

Analisis Uji Muatan Bijih Nikel (Nickel Ore) Berdasarkan IMSBC Code untuk Mencegah Liquefaction di Kapal Curah MV. RIZABEY

Rangga Surya Adi Setya ^{1*}, Ari Srientini ², Nyoman Ardiana Listriyawati ³

^{1,2,3} Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ranggadisetya@gmail.com

Abstract. Nickel ore is a Group A solid bulk cargo that can undergo liquefaction if the actual moisture content (MC) exceeds the transportable moisture limit (TML). Such conditions can trigger cargo shift, free surface effect, reduction in metacentric height, and loss of ship stability. This study aims to analyze the implementation of nickel ore cargo testing based on the International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code aboard MV. RIZABEY, identify operational constraints, and evaluate the effectiveness of its implementation in preventing liquefaction. The research employs a qualitative descriptive approach through observations during sea practice from 30 October 2023 to 5 May 2024, interviews with the Master, Chief Officer, and surveyor, as well as document examination and documentation of loading activities. The results show that risk control is carried out through verification of cargo declaration, MC certificate, TML and flow moisture point (FMP), visual inspection, sampling, can test on each barge, weather monitoring, suspension of loading during rain, and monitoring of cargo condition in cargo holds. This implementation has provided important preventive layers, but has not been fully ideal because the vessel does not have quantitative testing equipment to verify MC and FMP, there is potential discrepancy between the shipper's documents and the actual cargo condition, weather changes can increase moisture content after testing, and operational pressure may influence loading decisions. The effectiveness of prevention depends on the validity of certificates, sample representativeness, the Master's firmness, and continuous monitoring. The study recommends independent laboratory verification, documented cargo refusal procedures, and strengthening coordination between the vessel, shipper, surveyor, and terminal.

Keywords: nickel ore, IMSBC Code, liquefaction, can test, maritime safety.

Abstrak. Bijih nikel merupakan muatan curah padat Grup A yang dapat mengalami *liquefaction* apabila kadar air aktual (*moisture content*/MC) melampaui *transportable moisture limit* (TML). Kondisi tersebut dapat memicu *cargo shift*, *free surface effect*, penurunan tinggi metasentris, dan hilangnya stabilitas kapal. Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi uji muatan bijih nikel berdasarkan International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code di MV. RIZABEY, mengidentifikasi kendala operasional, serta mengevaluasi efektivitas implementasinya dalam mencegah *liquefaction*. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi selama praktik laut pada 30 Oktober 2023–5 Mei 2024, wawancara dengan nakhoda, Chief Officer, dan *surveyor*, serta pemeriksaan dokumen dan dokumentasi kegiatan pemuatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian risiko dilaksanakan melalui verifikasi *cargo declaration*, sertifikat MC, TML dan *flow moisture point* (FMP), pemeriksaan visual, pengambilan sampel, *can test* pada setiap *barge*, pemantauan cuaca, penghentian pemuatan saat hujan, serta pengawasan kondisi muatan di *cargo hold*. Implementasi tersebut telah memberikan lapisan pencegahan yang penting, tetapi belum sepenuhnya ideal karena kapal tidak memiliki alat uji kuantitatif untuk memverifikasi MC dan FMP, terdapat potensi perbedaan antara dokumen *shipper* dengan kondisi aktual muatan, perubahan cuaca dapat menaikkan kadar air setelah pengujian, dan tekanan operasional dapat memengaruhi keputusan pemuatan. Efektivitas pencegahan bergantung pada validitas sertifikat, keterwakilan sampel, ketegasan nakhoda, serta pengawasan berkelanjutan. Penelitian merekomendasikan verifikasi laboratorium independen, prosedur penolakan muatan yang terdokumentasi, dan penguatan koordinasi antara kapal, *shipper*, *surveyor*, serta terminal.

