadi aliran fluida bertekanan tinggi. Fluida tersebut dialirkan menuju Directional Control Valve (3) yang mengatur arah aliran sehingga Actuator (4) dapat bergerak sesuai perintah operator. Pada jalur tekanan utama dipasang Relief Valve (5) sebagai katup pengaman terhadap tekanan berlebih, sedangkan fluida balik didinginkan melalui Oil Cooler (6) sebelum kembali ke reservoir. Hose Damper (2) ditempatkan tepat pada jalur keluaran main pump, yaitu pada titik yang pertama kali menerima fluktuasi tekanan dari pompa.

Pemilihan titik keluaran pompa sebagai lokasi pemasangan didasarkan pada karakteristik kerja pompa piston yang menghasilkan aliran tidak sepenuhnya kontinu, sehingga menimbulkan pressure pulsation. Titik sambungan ini merupakan bagian kritis yang menerima langsung gelombang tekanan dari pompa. Dengan menyediakan cabang elastis pada titik tersebut, hose damper bekerja menyerupai prinsip accumulator/surge damper, yaitu menyerap energi pulsasi tekanan sehingga amplitudo getaran yang diteruskan ke housing dan poros pompa dapat ditekan.

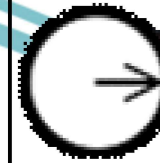
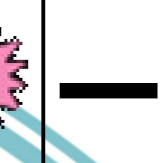
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.7.1 Spesifikasi Hose

Tabel 4.3 Spesifikasi Hose

Sumber : Dokumen Peneliti

				
I.D	O.D	Max. W.P	Min. B.P	Length
19.0 mm	29.0 mm	34.5 MPa	138 MPa	700 mm

Selang hidrolik yang digunakan sebagai hose damper pada penelitian ini memiliki spesifikasi dimensional sebagaimana disajikan pada Tabel 4.3.

Diameter dalam (inner diameter, I.D) sebesar 19,0 mm merupakan penampang lintang aliran fluida yang menentukan debit dan kecepatan aliran sesuai persamaan kontinuitas $Q = A \cdot v$. Diameter luar (outer diameter, O.D) sebesar 29,0 mm mencakup lapisan penguat dan selubung pelindung, sehingga diperoleh tebal dinding nominal 5,0 mm yang memuat struktur penguat kawat baja sebagai pemikul beban tekanan.

Tekanan kerja maksimum (maximum working pressure, Max. W.P) sebesar 34,5 MPa menyatakan batas tekanan operasional kontinu yang diizinkan, sedangkan tekanan pecah minimum (minimum burst pressure, Min. B.P) sebesar 138 MPa merupakan tekanan penyebab kegagalan struktural selang. Rasio keduanya sebesar 4:1 sesuai dengan faktor keamanan yang disyaratkan standar SAE J517 untuk aplikasi tekanan tinggi.

Panjang (length) selang sebesar 700 mm merupakan segmen yang dipasang sebagai hose damper, yang memanfaatkan elastisitas dinding selang untuk meredam pulsasi tekanan dan getaran pada main pump selama operasi hydraulic breaker.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

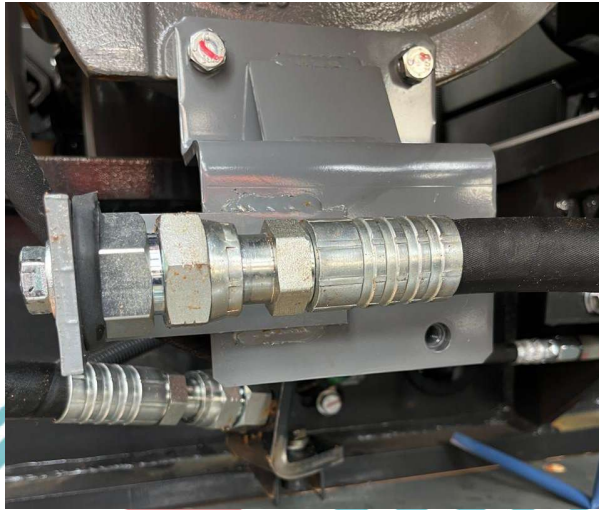
4.1.8 Instalasi *Hose Damper*

Pada konfigurasi awal, salah satu port keluaran *main pump* berada dalam kondisi tertutup *plug* sehingga tidak dialiri fluida. Instalasi *hose damper* dilakukan dengan memanfaatkan port tersebut sebagai titik sambung, yaitu dengan melepas *plug* dan menggantinya dengan jalur *hose* fleksibel beserta dudukan (*bracket*) penjepit. Adapun tahapan instalasinya adalah sebagai berikut:

