

Potensi ekonomi sirkular dalam pengembangan kluster industri daur ulang kapal di Indonesia

Sunaryo^{a,b,1}, Aufa Rahma Asyifa^b, Wanginingastuti Mutmainnah^c, Hariyanto^d

^aUniversitas Indonesia, Depok, 16424

^bProgram Studi Teknik Perkapalan, Universitas Indonesia, Depok, 16424

^cBiro Klasifikasi Indonesia, Jakarta, 14320

^dBadan Riset dan Inovasi Nasional, Serpong 15314

¹naryo@eng.ui.ac.id

Abstract. The objective of the research is to investigate the potential of circular economics in the development of a national ship recycling industry cluster. In conjunction with the entry into force on 26 June 2025 of the Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships, which establishes mandatory regulations governing ship recycling, modern ship recycling facilities are also growing in Indonesia. This growth is mainly due to the constant increase in the uneconomical and outdated national shipping fleet. which need to be renewed and sent to ship recycling facilities due to the impact of the Cabotage Principle and the high demand for raw materials from the national iron and steel industry. In modern ship recycling activities, which comply with the regulation of Hong Kong Convention, the “3R” (Recycle; Reuse, and Reduce) processes are realized, i.e. the scrapped metal materials will be used as raw materials by the steel industry; ship structure and components which are still in good condition can be reused by ship repair yards, and other usages; the hazardous wastes are properly handled and treated, which will protect the environment from pollutions, and indirectly will reduce deforestation due to the ore mining. The potential of circular economics could be realized by the networking of the ship recycling activities, which include: ship recycling yards, shipping companies, steel industry, ship repair yards, waste treatment facility, and related institutions, that can be integrated into a ship recycling industry cluster.

Keywords: ship recycling, circular economics, industry cluster, Hong Kong Convention.

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/hm116f81>

PENDAHULUAN

Fasilitas daur ulang kapal memegang peran strategis dalam mendukung pengelolaan akhir siklus hidup kapal. Berdasarkan Instruksi Presiden Nomor 5 tahun 2005 tentang Pemberdayaan Industri Pelayaran Nasional [1], Pemerintah Indonesia menerapkan azas cabotage dan memberikan insentif kepada perusahaan pelayaran nasional untuk mengimpor kapal baru maupun bekas dari luar negeri, sehingga jumlah armada pelayaran nasional sesuai dengan data yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan Republik Indonesia meningkat terus dari tahun ke tahun, dari 6.041 unit pada tahun 2005 menjadi 44.856 unit pada tahun 2023 [2]. Penambahan jumlah armada ini terutama didominasi oleh pengadaan kapal impor bekas yang sebagian besar merupakan kapal berusia tua, yakni sekitar 40% berumur 20 tahun ke bawah, 40% berumur antara 20 sampai 30 tahun, dan sisanya sekitar 20% berumur di atas 30 tahun [3]. Armada kapal berusia lanjut harus diremajakan karena secara ekonomi sudah tidak layak lagi untuk dioperasikan, dan dikirim ke fasilitas daur ulang kapal.

Daur ulang kapal menjadi solusi strategis untuk mengelola kapal tua karena memungkinkan material bekas kapal bernilai ekonomi seperti baja, tembaga, dan komponen kapal lainnya dapat dimanfaatkan kembali. Proses ini tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga mendukung terjadinya ekonomi sirkular, di mana siklus hidup material diperpanjang melalui daur

ulang, pemanfaatan kembali, dan pengurangan ketergantungan pada bahan baku baru dari hasil tambang.

Sejalan dengan pertumbuhan pembangunan infrastruktur nasional dan potensi permintaan kapal yang terus meningkat [4], maka sesuai data dari Asosiasi Industri Besi dan Baja Indonesia (IISIA) industri besi baja nasional juga membutuhkan bahan baku berupa baja scrap yang diperkirakan meningkat sekitar 5 sampai 7 juta ton setiap tahunnya [5]. Sesungguhnya scrap baja hanyalah sebagian kecil saja dari hasil proses daur ulang kapal, yakni hanya dari bagian konstruksi kapal yang kondisinya sudah tidak dapat digunakan lagi, sedangkan konstruksi, komponen, dan perlengkapan kapal lainnya yang masih dalam keadaan baik dapat digunakan kembali pada kapal yang sedang direparasi, atau untuk keperluan lainnya. Di samping itu jika dilakukan secara benar, maka limbah yang didapat dari kapal yang didaur ulang dapat dikurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan dengan mengirimkannya ke tempat pengolahan limbah yang tersertifikasi, sehingga konsep “3R” (*Recycle; Reuse, dan Reduce*) dapat terpenuhi. Dengan diwujudkan konsep 3R, secara tidak langsung terjadi pula pengurangan kerusakan lingkungan akibat aktivitas pertambangan bijih logam.

