

**ANALISIS PENGEMBANGAN GALANGAN DAUR-ULANG KAPAL RAMAH LINGKUNGAN
DI INDONESIA MENGGUNAKAN METODE ANP:
STUDI KASUS GALANGAN DAUR-ULANG KAPAL DI KAMAL, MADURA**

***ANALYSIS DEVELOPMENT OF GREEN SHIP-RECYCLING YARD
IN INDONESIA USING ANP METHODE:
A CASE STUDY OF SHIP-RECYCLING YARD IN KAMAL, MADURA***

Wasis Akriananta dan Ketut Suastika

Program Pascasarjana Teknologi Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
E-mail: wasis.akriananta@gmail.com

Diterima tanggal: 22 Maret 2017 ; diterima setelah perbaikan: 2 Mei 2017 ; Disetujui tanggal: 20 Mei 2017

ABSTRAK

Daur-ulang kapal (*ship recycling*) pada saat ini dianggap sebagai solusi terbaik untuk kapal usang. Material dibongkar melalui proses daur-ulang menjadi produk baru dan dapat masuk kembali dalam rantai pasok pasar. Industri *ship-recycling yard* harus merumuskan metode pendedokan, pengupasan, pemotongan, dan penanganan material (*material handling*) terbaik dengan memadukan kegiatan rekayasa untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Galangan daur-ulang kapal dikembangkan menjadi *green ship-recycling yard* dengan menambahkan fasilitas, *update* teknologi dan proses daur ulang yang ramah lingkungan sesuai dengan aturan yang berlaku, baik nasional maupun internasional. Metode *Analytic Network Process* (ANP) digunakan dalam pengambilan keputusan. Hasil analisis ANP untuk galangan daur-ulang kapal di Kamal, Madura, merekomendasikan dengan nilai tertinggi: (i) metode *slipway* (0,284) untuk pendedokan, (ii) metode *dry ice blasting* (0,360) untuk pengupasan, (iii) metode *oxy acetylene* (0,348) untuk pemotongan, dan (iv) metode *mobile crane crawler* (0,487) untuk penanganan material. Hasil analisis ekonomis (kelayakan usaha) menunjukkan bahwa *green ship-recycling yard* di Kamal, Madura sebagai usaha daur-ulang kapal layak untuk dikembangkan.

Kata kunci: Galangan daur-ulang kapal, ramah lingkungan, *Analytic Network Process* (ANP), analisis teknis, analisis ekonomi

ABSTRACT

Nowadays ship recycling is considered as the best solution to obsolete ships. Through recycling-process the waste material becomes a new product and can involved the supply chain market again. The ship-recycling industry should provide the best methods for docking, cutting, de-coating, and material handling by utilizing the best engineering practices to deliver products with good quality. The development of a ship-recycling yard towards green ship-recycling yards can be achieved by providing the necessary facilities, technology updates and environmentally-friendly recycling process in accordance to national and international regulations. The decision-making method used in this study is the Analytic Network Process (ANP). Analysis of the recycling yard in Kamal, Madura results in the following recommendations with the highest score: (i) slipway (0.284) for the method of docking, (ii) dry ice blasting (0.360) for the method of de-coating, (iii) oxy acetylene (0.348) for the method of cutting, and (iv) mobile crane crawler (0.487) for the method of material handling. Results from economic analysis show that the development of a green ship-recycling yard in Kamal, Madura is feasible and encouraging.

Keywords: Ship recycling yard, environmentally friendly, Analytic Network Process (ANP), technical analysis, economica analysis.

PENDAHULUAN

Daur-ulang kapal (*ship recycling*) di Indonesia dijalankan secara sederhana menggunakan metode pengendalian di pantai (*beaching*) dan sebatas usaha penutupan kapal menjadi potongan-potongan lembaran plat besi (Fariya, 2016). Metode *beaching* memiliki kelemahan yaitu pengaruh faktor pasang surut dan gelombang air laut. Gelombang laut merupakan suatu fenomena alam berupa kenaikan dan penurunan air secara perlahan. Massa air yang bergerak ditimbulkan oleh angin menghasilkan momentum dan energi sehingga gelombang yang tidak menentu (Loupatty, 2013).

Indonesia memiliki 3 tempat galangan daur-ulang kapal yang dikelola secara tradisional yaitu di Desa Tanjung Jati, Madura; Cilincing, Jakarta Utara; dan Tanjung Uncang, Batam. *Ship recycling* di Madura saat ini, secara umum masih dilakukan secara sederhana dan tidak dilengkapi dengan peralatan yang memadai. Area daur-ulang kapal masih belum tertata dengan baik sehingga memiliki resiko yang tinggi bagi keselamatan, kesehatan para pekerja dan lingkungan disekitarnya. Beberapa tempat daur-ulang kapal sejenis juga menimbulkan dampak bagi lingkungan akibat pencemaran selama proses pemotongan kapal (Makbul, 2010).

Kapal usang yang didaur ulang (*recycling*) merupakan solusi terbaik saat ini melalui proses *ship recycling*. Material bekas hasil proses *recycling* menjadi sebuah produk baru dan dapat masuk kembali ke dalam rantai pasok pasar. Galangan daur ulang kapal yang ramah lingkungan (*green ship recycling yard*) di dalam pengembangan harus merumuskan beberapa faktor yaitu: metode penempatan dan peletakan kapal (*docking*), pemotongan (*cutting*), pelepasan lapisan/cat (*decoating*), dan penanganan material (*material handling*). Galangan daur ulang kapal berdasarkan kelayakan usahanya menghasilkan produk dengan waktu produksi yang minim dan bernilai ekonomis tinggi.

Penelitian kali ini menggunakan kapal jenis kapal general cargo berjumlah 1 unit. Estimasi umur rata-rata kapal yang dilakukan daur ulang adalah *dry bulk* 30 tahun, *tanker* 27 tahun, *general cargo* 31 tahun, *Ro-Ro* 28 tahun dan *passanger* 41 tahun (Eckhardt, 2009). Jumlah kapal di Indonesia yang berumur lebih dari 25 tahun sampai dengan tahun 2006 adalah 2411 unit (Kristiyono *et al.*, 2009)

Data dicatat secara numeris, kuantitatif yang dapat diukur, dan berdasarkan persepsi pengalaman dan intuisi peneliti. Metode ANP mampu memecah suatu masalah yang kompleks dimana aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak, yaitu multi *objectives* dan *multi-criteria* (Saaty, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem yang tepat untuk: pendedokan (*docking*), pengupasan (*decoating*), pemotongan (*cutting*), dan penanganan material (*material handling*). Pengembangan galangan daur-ulang kapal yang ramah lingkungan (*green ship recycling yard*) di Kamal, Madura juga perlu diketahui kelayakan usahanya.