1. **Persiapan dan pengamanan sistem.** Engine dimatikan dan tekanan sisa (*residual pressure*) pada sistem hidrolis dibuang terlebih dahulu karena jalur *main pump* bekerja pada tekanan tinggi. Area di sekitar *main pump* dibersihkan dari kotoran dan oli untuk mencegah masuknya kontaminan ke dalam sistem saat sambungan dibuka.
2. **Pelepasan *plug* pada port *main pump*.** Port keluaran pompa yang pada kondisi standar tertutup *plug* diidentifikasi terlebih dahulu, kemudian *plug* tersebut dilepas. Pelepasan dilakukan secara hati-hati agar tidak ada kotoran yang masuk dan ulir port tetap dalam kondisi baik, karena port inilah yang akan menjadi titik sambung *hose damper*.
3. **Pemasangan dudukan (*bracket*) penjangkar.** Dudukan dipasang pada struktur di dekat *main pump* sebagai titik jangkar (*anchor point*) bagi *hose damper*. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.6, dudukan utama berwarna abu-abu dibaut langsung ke *housing* pompa menggunakan dua baut di sisi atas. Fungsi dudukan ini adalah memegang *hose* agar tidak bergerak bebas sekaligus memutus jalur transmisi getaran ke struktur.
4. **Pemasangan *bulkhead fitting* pada dudukan.** Pada dudukan dipasang *bulkhead union* yang dikunci menggunakan *nut* dan pelat *washer* (terlihat pada Gambar 4.6 di sisi kiri dudukan). Sambungan tembus ini menjadi titik jepit tetap yang menahan salah satu ujung *hose damper* sehingga energi getaran teredam pada titik tersebut sebelum diteruskan lebih jauh.

Hak Cipta :

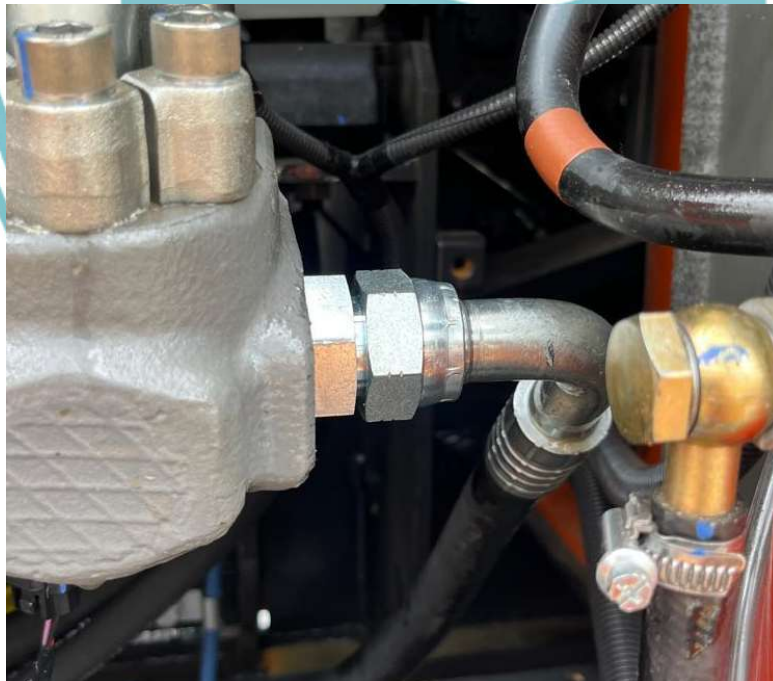
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.9 Bracket pada main pump dan Hose damper

Sumber : Dokumen Peneliti

5. **Koneksi ke port keluaran main pump.** Ujung hose damper dihubungkan ke port pompa menggunakan elbow fitting 90° dan union. Gambar 4.7 menunjukkan elbow fitting yang bertujuan menyesuaikan arah jalur hose agar tidak tertekuk tajam dan tidak bergesekan dengan komponen.



Gambar 4.10 Koneksi dari port keluaran pompa

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sumber : Dokumen Peneliti

6. **Pengisian oli, bleeding, dan pengujian.** Setelah seluruh sambungan terpasang, oli hidrolik ditambahkan/di-top up dan udara yang terjebak dikeluarkan (bleeding). Engine kemudian dinyalakan dan setiap titik sambungan diperiksa terhadap kemungkinan kebocoran sebelum unit dioperasikan kembali untuk pengukuran getaran tahap berikutnya.