Aktivitas daur ulang Kapal tidak hanya melibatkan fasilitas penutuhan kapal saja, melainkan banyak industri dan institusi yang saling terkait seperti: industri pelayaran, industri besi baja, galangan reparasi

kapal, fasilitas pengolahan limbah, pedagang komponen dan perlengkapan kapal bekas, badan klasifikasi, negara bendera, dan institusi pemerintah, sehingga untuk menumbuhkan keberlanjutan industri daur ulang kapal maka jejaring berbagai industri dan institusi ini sangat mungkin untuk diintegrasikan menjadi klaster industri daur ulang kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi ekonomi sirkular pada pengintegrasian klaster industri daur ulang kapal di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Daur ulang kapal

Dengan diberlakukannya the Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships (Hong Kong Convention) oleh International Maritime Organization (IMO) mulai 26 Juni 2025 [6], maka pemerintah Indonesia sebagai anggota IMO mempersiapkan diri untuk meratifikasi konvensi ini, dan mendorong industri daur ulang kapal di Indonesia untuk memenuhi peraturan ini, termasuk membuat beberapa peraturan terkait kegiatan daur ulang kapal, dan mensertifikasi fasilitas daur ulang kapal modern.

Peraturan nasional terkait aktivitas daur ulang kapal antara lain Adalah:

- Undang undang No. 66 Tahun 2024: Perubahan Ketiga atas UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran [7]

Undang undang ini merupakan ketentuan umum yang meliputi segala aspek pelayaran nasional meliputi angkutan perairan, kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan laut, dan perlindungan lingkungan laut. Aturan yang berkaitan dengan penutuhan kapal dimuat dalam pasal 123, 241, 242, dan 329.

- Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun [8]

Peraturan ini mencakup pengertian dan kategorisasi limbah bahan berbahaya dan beracun; persyaratan pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, pembuangan, dan pengangkutan lintas batas limbah bahan berbahaya dan beracun; pengecualian limbah bahan berbahaya dan beracun; menanggulangi dan memulihkan pencemaran lingkungan; sistem kedaruratan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun; dan sanksi administratif.

- Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja [9]

Tujuan peraturan ini adalah untuk meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur, dan terintegrasi; mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh; serta menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman, dan efisien untuk mendorong produktivitas. Walaupun peraturan ini tidak secara spesifik menyebutkan kegiatan daur ulang kapal, tetapi karena sifat industri ini masuk dalam kategori yang mempunyai tingkat potensi bahaya tinggi, maka disarankan agar fasilitas daur ulang kapal menerapkan persyaratan peraturan ini pada aktivitasnya.

- Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim [10]

Dalam peraturan ini yang dimaksud dengan perlindungan lingkungan laut adalah setiap upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran yang masuk ke lingkungan laut dari kegiatan yang berkaitan dengan pelayaran seperti pembuangan limbah ke perairan dan pembuangan dari kapal atau bangunan kapal, kecuali pembuangan yang berasal dari pengoperasian kapal secara normal. Peraturan ini tidak secara spesifik menyebutkan kegiatan daur ulang kapal atau penutuhan kapal, namun karena kegiatan daur ulang kapal memiliki potensi mencemari lingkungan laut, maka persyaratan dari peraturan ini perlu untuk dipenuhi oleh fasilitas daur ulang kapal.

- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 24 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 29 Tahun 2014 Tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim [11]

Permenhub ini memberikan perincian yang lebih detail dari prosedur pelaksanaan aktivitas daur ulang kapal di Indonesia dengan berpijak pada ketentuan dalam *Hong Kong Convention*. Peraturan ini diturunkan dari UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, dan Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2010. Peraturan ini mencakup semua persyaratan yang berkaitan dengan perlindungan lingkungan maritim, termasuk yang diatur dalam peraturan internasional. Kapal dengan tonase kotor sekurang-kurangnya 500 GT yang berlayar di perairan internasional, peraturan mensyaratkan daur ulang kapal untuk memenuhi standar internasional, dan kapal dengan tonase kotor sekurang-kurangnya 100 GT yang berlayar di perairan Indonesia, fasilitas daur ulang kapal harus memenuhi persyaratan peraturan nasional.