BAHAN DAN METODE

Tempat dari penelitian ini di galangan tradisional pemotongan kapal di Desa Tanjung Jati, Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan, Pulau Madura yang berkoordinat 7°10'15,21" LS dan 112°44'07,60" BT. Penelitian dilaksanakan di bulan Juli - Desember 2016. Kondisi geografis usaha ini terletak di bibir pantai Pulau Madura yang berada ± 1 km dari Pelabuhan Penyeberangan Kamal memanjang 250 meter dari ujung barat ke timur dengan lebar 25 meter dari bibir pantai, sehingga bisa dipakai untuk kegiatan daur ulang kapal 2 unit secara bersamaan. Lokasi kajian dapat dilihat pada Gambar 1.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif didapat dari hasil wawancara dan observasi langsung dengan pihak terkait. Data kuantitatif berbentuk angka atau bilangan sesuai dengan kebutuhan penelitian.



Gambar 1. Lokasi pengembangan *green ship-recycling yard*
Figure 1. Location of the development for *green ship-recycling yard*

Sumber: Google Earth, 2015

Terkait dengan masalah pengambilan keputusan, data-data yang diperoleh berdasarkan persepsi, pengalaman dan intuisi diberikan skor secara numeris (kuantitatif) sehingga dapat diukur dan dapat diolah menggunakan metode *Analytic Network Process* (ANP). Metode ANP sebagai penyempurna dari metode AHP, dimana metode AHP masih perlu banyak perbaikan. Tabel 1 di bawah ini menjelaskan perbedaan AHP dan ANP.

Tabel 1. Perbedaan AHP dan ANP
Table 1. Differences between AHP and ANP

No	Perbedaan	AHP	ANP
1	Kerangka	Hierarki	Jaringan
2	Hubungan	Dependensi	Dependensi dan <i>Feedback</i>
3	Prediksi	Kurang akurat	Lebih akurat
4	Komparasi	Kepentingan	Pengaruh
5	Hasil	Matrik dan kurang stabil	Supermatrik dan lebih stabil
6	Cakupan	Terbatas	Luas

Sumber: Ascarya (2007)

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis teknis dan ekonomis. Analisis teknis meliputi penentuan peralatan yang digunakan untuk masing-masing sarana pokok galangan, tenaga kerja yang dibutuhkan serta rencana *layout* galangan. Analisis ekonomis yaitu menentukan besarnya biaya investasi yang dibutuhkan, seperti peralatan, tanah dan bangunan. Penelitian ini dimulai dengan mengetahui jenis kapal apa saja yang sudah didaur-ulang dengan menggunakan spesifikasi teknis yang sudah ada. Data ini nantinya akan digunakan untuk menghitung produktivitas galangan serta dilakukan pendataan mengenai peralatan yang dibutuhkan untuk proses daur ulang sehingga nantinya bisa didapatkan layout pengembangan galangan yang baru, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya operasional dan besarnya investasi. Hasil akhir dari penelitian ini menyimpulkan metode yang tepat untuk diterapkan pada galangan daur-ulang kapal di Kamal, Madura.

Analisis kelayakan usaha yang bertujuan untuk menilai layak tidaknya usaha investasi dari hasil pemilihan alternatif, bila dilakukan dengan berorientasi laba. Analisis kelayakan usaha dihitung berdasarkan:

1. *Net Present Value* (NPV)

NPV merupakan salah satu indikator kelayakan investasi yang sering digunakan dalam mengukur

apakah suatu proyek layak atau tidak. *NPV* menghitung *net benefit* yang telah didiskon dengan menggunakan *Social Opportunity Cost of Capital* (*SOCC*). Rumusan dari *NPV* adalah sebagai berikut (Umar, 2003):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- Bt = Keuntungan yang diperoleh tahun ke-t
- Ct = Biaya atau ongkos yang dikeluarkan dari adanya proyek pada tahun ke-t
- i = Suku bunga
- n = Umur proyek

Kriteria penilaian:

- jika $NPV > 0$, maka usulan bisnis diterima
- jika $NPV < 0$, maka usulan bisnis ditolak
- jika $NPV = 0$, nilai perusahaan tetap walau usulan bisnis diterima atau ditolak.

2. *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR merupakan nilai *discount rate* *i* yang membuat *NPV* dari proyek sama dengan 0 (nol). IRR dapat juga dianggap sebagai tingkat keuntungan atas investasi bersih dari suatu proyek, sepanjang setiap *benefit* bersih yang diperoleh secara otomatis ditanamkan kembali pada tahun berikutnya dan mendapatkan tingkat keuntungan *i* yang sama dan diberi bunga selama sisa umur proyek. IRR dapat didekati dengan rumus dibawah ini (Ibrahim, 2003):

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) \times \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- IRR = Nilai *Internal Rate of Return*, dinyatakan dalam %
- NPV1 = *Net Present Value* pertama pada *Discount Factor* (DF) terkecil
- NPV2 = *Net Present Value* pertama pada *Discount Factor* (DF) terbesar
- i1 = Tingkat suku bunga/*discount rate* pertama
- i2 = Tingkat suku bunga/*discount rate* kedua

Kelayakan suatu proyek dapat didekati dengan mempertimbangkan nilai IRR sebagai berikut: Jika $IRR \geq$ nilai tingkat suku bunganya maka proyek tersebut layak untuk dikerjakan. Jika $IRR <$ nilai tingkat suku bunganya maka proyek tersebut dinyatakan tidak layak untuk dikerjakan.

3. Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C)

Net B/C yaitu membagi jumlah nilai sekarang aliran kas manfaat bersih positif dengan jumlah nilai sekarang aliran kas mafaat bersih negatif pada tahun awal proyek (Gittinger, 1928). Rumus perhitungannya adalah:

$$\text{Net B/C} = \frac{\text{NPV}_{\text{B-C Positif}}}{\text{NPV}_{\text{B-C Negatif}}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- Net B/C = Nilai *Benefit-Cos ratio*
- NPV B-C Positif = *Net Present Value (NPV)* positif
- NPV B-C Negatif = *Net Present Value (NPV)* negatif

Kriteria Penilaian :

- Jika *Net B/C* > 1, maka usulan bisnis dikatakan menguntungkan,
- Jika *Net B/C* < 1, maka usulan bisnis tidak menguntungkan.

4. Pay Back Periode (PBP)

PBP adalah teknik penilaian terhadap jangka waktu (periode) pengembalian investasi suatu proyek atau usaha. Perhitungan dapat dilihat dari perhitungan kas bersih yang diperoleh setiap tahun (Kasmir & Jakfar, 2004).

$$\text{PBP} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Kas Masuk Bersih}} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots\dots (4)$$

Kriteria penilaian:

Nilai PBP lebih pendek waktunya dari maksimum maka usulan investasi dapat diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Analytic Network Process (ANP)* merupakan pengembangan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Metode ANP mampu memperbaiki kelemahan AHP berupa kemampuan mengakomodasi keterkaitan antar kriteria atau alternatif. Metode ANP memiliki 2 jenis keterkaitan yaitu satu set elemen (*inner dependence*) dan antar elemen yang berbeda (*outer dependence*). Metode ANP lebih kompleks dibanding metode AHP disebabkan adanya keterkaitan tersebut.

ANP adalah teori umum pengukuran *relative* yang digunakan untuk menurunkan rasio prioritas komposit dari skala rasio individu yang mencerminkan pengukuran *relative* dari pengaruh elemen-elemen yang saling berinteraksi berkenaan dengan kriteria kontrol. ANP merupakan teori matematika yang memungkinkan seseorang untuk melakukan *dependence* dan *feedback* secara sistematis yang dapat

menangkap dan mengkombinasikan faktor-faktor *tangible* dan *intangibile*.

Software super decision, merupakan alat bantu metode ANP yang menggunakan program komputer untuk menunjukkan nilai bobot kepentingan untuk setiap pemilihan kriteria-kriteria: ekonomi, resiko lingkungan, resiko keselamatan, teknik yang dapat menentukan alternatif-alternatif. Perhitungan bobot kepentingan tiap subkriteria dengan metode ANP dapat ditentukan dengan cara menentukan hubungan antar subkriteria dan identifikasi ada tidaknya hubungan keterkaitan satu kelompok (*inner dependence*) dan antar kelompok (*outer dependence*) (Rinawati & Handoko, 2015).

Metode ANP memiliki langkah-langkah yang harus diikuti dalam pengambilan keputusan adalah sebagai berikut: menentukan masalah, menyusun prioritas kriteria, menyusun kelompok dan elemen dalam sub jaringan sebagai prioritas utama, menghubungkan elemen yang sesuai di dalam sub jaringan, membandingkan pasangan elemen, membandingkan pasangan kelompok yang saling mempengaruhi, menghitung batasan prioritas, menggabungkan prioritas dan alternatif untuk setiap sub jaringan, membuat model peringkat untuk kriteria strategis yang telah diidentifikasi, menggabungkan alternatif dari tingkat kriteria, dan yang terakhir melakukan analisis sensitivitas hasil akhir (Saaty, 2008).

Alternatif ditentukan berdasarkan masukan data kuesioner yang disebar ke beberapa responden antara lain: galangan, akademisi (mahasiswa dan dosen), ahli di bidang galangan dan instansi terkait. Data kuesioner tersebut berupa data numerik hasil pemilihan *alternative: docking, decoating, cutting*, dan material *handling* berdasarkan kelebihan dan kekurangan masing-masing yang kemudian dimasukkan menggunakan program ANP (*software super decision*) sehingga menghasilkan luaran sebagai berikut:

Alternatif sistem perletakan kapal atau dok (*docking system*) yang terdiri dari: dok apung (*floating dock*), dok kolam kering (*graving dock*), dok angkat (*lifting dock*), dok pelabuhan (*pier dock*), dok tarik (*slipway*) dan dok kolam berisi air (*wet basin*). Analisis ANP mendapatkan alternatif sistem dok adalah *slipway* dengan nilai tertinggi yaitu 0,284 seperti terlihat dalam Gambar 2. Metode *slipway* memiliki kelebihan secara umum dibanding alternatif lain yaitu biaya pembangunan lebih murah dan pengembangan kapasitas produksi kerja mudah. *Slipway* menurut jenisnya berdasarkan arah bangunanya ada 2 macam,

yaitu arah memanjang dan melintang (Dharma, 2011).

Decoating system adalah sistem pengupasan cat atau lapisan permukaan pada bodi kapal yang terdiri dari beberapa metode pengupasan menggunakan material yang ditembakkan menggunakan daya dorong angin bertekanan tinggi yaitu: pasir (*sand blasting*), air (*hydro blasting*), bahan kimia (*chemical blasting*), dan es kering (*dry ice blasting*). Hasil yang didapat berdasarkan ANP yaitu sistem pengupasan *dry ice blasting* memiliki nilai tertinggi yaitu 0,360 seperti terlihat dalam Gambar 3. Kelebihan *dry ice blasting* dibanding alternatif lain adalah: bersifat *abrasive* tinggi sehingga memakan waktu yang singkat dan bahan yang digunakan ramah lingkungan.

