

High Pressure Pump, Eliminasi Risiko K3 Trucking System pada Pengangkutan Lumpur di Pertambangan Batubara

Ardhila Chadarisman¹, Galih Rakasiwi²

^{1,2} PT. XYZ, kontraktor pertambangan batubara di area kutai timur

E-mail: ardhila.chadarisman@gmail.com

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1079>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 20 May 2025

Revised: 30 May 2025

Accepted: 5 Juny 2025

Kata kunci

Efisiensi Pompa, Eliminasi Risiko K3, High pressure pump, Pengangkutan Lumpur, Titik Terendah Tambang
Tauhid, Era Society 5.0

Keywords

Health & Safety Risk Elimination; High pressure pump; Lowest Point; Mud Handling; Pump Efficiency



ABSTRACT

Penanganan lumpur di titik terendah tambang batubara merupakan salah satu tugas yang berisiko dalam operasi pertambangan. Penggunaan truk sebagai alat pengangkutan lumpur di area tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan dan cedera pada pekerja. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi risiko K3 dan meningkatkan efisiensi penanganan lumpur di titik terendah tambang batubara. Dalam penelitian ini, kami menerapkan high pressure pump sebagai solusi untuk eliminasi risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pengangkutan lumpur menggunakan truk di titik terendah tambang batubara. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen lapangan dan pengukuran performa pompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan high pressure pump dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan penanganan lumpur. High pressure pump mampu mengurangi risiko kecelakaan pengangkutan lumpur dengan truk, karena lumpur dapat dikeluarkan dengan tekanan tinggi dan jarak jauh dari titik terendah sampai lokasi pembuangan lumpur. Selain itu, high pressure pump juga dapat meningkatkan efisiensi penanganan lumpur dengan mempercepat proses pengangkutan lumpur. Dalam penerapannya, high pressure pump dilengkapi dengan sistem pengontrol tekanan dan debit, sehingga dapat diatur sesuai dengan kondisi lingkungan dan jumlah lumpur yang akan diangkut. Dengan menggunakan high pressure pump sebagai solusi untuk eliminasi risiko K3 pengangkutan lumpur menggunakan truk di titik terendah tambang batubara, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penanganan lumpur dan mengurangi risiko K3 pada pekerja.

Mud Handling at the lowest point of coal mines is a risky task in mining operations. The use of trucks as a means of mud transportation in this area can result in accidents and injuries to workers. Therefore, efforts are needed to reduce health & safety risks and improve the efficiency of Mud Handling at the lowest point of coal mines. In this study, we applied high pressure pump as a solution for eliminating health & safety risks in mud transportation using trucks at the lowest point of coal mines. The research method used was field experiments and pump performance measurements. The results showed that the use of high pressure pump can increase the efficiency and safety of mud handling. The high pressure pump can reduce the risk of mud transportation accidents with trucks, as mud can be discharged at high pressure and far distances from the lowest point to the mud disposal location. In addition, high pressure pump can also improve Mud Handling efficiency by accelerating the mud transportation process. In its application, the high pressure pump is equipped with a pressure and flow control system, so it can be adjusted according to the environmental conditions and the amount of mud to be transported. By using high pressure pump as a solution for eliminating health & safety risks in mud transportation using trucks at the lowest point of coal mines, it is expected to improve Mud Handling efficiency and reduce health & safety risks to workers.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

How to Cite: Ardhila Chadarisman, et al (2025) High Pressure Pump, Eliminasi Risiko K3 Trucking System pada Pengangkutan Lumpur di Pertambangan Batubara , 3(4). 3501-3510 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1079>

PENDAHULUAN

Pit Kanguru adalah area penambangan yang terletak di area Sangatta, Kutai Timur di salah satu perusahaan pertambangan batubara terbesar di Indonseisa, dalam rangka pengembangan area penambangan serta peningkatan kestabilan lereng di pit kanguru cluster karakum, diperlukan tindakan untuk memindahkan lumpur di kolam kutilang dimana terdapat 264.772 m³ lumpur yang perlu di tangani. Area kolam Kutilang saat ini menjadi concern utama geoteknik untuk bisa progress continue pendalaman area Sump Karakum, dimana terdapat Reserve batubara K20 yang ada di area Karakum yang akan di tambang sekitar 800.000 ton, dan ini sangat bergantung pada progress penurunan Kolam Kutilang.