4.1.9 Pengujian Setelah Instalasi *Hose Damper*

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Setelah Instalasi *Hose Damper*

Sumber : Dokumen Peneliti

Parameter Beban	# Pengukuran	Hasil Pengukuran mm/s							
		X1	Rata - Rata	Y1	Rata - Rata	X2	Rata - Rata	Y2	Rata - Rata
Low Idle	1	2.1	2.10	2.8	2.73	2.1	2.06	2.6	2.56
	2	2.1		2.7		2.1		2.5	
	3	2.1		2.7		2.0		2.6	
High Idle	1	3.0	3.03	3.5	3.56	3.1	3.03	3.5	3.43
	2	3.0		3.6		3.0		3.4	
	3	3.1		3.6		3.0		3.4	
Breaker Operation	1	5.9	5.83	6.8	6.76	5.7	5.63	6.7	6.73
	2	5.8		6.7		5.6		6.8	
	3	5.8		6.8		5.6		6.7	



a) Pengukuran titik X1



b) Pengukuran titik Y1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



c) Pengukuran titik X2



d) Pengukuran titik Y2

Gambar 4.11 Hasil Pengukuran kondisi *breaker operation* setelah instalasi *hose damper*

Sumber : Dokumen peneliti

Pada kondisi Low Idle, nilai getaran setelah instalasi hose damper berada pada rentang 2,06 - 2,73 mm/s. Berdasarkan ISO 10816, nilai tersebut termasuk ke dalam Zona B yang menunjukkan bahwa kondisi pompa masih layak untuk dioperasikan secara kontinu. Pada kondisi ini, pemasangan hose damper membantu menstabilkan aliran fluida hidrolik sehingga getaran akibat pulsasi tekanan menjadi lebih rendah dan lebih terkendali. Hal ini menunjukkan bahwa sistem peredam telah bekerja dengan baik dalam mengurangi transmisi vibrasi dari saluran hidrolik menuju body pompa.

Pada kondisi High Idle, nilai getaran meningkat menjadi 3,03–3,56 mm/s, namun seluruh titik pengukuran masih berada pada Zona B. Kenaikan getaran terjadi akibat bertambahnya putaran mesin dan debit aliran fluida hidrolik yang menyebabkan gaya dinamis pada pompa meningkat. Meskipun demikian, nilai getaran setelah pemasangan hose damper menunjukkan kondisi yang lebih stabil dibandingkan sebelum instalasi. Hal ini mengindikasikan bahwa hose damper mampu mengurangi fluktuasi tekanan (*pressure fluctuation*) dan meredam vibrasi yang timbul pada saat sistem bekerja pada putaran tinggi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perubahan paling signifikan terlihat pada kondisi Breaker Operation. Setelah dilakukan instalasi hose damper, nilai getaran berada pada rentang 5,63 - 6,76 mm/s. Berdasarkan standar ISO 10816, nilai tersebut termasuk dalam Zona C, yaitu kondisi yang masih dapat dioperasikan namun memerlukan perhatian dan pemantauan lebih lanjut. Jika dibandingkan dengan kondisi sebelum pemasangan hose damper, dimana nilai getaran berada pada Zona D dengan rentang di atas 8 mm/s, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan tingkat getaran yang cukup signifikan setelah pemasangan hose damper.

Penurunan getaran tersebut menunjukkan bahwa hose damper mampu meredam shock load dan pressure spike yang dihasilkan oleh attachment breaker selama proses pemecahan material. Sebelum instalasi, getaran impulsif dari sistem breaker diteruskan langsung menuju pompa sehingga menghasilkan vibrasi yang sangat tinggi pada housing pompa. Setelah pemasangan hose damper, sebagian energi getaran diserap oleh komponen peredam sehingga amplitudo getaran yang diterima pompa menjadi lebih rendah.

