

## Konsep ekonomi sirkular pada industri penutuhan kapal nasional

Sunaryo<sup>a,1</sup>, Wanginingastuti Mutmainnah<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Indonesia, Depok, 16424

<sup>b</sup>Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta, 14320

<sup>1</sup>[naryo@eng.ui.ac.id](mailto:naryo@eng.ui.ac.id)

### ABSTRACT

The research is aimed to investigate the potential of implementing circular economics concept on national ship recycling industry. Background of the research among other things are, the increasing number of national fleet due to importation of used ships, that have short economic operational life time, which need to be renewed, and sent to the ship recycling facilities. On the other hand, due to massif infrastructure development the demand for raw materials from national steel industry is also growing every year. Considering that in the proper ship recycling activities the “3R” (Recycle; Reuse, and Reduce) processes are realized, i.e. the scrapped metal materials will be sent as raw materials to the steel industry; ship structure and components which are in still good condition can be reused by ships being repaired, and other usages; the hazardous wastes are properly handled and treated and will minimized environmental pollutions, and indirectly the ship recycling will reduce deforest due to ore mining. In general, circular economic could be defined as a sustainable economic concept with the aim to maintain the benefit of products, materials, and resources as long as possible. Based on the data collected from various stake holders, it is proven that by implementing proper standards and processes circular economics can be realized by the ship recycling industry in Indonesia.

**Keywords:** ship recycling, circular economics, environmentally friendly, 3R

Received 2 September 2024; Presented 2 Oktober 2024; Publication 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590884

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia sehingga transportasi laut berupa kapal memiliki peran yang sangat besar bagi perekonomian Indonesia.

Komitmen pemerintah untuk memajukan pelayaran dalam negeri ditunjukkan dengan mendorong pemberdayaan industri pelayaran nasional melalui Instruksi Presiden Nomor 5 tahun 2005 tentang Pemberdayaan Industri Pelayaran Nasional [1]. Pada Instruksi Presiden ini penerapan azas *cabotage* secara konsekuen merumuskan kebijakan dan mengambil langkah-langkah sesuai dengan tugas dan fungsi guna memberdayakan industri pelayaran nasional. Semenjak diberlakukannya, azas *cabotage* membawa kondisi industri pelayaran meningkat terkhusus jumlah armada kapal berbendera Indonesia. Menurut Data Direktorat Jenderal Perhubungan Laut–Kementerian Perhubungan RI Tahun 2022, total armada kapal di Indonesia adalah 44.856 unit [2]. Penambahan jumlah armada ini terutama didominasi oleh pengadaan kapal impor, yang sebagian besar merupakan kapal berusia tua. Kondisi saat ini sekitar 40% kapal berbendera Indonesia berumur 20 tahun ke bawah, 40% lainnya berumur antara 20 sampai 30 tahun, dan sisanya sekitar 20% berumur diatas 30 tahun [3]. Berdasarkan data yang diperoleh dari Ship Register pada Biro

Klasifikasi Indonesia (BKI) Tahun 2019 jumlah kapal yang sudah di atas 25 tahun berjumlah 8516 unit [4]. Armada kapal berusia lanjut secara ekonomi sudah tidak layak lagi untuk dioperasikan, dan diperlukan untuk diremajakan dengan armada yang lebih baru, salah satu caranya adalah dengan mengirimnya ke fasilitas penutuhan kapal.

Pada sisi lain sejalan dengan pertumbuhan pembangunan infrastruktur nasional yang terus meningkat, industri besi baja nasional membutuhkan bahan baku berupa baja scrap dalam jumlah yang sangat besar, yang dipenuhi dengan mengimpor baja scrap dari luar negeri, yang tentunya meningkatkan beban defisa negara. Sehingga jika kedua kondisi ini dapat dipadukan dengan baik maka kebutuhan bahan baku industri baja nasional dapat dipenuhi dengan baja scrap hasil penutuhan kapal, dengan mutu baja yang jauh lebih baik dari baja scrap hasil impor.