Gambar 1. Gambaran Area Sump Kutilang
(Sumber : Dokumen Penulis)

Lumpur pada sump kutilang perlu di lakukan penanganan agar progres penambangan dapat dilakukan dan menghindari 10 Fleet stanby dan keterlambatan unloading batubara.



Gambar 2. Perencanaan Pipeline
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Tantangan yang dihadapi pada proses pengangkutan lumpur ini yaitu lokasi pembuangan lumpur yang berjarak 3000 meter dengan ketinggian 90 MDPL, sedangkan base pada lumpur di area kutilang pond berada pada ketinggian 20 MDPL. Artinya terdapat *static head* sebesar 70 meter.

Pengangkutan lumpur menjadi beresiko dengan jauhnya jarak tempuh serta grade jalan yang dapat dilewati untuk menuju tempat pembuangan lumpur bersamaan dengan Dump truck pengangkut material overburden. Pengangkutan lumpur menimbulkan bahaya K3 baru yang berupa tumpahnya material lumpur di jalan dan beresiko membuat unit alat berat yang melintas dapat tergelincir dan menyebabkan kecelakaan kerja

Manajemen risiko K3 merupakan upaya mengelola risiko K3 untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara, terencana dan terstruktur. Salah satu metode melakukan perencanaan pekerjaan dimulai dengan melakukan *Hazard Identification, Risk Assesement and Risk Control* (HIRADC). Menggunakan Standart Risk Management PT. KPC, penulis melakukan kajian penilaian bahaya dan menentukan nilai risiko serta pengendalian yang dilakukan untuk menurunkan risiko K3.

Tabel 1. Risk Matrix

HEALTH CONSEQUENCES	SAFETY CONSEQUENCES	PROPERTY DAMAGE CONSEQUENCE	PRODUCTION CONSEQUENCE	ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES	LIKELIHOOD OF SPECIFIED CONSEQUENCES				
					A Many times per year	B Once or twice per year	C Once in 5 years	D Once in approx. 15 years	E Unlikely in life of mine
1 Long term chronic health effects to workers as public with potential for death	Fatality (Fatality, multiple fatality, major permanent disability)	Property Damage > \$ US 500k	More than 1 week delay production	Large scale, long term environmental damage effects and / or a compliance breach that threatens continued operation	1 SIGNIFICANT	2 SIGNIFICANT	4 SIGNIFICANT	7 HIGH	11 HIGH
2 Long term chronic health effects to workers as public with major impact on body function - life style	LTD (Serious injury and hospitalization; permanent disability)	Property Damage > \$ US 100 - 500 k	3 - 6 day delay production	Large scale, short term environmental damage effects and / or a compliance breach function	3 SIGNIFICANT	6 SIGNIFICANT	8 HIGH	12 HIGH	16 MEDIUM
3 Chronic health effects causing partial impact on body function	EVID (Minor loss of body part / function, LTD)	Property Damage > \$ US 20 - 100 k	1 - 3 day delay production	Small scale environmental damage effects and / or a reportable compliance breach	6 HIGH	9 HIGH	13 MEDIUM	17 MEDIUM	20 LOW
4 Health impact requiring medical treatment - intervention, not permanent	Medical treatment (Treatment that would be given by a doctor)	Property Damage < \$ US 1 - 20 k	1 - 3 shift delay production	Significant environmental damage only and / or a technical compliance breach	10 HIGH	14 MEDIUM	18 LOW	21 LOW	23 LOW
5 Transitory health impact	Minor impact (First aid treatment)	Property Damage < \$ US 100	1 shift delay production	Minor environmental impact and / or a technical compliance breach	12 MEDIUM	16 LOW	22 LOW	24 LOW	28 LOW

Penelitian ini bertujuan untuk mengeliminasi risiko K3 pada pengangkutan lumpur menggunakan *Dump truck* (Komatsu 785-7) *mud vessel*, dengan melakukan rekayasa engineering pada metode pengangkutan lumpur. Pemilihan *high pressure pump* yang dirancang dapat memompa lumpur dengan *specific gravity* 1.3 (SG) yang memiliki *static head* 70 meter dipilih dengan analisa QCDSM (Quality, Cost, Delivery, Safety dan Moral) dari aktivitas pengangkutan lumpur.