Sedangkan peraturan internasional antara lain:

- *The International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships 2009 (Hong Kong Convention) [12]*

Hong Kong Convention merupakan regulasi legal yang dikeluarkan oleh IMO untuk mengatur berbagai aspek terkait kegiatan daur ulang kapal. Konvensi ini memberikan beberapa pedoman untuk memenuhi persyaratan, antara lain: pengendalian material berbahaya di atas kapal, inventarisasi bahan berbahaya, persyaratan fasilitas daur ulang kapal, survey dan sertifikasi, kewajiban notifikasi dan pelaporan, inspeksi oleh Pengendali Pelabuhan Bendera.

- *The Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal 1989 (Basel Convention)[13]*

Tujuan utama dari *Basel Convention* adalah untuk mengendalikan pergerakan limbah berbahaya dari negara maju ke negara berkembang. Aspek hukum dari konvensi ini menganggap kapal di akhir masa pakainya sebagai limbah berbahaya karena komponen beracunnya seperti asbestos, timbal, dan merkuri. Sehubungan dengan masalah daur ulang kapal, pada tahun 2003, *Basel Convention* menerbitkan pedoman rekomendasi mengenai penerapan praktik yang disarankan dan tentang pemantauan dan verifikasi kinerja, mencakup semua elemen proses termasuk rencana pengelolaan lingkungan, kapal yang akan ditutuh, dan fasilitas daur ulang kapal.

- *International Labour Organization Safety and Health in Ship-breaking: Guidelines for Asian Countries and Turkey [14]*

Tujuan panduan ini adalah untuk membantu penutuh kapal dan otoritas untuk menerapkan standar dan kode praktik ILO yang relevan terkait dengan kondisi kesehatan dan keselamatan kerja dalam kegiatan penutuhan kapal. Pedoman ini terdiri dari dua elemen: Kerangka kerja nasional dan kerangka kerja untuk aktivitas penutuhan kapal yang aman.

- *European Union Ship-recycling Regulation (EU SRR) 2013 [15]*

Tujuan peraturan ini adalah untuk mengurangi dampak negatif dari kegiatan daur ulang kapal, terutama dari kapal yang berbendera negara Uni Eropa, karena peraturan tersebut hanya diterapkan untuk kapal komersial di atas 500 GT yang berbendera anggota EU, dan kapal lain yang singgah di pelabuhan EU. Peraturan tersebut mengedepankan persyaratan *Hong Kong Convention* dan beberapa standar yang lebih

tinggi, seperti pelarangan metode pengandasan, dan manajemen limbah beracun serta masalah hak-hak pekerja.

Ekonomi sirkular

Menurut Okumus dan Cantika [16], [17] ekonomi sirkular adalah sebuah konsep ekonomi yang bertujuan untuk mengurangi limbah, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, dan memperpanjang siklus hidup material melalui prinsip-prinsip seperti daur ulang, pemanfaatan kembali, dan pengurangan (3R). Pendekatan ini berusaha menggantikan model ekonomi linear tradisional yang bersifat "ambil, buat, buang" dengan sistem regeneratif yang menciptakan nilai ekonomi dan lingkungan yang lebih berkelanjutan.

Dalam konteks industri daur ulang kapal, menurut Vivek dan Hiremath [18] ekonomi sirkular memberikan pendekatan yang relevan untuk memanfaatkan material dari kapal-kapal bekas yang masih bernilai ekonomi, seperti baja, tembaga, dan komponen lainnya yang dapat didaur ulang untuk digunakan kembali dalam sektor konstruksi dan manufaktur, sehingga mengurangi kebutuhan untuk bahan baku baru serta menurunkan jejak karbon dari proses produksi material primer. Konsep ini menurut Sunaryo [19] juga sejalan dengan tujuan pengelolaan limbah yang lebih bertanggung jawab, termasuk pemrosesan bahan berbahaya seperti minyak, cat, dan asbestos dari kapal yang ditutuh untuk mencegah pencemaran lingkungan, juga berpotensi memberikan manfaat sosial dan ekonomi yang signifikan, seperti yang dilakukan oleh negara – negara pusat daur ulang kapal dunia.

Ekonomi sirkular juga sejalan dengan upaya global untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goals* atau SDGs) [20], khususnya pada aspek pengelolaan limbah berbahaya dan konservasi sumber daya alam, yakni SDG 12 dan 14.