Alternatif sistem pemotongan (*cutting system*) badan kapal menggunakan beberapa alat antara lain: menggunakan las api *oxy acetylene* yang didapat dari zat asam dan asetilin (gas karbit) bertekanan tinggi dari silinder-silinder besi terpisah yang dialirkan dari tabung oksigen dan nitrogen, *water jet* yaitu Alat potong logam atau bahan lain dengan menggunakan campuran air dan bahan *abrasive* yang didorong menggunakan angin bertekanan tinggi, plasma cutting yaitu las besi menggunakan obor plasma yang ditiup dengan kecepatan tinggi, pada saat yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari *nozle* ke permukaan yang dipotong dan *mobile shear* yaitu alat berat dimana belalainya memiliki gunting besar yang digunakan untuk memotong material besi sekaligus dapat digunakan untuk memindahkan material yang sudah dipotong menuju tempat yang ditentukan. Analisis ANP memilih alternatif sistem pemotongan didapat *oxy acetylene* memiliki nilai tertinggi 0,348 sehingga layak digunakan, seperti terlihat dalam Gambar 4. *Oxy acetylene* memiliki kelebihan dibanding alternatif lain

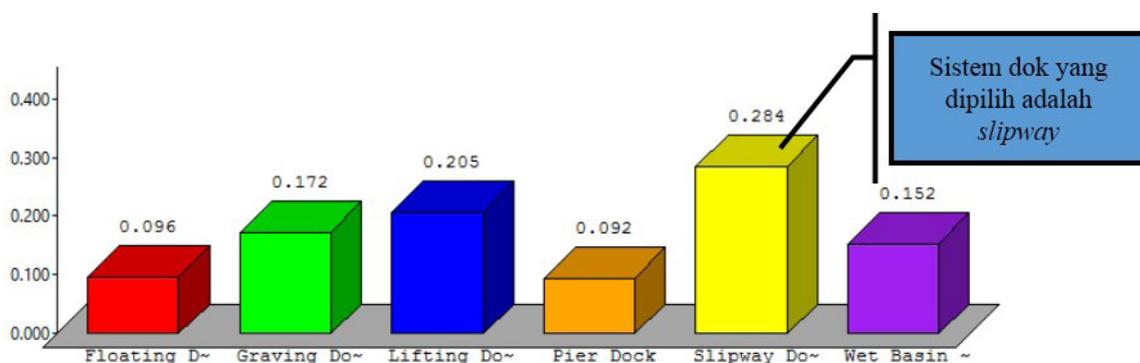
yaitu dapat dengan mudah memotong besi yang tebal dengan cepat sehingga memiliki hasil produksi yang besar.

Alternatif penanganan material (*material handling*) menggunakan beberapa alat antara lain: *fix crane* yaitu Alat bantu pengangkat material dengan kapasitas angkut tinggi, bergerak horisontal vertikal, berputar 360° dan tidak dapat berpindah-pindah tempat, *mobile crane crawler* yaitu mobil beroda besi bergerak lambat yang dilengkapi dengan alat derek kapasitas tinggi yang mampu bergerak di segala medan, *mobile crane wheel* yaitu mobil beroda karet yang mampu bergerak cepat dan dilengkapi alat derek kapasitas tinggi. Analisis ANP memilih alternatif *material handling* adalah *mobile crane crawler* yang memiliki nilai 0,487 seperti terlihat di dalam Gambar 5. *Mobile crane crawler* memiliki kelebihan dibanding alternatif *material handling* yang lain. Alat tersebut memiliki kapasitas pengangkatan lebih besar serta mampu berjalan di segala medan.

Fariya (2016) di dalam penelitiannya mengurutkan alternatif berdasarkan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yaitu: 1) *Docking: Slipway, graving dock, wet basin, floating* dan *lifting dock*; 2) *Decoating: Dry ice blasting, sand blasting, hydro blasting* dan *chemical blasting*; 3) *Cutting: oxy acetylene, water jet, mobile shear*, dan *plasma cutting*; 4) *Material handling: mobile crane crawler, mobile crane wheel* dan *fix crane*.

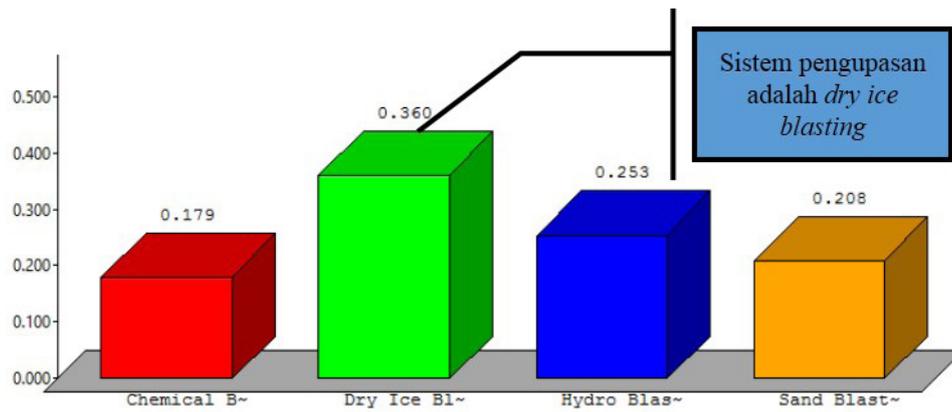
Analisis Ekonomi

Hasil analisis pemilihan alternatif menggunakan ANP maka didapatkan: sistem dok menggunakan *slipway*, sistem pengupasan permukaan menggunakan *dry ice blasting*, sistem pemotongan menggunakan *oxy acetylene*, dan penanganan material menggunakan