METODE PENELITIAN

Dalam tahap ini dilakukan beberapa tahap pemecahan masalah yang di temukan. Pertama, melakukan studi literatur dengan mencari dan mempelajari teori-teori terkait masalah di lapangan melalui buku atau literatur-literatur. Kedua, pengumpulan data primer dan sekunder, data primer didapat dari hasil perencanaan, pengujian efisiensi *high pressure pump*, pengukuran elevasi lumpur. Data sekunder yang meliputi curah hujan, weekly sequence pit, contour tambang, operational cost, serta penilaian *risk assessment* pada proses pengangkutan lumpur. Data data yang di peroleh akan di oleh dan di analisa secara matematis, empiris yang disajikan dalam bentuk perhitungan efisiensi berupa tabel, grafik dan dokumentasi lapangan. Setelah melakukan analisa didapatkan kesimpulan dan rekomendasi dari hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian Risiko Pengangkutan Lumpur Menggunakan Trucking

Hazard identification yang dilakukan pada aktivitas pengangkutan lumpur dilakukan pada aktivitas loading lumpur menggunakan shovel, hauling lumpur menggunakan dump truck, dumping lumpur di area pembuangan lumpur serta aktivitas pembersihan lumpur di jalan.

Analisa risiko yang dilakukan pada identifikasi awal berfokus pada skenario kasus terburuk jika terjadi kecelakaan, setelah di dapatkan bahaya dan risiko yang terkait dengan aktivitas pada pengangkutan lumpur menggunakan *trucking system*, dilakukan penilaian risiko menggunakan metode matrix sehingga di dapatkan nilai risiko actual tanpa pengendalian terkait aktivitas tersebut.

Tabel 2. Analisa Risiko Trucking Sistem

Aktivitas Detail	Identifikasi Bahaya	Risiko K3	Skenario Kecelakaan terburuk
Loading Lumpur	* Desain Titik Muat Standar Rendah * Interaksi Lalu Lintas * Kurangnya Komunikasi * Manajemen Kelelahan * Kondisi Peralatan * Operator	* Terkena Tumbukan/Ditabrak * Tabrakan * Benda/Material Jatuh * Tanah Longsor * Terperangkap * Kebakaran Peralatan * Kegagalan Komunikasi Radio	1

	<ul style="list-style-type: none"> * Tidak Kompeten * Kebakaran Peralatan 		
Hauling lumpur	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Desain/Layanan & Kondisi Jalan * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Tanda Lalu Lintas * Tumpahan Material * Material Lunak * Kebakaran Peralatan * Tidak Kompeten * Jadwal Shift * Ketinggian Jalan Standar Rendah * Kabut * Licin 	<ul style="list-style-type: none"> * Tabrakan * Terbalik * Terjatuh * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Kerusakan Ban * Benda Jatuh * Berdiri * Terperangkap * Kegagalan Komunikasi Radio * Tanah Longsor 	1
Dumping lumpur	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Pencahayaan * Debu * Kebisingan * Tidak Kompeten * Kebakaran Peralatan 	<ul style="list-style-type: none"> * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Tabrakan * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Kebakaran * Kegagalan Komunikasi Radio * Cedera Tangan atau Jari (terjepit di antara bak penampungan) 	1
Membersihkan tumpahan lumpur di jalan	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Desain/Layanan & Kondisi Jalan * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Tanda Lalu Lintas Jalan * Jadwal Shift * Getaran Seluruh Tubuh * Kebisingan * Tumpahan Material * Material Lunak * Tidak Kompeten 	<ul style="list-style-type: none"> * Tabrakan * Terbalik * Terguling * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Licin * Berkabut * Kerusakan Ban * Terperangkap * Kegagalan Komunikasi Radio 	1