Klaster industri

Michael Porter [21] menjelaskan klaster industri sebagai konsentrasi geografis dari perusahaan, penyedia layanan, pemasok, institusi pendukung, dan lembaga terkait lainnya yang saling berinteraksi untuk menciptakan nilai tambah dalam sektor tertentu. Klaster industri akan meningkatkan produktivitas, mendorong inovasi, dan menciptakan efisiensi melalui kolaborasi antar pelaku dalam rantai nilai.

Klaster industri memberikan manfaat signifikan, seperti kemudahan akses terhadap sumber daya, infrastruktur pendukung, serta penciptaan sinergi antara berbagai pemangku kepentingan. Di sektor maritim, khususnya industri daur ulang kapal, klaster industri dapat mendukung efisiensi operasional rantai pasok, pengelolaan sumber daya, dan keberlanjutan

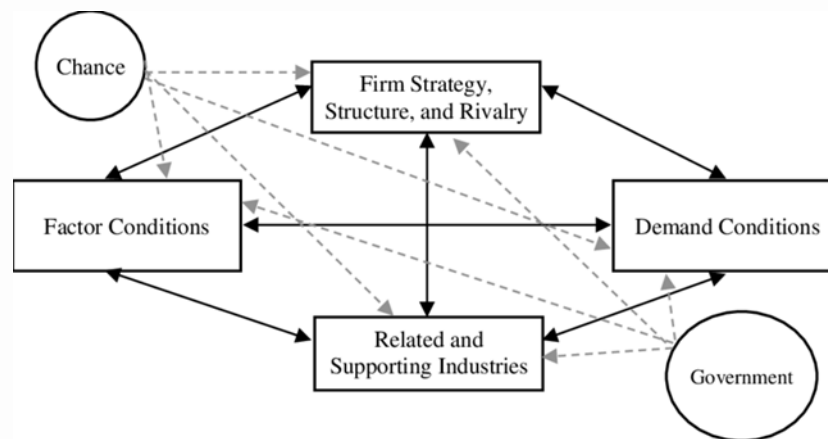
lingkungan, seperti yang dinyatakan oleh Viederyte [22].

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengintegrasikan analisis kesenjangan (*Gap analysis*) untuk mengidentifikasi perbedaan antara kondisi yang ada dengan kondisi ideal dalam penerapan ekonomi sirkular dan pengembangan klaster industri. Analisis kesenjangan ini digunakan untuk mengevaluasi kebijakan yang ada, keberadaan infrastruktur yang mendukung, serta kesiapannya dalam menghadapi tantangan dan peluang yang ada dalam industri daur ulang kapal. Analisis ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti ketersediaan teknologi, sumber daya manusia, dan kerja sama antara sektor publik dan

swasta dalam membangun klaster industri yang berbasis ekonomi sirkular.

Untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh, penelitian ini juga menggunakan pendekatan model berlian Porter (*Porter's Diamond Model*) yang mengidentifikasi empat faktor utama yang memengaruhi daya saing suatu klaster industri, yakni faktor kondisi; kondisi permintaan; strategi, struktur, dan persaingan perusahaan, serta peran industri terkait dan lembaga pendukung, seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Pendekatan ini akan diterapkan untuk menganalisis lima wilayah yang menjadi fokus penelitian (Cilegon, Batam, Lampung, Madura dan Cilincing), untuk memahami potensi klaster industri daur ulang kapal berbasis ekonomi sirkular di masing-masing wilayah.



Gambar 1. Model berlian porter

Perbandingan potensi antarfasilitas daur ulang kapal dilakukan dengan mengintegrasikan hasil analisis kesenjangan dan model berlian Porter. Tahap ini dilakukan untuk mengevaluasi keunggulan dan kelemahan masing-masing wilayah penelitian berdasarkan indikator-indikator utama, seperti infrastruktur, kebijakan, teknologi, dan kapasitas sumber daya manusia.

Praktik daur ulang kapal di Indonesia masih sangat beragam, bergantung pada lokasi, infrastruktur, dan kesiapan industri pendukungnya. Dalam konteks penelitian ini, lima lokasi utama dianalisis: Cilegon, Batam, Lampung, Madura, dan Cilincing. Masing-masing menunjukkan karakteristik praktik yang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori: penutuhan konvensional dan penutuhan semi-modern/modern.

Mengingat pada proses daur ulang kapal bukan hanya sekrap logam yang dihasilkan tetapi juga didapatkan “produk” lainnya seperti bagian konstruksi, komponen, permesinan, dan perlengkapan kapal yang masih dalam keadaan cukup baik untuk dapat dipergunakan lagi, selain tentunya terdapat juga material limbah yang harus dikelola secara benar,

sehingga konsep “3R” (*Recycle; Reuse, dan Reduce*) dapat diwujudkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fokus utama penelitian ini adalah pada fasilitas daur ulang kapal, baik yang telah memiliki bentuk kelembagaan formal maupun yang masih beroperasi secara informal dan mandiri. Dalam penelitian ini, lima lokasi utama dianalisis: Cilegon, Batam, Lampung, Madura, dan Cilincing. Masing-masing menunjukkan karakteristik spesifik yang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori: daur ulang kapal konvensional dan daur ulang kapal semi-modern/modern. Kegiatan yang berlokasi di Cilincing dan Madura menunjukkan bahwa praktik daur ulang kapal dapat berlangsung tanpa harus terintegrasi dengan galangan atau pelabuhan besar. Meskipun belum terdaftar secara resmi sebagai industri, aktivitas ini tetap menghasilkan aliran material bekas kapal yang berpotensi untuk dikembangkan dalam kerangka ekonomi sirkular. Fasilitas-fasilitas yang berdiri sendiri ini menjadi

penting karena membuka peluang pengembangan klaster industri yang lebih inklusif.

Cilegon dan Batam menunjukkan karakteristik praktik penutuhan yang lebih maju, dan dapat dikategorikan sebagai industri daur ulang kapal semi-modern/modern. Di Cilegon, keberadaan industri baja besar memberikan dukungan kuat terhadap proses daur ulang logam hasil penutuhan kapal. Salah satu fasilitas daur ulang kapal di wilayah ini telah mengantongi sertifikasi daur ulang kapal internasional dan memulai penerapan inventarisasi bahan berbahaya (*Inventory of Hazardous Materials/IHM*). Meskipun belum sepenuhnya memenuhi standar *Hong Kong Convention*, fasilitas di Cilegon memperlihatkan arah menuju praktik *green ship recycling* yang lebih berkelanjutan. Selain itu terdapat juga beberapa unit pengolahan limbah, walaupun belum diperoleh informasi yang rinci jenis limbah apa saja yang dapat diolah. Di Batam terdapat beberapa galangan kapal yang telah mendapatkan sertifikat Fasilitas Penutuhan Kapal yang dikeluarkan oleh Ditjen Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, dan telah melakukan kegiatan daur ulang kapal dengan ukuran yang cukup besar, walaupun belum diperoleh informasi spesifik kelanjutan dari proses daur ulang yang dilakukan oleh galangan-galangan ini.

Lampung, khususnya daerah Kabupaten Tanggamus, tengah dikembangkan menjadi kawasan industri maritim terpadu, termasuk fasilitas daur ulang kapal. Pemerintah daerah aktif mendorong pengembangan klaster industri yang mendukung ekonomi sirkular, termasuk penekanan pada pengelolaan limbah dan peningkatan teknologi pembongkaran kapal. Meski infrastruktur di Lampung belum sepenuhnya dikembangkan secara optimal, perkembangan kawasan industri dan dukungan kebijakan memberikan peluang signifikan untuk pertumbuhan praktik daur ulang kapal yang lebih modern dan ramah lingkungan.

Hasil analisis kesenjangan

Dari hasil analisis kesenjangan (*gap analysis*) menunjukkan kesenjangan antara ketentuan dalam regulasi internasional, regulasi nasional, dan praktik aktual penutuhan kapal di Indonesia, antara lain:

- Metode pengandasan (*beaching*) masih dilakukan pada proses penutuhan kapal konvensional.
- Belum diperoleh informasi yang jelas tentang pengelolaan limbah yang diperoleh dari penutuhan kapal.
- Masih ditemukan proses penutuhan kapal yang dilakukan secara manual dan menggunakan peralatan sederhana.

- Manajemen keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan belum sepenuhnya dijalankan pada sebagian besar fasilitas daur ulang kapal.
- Walaupun sudah ada peraturan nasional tentang penutuhan Kapal, tetapi belum dilengkapi dengan petunjuk teknisnya.

Analisis berdasarkan model berlian Porter

Model Berlian Porter digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi daya saing klaster industri di tiap lokasi. Penilaian dilakukan pada lima aspek: faktor produksi, kondisi permintaan, industri pendukung & terkait, strategi, struktur dan persaingan, dan peran pemerintah.

Hasil analisis Model Berlian Porter menunjukkan bahwa Cilegon memiliki posisi paling unggul, dengan kekuatan infrastruktur dasar, potensi pasar yang besar, serta ekosistem industri pendukung yang relatif mapan. Batam menempati posisi kompetitif menengah, dengan skor moderat pada hampir semua aspek. Kekuatan Batam terlihat pada *Firm Strategy*, *Structure*, dan *Rivalry*, yang menunjukkan adanya struktur usaha yang lebih tertata dibandingkan dengan wilayah lain.

Lampung juga berada di posisi menengah, dengan skor stabil di seluruh aspek. Kelebihan Lampung terletak pada keberadaan pasar domestik dan lokasi geografis strategis.

Madura menonjol pada aspek *Demand Conditions*, yang menandakan tingginya kebutuhan lokal akan jasa penutuhan kapal. Namun, skor yang masih rendah pada aspek *Factor Conditions* dan *Firm Strategy* menunjukkan kegiatan masih dilakukan secara konvensional dengan keterbatasan teknologi dan kapasitas manajerial.

Cilincing menunjukkan skor terendah secara keseluruhan, terutama pada aspek *Firm Strategy*, *Structure*, *Rivalry* dan *Government Role*. Meskipun terdapat potensi dari segi lokasi dan kedekatan dengan industri pendukung di wilayah Jakarta, ekosistem usahanya masih sangat tradisional dan belum terorganisir dengan baik.

Penilaian potensi klaster industri daur ulang kapal

Metode analisis kesenjangan dan model berlian Porter memiliki skala yang bertolak belakang, sehingga perlu dilakukan normalisasi terhadap skor analisis kesenjangan agar dapat dianalisis secara searah dengan model berlian Porter. Proses normalisasi dilakukan dengan membalik skala menggunakan rumus sebagai berikut:

Skor normalisasi gap = 4 - Skor gap asli

(1)

Nilai dari masing-masing aspek dirata-ratakan untuk menghasilkan satu nilai skor yang setara makna dengan model berlian Porter. Kemudian, dilakukan

perhitungan rata-rata gabungan antara kedua metode sebagai dasar klasifikasi potensi lokasi dalam pengembangan klaster industri daur ulang kapal berbasis ekonomi sirkular.

Hasil sintesis dari kedua metode menunjukkan bahwa terdapat variasi yang cukup signifikan dalam potensi pengembangan klaster industri daur ulang kapal berbasis ekonomi sirkular di lima lokasi yang diteliti.

Cilegon menempati peringkat tertinggi dengan skor gabungan sebesar 2,04, menunjukkan kesiapan yang relatif lebih baik dari sisi kondisi aktual dan potensi pengembangan. Disusul oleh Lampung di peringkat kedua sebesar 1.90, yang meskipun masih memerlukan penguatan dari sisi struktur industri dan pengawasan regulasi, menunjukkan arah kebijakan yang mendukung dan potensi integrasi kawasan industri maritim. Madura dan Batam berada di posisi ketiga dan keempat, dengan skor gabungan masing-masing 1.77 dan 1.57, menandakan perlunya perhatian khusus pada peningkatan metode kerja, regulasi, dan integrasi dengan industri pendukung. Cilincing menempati peringkat terakhir 1.27, mencerminkan tantangan besar

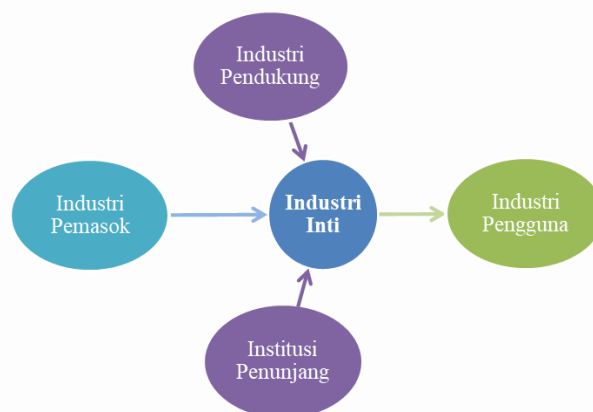
dalam aspek formalitas usaha, regulasi, dan kualitas infrastruktur.

Klaster industri daur ulang kapal di Indonesia dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan tingkat kematangan infrastruktur, keterlibatan industri pendukung, kesiapan tenaga kerja, dan peran pemerintah di tiap lokasi. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kondisi dan potensi masing-masing lokasi penelitian berbeda-beda, sehingga memerlukan pendekatan pengembangan klaster yang disesuaikan.

Untuk menyesuaikan strategi pengembangan klaster berdasarkan tingkat kesiapan dan tantangan yang dihadapi oleh masing-masing lokasi, kelima lokasi penelitian dikelompokkan ke dalam dua kategori utama, yaitu lokasi semi-modern/modern (Cilegon, Batam, dan Lampung) dan lokasi konvensional (Madura dan Cilincing).

Model klaster modern/semi-modern

Model klaster industri daur ulang kapal modern/semi-modern menggambarkan struktur hubungan antara berbagai aktor yang membentuk ekosistem industri secara terintegrasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model klaster industri daur ulang kapal modern/semi-modern

Dalam model ini, industri inti merujuk pada fasilitas penutuhan kapal yang telah mengadopsi pendekatan berbasis teknologi dan tunduk pada regulasi yang ketat. Industri inti tidak berdiri sendiri, melainkan berinteraksi secara sistematis dengan empat komponen utama: industri pemasok, industri pengguna, industri pendukung, dan institusi penunjang.

Industri pemasok berperan sebagai penyedia kapal bekas, peralatan teknis, dan tenaga kerja yang dibutuhkan oleh industri inti. Proses penerimaan kapal disertai kelengkapan dokumen teknis dan administratif.

Industri pengguna mencakup sektor hilir seperti industri peleburan logam, manufaktur, dan konstruksi, yang membutuhkan pasokan bahan daur ulang berkualitas.

Industri pendukung menyediakan layanan tambahan seperti jasa transportasi, pemrosesan limbah, perawatan alat berat, dan dukungan logistik lainnya.

Institusi penunjang mencakup pemerintah, badan klasifikasi, lembaga pelatihan, serta institusi penelitian dan pengembangan. Mereka memiliki peran strategis dalam mengatur, mengawasi, dan mengembangkan kapasitas sumber daya manusia serta mendorong inovasi.

Model klaster ini merepresentasikan suatu pendekatan integratif dalam pengelolaan industri daur ulang kapal, di mana setiap aktor saling mendukung dalam menciptakan sistem yang produktif, aman, dan berkelanjutan.

Model klaster konvensional

Model klaster industri daur ulang kapal konvensional menggambarkan pola hubungan antarpelaku industri

yang terbentuk secara alami berdasarkan kearifan lokal, pengalaman lapangan, serta keterbatasan sarana dan regulasi.

Industri inti tetap menjadi pusat kegiatan pembongkaran kapal, namun operasionalnya bersifat lebih fleksibel dan menyesuaikan dengan kondisi setempat, baik dari segi infrastruktur, teknologi, tenaga kerja, maupun tata kelola lingkungan.

Hasil pembongkaran kapal berupa pelat logam, mesin bekas, dan komponen lainnya langsung didistribusikan ke industri pengguna,

Industri pendukung dan institusi penunjang tetap berperan, namun dalam skema konvensional, hubungan mereka dengan industri inti tidak seerat pada klaster modern. Keterlibatan industri pendukung biasanya hanya bersifat insidental dan tidak terintegrasi dalam sistem produksi. Begitu pula peran institusi penunjang lebih sering bersifat pasif atau hanya hadir saat dibutuhkan, misalnya untuk keperluan izin dasar atau mediasi konflik.

KESIMPULAN

- Daur ulang kapal baik yang konvensional maupun modern/semi-modern berpotensi memenuhi konsep ekonomi sirkular, karena dimungkinkan terwujudnya konsep “3R” (*Recycle; Reuse, dan Reduce*). Sekrap logam dapat didaur ulang menjadi bahan baku industri logam, khususnya baja; komponen, perlengkapan, dan permesinan kapal yang masih cukup baik dapat dipakai kembali untuk kapal yang sedang direparasi atau keperluan lain; limbah dan material berbahaya dengan pengelolaan yang baik akan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan pekerja.
- Pengembangan klaster industri daur ulang kapal hanya dapat dilakukan untuk kegiatan daur ulang

kapal modern/semi modern, karena adanya keharusan untuk mengintegrasikan secara formal industri terkait dan institusi penunjang, seperti pemilik kapal, industri peleburan logam, galangan reparasi kapal, unit pengolahan limbah, pedagang komponen bekas kapal, badan klasifikasi, institusi pemerintah, dan negara bendera.