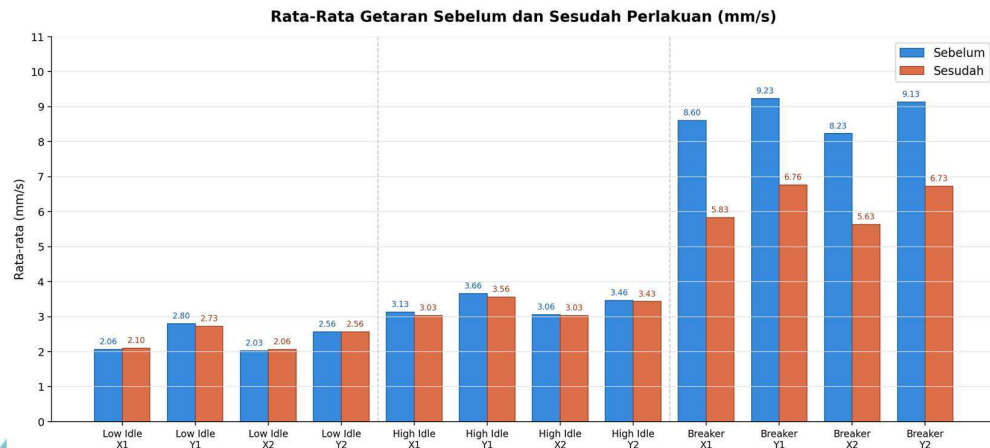
Selain itu, hasil pengukuran menunjukkan bahwa titik Y1 dan Y2 masih memiliki nilai getaran lebih tinggi dibandingkan titik X1 dan X2. Hal ini menunjukkan bahwa arah vertikal pompa menerima pengaruh getaran terbesar akibat karakteristik pembebanan hidrolik dan arah gaya impulsif dari breaker. Namun demikian, amplitudo getaran vertikal setelah pemasangan hose damper mengalami penurunan dibandingkan kondisi sebelumnya, sehingga menunjukkan adanya peningkatan efektivitas sistem peredaman getaran.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2 Pembahasan

4.2.1 Efektivitas Penurunan Getaran



Gambar 4.12 Histogram nilai Rata – Rata Getaran

Sumber : Perbandingan Tabel 4.3 sebelum instalasi *hose damper* & 4.4 setelah instalasi *hose damper*

Berdasarkan hasil pengukuran getaran yang telah dilakukan pada tiga kondisi operasi, yaitu Low Idle, High Idle, dan Breaker Operation, diperoleh nilai rata-rata getaran yang selanjutnya disajikan dalam bentuk histogram perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah perlakuan. Histogram tersebut menampilkan nilai rata-rata getaran dalam satuan milimeter per detik (mm/s) pada empat titik pengukuran, yakni sumbu X1, Y1, X2, dan Y2.

Pada kondisi Low Idle, nilai rata-rata getaran yang terukur relatif rendah dan konsisten pada seluruh titik pengukuran. Sebelum perlakuan, nilai rata-rata getaran pada sumbu X1, Y1, X2, dan Y2 masing-masing adalah 2,06 mm/s; 2,80 mm/s; 2,03 mm/s; dan 2,56 mm/s. Setelah perlakuan, nilai rata-rata getaran pada sumbu yang sama tercatat sebesar 2,10 mm/s; 2,73 mm/s; 2,06 mm/s; dan 2,56 mm/s. Perubahan yang terjadi pada kondisi Low Idle sangat kecil dan berada dalam rentang variasi pengukuran yang wajar, sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat getaran pada kondisi operasi ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada kondisi High Idle, nilai rata-rata getaran sedikit lebih tinggi dibandingkan kondisi Low Idle. Sebelum perlakuan, nilai rata-rata getaran pada sumbu X1, Y1, X2, dan Y2 berturut-turut adalah 3,13 mm/s; 3,66 mm/s; 3,06 mm/s; dan 3,46 mm/s. Setelah perlakuan, nilai tersebut mengalami penurunan menjadi 3,03 mm/s; 3,56 mm/s; 3,03 mm/s; dan 3,43 mm/s. Meskipun penurunan yang terjadi tergolong kecil, tren penurunan yang konsisten pada seluruh sumbu pengukuran menunjukkan adanya indikasi bahwa perlakuan mulai memberikan pengaruh positif terhadap reduksi getaran pada kondisi operasi High Idle.

Kondisi Breaker Operation merupakan kondisi operasi dengan intensitas getaran tertinggi di antara ketiga kondisi yang diuji. Sebelum perlakuan, nilai rata-rata getaran pada sumbu X1, Y1, X2, dan Y2 masing-masing tercatat sebesar 8,60 mm/s; 9,23 mm/s; 8,23 mm/s; dan 9,13 mm/s. Setelah perlakuan diberikan, nilai rata-rata getaran mengalami penurunan yang signifikan, yaitu menjadi 5,83 mm/s; 6,76 mm/s; 5,63 mm/s; dan 6,73 mm/s. Persentase penurunan yang terjadi berkisar antara 26% hingga 32% pada masing-masing sumbu pengukuran, yang mana penurunan terbesar terjadi pada sumbu X1 dan X2 sebesar kurang lebih 32%, sedangkan penurunan pada sumbu Y1 dan Y2 masing-masing sebesar 27% dan 26%.