Kata Kunci: bijih nikel, IMSBC Code, liquefaction, can test, keselamatan pelayaran.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia memiliki cadangan nikel yang bernilai strategis bagi industri baja tahan karat, baterai, dan berbagai produk berbasis teknologi tinggi. Peningkatan kebutuhan

nikel dunia, khususnya untuk rantai pasok baterai kendaraan listrik, memperkuat posisi komoditas ini dalam perdagangan internasional (Roskill, 2020; IEA, 2021). Sebaran endapan nikel di kawasan Sulawesi dan Maluku juga menjadikan transportasi laut sebagai sarana utama untuk memindahkan muatan dari wilayah tambang menuju pasar internasional (Umar et al., 2014).

Pengangkutan bijih nikel tidak hanya berkaitan dengan efisiensi logistik, tetapi juga memiliki konsekuensi keselamatan yang serius. Bijih nikel umumnya terdiri atas partikel halus dengan kemampuan menyimpan air pada ruang antartikel. Secara visual, muatan dapat terlihat padat atau relatif kering, tetapi getaran mesin, rolling, dan hempasan gelombang selama pelayaran dapat meningkatkan tekanan air pori. Ketika tekanan tersebut mengurangi *shear strength*, muatan dapat berperilaku seperti fluida dan mengalami *liquefaction* (Hidayattullah, 2022; Putri, 2024).

Perubahan perilaku muatan dari padat menjadi menyerupai cairan menimbulkan *cargo shift* dan *free surface effect* di dalam palka. Massa yang bergeser ke satu sisi memindahkan titik berat kapal secara horizontal, menambah heeling moment, dan menurunkan kemampuan kapal untuk kembali tegak. Jika nilai tinggi metasentris menurun secara signifikan, sudut *list* dapat berkembang menjadi kondisi kritis yang berpotensi menyebabkan *capsizing*. Karena dampaknya dapat terjadi secara cepat, pencegahan harus dilakukan sebelum muatan diterima di atas kapal, bukan hanya ketika kapal telah meninggalkan pelabuhan.

IMSBC Code mengelompokkan muatan curah padat berdasarkan karakteristik bahayanya. Bijih nikel ditempatkan dalam Grup A karena dapat mencair apabila diangkut dengan kadar air melebihi TML. Untuk muatan tersebut, *shipper* wajib memberikan informasi kargo yang memadai, termasuk Bulk Cargo Shipping Name, klasifikasi grup, jumlah muatan, stowage factor, MC, TML, serta hasil pengujian laboratorium. TML ditetapkan sebagai batas operasional yang lebih rendah daripada FMP agar tersedia margin keselamatan terhadap variasi kadar air dalam tumpukan muatan. Dengan demikian, muatan hanya dapat diterima apabila MC berada di bawah TML dan data yang digunakan benar-benar mewakili kondisi aktual (Supriyono, 2014; International Maritime Organization, 2022).

Kepatuhan administratif belum selalu menjamin bahwa kondisi aktual muatan aman. Sertifikat dapat diterbitkan berdasarkan sampel yang tidak mewakili seluruh *stockpile*, sedangkan hujan setelah pengambilan sampel dapat mengubah kadar air sebelum muatan dimuat. Studi terdahulu menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara data darat dan kondisi lapangan, keterbatasan pemahaman personel, serta tekanan untuk mempertahankan *loading rate* merupakan faktor yang dapat melemahkan pengendalian risiko (Hidayat & Kurniawan, 2022; Siregar, 2021). Oleh sebab itu, pihak kapal tetap perlu melakukan verifikasi mandiri melalui pemeriksaan visual, pengawasan cuaca, dan *can test*.

Can test merupakan pengujian praktis yang dilakukan dengan memasukkan sampel muatan ke dalam kaleng hingga sekitar setengah penuh, kemudian menghentakkannya pada permukaan keras sebanyak 25 kali dari ketinggian kurang lebih 20 cm dengan interval satu detik. Munculnya air bebas, permukaan mengilap, atau perubahan sampel menjadi rata dan plastis menunjukkan adanya risiko kadar air berlebih. Meskipun tidak menggantikan pengujian laboratorium, metode ini membantu perwira kapal mengidentifikasi indikasi awal ketidakamanan muatan dan menjadi dasar untuk meminta pengujian tambahan atau menolak muatan (Supriyono, 2014).