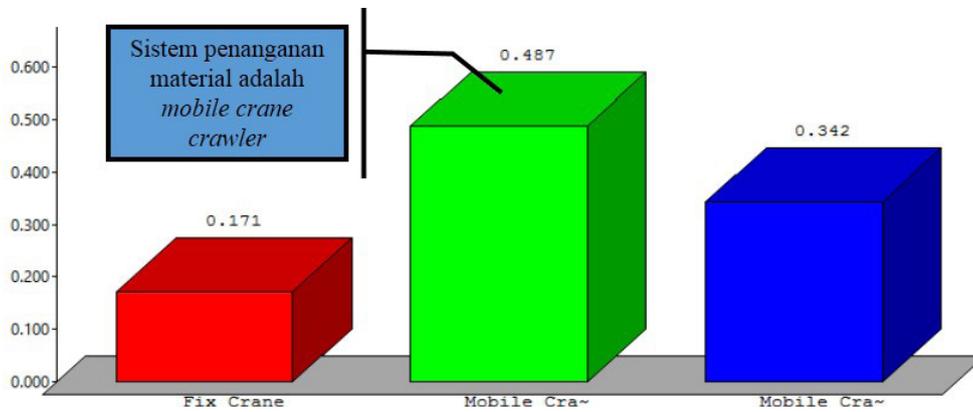


Gambar 2. Diagram batang sistem dok
Figure 2. Barchart of docking system

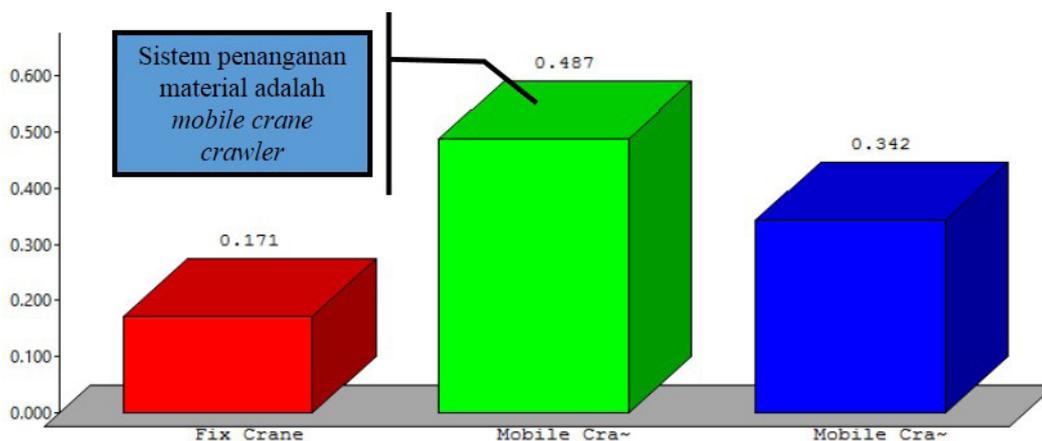
Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 3. Diagram batang sistem pengupasan
 Figure 3. Barchart of decoating system
 Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 4. Diagram batang sistem pemotongan
 Figure 4. Barchart of cutting system
 Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 5. Diagram batang penanganan material
 Figure 5. Barchart of material handling
 Sumber: Hasil pengolahan data

mobile crane crawler. Hasil pemilihan tersebut kemudian dilakukan analisis ekonomi. Perkiraan kas masuk atau proyeksi produksi dan pendapatan kotor diperoleh dari besarnya output material yang akan dijual untuk diolah atau digunakan kembali. Harga material sebagian besar mengacu pada komoditi dunia, dimana sering berubah sesuai pasar dunia. Proyeksi produksi (kotor) dapat dilihat dalam Tabel 2.

Investasi pada dasarnya merupakan usaha menanamkan faktor-faktor produksi dalam proyek tertentu. Investasi memiliki tujuan utama untuk memperoleh berbagai manfaat yang cukup layak di masa yang akan datang

berupa imbalan keuangan, misalnya laba, manfaat non keuangan atau kombinasi dari keduanya. Biaya investasi pembangunan *green ship recycling yard* dapat dilihat di dalam Tabel 3. Biaya operasional merupakan biaya yang dikeluarkan saat proses kegiatan pemotongan kapal yang meliputi biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya-biaya tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Net Present Value (NPV) diperoleh dari *zigma* keuntungan yang diperoleh tahun tertentu dikurangi biaya atau ongkos yang dikeluarkan pada tahun tertentu yang kemudian dibagi umur proyek ditambah

Tabel 2. Proyeksi produksi (kotor)
Table 2. Projected production (gross)

No	Produk	Volume	Unit	Harga jual (Rp)	Penjualan/bulan (Rp)	Penjualan/tahun(Rp)
1	Steel	845	ton	3.600.000	3.042.000.000	36.504.000.000
2	Copper	5,2	ton	53.000.000	275.600.000	3.307.200.000
3	Zinc	3,9	ton	500.000	1.950.000	23.400.000
4	Bronze	3,9	ton	1.200.000	4.680.000	56.160.000
5	Mesin	104,0	ton	3.300.000	343.200.000	4.118.400.000
	Total				3.667.430.000	44.009.160.000

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 3. Proyeksi produksi (kotor)
Table 3. Projected production (gross)

No	Komponen biaya	Satuan	Jumlah fisik	Harga/satuan (Rp)	Jumlah biaya (Rp)
1	Administrasi	Ls	1	5.000.000	5.000.000
2	Tanah	m2	10.000	2.500.000	25.000.000.000
3	Area parkir	m2	300	250.000	75.000.000
4	Kantor andministrasi	m2	500	2.500.000	1.250.000.000
5	Gudang	m2	200	1.750.000	350.000.000
6	Tempat Hazmat	m2	300	1.500.000	450.000.000
7	Jalan akses	m2	500	125.000	62.500.000
8	Kendaraan				
	Truk	Unit	2	150.000.000	300.000.000
	Fork lift	Unit	1	384.000.000	384.000.000
	Sepeda Motor	Unit	1	15.000.000	15.000.000
9	Alat produksi				
	Peralatan tarik	Unit	1	750.000.000	750.000.000
	Dry ice blasting	Unit	5	153.300.000	766.500.000
	Oxy Acetylene	Unit	20	35.640.000	712.800.000
	Mobile Crane Crawler	Unit	2	480.000.000	960.000.000
10	Peralatan lainnya				
	Genset (50 KVA)	Unit	1	68.400.000	68.400.000
	Sistem pemadam kebakaran	Unit	1	50.000.000	50.000.000
	TOTAL				31.199.200.000

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 4. Biaya operasi (biaya tetap)
 Table 4. Operating costs (fixed costs)

No	Uraian	Jumlah Satuan	Biaya Per Satuan (Rp)	Total Biaya / Bulan (Rp)	Total Biaya / Tahun (Rp)
1	Tenaga Kerja				
	a. <i>Operations Director</i>	1	orang 60.000.000	60.000.000	660.000.000
	b. <i>Distribution Manager</i>	1	orang 25.000.000	25.000.000	275.000.000
	c. <i>Shipping Manager</i>	1	orang 25.000.000	25.000.000	275.000.000
	d. <i>Shipping Supervisor</i>	1	orang 6.500.000	6.500.000	71.500.000
	e. <i>Secretary</i>	1	orang 4.500.000	4.500.000	49.500.000
	f. <i>Project Administration</i>	2	orang 3.500.000	7.000.000	77.000.000
2	Premi asuransi	1	Ls 12.999.667	12.999.667	142.996.333
3	Perawatan Kendaraan dan Peralatan	1	Ls 3.956.700	3.956.700	43.523.700
4	Pembelian & Penanganan Material	1	Ls 3.500.000	3.500.000	38.500.000
5	Bahan Bakar (Solar Industri)	20	ltr 8.000	160.000	1.760.000
7	ATK	1	Ls 250.000	250.000	2.750.000
8	Biaya lain-lain	1	Ls 500.000	500.000	5.500.000
	Total			49.366.367	1.792.396.400

Sumber: Themas, (2016) dan Hasil pengolahan data

Tabel 5. Biaya operasi (biaya tidak tetap)
 Table 5. Operating costs (variable costs)

No	Struktur Biaya	Jml Satuan	Satuan	Biaya/Satuan (Rp)	Biaya/bulan (Rp)	Biaya/Tahun (Rp)
1	Pembelian kapal	1	unit	1.170.000.000	1.170.000.000	12.870.000.000
2	Biaya daur ulang kapal (<i>Decoating+Cutting</i>)					
	<i>Steel</i>	845	ton	450.000	380.250.000	4.182.750.000
	<i>Copper</i>	5,2	ton	450.000	2.340.000	25.740.000
	<i>Zinc</i>	3,9	ton	450.000	1.755.000	19.305.000
	<i>Bronze</i>	3,9	ton	450.000	1.755.000	19.305.000
	Mesin	104,0	ton	450.000	46.800.000	514.800.000
3	Onkos Angkut (<i>Material handling</i>)	962	ton	50.000	48.100.000	529.100.000
4	Bahan Bakar (Solar Industri)	4.000	ltr	8.000	32.000.000	352.000.000
5	Penanganan material berbahaya					
	<i>Electrical</i>	40	ton	600.000	24.000.000	264.000.000
	<i>Plastic</i>	10	ton	300.000	3.000.000	33.000.000
	<i>Chemical gas</i>	1	ton	600.000	600.000	6.600.000
	Material lainnya	50	ton	300.000	15.000.000	165.000.000
5	Biaya Lain-lain	1	Ls	5.000.000	5.000.000	55.000.000
	Total				1.730.600.000	19.036.600.000

Sumber: Hasil pengolahan data

1 (satu) pangkat tahun tertentu. Hasil perhitungan NPV tersebut adalah Rp 11.493.001.413 > 0 maka usulan bisnis tersebut dapat diterima.

Internal Rate of Return (IRR) merupakan nilai

discount rate i yang membuat NPV dari proyek sama dengan 0 (nol). IRR dianggap sebagai tingkat keuntungan atas investasi bersih dari suatu proyek, sepanjang setiap *benefit* bersih yang diperoleh secara otomatis ditanamkan kembali pada tahun berikutnya

dan mendapatkan tingkat keuntungan i yang sama dan diberi bunga selama sisa umur proyek. Nilai IRR didapat dari hasil perhitungan adalah 97% dimana sangat besar dibanding dengan nilai suku bunga bank per Agustus 2016 adalah 12,13%. Nilai IRR jauh lebih besar dikarenakan harga kapal bekas dan upah buruh yang relatif murah sedangkan harga jual besi bekas (kualitas besi *marine*) yang tinggi. Nilai IRR 97% > 12,13% maka proyek tersebut layak untuk dikerjakan.

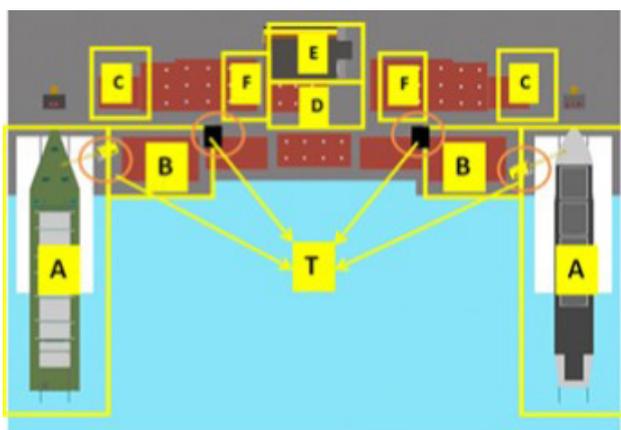
Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C) merupakan perbandingan antara NPV total dari *benefit* bersih terhadap total biaya bersih. *Net benefit-cost ratio* atau perbandingan manfaat dan biaya bersih suatu proyek adalah perbandingan sedemikian rupa sehingga pembilangnya terdiri atas present *value* total dari *benefit* bersih dalam tahun di mana *benefit* bersih itu bersifat positif, sedangkan penyebut terdiri atas *present value* total dari *benefit* bersih dalam tahun di mana *benefit* itu bersifat negatif. Nilai Net B/C = 1,37 > 1 maka usulan bisnis dikatakan menguntungkan.

Pay Back Periode (PBP) adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain *payback period* merupakan rasio antara *initial cash investment* dengan *cash inflow*-nya yang hasilnya adalah 1,7 tahun.

Pengembangan Green Ship Recycling Yard

Green ship recycling yard dikembangkan ke dalam beberapa zona (Gambar 6). Zona tersebut dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

- Zona A, area persiapan awal dan pemotongan;



Gambar 6. Tata letak galangan daur-ulang kapal yang ramah lingkungan di Kamal, Madura

Figure 6. Layout of Green Ship Recycling Yard in Kamal, Madura

(Sumber: Fariya, 2016)

- Zona B, area pemilahan utama dan pemotongan lanjutan;
- Zona C, pemilahan, penyelesaian dan perbaikan, pemisahan material berbahaya;
- Zona D, peralatan dan material yang telah diproses;
- Zona E, fasilitas untuk merespon keadaan darurat, perkantoran, dan gudang;
- Zona F, pembuangan sampah, *landfill*, *incineration*;
- Zona T, pengangkut/penanganan material.

Pengembangan fasilitas galangan daur-ulang kapal secara terperinci dapat dilihat pada Tabel.6.