4.2.2 Mekanisme Peredaman Getaran oleh Hose Damper pada Main Pump

Penurunan level getaran main pump yang teramati pada kondisi operasi *hydraulic breaker* (rata-rata $\pm 29\%$) tidak dapat dilepaskan dari perubahan karakteristik gelombang tekanan pada fluida hidrolik akibat penambahan hose damper buntu. Fenomena ini dijelaskan melalui prinsip resonator cabang seperempat-gelombang (*quarter-wavelength closed-end side-branch resonator*), di mana selang tambahan yang dipasang tegak lurus terhadap saluran utama namun tertutup pada salah satu ujungnya berfungsi memantulkan gelombang tekanan yang merambat masuk ke dalamnya (Stosiak et al., 2025).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ketika *hydraulic breaker* pada sistem hidrolik excavator beroperasi, terjadi fluktuasi tekanan periodik akibat proses perpindahan fluida yang bersifat diskret pada setiap siklus gerakan piston pada *hydraulic breaker*. Fluktuasi tekanan ini merambat sebagai gelombang tekanan di sepanjang saluran hidrolik dengan kecepatan rambat yang ditentukan oleh *bulk modulus* fluida hidrolik dan elastisitas dinding hose (Stosiak et al., 2025). Ketika sebagian dari energi gelombang tekanan ini memasuki *hose damper* buntu, gelombang tersebut merambat hingga mencapai ujung tertutup, mengalami pemantulan total, dan kembali merambat ke arah saluran utama dengan pergeseran fase sehingga cabang elastis ujung-tertutup bertindak sebagai elemen kapasitif yang menyerap fluktuasi tekanan, menyerupai prinsip *accumulator/branch damper* (Zhou et al., 2023; Stosiak et al., 2025).

Penurunan amplitudo fluktuasi tekanan inilah yang secara mekanis bertransmisi sebagai penurunan gaya eksitasi pada dinding pompa dan mounting-nya, yang pada akhirnya teramati sebagai penurunan level getaran pada pengukuran akselerometer di titik X1, Y1, X2, dan Y2. Dengan kata lain, *hose damper* buntu tidak meredam getaran mekanis secara langsung melalui disipasi energi struktural, melainkan meredam sumber eksitasinya pada domain fluida terlebih dahulu, sebelum energi tersebut sempat termanifestasi sebagai getaran mekanis pada struktur pompa.

4.2.3 Efek Penggunaan *Hydraulic Breaker* dan *Hose Damper* Pada Kualitas Fluida Hidrolik Excavator

Kondisi tanpa aliran (*no-flow condition*) pada *hose damper* buntu menimbulkan suatu lingkungan fisis yang secara fundamental berbeda dari saluran hidrolik utama. Fluida pada cabang buntu tidak mengalami sirkulasi, melainkan hanya berosilasi secara periodik mengikuti gelombang tekanan datang dan pantul, sehingga zona ini dapat dipandang sebagai suatu sistem tertutup secara massa namun terbuka secara energi terhadap saluran utama. Karakteristik inilah yang melahirkan dua fenomena fisis yang saling terkait,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yaitu aerasi dan pergeseran frekuensi resonansi (*detuning*), dan pemisahan kolom cairan (*column separation*) pada ujung tertutup.

1) Pergeseran Frekuensi Resonansi (*detuning*)

Secara termodinamis, fluida hidrolik pada kondisi operasional senantiasa mengandung sejumlah gas terlarut (*dissolved air*) maupun gas bebas dalam bentuk gelembung mikro (*free/entrained air*), dengan proporsi yang bergantung pada tekanan sistem serta riwayat operasional fluida tersebut. Sakama, Tanaka, dan Goto (2015) melalui pendekatan eksperimental dan pemodelan matematis menunjukkan bahwa keberadaan gelembung udara sekalipun dalam fraksi volumetrik yang kecil memberikan pengaruh signifikan terhadap modulus bulk efektif fluida hidrolik, dengan derajat pengaruh yang meningkat tajam pada kondisi tekanan rendah akibat sifat kompresibilitas gas yang jauh lebih besar dibandingkan fasa cair.