Penelitian dilaksanakan di MV. RIZABEY, kapal *general cargo* yang dioperasikan United Marine Muهندislik San. ve Tic. Ltd. Sti. Pengamatan difokuskan pada kegiatan pemuatan bijih nikel di Pulau Obi, Halmahera, dengan tujuan pembongkaran di Dalian, Tiongkok. Kegiatan ini menyediakan konteks empiris untuk menilai apakah prosedur uji muatan telah sesuai dengan IMSBC Code, kendala apa yang dihadapi perwira kapal, dan sejauh mana sistem pengendalian tersebut mampu mengurangi risiko *liquefaction*.

Tujuan penelitian adalah menganalisis tahapan implementasi uji muatan bijih nikel berdasarkan IMSBC Code di MV. RIZABEY, mengidentifikasi kendala teknis dan nonteknis selama pemuatan, serta mengevaluasi efektivitas langkah pencegahan yang diterapkan. Hasil penelitian diharapkan menjadi masukan bagi perwira kapal, perusahaan pelayaran, *shipper*, *surveyor*, dan otoritas pelabuhan dalam memperkuat integritas pengujian kargo serta pengambilan keputusan keselamatan.

2. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk memperoleh pemahaman kontekstual mengenai penerapan uji muatan bijih nikel dan kesenjangan antara ketentuan IMSBC Code dengan praktik operasional. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian tidak terbatas pada nilai MC dan TML, tetapi juga mencakup proses pengambilan keputusan, koordinasi antar pihak, respons terhadap perubahan cuaca, serta penerapan kewenangan nakhoda dalam menolak muatan yang dinilai berbahaya.

Pengumpulan data dilakukan selama pelaksanaan praktik laut di MV. RIZABEY pada 30 Oktober 2023 sampai 5 Mei 2024. Data primer diperoleh melalui observasi partisipatif terhadap pemeriksaan dokumen, pengambilan sampel, *can test*, pengawasan pemuatan, penutupan palka, serta komunikasi antara pihak kapal dan pihak darat. Wawancara dilakukan kepada nakhoda, Chief Officer, dan *surveyor* karena ketiganya memiliki tanggung jawab langsung dalam penerimaan, pengawasan, dan validasi kelayakan muatan. Data sekunder berupa foto kegiatan, catatan operasional, informasi kapal, serta dokumen muatan yang relevan.

Analisis data dilakukan secara bertahap melalui reduksi data, pengelompokan temuan berdasarkan tiga fokus penelitian, penyajian hubungan antartemuan, dan penarikan simpulan. Fokus pertama adalah kesesuaian tahapan uji muatan dengan IMSBC Code; fokus kedua adalah kendala pelaksanaan; dan fokus ketiga adalah efektivitas sistem pencegahan. Keabsahan temuan diperkuat melalui triangulasi antara hasil observasi, keterangan informan, dan dokumen operasional.

Penilaian efektivitas tidak hanya didasarkan pada tersedianya sertifikat muatan. Efektivitas dianalisis dari konsistensi verifikasi MC dan TML, keterwakilan sampel, pelaksanaan *can test* pada setiap *barge*, respons terhadap hujan, ketegasan penolakan muatan, serta pengawasan kondisi muatan di dalam palka. Pendekatan tersebut diperlukan karena sebuah dokumen dapat memenuhi persyaratan administratif, tetapi belum tentu menggambarkan kondisi seluruh kargo pada saat *loading*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Uji Muatan Bijih Nikel Berdasarkan IMSBC Code

Hasil observasi menunjukkan bahwa implementasi uji muatan di MV. RIZABEY dimulai dari verifikasi dokumen pra-pemuatan. Perwira kapal memeriksa *cargo declaration*, identitas muatan, klasifikasi Grup A, sertifikat MC, nilai TML, dan informasi FMP sebelum memberikan persetujuan pemuatan. Pemeriksaan ini penting karena hubungan MC dan TML merupakan indikator utama kelayakan angkut: MC harus berada di bawah TML dan sertifikat harus diterbitkan berdasarkan sampel yang masih relevan terhadap kondisi *stockpile*.

Tahap berikutnya adalah pemeriksaan fisik muatan dari setiap *barge*. Perwira jaga dan *surveyor* mengamati warna, kekompakan, keberadaan air bebas, kondisi berlumpur, serta kemungkinan terbentuknya permukaan mengilap pada sampel. Sampel dari beberapa titik kemudian digunakan untuk *can test*. Pengujian tidak diperlakukan sebagai pengganti laboratorium, melainkan sebagai kontrol verifikasi cepat untuk mendeteksi indikasi kadar air berlebih yang mungkin tidak tercermin dalam dokumen *shipper*.

Pengawasan berlanjut sepanjang pemuatan. *Watch officer* memonitor kondisi cuaca, karakteristik muatan yang masuk ke *cargo hold*, dan kedisiplinan pelaksanaan trimming. Ketika terdapat tanda hujan atau muatan terlihat lebih basah daripada sampel sebelumnya, pemuatan dihentikan dan palka ditutup. Prinsip ini sesuai dengan tujuan IMSBC Code, yaitu menjaga agar kondisi kargo pada saat diterima kapal tidak berubah menjadi lebih buruk setelah proses pengujian.

Wawancara dengan nakhoda menegaskan bahwa keselamatan muatan ditempatkan di atas kepentingan kecepatan operasional. Nakhoda menggunakan *master's overriding authority* untuk meminta pengujian ulang atau menolak muatan apabila terdapat keraguan terhadap data dan kondisi visual. Chief Officer berperan mengoordinasikan pengambilan sampel, pembagian tugas jaga, dan pencatatan setiap penghentian pemuatan. *Surveyor* berfungsi sebagai pihak verifikasi independen, terutama ketika terdapat perbedaan penilaian antara pihak kapal dan *shipper*.

Secara prosedural, tahapan tersebut menunjukkan bahwa unsur utama IMSBC Code telah diterapkan. Namun, kualitas implementasi belum sepenuhnya seragam karena

keputusan masih sangat bergantung pada pengalaman perwira, hasil *can test*, dan integritas dokumen pihak darat. Kondisi ini menegaskan bahwa kepatuhan formal harus diikuti kemampuan interpretasi teknis dan keberanian mengambil keputusan konservatif ketika terdapat ketidakpastian.

Faktor Kendala dalam Pelaksanaan Uji Muatan Bijih Nikel

Kendala pertama adalah keterbatasan instrumen uji kuantitatif di atas kapal. MV. RIZABEY tidak memiliki fasilitas laboratorium untuk mengukur MC atau menentukan FMP secara mandiri, sehingga kru harus bergantung pada sertifikat laboratorium dari darat. *Can test* memberikan indikasi kualitatif, tetapi hasilnya dipengaruhi jenis partikel, teknik pengambilan sampel, intensitas hentakan, dan interpretasi pemeriksa. Oleh karena itu, *can test* tidak dapat digunakan untuk menyatakan nilai kadar air secara numerik.

Kendala kedua adalah kemungkinan disparitas antara sertifikat dan kondisi aktual muatan. Sampel laboratorium dapat berasal dari bagian *stockpile* yang lebih kering, sementara bagian lain memiliki distribusi kelembapan yang berbeda. Selain itu, jeda waktu antara pengambilan sampel, penerbitan sertifikat, dan *loading* membuka peluang perubahan kondisi. Ketika hujan terjadi setelah pengujian, data MC yang tercantum pada dokumen dapat kehilangan representativitasnya.

Kendala ketiga adalah cuaca yang tidak menentu di area pemuatan terbuka. Hujan dapat meningkatkan kadar air lapisan atas tumpukan dan membuat muatan dari *barge* berikutnya berbeda dari muatan yang telah diperiksa sebelumnya. Penutupan palka dan penghentian pemuatan memang mengurangi penambahan air di kapal, tetapi tindakan tersebut tidak otomatis mengendalikan kondisi *stockpile* atau muatan yang telah berada di tongkang.

Kendala keempat adalah tekanan komersial dan keterbatasan waktu sandar. Target *loading rate*, jadwal kapal, dan potensi biaya keterlambatan dapat mendorong pihak darat untuk mempertahankan kegiatan meskipun pihak kapal meminta pemeriksaan tambahan. Dalam keadaan tersebut, perbedaan kepentingan dapat memunculkan perdebatan tentang apakah muatan harus diterima, diuji ulang, atau ditolak. Risiko meningkat apabila keputusan keselamatan diperlakukan sebagai hambatan produktivitas.

Kendala kelima berkaitan dengan koordinasi dan integritas informasi. Proses pengendalian membutuhkan komunikasi yang terbuka antara nakhoda, Chief Officer, *surveyor*, *foreman*, dan *shipper*. Apabila kargo yang telah ditolak dicampurkan kembali ke antrean muat, riwayat paparan hujan tidak disampaikan, atau lokasi sampel tidak didokumentasikan, maka jejak kendali menjadi lemah. Temuan ini sejalan dengan Hidayat dan Kurniawan (2022) serta Siregar (2021), yang menempatkan kualitas koordinasi dan validitas data sebagai elemen penting dalam mitigasi risiko *liquefaction*.

Efektivitas Implementasi dalam Mencegah Liquefaction

Implementasi uji muatan di MV. RIZABEY dapat dinilai memberikan manfaat preventif karena prosedur menggabungkan kontrol administratif, pemeriksaan fisik, *can test*, pengawasan cuaca, dan kewenangan penolakan muatan. Kombinasi tersebut membentuk beberapa lapisan pertahanan. Apabila satu lapisan, seperti sertifikat *shipper*, tidak sepenuhnya akurat, pemeriksaan visual dan *can test* masih dapat memunculkan tanda peringatan yang mendorong penghentian *loading*.

Meskipun demikian, efektivitasnya belum dapat dikategorikan absolut. Sistem masih bersifat reaktif terhadap indikasi yang terlihat dan belum didukung kemampuan kapal untuk mengukur MC dan FMP secara kuantitatif. Sampel yang lolos *can test* juga tidak membuktikan bahwa seluruh tumpukan aman. Dengan demikian, hasil pengujian manual harus dibaca sebagai instrumen penyaringan awal, bukan jaminan bahwa risiko *liquefaction* telah hilang.

Efektivitas paling kuat ditemukan pada aspek kepemimpinan dan disiplin operasional. Ketegasan nakhoda dalam menghentikan pemuatan, kewaspadaan Chief Officer terhadap perubahan karakteristik kargo, serta konsistensi *watch officer* dalam memantau hujan merupakan faktor yang secara langsung membatasi masuknya muatan berisiko. Aspek ini penting karena IMSBC Code memberikan dasar regulasi, tetapi keselamatan aktual ditentukan oleh penerapan keputusan di lapangan.

Dari perspektif stabilitas, pencegahan MC melampaui TML merupakan kontrol paling mendasar untuk menghindari peningkatan tekanan air pori dan hilangnya *shear strength*. Jika *liquefaction* terjadi, muatan dapat membentuk *free surface effect*, memindahkan titik berat, mengurangi tinggi metasentris, dan memperbesar heeling

moment. Oleh karena itu, setiap keraguan terhadap validitas kadar air seharusnya diperlakukan sebagai risiko keselamatan, bukan sekadar persoalan administratif (Putri, 2024).