Tabel 3. Analisa Risiko *Mud Handling* dengan *Trucking system*

Aktivitas Detail	Identifikasi Bahaya	Risiko K3	Skenario Kecelakaan terburuk
Loading Lumpur	<ul style="list-style-type: none"> * Desain Titik Muat Standar Rendah * Interaksi Lalu Lintas * Kurangnya Komunikasi * Manajemen Kelelahan * Kondisi Peralatan * Operator * Tidak Kompeten * Kebakaran Peralatan 	<ul style="list-style-type: none"> * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Tabrakan * Benda/Material Jatuh * Tanah Longsor * Terperangkap * Kebakaran Peralatan * Kegagalan Komunikasi Radio 	1
Hauling lumpur	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Desain/Layanan & Kondisi Jalan * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Tanda Lalu Lintas * Tumpahan Material * Material Lunak * Kebakaran Peralatan * Tidak Kompeten * Jadwal Shift * Ketinggian Jalan Standar Rendah * Kabut * Licin 	<ul style="list-style-type: none"> * Tabrakan * Terbalik * Terjatuh * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Kerusakan Ban * Benda Jatuh * Berdiri * Terperangkap * Kegagalan Komunikasi Radio * Tanah Longsor 	1
Dumping lumpur	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Pencahayaan * Debu * Kebisingan * Tidak Kompeten * Kebakaran Peralatan 	<ul style="list-style-type: none"> * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Tabrakan * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Kebakaran * Kegagalan Komunikasi Radio * Cedera Tangan atau Jari (terjepit di antara bak penampungan) 	1
Membersihkan tumpahan lumpur di jalan	<ul style="list-style-type: none"> * Interaksi Lalu Lintas * Desain/Layanan & Kondisi Jalan * Kondisi Peralatan * Kondisi Operator * Tanda Lalu Lintas Jalan * Jadwal Shift * Getaran Seluruh Tubuh 	<ul style="list-style-type: none"> * Tabrakan * Terbalik * Terguling * Terkena Tumbukan/Ditabrak * Kelelahan * Kegagalan Mekanis * Licin * Berkabut * Kerusakan Ban * Terperangkap 	1

	* Kebisingan * Tumpahan Material * Material Lunak * Tidak Kompeten	* Kegagalan Komunikasi Radio	
--	-----------------------------------------------------------------------------	------------------------------	--

Risiko K3 yang konsisten muncul dalam aktivitas pengangkutan lumpur di dalam *hazard identification and risk assesment* adalah terkait tabrakan antar unit, unit terbalik, unit terguling, ditabrak unit lain, kebakaran dan kelelahan. Dari semua risiko K3 yang ada skenario kecelakaan terburuk yang di dapat bernilai 1 artinya, *significant* dimana membutuhkan pengendalian risiko saat itu juga, pada aktivitasnya PT. XYZ telah melakukan pengendalian risiko terkait hal tersebut dan mampu menurunkan risiko menjadi *low* (rendah). Seiring dengan perkembangan teknologi, terdapat penggunaan pemompaan lumpur yang bisa mengeliminasi terhadap aktivitas *trucking* dalam pengangkutan lumpur cair. Hal ini menjadi *oppurtunity* yang baik dalam pengendalian risiko pada aktivitas pengangkutan lumpur,

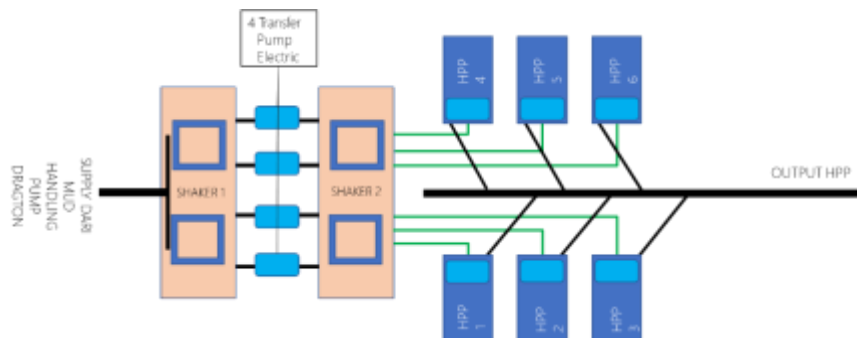
High pressure pump for Mud Pumping

High pressure pump didesain dengan cara memompa lumpur dari feeding pump (Dragton) yang dilakukan screening kemudian di salurkan menuju hopper tank, shacker tank dan akhirnya di pompa melalui supply pump.