- Ekonomi sirkular sangat berpotensi untuk diterapkan pada klaster industri daur ulang kapal, karena terjadinya integrasi jejaring antara berbagai pemangku kepentingan dalam mewujudkan konsep “3R” (*Recycle; Reuse, dan Reduce*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Divisi Riset dan Pengembangan Klasifikasi dan Statutoria Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) yang telah memfasilitasi penelitian ini, Ikatan Perusahaan Industri Kapal dan Lepas Pantai Indonesia (IPERINDO) yang telah membantu mendapatkan akses kepada beberapa galangan kapal untuk mendapatkan informasi yang diperlukan, dan mahasiswa Teknik Perkapalan Universitas Indonesia yang telah membantu dalam pengumpulan data untuk penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Sunaryo berkontribusi sebagai penulis makalah dan *corresponding author*, serta mengoordinasikan penelitian; Aufa Rahma Asyifa mengumpulkan dan mengolah data; Wanginingastuti Mutmainnah mengoordinasi penelitian dan diskusi yang dilaksanakan oleh tim Biro Klasifikasi Indonesia; Hariyanto meneliti tentang pengembangan kluster industri daur ulang kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Presiden Republik Indonesia, Instruksi Presiden No. 5 tahun 2005 tentang Pemberdayaan Industri Pelayaran Nasional, (2025), Sekretariat Kabinet Republik Indonesia.
- [2] Kementerian Perhubungan, Republik Indonesia. Jumlah Kapal Di Indonesia Hingga Tahun 2023, (2024), ppid.dephub.go.id.
- [3] A. C. Rahayu, Menilik industri pengepul besi tua dari kapal bekas, benarkah menjanjikan? (2019), https://industri.kontan.co.id/news/menilik-industri-pengepul-besi-tua-dari-kapal-bekas-benarkah-menjanjikan?page=all#google_vignette.
- [4] Sunaryo, B. A. Tjitrosoemarto, Integrated ship recycling industrial estate design concept for Indonesia, (2022), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 972(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012042>.
- [5] IISIA, Perkembangan Ekspor-Impor Produk Baja Indonesia Januari-Juli, (2022), <https://www.iisia.or.id/post/view/id/eksporimpor-produk-baja-indonesia-tahun-20172022>.
- [6] Maritimehub, Hong Kong Convention 2025: A New Era for Safe and Sustainable Ship Recycling, (2025), <https://maritime-hub.com/hong-kong-convention-2025-a-new-era-for-safe-and-sustainable-ship-recycling/#Introduction>.

- [7] Presiden Republik Indonesia, Undang undang No. 66 Tahun 2024: Perubahan Ketiga atas UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, (2024), Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [8] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (2014), Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [9] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, (2012), Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [10] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 21 tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim, (2010), Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [11] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 24 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 29 Tahun 2014 Tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim, (2022), Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [12] The International Maritime Organization, The international Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships 2009 (Hong Kong Convention), (2009), <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/The-Hong-Kong-International-Convention-for-the-Safe-and-Environmentally-Sound-Recycling-of-Ships.aspx>.
- [13] United Nation Environmental Protection, The Basel Convention on the Control of Trans-boundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal 1989 (Basel Convention), (1989), Basel Convention.
- [14] International Labour Organization, International Labour Organization Safety and Health in Ship-breaking: Guidelines for Asian Countries and Turkey, (2004), ILO Publication.
- [15] Karmenu Vella, European Union Ship-recycling Regulation, (2013), European Commission.
- [16] D. Okumus et al, Towards a circular maritime industry: Identifying strategy and technology solutions, (2023), Journal of Cleaner Production vol. 382, 2023, 134935, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134935>.
- [17] M. Cantika, Circular Economy: Model Berkelanjutan untuk Masa Depan Industri, (2025), Equip, <https://www.equiperp.com/blog/circular-economy/>
- [18] J. M. Vivek, & A. M. Hiremath, Circular economy in ship recycling: An Indian perspective, (2018), Procedia CIRP, 69, 546–550.
- [19] Sunaryo, & Y. Satyanegara, Standard operating procedure kesehatan dan keselamatan kerja pada fasilitas penutuhan kapal ramah lingkungan. (2023), Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) (pp. 83–88). <https://prosiding.bkstm.org/prosiding/2023/dam-137.pdf>
- [20] United Nations, Sustainable Development Goals, (2015), UN Department of Economic and Social Affairs, <https://sdgs.un.org/goals>
- [21] M. E. Porter, M. E. Clusters and the new economics of competition, (1998), Harvard Business Review.
- [22] R. Viederyte, Maritime cluster organizations: Enhancing role of maritime industry development, (2013) Intellectus, 2(23), 94–103.