Metode *docking* yang sebelumnya menggunakan metode pengandasan di pantai (*beaching*) dikembangkan menjadi metode dok tarik (*slipway*), dimana metode *beaching* tidak ramah lingkungan. *Slipway* memiliki kelebihan secara umum adalah proses daur-ulang kapal tidak terpengaruh dengan gelombang dan pasang surut air laut. Galangan kapal pada tahap awal dibutuhkan *dok slipway* 1 unit dengan kapasitas max 3.000 GT mengingat akan jumlah kapal yang tersedia masih minim. Tenaga penggerak untuk menarik kapal diperlukan *winch machine* 1 set dengan kapasitas 10 ton 17 meter/menit dan ditambah beberapa alat pendukung seperti *fresh water pump*, *oil boom* dan *oil water separator*.

Tabel 6. Konsep pengembangan fasilitas galangan
Table 6. The development concept of shipbuilding facilities

No	Uraian	Unit	Satuan
1	Zona Utama - Zona A		
	1. <i>Slipway</i> (max 3.000 GT)	1	Unit
	2. <i>Winch Machine</i> (10t 17m/menit)	1	Set
	3. <i>Fresh Water Pump</i> (75PH/37,5KW)	2	Set
	4. <i>Oil Boom</i>	2	Unit
	5. <i>Oil water separator</i>	2	Set
2	Zona Lanjutan - Zona B		
	1. <i>Oxy-acetylene</i>	20	Unit
	2. <i>Dry Ice blasting</i>	5	Unit
3	Zona E		
	1. <i>system</i> pemadam kebakaran	1	Unit
	2. Gas detektor dan <i>oxygen meter</i>	2	Set
	3. <i>Protective Equipment</i>	50	Unit
	4. <i>First aid kits</i>	1	Set
4	Zona T		
	1. <i>Crawler crane</i> (55 ton)	2	Unit
	2. <i>Forklift</i> (5 ton)	1	Unit

Sumber: Hasil pengolahan data

Teknologi *cutting Oxy Acetylene* memiliki titik panas lebih tinggi sehingga menambah produktifitas. *Acetylene* lebih aman karena tidak mudah terbakar dibanding dengan LPG. Saat proses *ship recycling* membutuhkan alat las *oxy acetylene* 20 unit dengan asumsi 15 unit sebagai alat produksi dan 5 unit sebagai cadangan.

Dry ice blasting adalah proses pengikisan dengan menggunakan partikel keras yaitu *carbon dioxide* (CO_2), atau lebih dikenal dengan es kering. *Dry ice blasting* dipilih menggantikan *sand blasting* dikarenakan di dalam pembersihan permukaan sebagai cara yang paling murah karena tidak memerlukan biaya untuk proses pembuangan dan pengolahan sisa *de-coating* sehingga ramah lingkungan bila dibanding menggunakan *sand blasting*. Alat ini dibutuhkan sebagai alat produksi cukup 4 unit dan 1 unit sebagai cadangan, mengingat proses pengupasan menggunakan alat ini sangat cepat.

Crawler crane sebagai alat bantu material *handling* berkapasitas 55 ton 1 unit di samping kiri dan 1 unit disamping kanan serta dibantu *forklift* 1 unit yang akan mempermudah mobilisasi material hasil pemotongan ke tempat *storage*. Peralatan ini mengurangi penggunaan tenaga manusia sehingga bisa mengurangi pekerja kuli angkut dan dapat ditempatkan dibagian yang lain.

Dampak Lingkungan

Limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) dari aktifitas pembongkaran kapal bekas (*ship dismantling*) dan daur ulang kapal bekas (*ship recycling*) di Madura berasal dari berbagai elemen antara lain: logam skrap, permesinan, peralatan listrik dan elektronik, mineral, plastik, material perekat, cat yang dipakai, bahan anti karat, bahan bakar, muatan kapal, dan bahan-bahan lain yang dipergunakan dalam aktifitas di kapal berdampak terhadap pencemaran lingkungan.

PP 74/2001 menguraikan secara singkat klasifikasi B3 sebagai berikut: 1) *Explosive* (mudah meledak): adalah bahan yang pada suhu dan tekanan standar ($25\text{ }^\circ\text{C}$, 760 mmHg), 2) *Flammable* (mudah menyala) bahan yang mengandung alkohol kurang dari 24%-volume, dan atau mempunyai titik nyala $\leq 60\text{ }^\circ\text{C}$ (140 F), 3) *Corrosive* (karat) menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja standar SAE-1020 dengan laju korosi lebih besar dari $6,35\text{ mm/tahun}$ dengan temperatur pengujian $55\text{ }^\circ\text{C}$.

Peraturan Pemerintah Indonesia dan Undang Undang, yang berkenaan dengan lingkungan hidup dan daur-ulang kapal adalah sebagai berikut: a) Pelayaran, berkaitan dengan perlindungan lingkungan maritim untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran lingkungan perairan yang bersumber dari kegiatan: kepelabuhan, pengoperasian kapal, pengangkutan limbah, bahan berbahaya, dan beracun di perairan, pembuangan limbah di perairan, dan penutuhan kapal (UU No. 17, 2008), b) Perlindungan Lingkungan Maritim. Sesuai pasal 3 ayat 2 Kegiatan kepelabuhan, pembangunan, perawatan, dan perbaikan kapal termasuk kegiatan penutuhan kapal (*ship recycling*). Pencemaran lingkungan yang bersumber dari kapalnya dapat berupa: minyak; bahan cair beracun; muatan bahan berbahaya dalam bentuk kemasan; kotoran; sampah; udara; air balas; dan/atau barang dan bahan berbahaya bagi lingkungan yang ada di kapal (PP 21, 2010). Peraturan Menteri yang berhubungan dengan pencegahan dan penanggulangan pencemaran untuk menghindari atau mengurangi pencemaran tumpahan minyak, bahan cair beracun, muatan berbahaya dalam kemasan, limbah kotoran (*sewage*), sampah (*garbage*), gas buang dari kapal ke perairan serta akibat kegiatan penutuhan kapal (PM 29, 2014).

Dampak lingkungan yang bisa ditimbulkan akibat kegiatan *ship recycling yard* di Kamal, Madura apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan: polusi perairan oleh zat berbahaya/racun (*harmful/toxic substances*), kontaminasi sedimen dasar, rusak/hilang habitat dasar, kerusakan ekologi laut dan pesisir, erosi pantai, pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, biasanya berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (*toksisitas*) yang tinggi, komponen hidrokarbon yang bersifat racun disebabkan oleh tumpahan minyak berpengaruh pada eproduksi, perkembangan, pertumbuhan, dan perilaku biota laut, terutama pada plankton, bahkan dapat mematikan ikan, dengan sendirinya dapat menurunkan populasi ikan dan biota laut lainnya, emisi material berbahaya yang beracun ini suatu saat akan masuk ke dalam biota laut dan akhirnya ke tubuh manusia yang lambat laun akan mempengaruhi kesehatan manusia, polusi udara, bunyi, getaran, dan polusi penglihatan/pandangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis ANP untuk galangan daur-ulang kapal di Kamal, Madura, merekomendasikan dengan nilai tertinggi: (i) metode *slipway* (0,284) untuk pengedokan, (ii) metode *dry ice blasting* (0,360) untuk pengupasan, (iii) metode *oxy acetylene* (0,348) untuk pemotongan, dan (iv) metode *mobile crane crawler* (0,487) untuk penanganan material. Hasil analisis ekonomis (kelayakan usaha) menunjukkan bahwa *green ship-recycling yard* di Kamal, Madura sebagai usaha daur-ulang kapal layak untuk dikembangkan.

Saran

Studi lokasi pengembangan *green ship recycling yard* di beberapa wilayah Indonesia perlu dilaksanakan untuk penelitian berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) yang telah memberikan bantuan finansial dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N. (2016). *Analisis Teknis dan Ekonomis Pengembangan Industri Daur ulang Kapal Berwawasan Lingkungan (Ship Recycling Yard) di Pulau Madura*. Surabaya. Skripsi. Fakultas Teknologi Kelautan: ITS.
- Ascarya. (2007). *Akad & produk Bank Syariah*. PT Raja Grafindo, Jakarta.
- Dharma, Budi. (2011), *Perencanaan Konstruksi Beton Slipway - 150 LWT*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, Vol.16 No.2 Hal.68-74.
- Eckhard, M. (2009). *Ship Demolition Report and Market Analysis*, Ballindamm, Hamburg.
- Fariya, S. (2016). *Analisis Teknis Pengembangan Green Ship Recycling Yard di Indonesia*. Tesis. Fakultas Teknologi Kelautan: ITS.
- Gittinger, J.P. (1928). *Economic Analysis of Agriculture* (2nd ed). (Slamet Sutomo & Komet Mangiri, Penerjemah). Jakarta: UI Press.
- Google Earth. (2015), Pencitraan, Digital Globe, Indonesia.
- Hasugian, S. (2010). *Studi Pengembangan Hazardous Material Pada Proses Ship Recycling Sesuai IMO Guidelines untuk Kapal Berbendera Indonesia*. Tesis. Fakultas Teknologi Kelautan: ITS.
- Ibrahim, M.Y. (2003). *Studi Kelayakan Bisnis*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Kasmir & Jakfar. (2004). *Studi Kelayakan Bisnis*. Jakarta: Kencana.
- Kristiyono, T.A., Basuki, M., & Arifin, N.T. (2009). *Studi Pengembangan Industri Dok dan Galangan Kapal di Daerah Paciran Lamongan*, Teknik Perkapalan UHT, Surabaya.
- Loupatty, Grace. (2013), *Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku*, FMIPA UNPATTI, Ambon. Vol. 7 No. 1 Hal. 19 - 22.
- Makbul, A. (2010). *Studi Tekno Ekonomi Pengembangan Ship Recycling Yard di Indonesia*. Tesis. Fakultas Teknologi Kelautan: ITS.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 29. (2014). *Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim*. Menteri Perhubungan, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21. (2010). *Perlindungan Lingkungan Maritim*. Presiden Republik Indonesia, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 74 (2001), *Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun*, Jakarta.
- Rinawati, D.I,dan Handoko, M.I.T. (2015). *Integrasi Metode Analytical Network Process (ANP) dan Technique for Others Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dalam Menentukan Prioritas Supplier Bahan Baku*, Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro, Semarang. Vol. X, No 1.
- Saaty, T.L. (2008). *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. Kobe, Int. *J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp.83-98.
- Themas, B. (2016), *Salary Guide*, Kelly Indonesia.
- Umar, Husein. (2003). *Studi Kelayakan Bisnis: Teknik Menganalisis Kelayakan Rencana Bisnis secara Komprehensif* (Ed ke-2). Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 17. (2008). *Pelayaran*. Presiden Republik Indonesia, Jakarta.

Istilah Makna

- Decommision* Penarikan kapal yang berakhir masa operasinya
- Dismantle* Proses pengambilan fisik bagian kapal, tidak termasuk *beaching*
- Demolition* Proses pengambilan bagian kapal, termasuk *beaching*
- Ship breaking* Proses pengambilan bagian kapal, termasuk *beaching*
- Scrapping* Proses pengambilan bagian kapal tanpa menggunakan prosedur
- Ship Scrapping* Proses pengambilan bagian kapal, termasuk *beaching*
- Recycling* Proses pengambilan bagian kapal, jika prosedur yang berhubungan dengan lingkungan, kesehatan pekerja dan keselamatan dilaksanakan maka disebut “*green recycling*”
- Ship recycling* Proses pengambilan material sisa kapal untuk diolah menjadi material yang dapat digunakan kembali, dengan memperhatikan keselamatan, kesehatan pekerja dan lingkungan sekitarnya

maka disebut “*Green Ship recycling*”. Termasuk didalamnya *mooring, beaching, dismantling, recovery of material* dan *reprocessing*

Ship recycling yard Tempat/fasilitas daur ulang kapal yang mendapat izin dari pihak yang berwenang dimana galangan itu berada (IMO, *Ship Recycling Guideline*, 2003). Proses daur ulang kapal (*ship recycling*) dapat dilaksanakan dengan mengandaskan (*beaching*) atau menyandarkan (*mooring*) kapal dengan tetap memperhatikan keselamatan dan kesehatan orang yang terlibat didalamnya dan dampak terhadap lingkungan sekitar