Peningkatan efektivitas memerlukan tiga penguatan. Pertama, sertifikat MC, TML, dan FMP harus diverifikasi oleh laboratorium independen dengan metode sampling yang transparan dan mewakili seluruh *stockpile*. Kedua, setiap *barge* perlu menjalani pemeriksaan visual dan *can test* ulang, khususnya setelah hujan atau perubahan sumber muatan. Ketiga, keputusan penghentian dan penolakan muatan harus dicatat dalam log book atau statement of facts agar dapat ditelusuri serta melindungi kewenangan keselamatan pihak kapal.

Secara keseluruhan, implementasi di MV. RIZABEY telah membentuk mekanisme mitigasi yang relevan dengan IMSBC Code, tetapi efektivitas akhirnya bersifat kondisional. Sistem akan efektif apabila data dari darat valid, sampel representatif, cuaca diawasi, dan nakhoda mempertahankan keputusan keselamatan. Sebaliknya, keterbatasan alat, ketidakakuratan dokumen, dan tekanan komersial dapat melemahkan seluruh lapisan pencegahan meskipun prosedur tertulis telah tersedia.

4. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa uji muatan bijih nikel di MV. RIZABEY telah mengadopsi unsur utama IMSBC Code melalui verifikasi *cargo declaration*, sertifikat MC, TML dan FMP, pemeriksaan visual, pengambilan sampel, *can test* pada setiap *barge*, pemantauan cuaca, penghentian *loading* saat hujan, serta pengawasan muatan di *cargo hold*. Kendala pelaksanaan meliputi ketiadaan alat ukur kuantitatif di atas kapal, potensi perbedaan antara dokumen *shipper* dan kondisi aktual, perubahan kadar air akibat hujan, tekanan *loading rate*, serta koordinasi yang belum selalu transparan. Oleh karena itu, implementasi dapat dinilai cukup efektif sebagai sistem mitigasi awal, tetapi belum sepenuhnya menjamin pencegahan *liquefaction*. Keandalan sistem sangat bergantung pada validitas pengujian laboratorium, keterwakilan sampel, integritas informasi, kedisiplinan pengawasan, dan ketegasan nakhoda dalam menggunakan *master's overriding authority*. Perusahaan dan pihak pelabuhan perlu memperkuat verifikasi independen, menerapkan pengujian ulang setelah perubahan cuaca, mendokumentasikan

penolakan muatan, serta memastikan bahwa kepentingan komersial tidak mengurangi standar keselamatan pengangkutan muatan Grup A.

DAFTAR REFERENSI

- Haviez Fierdaus. (2024). Keselamatan pelayaran: Likuefaksi muatan bijih nikel. PIP Semarang.
- Hidayat, S., & Kurniawan, R. (2022). Analisis manajemen risiko dalam penanganan kargo bijih nikel di pelabuhan muat terhadap stabilitas kapal.
- Hidayattullah. (2022). Analisis uji muatan bijih nikel di MV. Lumoso Aman.
- Hidayattullah, M. (2023). Strategi implementasi keselamatan kerja di atas kapal.
- International Energy Agency. (2021). Global EV outlook 2021.
- International Maritime Organization. (2022). International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code. London: IMO.
- Kusnandar, V. B. (2022). Proteksionisme nikel Indonesia dalam perdagangan dunia. Cendekia Niaga Journal of Trade Development and Studies.
- Putri, F. D. (2024). Analisis efek likuefaksi bijih nikel pada stabilitas dan olah gerak kapal MV. Nur Allya. E-Journal UPNVJ.
- Roskill. (2020). Laporan mengenai penggunaan nikel dunia untuk baterai.
- Siregar, A. (2021). Implementasi IMSBC Code dalam penanganan muatan bijih nikel guna meminimalisir risiko kecelakaan kerja di MV. Marine Success. Jakarta: Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
- Supriyono, H. (2014). Penanganan muatan curah padat yang mudah mencair (nickel ore) berdasarkan ketentuan IMSBC Code.
- Umar, E. P., Tonggiroh, A., & Irfan, U. R. (2014). Manifestasi panas bumi daerah Barasanga Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurusan Geologi, Universitas Hasanuddin.