Gambar 3. Skema mud pumping
 (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dragton akan menyuplai lumpur ke *hooper tank* untuk discreening kasar terlebih dahulu, di hopper tank lumpur akan discreening dengan diameter penyaringan 2 cm, lalu lumpur akan disalurkan melalui transfer pump menuju ke *shacker tank* menggunakan motor listrik. Di shacker tank, lumpur akan melewati screening yang kedua dengan diameter 2 mm untuk mengurangi kandungan fine coal, batu, kayu yang ikut terpompa sehingga tidak merusak piston. Lumpur yang ada di shacker tank akan dipompa menuju outlet menggunakan piston *supply pump* dan juga *centrifugal pump* yang digerakkan oleh motor listrik.



Gambar 4. Layout High pressure pump
 (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Yang menjadi penting dalam proses high pressure pump ini adalah bagaimana memastikan bahwa material yang di angkut memiliki SG yang sesuai serta tidak terdapat material dengan besaran lebih dari 2 mm, untuk itu peran *solid control* menjadi sangat penting dalam pemompaan lumpur.

Penilaian Risiko Pengangkutan Lumpur Menggunakan HPP

Menggunakan metode yang sama dalam melakukan *Hazard Identification and Risk Assessment* pada penggunaan *high pressure pump* dalam pengangkutan lumpur, didapatkan nilai risiko sebagai berikut.

Tabel 4. Analisis Risiko dan Pengendalian *High pressure pump*

Aktivitas Detail	Identifikasi Bahaya	Risiko K3	Skenario Kecelakaan terburuk	Pengendalian	C	P	RR	Risk Level
Pemompaan Lumpur menggunakan HPP	*Tegangan 3 phasa *Kebisingan *Ketinggian *Area kerja sempit *Getaran *Penampung lumpur hopper *Benda berputar *Benda bergerak *tekanan fluida	*Tersengat aliran listrik *Kerusakan pada pendengaran *Terjatuh dari tanki *Terjepit shale shacker *Terpeleset atau jatuh *Tenggelam dalam Hopper *Terlilit benda yang berputar *Terjepit benda yang bergerak *Terkena tekanan fluida	1	*Standarisasi panel listrik *pemasangan grounding *penggunaan earmuff *penggunaan genset silent proof *handrail pada ketinggian lebih dari 1,8 m *Pengencangan baut struktur penyangga *Guarding pada benda yang berputar *penggunaan warpack *penggunaan material pipa sesuai spesifikasi tekanan	5	d	24	LOW

Pemilihan sistem pada aspek K3 di lakukan dengan cara membandingkan jumlah aktivitas kritikal pada pengangkutan lumpur menggunakan HPP dan *trucking*, secara aktivitas utama, penggunaan HPP hanya terdapat 1 aktivitas utama yaitu pemompaan yang di lakukan, jika dibandingkan dengan aktivitas *trucking*, terdapat 3 aktivitas utama yaitu, loading lumpur, hauling lumpur dan dumping lumpur.

Risiko pada aktivitas *high pressure pump* dapat dilakukan pengendalian secara rekayasa yang merupakan pengendalian risiko tertinggi, hal ini dapat terjadi karena kontrol utama dalam pemompaan lumpur adalah mengendalikan performa pompa, sedangkan pada aktivitas *trucking*, faktor yang dominan berperan kompetensi, kondisi lingkungan dan aktivitas dari operator alat berat, baik itu operator loader, hauler, dozer dan grader.

Pengendalian risiko K3 pada aktivitas *high pressure pump* mencakup standarisasi panel, pemasangan guarding pada benda berputar, pemasangan grounding, pemilihan genset silent proof, penguatan struktur penyangga, pemilihan material pipa dan penggunaan handrail. Pengendalian risiko K3 tersebut mengalihkan aktivitas operator alat berat pada metode *trucking* menjadi kontrol aktivitas pada mesin pompa, yang mana telah di lakukan pengendalian secara rekayasa / engineering.

Analisis Teknis Pumping Lumpur

Analisa efisiensi pada pemompaan lumpur menggunakan *high pressure pump* di kolam kutilang dilakukan dengan melakukan pengujian RPM pada masing masing *high pressure pump*, mengukur debit stoke pada *discharge* pompa, dibandingkan dengan debit actual pada tampungan tanki. Pengujian dilakukan menggunakan air dengan *specific gravity* 1,02 dan volume tanki 18.04 m³

Tabel 5. Pengujian Efisiensi *High pressure pump*

HPP No	RPM	SPM	Debit Stroke (M ³ /Jam)	Waktu	Debit Actual (M ³ /Jam)	Efisiensi
1	1400	160	116	9,42	114,9	99,1%
2	1450	156	116	10,15	106,64	91,9%
3	1450	160	116	9,45	114,54	98,7%

4	1500	160	116	9,55	113,34	97,7%
5	1450	160	116	10,17	106,43	91,8%
Efisiensi rata rata						95,8%

Pengujian efisiensi pompa menggunakan lumpur dengan *spesific gravity* 1,3 dilakukan untuk mendapatkan flow rate actual dan menentukan keandalan sistem dari *high pressure pump*.

Tabel 6. Pengujian Debit Pemompaan Lumpur

SG	Jumlah HPP	Volume (M3)	Waktu Pemompaan	Debit (M ³ /Jam)
1,17	5	27,5	3 Menit 4 Detik	537,98
1,3	5	19	2 Menit 25 Detik	471,07

Berdasarkan pengujian debit pemompaan lumpur, sistem *high pressure pump* mampu memompa lumpur dengan *spesific gravity* 1,3 dengan kapasitas 471 m³ per jam.



Gambar 5. Proses Perhitungan Debit HPP Menggunakan Mud Vessel
 (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

1. Analisis QCDSM (Quality, Cost, Delivery, Safety dan Moral)

Berikut adalah analisis QCDSM (Quality, Cost, Delivery, Safety dan Moral).

a. Quality

Kualitas pengangkutan lumpur di kolam kutilang menjadi sesuai rencana awal, sehingga dengan penggunaan *high pressure pump* mampu mengangkut lumpur di Kolam Kutilang sebanyak 264.772 M³. Penggunaan *high pressure pump* ini juga meningkatkan portofolio pengendalian risiko K3 dalam proses pengangkutan lumpur menggunakan teknologi metode baru dalam *mud pumping* di tambang terbuka.

b. Cost

Pengangkutan lumpur pada kolam kutilang dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan *trucking system* dan menggunakan pemompaan lumpur (*high pressure pump*). Pada aspek cost operasional penggunaan *trucking* pada pengangkutan lumpur membutuhkan setidaknya 1x PC 2000, dan 4x HD 785 Mud vessel. Pengoperasian dump truck untuk *trucking* dalam pengangkutan lumpur masih tergantung pada cuaca, serta cost operasional yang cukup tinggi sebesar \$1,88 / M³ lumpur yang dipindahkan. Penggunaan pompa lumpur mampu menekan cost operasional pengangkutan lumpur menjadi \$1,29 / m³ lumpur yang dipindahkan, sehingga di dapat efisiensi cost sebesar 31% daripada penggunaan *trucking system*.

c. Delivery

Penggunaan *high pressure pump* menjadi salah satu metode baru yang di gunakan di pertambangan batu bara terbuka, dan pertama kali di terapkan di Indonesia, hal ini menjadi teknologi yang dapat mempercepat pengangkutan lumpur di area tambang batubara tanpa terkendala cuaca, dimana dengan penggunaan *trucking system*, faktor cuaca menjadi sangat penting, dimana salah satu pengendalian risiko K3 untuk menghindari tergelincirnya truk adalah stop operasi saat kondisi hujan. Dengan productivity PC 2000, target harian pengangkutan lumpur sebesar 7.000 m³ sehingga untuk penanganan lumpur di kolam kutilang membutuhkan waktu 37 hari. Penggunaan *high pressure pump* mampu mempercepat proses pengangkutan lumpur menjadi 23 hari dengan debit pemompaan 471 m³/jam.

d. Safety

High pressure pump mampu mengeliminasi aktivitas beresiko tinggi dalam pengangkutan lumpur di area pertambangan terbuka yang meliputi aktivitas beresiko tinggi bekerja dekat air untuk operator alat muat (loader), aktivitas dumping ke air dan ke kolam lumpur untuk operator *dump truck*

Penggunaan *high pressure pump* mampu mengeliminasi penggunaan *hauling truck*, dan menghilangkan risiko K3 utama dalam pengoperasian *dump truck*, yaitu tabrakan antar unit, unit terbalik, unit terguling, ditabrak unit lain, kebakaran dan kelelahan yang memiliki nilai *worse case scenario* 1 (*significant*) menjadi 24 (*low*).

e. Moral

Dalam aspek moral, *competitive advantage* dibidang *mud handling* didapatkan, serta mendapatkan *opportunitiy* yaitu pekerja dapat bekerja dengan aman dengan perasaan tenang dalam melakukan penambangan di area sump karakum, karena penyebab ketidakstabilan lereng di area karakum telah di tuntaskan. Hal ini mampu meningkatkan moral pekerja dan mampu menghindari potensial lost karena 10 fleet stanby dalam unloading batubara di area karakum.