Baja *scrap* hanyalah sebagian kecil saja dari hasil proses penutuhan kapal, yakni hanya dari bagian konstruksi kapal yang kondisinya sudah tidak dapat digunakan lagi, sedangkan komponen dan perlengkapan kapal lainnya yang masih dalam kondisi tidak terlalu parah masih dapat digunakan kembali baik pada kapal yang sedang direparasi, atau untuk keperluan lain selain bangunan kapal. Karena sesungguhnya pada kegiatan penutuhan kapal yang dilakukan secara benar sesuai persyaratan peraturan yang berlaku akan

terjadi prinsip 3R yaitu: *Recycle*; *Reuse*, dan *Reduce*, yakni perlakuan daur ulang untuk material logam, khususnya baja *scrap* dari struktur yang tidak dapat dipakai kembali, dan menjadi bahan baku industri baja; penggunaan kembali baja konstruksi dan komponen kapal yang masih baik, dan perlengkapan kapal untuk kapal yang sedang direparasi, atau keperluan lainnya; pada proses penutuhan kapal secara benar limbah B3 yang dihasilkan akan ditangani dan diolah secara bertanggung jawab, dan akan meminimalkan pencemaran lingkungan, selain itu dengan didaur ulangnya material logam secara tidak langsung akan mengurangi kerusakan lingkungan hutan akibat penambangan bijih logam. Dengan penerapan prinsip 3R ini sebenarnya telah terpenuhinya kegiatan ekonomi sirkular yakni menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian selama mungkin.

## KAJIAN PUSTAKA

Sektor maritim dengan transportasi laut sebagai pilar utama di Indonesia harus beradaptasi dengan pola perdagangan baru dan restrukturisasi yang akan muncul dalam transisi menuju ekonomi sirkular. Menurut tinjauan UNCTAD (UN Trade and Development) 2021 [5] kerentanan yang terungkap akibat pandemi baru-baru ini telah memotivasi upaya untuk mengembangkan industri kapal dan rantai pasok yang lebih tangguh. Langkah-langkah ketahanan ini mencakup potensi dan kebutuhan Industri untuk mendapatkan rantai pasok yang lebih baik antara pemasok, pelanggan, dan mitra, pendekatan lokasi strategis dan regionalisasi, dan komitmen untuk menurunkan jejak karbon serta mengurangi limbah yang berdampak pada lingkungan.

Pemerintah melalui 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 [6], menjelaskan persyaratan yang digunakan untuk melakukan proses penutuhan kapal. Mulai dari harus dilakukannya pemeriksaan sebelum penerbitan sertifikat kesiapan penutuhan, pemeriksaannya meliputi daftar inventaris material berbahaya, rencana penutuhan, dan persyaratan otorisasi pelaksanaan fasilitas penutuhan.

Menurut pernyataan Asosiasi Industri Besi dan Baja Indonesia (IISIA) [7] konsumsi dan produksi baja nasional terus mengalami kenaikan. Pada tahun 2022 konsumsi baja nasional mencapai 16,6 juta ton atau meningkat 7,3% dari tahun sebelumnya. Dari sisi produksi, produksi baja mentah nasional pada tahun

2022 mencapai 15,6 juta ton, meningkat 5% dari tahun 2021. Dari sisi produksi, produksi baja mentah nasional pada tahun 2022 mencapai 15,6 juta ton, meningkat 5% dari tahun 2021. Peningkatan akan kebutuhan baja ini seharusnya dapat dipenuhi melalui industri penutuhan kapal atau daur ulang kapal terutama ditargetkan bagi kapal-kapal yang sudah berusia lebih dari 30 tahun dan dianggap sudah tidak memiliki nilai ekonomis, hal ini mengingat kapal niaga pada umumnya terbuat dari sekitar 90% material baja. Sebagaimana diketahui bahwa baja yang digunakan didalam konstruksi kapal memiliki kualitas tinggi, sehingga walaupun kapal sudah berusia tua masih dapat digunakan untuk mendukung industri lainnya terkhusus industri baja.

Menurut Pristiandaru [8] yang dikutip dari situs web Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Ekonomi sirkular adalah sistem atau model ekonomi yang bertujuan menghasilkan pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian selama mungkin. Dengan sistem seperti itu, diharapkan dapat meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh pendekatan ekonomi linear.

Ananda [9] mendefinisikan ekonomi sirkular sebagai sebuah strategi ekonomi inovatif yang berfokus pada penggunaan ulang, daur ulang, dan pemulihan material, baik dalam tahap produksi maupun konsumsi. Sehingga terjadi praktik ekonomi yang berkelanjutan dan material yang diperbaharui, serta mengurangi limbah.

Kapal yang sudah tidak layak beroperasi lagi perlu dilakukan peremajaan untuk mendukung ekonomi sirkular di sektor maritim. Upaya peremajaan ini membutuhkan industri penutuhan yang ramah lingkungan untuk mendaur ulang armada kapal yang sudah tidak layak beroperasi. Selama ini kegiatan penutuhan kapal atau pemotongan kapal sudah menjadi kegiatan yang tidak asing bagi masyarakat di berbagai tempat di Indonesia. Bahkan terkadang kita temukan kegiatan penutuhan kapal yang sebagian besar dilakukan secara tradisional dengan alat dan metode yang sederhana serta dilakukan di pinggir Pantai [10]. Kegiatan pemotongan kapal juga berpotensi membahayakan keselamatan jiwa dan pencemaran lingkungan akibat tidak adanya mekanisme yang menjamin keselamatan jiwa dan ramah lingkungan [11]. Selain itu, kapal yang akan dilakukan penutuhan mungkin mengandung zat berbahaya bagi manusia dan lingkungan seperti asbestos, logam berat, hidrokarbon, zat perusak ozon dan lain-lain [12]. Oleh karenanya, agar industri penutuhan kapal ini memenuhi prinsip ekonomi sirkular dengan menghasilkan manfaat yang optimum, diperlukan

berbagai pendekatan baik dari aspek kebijakan, pelaksanaan, keterlibatan pemangku kepentingan, dan faktor manusia.

Untuk mengintegrasikan berbagai industry yang terkait dengan industry penutuhan kapal, maka Hariyanto et al [13] mengusulkan dibentuknya klaster fasilitas penutuhan kapal di beberapa lokasi di Indonesia, antara lain di Batam dan di Banten, dengan mempertimbangkan bahwa di kedua daerah ini telah ada berbagai industry penunjang yang berkaitan dengan industry penutuhan kapal. Sejalan dengan ini untuk lebih mengefisienkan system rantai pasok industry penutuhan kapal Sunaryo [14] mengusulkan untuk didirikannya Kawasan industry terintegrasi penutuhan kapal.

Menurut Okumus [15] prinsip ekonomi sirkular masih tertinggal pada industry maritim, karena pada siklus hidup kapal proses sirkular sebagai siklus tertutup belum sepenuhnya terjadi dalam meminimalkan limbah dan memaksimalkan pendapatan, walaupun pada penutuhan kapal kontribusi terhadap pemenuhan bahan baku industry baja cukup signifikan, tetapi masih banyak komponen dan peralatan kapal yang tidak dimanfaatkan kembali.

Jansson [16] berpendapat dalam konteks siklus hidup kapal prinsip ekonomi sirkular dapat diterapkan sebelum kapal dilakukan penutuhan pada masa akhir pengoperasiannya, tetapi selama pengoperasiannya ketika dilakukan pekerjaan reparasi, yakni dengan remanufacturing baik konstruksi maupun permesinannya.

Rahman [17] berdasarkan penelitiannya menyimpulkan bahwa ekonomi sirkular pada industry penutuhan kapal akan efektif jika lokasi antara pemilik kapal dengan fasilitas penutuhan kapal, dan antara fasilitas penutuhan kapal dan industry pengguna hasil penutuhan tidak terlalu berjauhan, karena jika tidak biaya transportasinya akan sangat tinggi.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan metode *Gap Analysis*, yakni membandingkan praktik penutuhan kapal yang umum dilakukan di Indonesia dengan persyaratan dari peraturan yang berlaku baik nasional maupun internasional. Hasil dari analisis kemudian digunakan sebagai dasar untuk menyusun usulan penerapan ekonomi sirkular pada industry penutuhan kapal. Data untuk penelitian ini diperoleh melalui studi pustaka berupa makalah dalam berbagai jurnal dan proceeding yang berkaitan dengan kegiatan penutuhan kapal, terutama metode penutuhan kapal yang banyak dilakukan, peraturan nasional dan internasional yang mensyaratkan prosedur penutuhan kapal yang

memperhatikan kesehatan, keselamatan pekerja dan ramah lingkungan, kunjungan lapangan ke beberapa fasilitas penutuhan kapal baik yang modern maupun yang masih menerapkan cara tradisional, serta wawancara dengan beberapa pakar dari industry.

Peraturan yang menjadi acuan penelitian ini antara lain adalah:

- Hong Kong International Convention for The Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships 2009, atau yang dikenal sebagai Hong Kong Convention [18].
- Basel Convention on The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal [19].
- Technical guidelines for the environmentally sound management of the full and partial dismantling of ships [20].
- 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.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun [21].
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri [22].
- Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2016 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri [23].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapal dalam siklus hidupnya secara garis besar mencakup tahapan: perancangan, pembangunan, pengoperasian, perawatan dan perbaikan, dan penutuhan. Ketika kapal telah mencapai umur 25 – 30 tahun maka sudah tidak ekonomis lagi untuk dioperasikan, dan akan diremajakan dengan menggantikannya dengan kapal yang baru atau berusia lebih muda, sedangkan kapal yang sudah tua akan dikirim ke fasilitas penutuhan kapal untuk didaur ulang.

Pada fasilitas penutuhan kapal, kapal akan dilakukan pengangkatan perlengkapan, pemotongan konstruksi, dan pengeluaran berbagai limbah yang berada di dalam kapal. Perlengkap kapal yang dikeluarkan antara lain adalah: permesinan kapal (baik mesin propulsi maupun mesin bantu), berbagai alat bantu kapal, peralatan navigasi, perlengkapan akomodasi, alat bantu keselamatan dan lain-lain. Bagian konstruksi kapal sebagian besar umumnya adalah baja, walaupun

ada juga jenis logam lainnya seperti aluminium dan tembaga. Sebagian dari konstruksi ini dipotong dalam bentuk scrap, tetapi banyak juga yang masih dalam kondisi baik dan dapat dipergunakan kembali. Sedangkan limbah dalam berbagai bentuk baik padat maupun cair akan dikeluarkan dari kapal dan ditampung pada tempat penyimpanan yang sesuai dengan jenis limbah dan persyaratan penanganannya, untuk kemudian dikirim ke tempat pengolahan limbah.

Dari hasil kunjungan lapangan, di Indonesia masih banyak penutuhan kapal yang dilakukan secara tradisional dengan cara mengkandaskan kapal ke pantai (*beaching*), dan tidak mengikuti peraturan yang berlaku. Pada beberapa galangan besar yang berlokasi di Batam dan Banten sudah ada yang melakukan penutuhan kapal secara modern dengan mulai berusaha memenuhi persyaratan dari peraturan yang berlaku, antara lain dengan mendaratkan kapal dengan metode landing, bahkan ada yang dengan menggunakan dry dock.

Dalam usaha untuk mendapatkan pengakuan internasional dan meningkatkan aspek kesehatan, keselamatan kerja, dan ramah lingkungan pemerintah Indonesia sedang menyiapkan untuk meratifikasi Hong Kong Convention, dan menerbitkan sertifikat otorisasi untuk fasilitas penutuhan kapal yang telah disiapkan untuk memenuhi prosedur yang diatur pada Hong Kong Convention.

Mengacu pada hasil gap analysis yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sunaryo et al disimpulkan bahwa hampir tidak ada fasilitas penutuhan kapal di Indonesia yang telah memenuhi prosedur yang disyaratkan oleh peraturan penutuhan kapal, utamanya Hong Kong Convention.

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan melalui kunjungan lapangan, diskusi dengan para pakar, dan *focus group discussion* untuk menelusuri rantai pasok industry penutuhan kapal, maka diperoleh informasi bahwa secara umum produk yang dihasilkan dari penutuhan kapal adalah: 75% berupa metal khususnya baja, 20% permesinan dan perlengkapan kapal, dan 5% berupa limbah. Dari metal yang dihasilkan sekitar 20% berupa scrap baja atau logam lainnya (aluminium dan tembaga) yang akan dikirim kepada industry peleburan sebagai bahan baku, dan dikategorikan sebagai daur ulang (*recycle*), sisanya sebesar 80% berupa material yang dapat digunakan kembali untuk berbagai keperluan seperti penggantian pelat kapal, pekerjaan konstruksi infrastruktur, atau industry lainnya, yang dikategorikan sebagai *reuse*, demikian juga untuk permesinan dan perlengkapan kapal lebih dari 50% dapat digunakan Kembali, sedangkan

sisanya akan dijadikan scrap untuk bahan baku industry peleburan. Limbah pada penutuhan kapal yang memenuhi persyaratan yang berlaku akan dikumpulkan dan kemudian dikirim ke tempat pengolahan limbah, dan dikategorikan sebagai *reduce* dari pencemaran lingkungan. Sehingga industry penutuhan kapal dapat disimpulkan memenuhi aspek 3R, yakni *recycle*, *reuse*, dan *reduce*.

Dari sudut pandang lain, jika dikaitkan dengan prinsip ekonomi sirkular maka peran industry penutuhan kapal dapat dirumuskan sebagai  $3R + \alpha$  yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

- *Recycle* (daur ulang) material logam sebagai bahan baku pada industry pengecoran logam, khususnya baja.
- *Reuse* (penggunaan kembali) baja struktur kapal yang masih baik, perlengkapan dan permesinan kapal, baik untuk dipergunakan di kapal atau untuk penggunaan lainnya.
- *Reduce* (pengurangan) pencemaran lingkungan baik yang berasal dari limbah penutuhan kapal, atau pembuangan (*abandonment*) kapal secara illegal, kecelakaan dan pencemaran lingkungan akibat penggunaan kapal berusia tua.
- $\alpha$  (factor tambahan) yakni penambahan kesempatan kerja.

Agar siklus tertutup ekonomi sirkular industry penutuhan kapal terjadi secara optimum, proses penutuhan kapal yang memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku untuk mewujudkan aktivitas penutuhan kapal yang aman dan ramah lingkungan, serta system rantai pasok yang efisien maka diusulkan untuk dirancang suatu kluster industry penutuhan kapal atau bahkan dalam bentuk kawasan industry terintegrasi.

#### *Kluster Industri Penutuhan Kapal*

Kluster industry tidak mengharuskan semua industry terkait berada pada satu lokasi, tetapi di antara mereka harus terjadi saling keterikatan dan komitmen untuk memajukan industry intinya. Prinsip kluster industry adalah terjadinya aglomerasi di antara industry yang berkaitan. Beberapa prinsip kluster industry yang harus dipenuhi adalah: 1. Adanya kondisi permintaan, 2. Tersedianya industry penunjang dan industry terkait, 3. Tersedianya factor kondisi yang menjamin berjalan baiknya kluster industry ini, 4. Adanya strategi yang komprehensif.

Kondisi permintaan untuk industry penutuhan kapal adalah kebutuhan bahan baku industry besi baja yang terus meningkat sebagai dampak bertumbuhnya pembangunan infrastruktur di Indonesia, dan terus



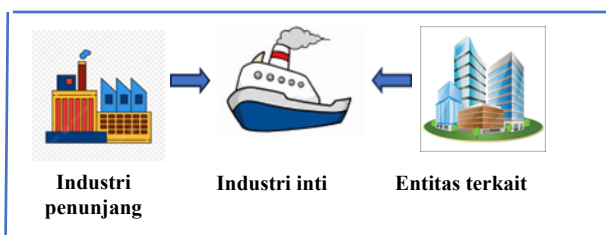
meningkatnya jumlah armada kapal berbendera Indonesia yang senantiasa menuntut dilakukannya peremajaan.

Industri penunjang dan industry terkait dalam hal ini antara lain adalah, industry peleburan baja, fasilitas pengolahan limbah, galangan reparasi kapal, jumlah kapal bekas yang beroperasi di Indonesia, penyedia bahan habis pakai fasilitas penutuhan Kapal dan lain-lain.

Strategi yang komprehensif ditandai dengan adanya komitmen pemerintah untuk meratifikasi Hong Kong Convention, dan diadopsinya peraturan ini dalam peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 24 Tahun 2022, diterbitkannya sekitar 22 sertifikat otorisasi fasilitas penutuhan kapal oleh Ditjen Perhubungan Laut, komitmen beberapa galangan kapal di berbagai tempat di Indonesia untuk memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku.

### *Kawasan Industri Terintegrasi Penutuhan Kapal*

Diusulkan Kawasan industry terintegrasi penutuhan kapal terdiri dari tiga kelompok industry yakni: 1. Industri inti, dalam hal ini adalah fasilitas penutuhan kapal, 2. Industri penunjang, yakni berbagai industry yang secara langsung menunjang aktivitas penutuhan kapal, serta 3. Entitas terkait, yakni berbagai entitas yang tidak secara langsung kerkaitan dengan proses penutuhan kapal, tetapi keberadaannya dibutuhkan untuk mendukung industry penutuhan kapal, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Kawasan industry terintegrasi

Industri inti sebaiknya terdiri dari beberapa galangan penutuhan kapal dengan kapasitas yang berbeda, sehingga akan dapat terjadi pemerataan pangsa pasar.

Industri penunjang antara lain terdiri dari: industri peleburan logam (baja), fasilitas pengolahan limbah, pembangkit listrik, penyedia air bersih, bahan habis pakai untuk pemotongan kapal, pedagang peralatan bekas kapal dan lain-lain.

Entitas terkait misalnya adalah: perumahan karyawan, rumah sakit, pusat perbelanjaan, terminal bus, pusat pelatihan, tempat rekreasi dan sebagainya.

Dari hasil beberapa focus group discussion dapat ditarik kesimpulan bahwa kluster atau kawasan industry

penutuhan kapal terintegrasi sangat memungkinkan untuk diterapkan di Indonesia, mengingat hampir semua persyaratan sudah dapat dipenuhi baik oleh industry maupun institusi yang berkepentingan. Sehingga potensi terjadinya ekonomi sirkular pada industry penutuhan kapal di Indonesia sangat mungkin untuk diwujudkan.

## KESIMPULAN

Dengan terus bertumbuhnya armada pelayaran nasional yang didominasi oleh kapal hasil impor bekas, dan terus meningkatnya kebutuhan baja nasional sebagai dampak bertumbuhnya pembangunan infrastruktur, dan tersedianya berbagai industry dan institusi penunjang, maka rantai pasok industry penutuhan kapal yang memenuhi unsur kesehatan dan keselamatan kerja, serta ramah lingkungan dapat dilaksanakan di Indonesia. Dan jika sistem rantai pasok ini berjalan dengan baik, maka ekonomi sirkular akan dengan sendirinya terwujud.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, antara lain para mahasiswa Prodi Teknik Perkapalan Universitas Indonesia yang telah membantu pengumpulan data, tim dari Biro Klasifikasi Indonesia yang membantu berbagai diskusi dan fasilitas yang diperlukan.

## KONTRIBUSI PENULIS

Sunaryo berkontribusi sebagai penulis makalah dan *corresponding author*, serta mengkoordinasikan penelitian, Wanginingastuti Mutmainnah mengkoordinasi penelitian dan diskusi yang dilaksanakan oleh tim Biro Klasifikasi Indonesia.

## DANA PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan dana mandiri dari masing-masing peneliti, dengan mendapatkan dukungan fasilitas dari institusi tempat peneliti bekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Presiden Republik Indonesia, Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2005 Tentang Pemberdayaan Industri Pelayaran Nasional, <https://peraturan.bpk.go.id/Details/285263/inpres-no-5-tahun-2005>.

- [2] Kementerian Perhubungan, Jumlah Armada dan Kapasitas Angkutan Laut Menurut Perusahaan Pelayaran BUMN tahun 2022, <https://portaldata.kemenuh.go.id/content/dataset/10046>.
- [3] A. C. Rahayu, Menilik industri pengepul besi tua dari kapal bekas, benarkah menjanjikan? [https://industri.kontan.co.id/news/menilik-industri-pengepul-besi-tua-dari-kapal-bekas-benarkah-menjanjikan?page=all#google\\_vignette](https://industri.kontan.co.id/news/menilik-industri-pengepul-besi-tua-dari-kapal-bekas-benarkah-menjanjikan?page=all#google_vignette)
- [4] Biro Klasifikasi Indonesia, Research Report on Ship Recycling in Indonesia, Biro Klasifikasi Indonesia.
- [5] UNCTAD, Review of Maritime Transport 2021, [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021\\_en\\_0.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf).
- [6] 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, <https://jdih.kemenuh.go.id/peraturan/detail?data=0puTtHycB0SDvvg6s0f72P4aCSnHTR6wb8W7aQ3Eqks64uUwHPNeKEk4uSMPyuyRcp4ebngG-mWEb84uR3c0rF0ha8WzyzouFAwb8bLBrPy1f0wFZt2mzmGNxI4g2aXtNMn806ZbmN-neuFOq1GPby5ZtN9v>.
- [7] IISIA, Perkembangan Ekspor-Impor Produk Baja Indonesia Januari-Juli 2022, <https://www.iisia.or.id/post/view/id/eksporimpor-produk-baja-indonesia-tahun-20172022>.
- [8] D. L. Priandaru, Ekonomi Sirkular: Pengertian, Prinsip, dan Manfaatnya, <https://lestari.kompas.com/read/2023/12/29/160000186/ekonomi-sirkular--pengertian-prinsip-dan-manfaatnya>.
- [9] N. Ananda, Circular Economy: Model Berkelanjutan untuk Masa Depan Industri, <https://www.equiperp.com/blog/circular-economy/>
- [10] S. Fariya, Analisa Teknis Pembangunan Ship Recycling Yard di Indonesia, <https://media.neliti.com/media/publications/285151-analisa-teknis-pembangunan-ship-recycling-77daff1.pdf>
- [11] S. Sunaryo et al, A Gap Analysis of Ship-Recycling Practices in Indonesia. *Recycling*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/recycling6030048>
- [12] A. Elizabeth, Waste and hazardous material handling at green ship recycling facilities, *Maritime Technology and Research* 2024; 6(3): 268423, <https://doi.org/10.33175/mtr.2024.268423>
- [13] Hariyanto et al, The Development of Ship Recycling Facility Cluster in Indonesia, The 7th International Conference on Marine Technology. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1166 (2023) 012007.
- [14] Sunaryo, B.A. Tjitrosoemarto, Integrated Shiprecycling Industrial Estate Design Concept for Indonesia, 6th International Conference on Marine Technology, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 972 012042.
- [15] D. Okumus et al, Towards a circular maritime industry: Identifying strategy and technology solutions, *Journal of Cleaner Production* 382 (2023) 134935, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134935>
- [16] K. Jansson, Circular Economy in Shipbuilding and Marine Networks –A Focus on Remanufacturing in Ship Repair, *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, volume 480, [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45390-3\\_57](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-45390-3_57)
- [17] S.M. Rahman, J. Kim, Circular economy, proximity, and shipbreaking: A material flow and environmental impact analysis, *Journal of Cleaner Production* Volume 259, 120681, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120681>
- [18] IMO, Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships, <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/The-Hong-Kong-International-Convention-for-the-Safe-and-Environmentally-Sound-Recycling-of-Ships.aspx>
- [19] UNEP, Basel Convention on The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, <https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/con-e-rev.pdf>
- [20] UNEP, Technical guidelines for the environmentally sound management of the full and

partial dismantling of ships, Secretariat of the Basel Convention. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/pub-lic/%40ed\\_protect/%40protrav/%40safe-work/documents/publication/wcms\\_117942.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/pub-lic/%40ed_protect/%40protrav/%40safe-work/documents/publication/wcms_117942.pdf)

- [21] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengel-olaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 333 Republik Indonesia, <https://peraturan.bpk.go.id/Details/5555/pp-no-101-tahun-2014>
- [22] Presiden Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 365, <https://jdih.go.id/files/2098/2015pp142.pdf>
- [23] Menteri Perindustrian Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2016 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri, <https://peraturan.go.id/files/bn989-2016.pdf>