Pada konteks hose damper buntu, tidak adanya aliran net menyebabkan gelembung udara yang terperangkap baik akibat proses pengisian sistem yang tidak sempurna maupun akibat pelepasan gas terlarut pada siklus tekanan rendah tidak memiliki mekanisme evakuasi alami menuju reservoir.

2) Fenomena Pemisahan Kolom Cairan pada Ujung Tertutup

Ditinjau dari perspektif dinamika gelombang tekanan, ujung tertutup hose damper buntu merupakan titik antinodal tekanan (*pressure antinode*) yakni lokasi di mana superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul menghasilkan amplitudo osilasi tekanan maksimum dalam keseluruhan sistem. Bergant, Simpson, dan Tijsseling (2006), dalam tinjauan historis komprehensif mengenai fenomena water hammer disertai pemisahan kolom, menjelaskan bahwa pada kondisi tertentu tekanan lokal pada suatu titik termasuk secara spesifik pada ujung tertutup suatu sistem perpipaan dapat mengalami penurunan hingga mendekati atau mencapai tekanan uap jenuh fluida (*vapour pressure*), yang memicu terbentuknya rongga uap



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(*vapour cavity*) secara transien. Pada fase pemulihan tekanan berikutnya, rongga uap tersebut mengalami keruntuhan (*collapse*) yang berpotensi menghasilkan lonjakan tekanan lokal jauh melampaui tekanan kerja nominal sistem, serta dapat berulang secara siklik selama kondisi eksitasi berlangsung kontinu.

Mengingat karakteristik hose damper buntu sebagai titik antinodal tekanan dengan amplitudo osilasi tertinggi dalam sistem, secara teoretis titik ini merepresentasikan lokasi dengan probabilitas tertinggi bagi terjadinya fenomena pemisahan kolom cairan tersebut, terutama pada kondisi operasional dengan tekanan kerja rendah atau amplitudo pulsasi yang besar sebagaimana berpotensi terjadi pada fase transien operasi *hydraulic breaker*.

4.2.4 Tindakan Perawatan Pencegahan

Penggunaan *hydraulic breaker* menghasilkan beban tumbukan berulang (*repetitive impact loading*) yang menyebabkan terbentuknya *pressure pulsation* beramplitudo tinggi di dalam sistem hidrolik. Gelombang tekanan tersebut menimbulkan fluktuasi tekanan yang lebih besar dibandingkan operasi penggalian biasa sehingga meningkatkan deformasi elastis fluida dan hose, memperbesar *hydraulic loss*, serta meningkatkan pembangkitan panas pada oli. Pernyataan ini didukung oleh penelitian Stosiak et al., (2025) bahwa peningkatan temperatur mempercepat penurunan viskositas, sedangkan fluktuasi tekanan yang berulang mempercepat proses oksidasi dan degradasi aditif oli hidrolik. Selain itu, tumbukan berulang juga meningkatkan pelepasan partikel keausan (*wear debris*) dari pompa, katup, dan aktuator sehingga tingkat kontaminasi oli menjadi lebih tinggi.

Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. (2019) pada *Operator's manual: ZAXIS 120-5 class, 180-5 class, 200-5 class, 280-5 class, 330-5 class hydraulic excavator* (Part No. ENMDCD-3-5) menganjurkan bahwa interval penggantian oli tidak lagi didasarkan pada total jam kerja mesin, tetapi disesuaikan dengan *breaker operating availability*, yaitu persentase waktu penggunaan *hydraulic*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

breaker terhadap total waktu operasi alat. Manual menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penggunaan breaker, semakin pendek interval penggantian oli dan filter. Sebagai contoh, pada penggunaan breaker sebesar 50%, oli dengan umur pakai 5.000 jam harus diganti setiap 1.010 jam. Pada kondisi penggunaan breaker 100%, interval penggantian oli turun menjadi hanya 560 jam, sedangkan elemen full-flow filter harus diganti setiap 170 jam.

Anjuran perawatan tersebut sejalan dengan teori tribologi dan pemeliharaan prediktif yang menyatakan bahwa umur oli hidrolik dipengaruhi oleh kombinasi temperatur operasi, kontaminasi partikel, oksidasi, dan beban siklik. Menurut Mobley (2002), peningkatan kontaminasi oli akan mempercepat keausan komponen hidrolik, terutama pompa dan *control valve*, sehingga penggantian oli dan filter secara tepat waktu merupakan salah satu tindakan preventif yang paling efektif untuk mempertahankan keandalan sistem hidrolik.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA