

**PERENCANAAN PROYEK PENANGANAN BENCANA ALAM DI
TAPANULI TENGAH PROVINSI SUMATERA UTARA DENGAN
PENGUJIAN TEKNIK PADA ALAT ROTARY DRILLING RIG**

Roky Amerosady

Program Studi Program Profesi Insinyur,
Fakultas Teknik,
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
rokyamerosady@untag-sby.ac.id;

I Nyoman Lokajaya,

Program Studi Program Profesi Insinyur,
Fakultas Teknik,
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
lokajaya@untag-sby.ac.id;

Nurani Hartatik,

Program Studi Program Profesi Insinyur,
Fakultas Teknik,
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
nuranih@untag-sby.ac.id

Richardus Widodo,

Program Studi Agroindustri,
Fakultas Vokasi,
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
richarduswidodo@untag-sby.ac.id;

ABSTRAK

Penanganan bencana alam di wilayah pesisir seperti di Sibolga Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara selalu berpacu dengan waktu dan kondisi geografis yang menantang. Dalam proyek pemulihan infrastruktur di lokasi terdampak bencana gempa bumi, penggunaan alat berat menjadi tulang punggung keberhasilan pekerjaan teknis di lapangan. Salah satu instrumen vital yang dikerahkan adalah rotary drilling rig, yang memegang peranan krusial dalam proses stabilisasi lereng maupun pembangunan pondasi dalam di area titik bencana. Program pengabdian kepada masyarakat ini disusun untuk mendokumentasikan kelayakan alat serta memberikan jaminan bahwa alat berat yang digunakan dalam penanganan bencana di Tapanuli Tengah benar-benar aman dan siap beroperasi secara maksimal.

Kata Kunci: *Penanganan Bencana Alam; Stabilisasi Lereng; Rotary Drilling Rig.*

A. PENDAHULUAN

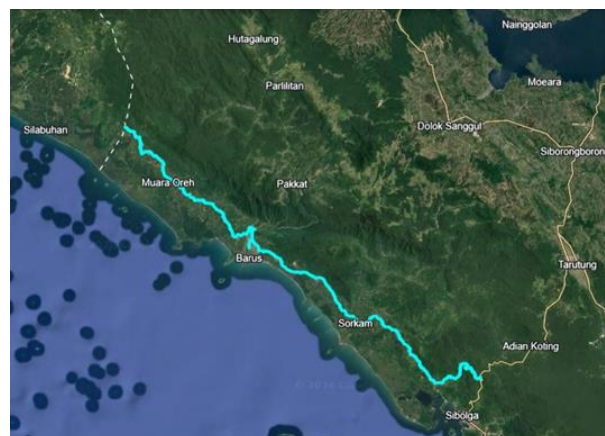
Latar Belakang

Perkuatan akses jalan lalu lintas pada area lereng yang dominan berada

dipegunungan dengan risiko longsoran tinggi memerlukan sistem perkuatan tanah yang masif dan terintegrasi guna menjamin stabilitas lereng serta keamanan pengguna jalan. Dalam kondisi geoteknis yang kritis, penggunaan Dinding Penahan Tanah (DPT) yang didukung oleh konstruksi Bore Pile menjadi solusi fundamental untuk menyalurkan beban lateral tanah ke lapisan batuan keras di kedalaman tertentu. Penggunaan Bore Pile dipilih karena kemampuannya meminimalkan getaran selama proses instalasi, sehingga risiko memicu longsoran susulan pada tanah lereng yang sudah tidak stabil dapat ditekan seminimal mungkin.

Selain penguatan struktural melalui Bore Pile, penerapan Secant Pile menjadi krusial sebagai sistem proteksi yang berfungsi ganda: menahan tekanan tanah sekaligus bertindak sebagai dinding kedap air (cut-off wall). Keberadaan Secant Pile pada sisi jalan yang berbatasan langsung dengan tebing sangat efektif untuk mencegah infiltrasi air tanah dan erosi internal yang sering kali menjadi pemicu utama kegagalan lereng.

Pada laporan pengabdian kepada masyarakat ini dalam bidang pelaksanaan uji riksa alat rotary drilling rig yang akan beroperasi pada proyek penanganan bencana alam di Tapanuli Tengah. Penanganan bencana alam di wilayah pesisir seperti Tapanuli Tengah khususnya ruas Rampah – Poriaha, Poriaha – Barus, Barus – Aceh Selatan selalu berpacu dengan waktu dan kondisi geografis yang menantang. Dalam proyek pemulihan infrastruktur di lokasi terdampak, penggunaan alat berat menjadi tulang punggung keberhasilan pekerjaan teknis di lapangan. Salah satu instrumen vital yang dikerahkan adalah rotary drilling rig, yang memegang peranan krusial dalam proses stabilisasi lereng maupun pembangunan pondasi dalam di area titik bencana.



Gambar 1. Ruas Penanganan Bencana Alam

Namun, pengoperasian alat rotary drilling rig di medan yang tidak stabil pascabencana memiliki risiko tinggi, baik dari sisi keselamatan kerja maupun efisiensi proyek. Kegagalan fungsi alat di tengah proses konstruksi tidak hanya menghambat progres pemulihan, tetapi juga berpotensi memicu kecelakaan kerja yang fatal. Mengingat kondisi tanah di lokasi proyek memiliki karakteristik yang spesifik dan ekstrem, performa unit harus berada dalam kondisi prima.

Atas dasar itulah, pelaksanaan uji riksa (pemeriksaan dan pengujian) terhadap unit rotary drilling rig menjadi prosedur yang tidak bisa ditawar. Langkah ini bukan

sekadar pemenuhan regulasi keselamatan kerja (K3), melainkan sebuah upaya teknis untuk memastikan bahwa setiap komponen mekanikal dan hidrolik alat mampu bekerja secara optimal di bawah beban kerja yang berat. Pengabdian kepada masyarakat dengan focus penanganan bencana alam ini disusun untuk mendokumentasikan kelayakan alat serta memberikan jaminan bahwa alat berat yang digunakan dalam penanganan bencana di Tapanuli Tengah benar-benar aman dan siap beroperasi secara maksimal.

Identifikasi Masalah

Dalam pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat melalui proyek penanganan bencana alam di Sibolga, khususnya pondasi borepile pada stuktur bawah DPT ataupun Secantpile yang mana untuk alat berat yang dipakai rotary drilling rig dan menjadi sangat krusial, namun sekaligus menghadirkan sejumlah tantangan teknis yang harus diidentifikasi secara tajam.

Berikut adalah beberapa pokok permasalahan yang muncul di lapangan:

1. Tingginya risiko kerusakan komponen akibat medan ekstrem: Kondisi geografis di Sibolga yang pascabencana cenderung memiliki struktur tanah yang tidak stabil dan akses yang sulit. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai sejauh mana komponen utama alat—seperti sistem hidrolik, kelly bar, dan mesin penggerak—mampu menahan beban kerja ekstra tanpa mengalami keausan dini atau kegagalan fungsi mendadak di tengah proses pengeboran.
2. Potensi Kecelakaan Kerja Akibat Unit yang Belum Terverifikasi: Pengoperasian alat berat berdimensi besar di area pemulihan bencana memiliki risiko keselamatan yang sangat tinggi. Tanpa adanya pemeriksaan (uji riksa) yang mendalam, sulit untuk mendeteksi adanya kelemahan struktural atau malfungsi pada sistem kendali alat. Masalahnya adalah bagaimana memastikan seluruh fungsi keselamatan pada unit drilling rig bekerja sesuai standar guna mencegah terjadinya kecelakaan fatal yang dapat menghambat misi kemanusiaan dan konstruksi di lokasi tersebut.
3. Ketidakpastian Performa Alat dalam Memenuhi Target Proyek: Proyek penanganan bencana menuntut kecepatan dan ketepatan waktu. Identifikasi masalah mengarah pada efektivitas alat dalam mencapai kedalaman dan diameter bor yang direncanakan. Jika unit tidak dalam kondisi prima atau tidak dikalibrasi dengan benar, maka akan terjadi inefisiensi bahan bakar dan waktu bor yang membengkak, yang pada akhirnya akan merugikan manajemen proyek secara keseluruhan.
4. Kepatuhan Terhadap Standar Regulasi dan Kelayakan Teknis: Seringkali terdapat celah antara pengoperasian alat di lapangan dengan pemenuhan regulasi K3 yang berlaku di Indonesia. Masalah yang diidentifikasi adalah sejauh mana unit rotary drilling rig yang digunakan telah memenuhi kriteria kelayakan operasional yang dibuktikan melalui pengujian formal, sehingga legalitas dan keamanan penggunaannya di proyek negara dapat dipertanggungjawabkan secara teknis maupun hukum.

Tujuan Program

Tujuan dari program pengabdian kepada masyarakat melalui pelaksanaan uji riksa ini bukan sekadar rutinitas formalitas, melainkan langkah strategis untuk

menjamin seluruh aspek operasional berjalan tanpa kendala.

B. MATERI DAN METODE PELAKSANAAN

Alur Proses Teknis

Siklus hidup pemeriksaan dan pengujian teknik (uji riksa) pada alat Rotary Drilling Rig di proyek penanganan bencana Kota Sibolga mengikuti alur kerja sistematis untuk menjamin kelayakan operasional alat di medan yang berisiko tinggi. Alur tersebut terdiri dari beberapa tahapan utama:

1. Tahap Pra-Inspeksi (Penerimaan Penugasan)

Proses dimulai dengan identifikasi kebutuhan alat di lokasi bencana. Sebelum alat digunakan, bagian teknis/Site Manager mengajukan permohonan pemeriksaan alat. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dokumen legalitas alat (seperti SILO/Surat Izin Layak Operasi sebelumnya) dan spesifikasi manufaktur rig yang akan diuji.

2. Tahap Pelaksanaan Uji Riksa (Verifikasi Lapangan)

Ini adalah inti dari praktik keinsinyuran di lapangan. Alur teknisnya meliputi:

- 1) Pemeriksaan Visual: Pengecekan kondisi fisik seluruh komponen rig, mulai dari struktur undercarriage, mast, shackle hingga kondisi kabel baja (wire rope).
- 2) Pemeriksaan Fungsi (Functional Test): Menguji semua tuas kendali, sistem hidrolik, dan sistem pengereman dalam kondisi tanpa beban untuk memastikan tidak ada malfungsi mekanis.
- 3) Pengujian Keselamatan: Memastikan seluruh perangkat pengaman (safety devices) seperti limit switch dan indikator sudut bekerja dengan akurat, terutama karena kondisi tanah di Sibolga yang pascabencana cenderung tidak stabil.

3. Tahap Analisis dan Rekomendasi (Evaluasi Teknis)

Data yang diperoleh dari lapangan dianalisis berdasarkan standar regulasi (seperti Permenaker No. 8 Tahun 2020). Jika ditemukan ketidaksesuaian, diberikan rekomendasi perbaikan segera sebelum alat diizinkan beroperasi secara penuh di titik pengeboran.

4. Tahap Sertifikasi dan Pelaporan (Finalisasi)

Siklus diakhiri dengan penyusunan laporan teknik hasil pemeriksaan dan pengujian. Laporan ini menjadi dasar apakah alat tersebut layak mendapatkan pengesahan operasional. Hasil akhir dari proses ini adalah jaminan bahwa Rotary Drilling Rig tersebut aman digunakan untuk pekerjaan konstruksi di area bencana tanpa membahayakan pekerja maupun lingkungan sekitar.

Metodologi Penyelesaian Masalah

Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian masalah pada kegiatan uji riksa Rotary Drilling Rig di proyek ini mengacu pada siklus PDCA (Plan-Do-Check-Act) serta standar teknis alat angkut-angkut, yang mana hal tersebut sangat krusial dikarenakan alat tersebut akan melaksanakan pekerjaan pada area yang tidak stabil akibat pasca bencana, medan lereng karena di area dominan pegunungan, dan pekerjaan yang berdampingan pada akses transportasi lintas antar kota. Sehingga sangat diperlukan inspeksi secara total untuk mengantisipasi atau mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja ketika pelaksanaan pekerjaan pengeboran

dimulai. Untuk langkah-langkah sistematis yang dilakukan meliputi:

1. Identifikasi dan Observasi Lapangan
Melakukan peninjauan awal terhadap kondisi alat di lokasi proyek Sibolga, mengingat medan pascabencana memiliki karakteristik tanah yang cenderung tidak stabil.



Gambar 2. Platform Pekerjaan Borepile
Sumber : Foto Dokumentasi

2. Studi Literatur dan Regulasi
Merujuk pada spesifikasi manufaktur alat serta regulasi terkait Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut (Permenaker No. 8 Tahun 2020) dan standar SNI terkait pondasi dalam.
3. Pengumpulan Data
Melakukan pemeriksaan fisik (visual inspection), pengujian fungsi (functional test), dan pengujian beban (load test) jika diperlukan untuk memastikan integritas struktural dan mekanis rig.



Gambar 3. Pelaksanaan Uji Riksa Alat Drilling Rig
Sumber : Foto Dokumentasi

4. Analisis Komparatif
Membandingkan hasil temuan di lapangan dengan standar deviasi yang

diizinkan untuk menentukan kelayakan operasi alat.



Gambar 4. Proses Uji Riksa Alat Drilling Rig
Sumber: Foto Dokumentasi

Analisis Teknis

Analisis teknis difokuskan pada komponen kritis Rotary Drilling Rig yang bekerja berat dalam proses stabilisasi lereng atau pemasangan fondasi di area bencana. Poin utama analisis meliputi:

1. Sistem Hidrolik dan Mekanis: Pemeriksaan performa main winch, auxiliary winch, dan rotary drive. Analisis dilakukan terhadap potensi kebocoran fluida atau keausan pada Kelly Bar yang dapat mereduksi torsi pengeboran.



Gambar 5. Uji Winch
Sumber : Foto Dokumentasi

2. Kestabilan Struktur Rig: Mengingat lokasi Sibolga yang rawan longsor, analisis dilakukan terhadap undercarriage (crawler) dan levelitas alat saat beroperasi di kemiringan tertentu guna mencegah risiko overturning.



Gambar 6. Uji Fisik Alat
Sumber : Foto Dokumentasi

3. Integritas Wire Rope: Melakukan perhitungan reduksi diameter dan pengecekan jumlah kawat putus (broken wires) berdasarkan standar keselamatan untuk memastikan keamanan beban angkat selama proses drilling.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil report dari pengujian riksa pada alat rotary drilling rig pada penganganan bencana alam kota Sibolga.

Tabel 1. Data Umum

I. Data Umum	
1. Pemilik	: PT. HADI JAYA BORE LAND
2. Alamat	: JL. KETINTANG MADYA NO. 95, KETINTANG, KEC. GAYUNGAN, SURABAYA, JAWA TIMUR 60232
3. Pemakai	: PT. HADI JAYA BORE LAND
4. Penanggung Jawab	: ROKY AMEROSADY
5. Lokasi Unit	: Tapian Nauli III, Kabupaten Tapanuli Tengah, Sumatera Utara / 1°48'20.5"N 98°45'02.8"E 1.805683, 98.750778
6. Nama Operator	: -
7. Jenis Pesawat	: ROTARY DRILLING RIG
8. Pabrik Pembuat	: SANY
9. Merk/Type	: SANY / SR65
10. Tahun Pembuatan	: 2024-07
11. No. Serie	: SR065CCE01118
12. Kapasitas Angkat	: 90 KN / 9,2 Ton

13. Standar yang di pakai	: PERMENAKER NO 08 TAHUN 2020, ASME B30
14. Digunakan Untuk	: MENGANGKAT DAN MEMINDAHKAN MATERIAL
15. Izin Pemakaian	: PERTAMA
16. Sertifikat Operator	: TERLAMPIR
17. Data Riwayat Pesawat	: PESAWAT BARU
18. Pembayaran Retribusi	: -

Tabel dibawah ini adalah data spesifikasi dari alat drilling rig yang dilakukan pengujian dan akan melakukan pekerjaan borepile pada proyek penanganan bencana alam kota Sibolga tersebut.

Tabel 2. Data Teknis

II. DATA TEKNIS			
SPESIFIKASI PESAWAT <i>(Specification)</i>	Kapasitas / Bobot Kerja		90 KN / 9,2 Ton
	Dimensi Keseluruhan		5820 x 2700 x 127658 mm
	Diameter Max. Drilling		Ø 1100 mm
	Kedalaman Max. Drilling		27000 mm
	Lebar Track		600 mm
	Kecepatan (Full Load)	Rotary max. output	70 kN.m
		Rotary Speed	5 - 40 putaran / menit
		Jalan / Travelling	2,5 km/jam
ENGINE	Model		ISUZU
	Tipe		4JJ1
	Serie		G30097L0300IXA
	Kecepatan Putaran		2200 r/min
	Jumlah silinder		6
	Daya		84 Kw
MAIN WINCH	Diameter TKB		Ø 20 mm (Main)
	Kecepatan TKB		80 M/ Min
	Jenis Rem		Band type external contracting
	Rem darurat / Emergency Brake		Wet-type multiple disc brake
WIRE ROPE SLING	Type		Multi Strand
	Konstruksi		IWRC
	Diameter Awal		20 Milimeter
	Diameter Aktual		20 Milimeter
Pompa Hidraulik	Utama	Tipe	Gear pulp
		Tekanan	35 Mpa
	Motor	Tipe	Axial plunger (Hoisting motor)

Sesuai dari alur proses teknis yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya yakni dilakukan beberapa pengujian secara fisik pada alat drilling rig, maka ditunjukkan hasil sebagai berikut dari hasil pengujian.

Kendala dan Solusi

Dalam pelaksanaan pemeriksaan dan pengujian teknik pada alat Rotary Drilling Rig Sany di lokasi proyek Sibolga, ditemukan beberapa kendala teknis yang menjadi catatan penting dalam aspek kelayakan. Berikut adalah detail kendala beserta solusi teknis yang diambil:

1. Temuan Retak (Crack) pada Shackle melalui Pengujian NDT
 - a. Kendala: Saat dilakukan pengujian tak merusak menggunakan metode Magnetic Particle Inspection (MPI), ditemukan indikasi keretakan minor pada beberapa unit shackle yang digunakan untuk koneksi beban. Keretakan ini sangat berisiko mengakibatkan kegagalan struktur (fatigue failure) saat menerima beban kejut pengeboran.
 - b. Solusi: Segera melakukan afkir (pengafkiran) terhadap shackle yang teridentifikasi retak dan menginstruksikan penggantian dengan unit baru yang memiliki sertifikat uji beban yang valid. Penggunaan komponen pengangkat tanpa cacat adalah harga mati dalam standar keselamatan pesawat angkat-angkut. Maka tindakan yang dilakukan pada proyek ini adalah shackle yang tidak memenuhi syarat maka dilabel gagal dan harus dibuang, shackle yang boleh dipergunakan hanya yang memenuhi syarat.
2. Kurangnya Perawatan Pelumasan (Grease) pada Wire Rope
 - a. Kendala: Teramati kondisi wire rope pada main winch maupun auxiliary winch yang mulai mengering dan minim pelumas (grease). Kondisi ini mempercepat proses korosi dan gesekan antar kawat (internal friction), terutama di lingkungan Sibolga yang memiliki kelembapan tinggi.
 - b. Solusi: Melakukan pemberian pelumas ulang (re-greasing) secara menyeluruh pada seluruh bagian wire rope dengan menggunakan jenis pelumas yang sesuai spesifikasi. Selain itu, ditekankan kepada operator untuk melakukan pemeriksaan harian terhadap kondisi pelumasan sebelum operasi dimulai.
3. Ketidakpatuhan Pemasangan Pin pengunci Sesuai SOP Manufaktur (Sany)
 - a. Kendala: Ditemukan pin pengunci seperti split pin dan split pin R pada area – area krusial yang tidak diaplikasikan sesuai standart Sany. Hal tersebut sangat membahayakan dikarenakan penggantian material tanpa mempertimbangkan keamanan pada alat.
 - b. Solusi: Segera dilakukan penggantian pin pengunci yang sesuai standart manufaktur Sany yang bertujuan alat bisa berporasi secara maksimal dan sesuai standart, sehingga mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada pekerja maupun pada kegagalan malfungsi alat.
4. Kelengkapan alat safety pada area kerja alat
 - a. Kendala: Beberapa temuan pada alat yang diinspeksi mengenai system APAR dan kotak P3K pada kabin alat. APAR yang sudah kadaluwarsa dan kotak P3K yang tidak lengkap, kurangnya kewaspadaan dan lengahnya keselamatan jika terjadi kecelakaan kerja pada area alat drilling rig

- b. Solusi: Pembaharuan APAR yang sudah kadaluwarsa dan dilakukan checklist sesuai spek APAR pada alat drilling rig, juga perlu dilengkapi isi dari kotak P3K sehingga kewaspadaan terjadinya kecelakaan kerja sangat bagus, jikalau terjadi kecelakaan kerja, maka ada penanganan awal sesuai SOP yang sudah ditetapkan tanpa ada kendala

Analisa Keekonomian/Dampak

Rekomendasi teknis yang diberikan atas temuan kendala (seperti shackle retak, minim pelumasan, hingga ketidaksesuaian pin pengunci) memiliki dampak signifikan terhadap keberlangsungan alat drilling rig pekerjaan borepile pada proyek penanganan bencana alam kota Sibolga, baik dari aspek finansial maupun sosial.

1. Dampak Finansial

Penerapan solusi pengabdian kepada masyarakat melalui praktek keinsinyuran melalui penggantian komponen dan perawatan rutin memberikan dampak finansial sebagai berikut:

- a. Pencegahan Kerugian Akibat Kerusakan Fatal (Breakdown): Biaya penggantian shackle atau pengisian APAR jauh lebih kecil dibandingkan kerugian finansial yang timbul jika terjadi kecelakaan kerja (misal: beban jatuh akibat shackle putus). Kecelakaan alat berat dapat mengakibatkan penghentian proyek (downtime) yang menelan biaya operasional harian yang sangat besar.
- b. Efisiensi Usia Pakai Alat (Life Cycle Cost): Pemberian pelumas pada wire rope dan penggantian pin sesuai standar Sany mencegah keausan dini pada komponen utama. Secara jangka panjang, ini mengurangi biaya penggantian suku cadang mahal dan menjaga nilai aset perusahaan tetap optimal.
- c. Menghindari Penalti dan Denda: Kepatuhan terhadap standar uji riksa mencegah adanya hambatan legal atau administratif dari pihak regulator yang dapat berujung pada denda finansial bagi penyedia jasa konstruksi.

2. Dampak Sosial

Solusi yang diterapkan memberikan pengaruh langsung terhadap aspek kemanusiaan dan lingkungan kerja:

- a. Menjamin Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3): Dengan melengkapi kotak P3K dan memperbarui APAR yang kadaluwarsa, perusahaan memberikan rasa aman (sense of security) kepada para pekerja. Hal ini berdampak positif pada moral dan produktivitas tim di lapangan, terutama dalam menghadapi tekanan kerja di area bencana.
- b. Kepercayaan Masyarakat dan Stakeholder: Keberhasilan penanganan bencana di Kota Sibolga sangat bergantung pada ketepatan waktu dan keamanan proses konstruksi. Penggunaan alat yang layak menjamin bahwa proyek tidak akan menimbulkan bencana baru (seperti kecelakaan alat di pemukiman), sehingga menjaga reputasi instansi dan kepercayaan masyarakat setempat terhadap profesionalisme insinyur.
- c. Tanggung Jawab Profesional: Penggantian komponen sesuai standar manufaktur (Sany) merupakan bentuk nyata dari integritas etika profesi keinsinyuran, di mana keselamatan publik diposisikan sebagai prioritas

tertinggi di atas sekadar mengejar progres fisik bangunan.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat mengenai pemeriksaan dan pengujian teknik (uji riksa) pada alat Rotary Drilling Rig Sany di proyek penanganan bencana alam Kota Sibolga, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kelayakan Teknis dan Operasional: Secara keseluruhan, Rotary Drilling Rig dinyatakan layak beroperasi untuk mendukung pekerjaan bore pile setelah dilakukan serangkaian perbaikan teknis atas temuan inspeksi. Tindakan korektif terhadap komponen kritis, seperti penggantian shackle yang terdeteksi crack melalui pengujian NDT (Magnetic Particle Inspection) dan penggunaan pin pengunci sesuai standar manufaktur, telah mengembalikan integritas struktural alat pada level aman.
2. Efektivitas Manajemen Perawatan: Praktik pengabdian kepada masyarakat ini berhasil mengidentifikasi adanya gap dalam preventive maintenance. Dengan dilakukannya pelumasan ulang (re-greasing) pada main dan auxiliary winch serta sinkronisasi jadwal servis berkala sesuai SOP Sany, risiko kegagalan mekanis (mechanical failure) dapat dimitigasi secara signifikan, yang pada akhirnya menjamin kontinuitas operasional di medan bencana yang ekstrem.
3. Kepatuhan terhadap Standar K3L dan Etika Profesi: Implementasi aspek K3L melalui pembaruan APAR, standarisasi isi kotak P3K, dan verifikasi perangkat pengaman alat merupakan perwujudan dari tanggung jawab etika profesi keinsinyuran. Hal ini memastikan bahwa proyek penanganan bencana di Sibolga tidak hanya mengejar target fungsionalitas struktur, tetapi juga memprioritaskan keselamatan tenaga kerja dan perlindungan lingkungan sekitar.
4. Optimalisasi Peran Insinyur dalam Mitigasi Risiko: Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat melalui uji riksa ini membuktikan bahwa pengawasan teknis yang ketat dan sistematis merupakan instrumen mitigasi risiko yang vital. Keputusan yang diambil berdasarkan data lapangan yang akurat terbukti mampu mencegah potensi kerugian finansial akibat kerusakan alat berat maupun dampak sosial berupa kecelakaan kerja di area publik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: BSN.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2020). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 8 Tahun 2020 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut. Jakarta: Kemenaker RI.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). Pedoman Konstruksi: Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi pada Pekerjaan Pondasi Dalam. Jakarta: PUPR.
- Sany Group. (2022). Sany Rotary Drilling Rig Technical Specification and Safety

- Standard. Changsha: Sany Heavy Industry Co., Ltd.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 8 Tahun 2020 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut," Jakarta, 2020.
- Sany Group, "Manual Operation and Maintenance: Rotary Drilling Rig Technical Specification," Changsha, China, 2022.
- Badan Standarisasi Nasional, "SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik," Jakarta, Indonesia, 2017.