Tabel 7. Perbandingan Analisa QCDSM

	<i>High pressure pump</i>	<i>Trucking system</i>
Quality	Lumpur di Kolam Kutilang sebanyak 264.772 m ³ dapat dipompa dengan baik Terdapat metode baru dalam tekonologi <i>mud pumping</i> di tambang terbuka	Metode actual yang telah berjalan Mampu meloading lumpur dengan SG >1,3
Cost	\$1,29 / m ³	\$1,88 / m ³
Delivery	Pengembangan teknologi <i>Mud Handling</i> dengan metode baru <i>Mud Handling</i> menggunakan pompa <i>High pressure pump</i> Dapat beroperasi di cuaca hujan dan kering	Fleet matching sesuai jarak dan produktivitas alat berat Terkendala cuaca
Safety	Eliminasi risiko K3 pengoperasian truk dalam pengangkutan lumpur Reduce high risk activity dalam mud handling	Masih terdapat Risiko K3 pengoperasian truk High risk activity
Moral	Competitive advantage di bidang mud handling	<i>Competitive advantage</i> di bidang mud handling

KESIMPULAN

Bersadarkan hasil identifikasi awal, PT. XYZ telah melakukan pengendalian risiko K3 pada aktivitas pengangkutan lumpur menggunakan *trucking system* dan mampu menurunkan risiko awal dari 1 (*signifincant*) menjadi 21 (*low*) dan telah di Implementasikan dalam pengangkutan lumpur di area kerja. Seiring kemajuan teknologi, pengendalian K3 pada aktivitas pengangkutan lumpur dilakukan dengan mengeliminasi aktivitas *trucking* menggunakan *high pressure pump*. *High pressure pump* mampu menghilangkan aktivitas loading lumpur, hauling lumpur, dumping lumpur dan pembersihan lumpur di jalan. Nilai Risiko *High pressure pump* dapat diturunkan dari 1(*significant*) menjadi 24 (*low*) dengan pengendalian rekayasa pada sistem pemompaan, serta memberikan *competitive advantage* dari sisi kecepatan pengangkutan lumpur menjadi 23 hari atau 38% lebih cepat daripada penggunaan *trucking system* dan shovel, serta cost operasional yang 31% lebih murah daripada penggunaan sistem *trucking*.

Berdasarkan penelitian yang di lakukan, penulis merekomendasikan penggunaan *high pressure pump* dalam pengangkutan lumpur untuk mengurangi volume lumpur cair di area pertambangan terbuka dengan *spesific gravity* maksimal 1,3. Penggunaan shovel dan truk dapat dilakukan setelah *spesific gravity* lumpur pada kolam melebihi 1,3 dengan tetap melakukan pengendalian risiko K3 yang telah di tetapkan.

REFERENSI

Smith, J. K., & Johnson, A. B. (2010). Pump Selection and Application: A Guide to the ANSI/HI Pump Standards. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers.

- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2007). *Pump Handbook*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2012). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Das, S. (2014). *Principles of Soil Dynamics*. Stamford, CT: Cengage Learning.
- Supriadi (2015). Identifikasi bahaya dan penilaian risiko k3 pada tindakan perawatan & perbaikan menggunakan metode hirarc (hazard identification and risk assesment risk control) pada pt. X. jakarta : Seminar Nasional Riset Terapan 2015
- Graham, S. A., & Price, A. J. (2009). *Pumps, channels, and transporters: methods of membrane topology analysis*. New York: Humana Press.
- Warman Pumps. (n.d.). The difference between slurry pumps and water pumps. Diakses pada 11 Mei 2023, dari <https://www.global.weir/our-company/our-brands/warman-pumps/our-products/the-difference-between-slurry-pumps-and-water-pumps/>
- Hengyang ZK Industrial Co., Ltd. (2020). The difference between slurry pump and water pump. Diakses pada 11 Mei 2023, dari <https://www.zk-seals.com/news/the-difference-between-slurry-pump-and-water-pump.html>