

PENILAIAN RISIKO LINGKUNGAN PADA PROSES *BALLASTING* DAN *DEBALLASTING* DI PT. PELINDO I MENGGUNAKAN *BOW TIE RISK ASSESSMENT*

Minto Basuki¹, Lukmandono², Maria Margareta Zau Beu¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

²Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jln. Arief Rachman Hakim, 100 Surabaya

email: mintobasuki@itats.ac.id

ABSTRAK

Proses *ballasting* adalah proses memasukan air laut kedalam tangki balas kapal untuk menjaga kestabilan kapal pada saat operasional dan menjaga propeler kapal tetap bisa beroperasi dengan optimum pada kondisi sarat kosong. *Deballasting* adalah proses membongkar air balas kapal saat kapal dimuati sampai sarat tertentu atau sarat penuh. Tujuan penelitian ini adalah melakukan penilaian risiko lingkungan pada proses *ballasting* dan *deballasting* di daerah PT. Pelindo I. Sampel data diambil dari kapal-kapal yang melakukan *ballasting* dan *deballasting*. Pada proses *deballasting* ditengarai ada spesies ikutan dari pelabuhan asal yang terikut dan bersifat *invasive* pada perairan dipelabuhan tujuan. Menurut aturan IMO (*Internatonal Maritime Organization*) air balas kapal tidak boleh langsung dibuang diperairan pelabuhan tujuan, tetapi harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan air balas ini sesuai baku mutu Regulasi IMO MEPC 56/23 Annex 2. Hasil pembahasan didaerah PT. Pelindo I belum mempunyai fasilitas pengolahan air balas, air balas kapal langsung dibuang ke perairan pelabuhan. PT. Pelindo I perlu lebih ketat dalam pengawasan pembuangan air balas kapal, khususnya kapal-kapal rute luar negeri dan menyediakan fasilitas pengolahan air balas.

Kata kunci : *Ballasting, Deballasting, IMO, Invasive, Pengolahan*

ABSTRACT

Ballasting is the process of loading seawater into the ballast tank to maintain the stability ship during operation and keep the propeller of the ship can operate optimally in empty conditions. Deballasting is the process of unloading sea water from ballast tank when the ship is loaded to a certain or full load. The purpose of this study is to conduct an environmental risk assessment in the ballasting and deballasting process in the PT. Pelindo I area. Sample Data's are taken from vessels that conduct ballasting and deballasting. In the deballasting process, it is suspected that there are follow-up species from the originating port that are involved and are invasive in waters at the destination port. According to IMO (International Maritime Organization) regulations, ballast water should not be directly discharged at the destination port, but must be treated first. This ballast water treatment is in accordance with the quality standard MEPC IMO Regulation 56/23 Annex 2. Results of discussion in the area of PT. Pelindo I does not yet have ballast water treatment facilities, ballast water is immediately discharged into the port waters. PT. Pelindo I needs to be more stringent in overseeing the disposal of ballast water discharges, especially ships on foreign routes and providing ballast water treatment facilities.

Keywords: *Ballasting, Deballasting, IMO, Invasive, Treatment*

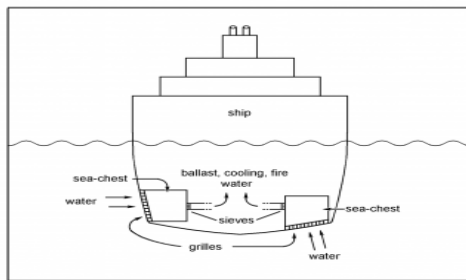
PENDAHULUAN

Proses penilaian risiko lingkungan pada lingkungan maritim pada dasarnya melakukan *Eviromental Risk Assessment* terhadap aktifitas dalam bidang kelautan.

Eviromental Risk Assessment bisa dilakukan terhadap industri maritim, industri pelayaran termasuk operasional kapal [5]. Dalam rangka menjaga kondisi operasional kapal yang aman sepanjang perjalanan kapal ke pelabuhan tujuan, sampai dengan saat ini, hanya dapat dibantu dengan apa yang

disebut teknologi sistim air balas yaitu air laut (bukan menggunakan air tawar) yang digunakan sebagai penyeimbang kapal dan dipompa masuk ke dalam konstruksi lambung kapal. Bayangkan saja, bila kapal menggunakan air tawar, maka berapa ton air tawar yang harus dikonsumsi oleh kapal untuk penyeimbang kapal. Tidak ada jalan lain yang lebih mudah, kapal harus memanfaatkan air laut sebagai pembalasnya [7], [8], [9], [10].

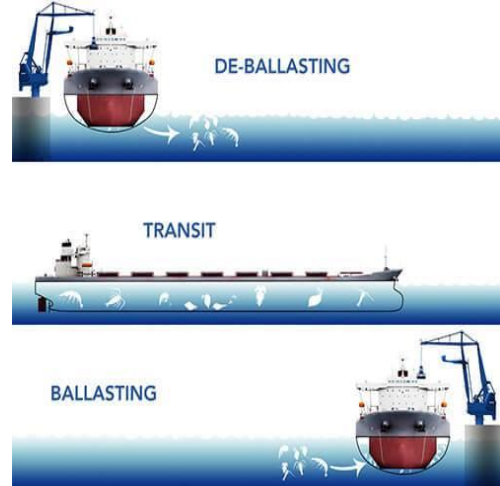
Dengan dimasukkannya air laut ke dalam lambung kapal lewat *sea-chest* sampai ke dalam tangki balas, maka akan terdapat pengurangan tekanan hidrostatik pada lambung kapal. Air balas dapat membantu memberikan stabilitas melintang kapal, air balas dapat meningkatkan kemampuan propulsi kapal dan kemampuan oleh gerak kapal (manuver). Air balas kapal dapat sebagai kompensasi perubahan berat kapal dalam berbagai kondisi beban muatan kapal yang berubah setiap adanya pemuatan dimana tergantung pada berat jenis muatan. Kondisi ini juga bergantung dengan bahan bakar dan air tawar yang dikonsumsi kapal juga mengalami perubahan dalam perjalanan kapal, maka kehadiran air balas sangat diperlukan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1 [7], [10].



Gambar 1. Sistim Air Balas Kapal

Kegiatan memasukkan dan mengeluarkan air laut dari dan ke dalam kapal tampaknya seperti kegiatan yang tidak menimbulkan masalah. Kegiatan yang tidak ada salahnya dan kegiatan *ballasting* kapal ini sangat penting untuk pengoperasian pelayaran kapal yang aman dan efisien. Namun tidak disadari bahwa kegiatan ini dapat menimbulkan perubahan ekologi laut, menimbulkan permasalahan ekonomi dan menimbulkan dampak kesehatan yang serius pada biota laut dan manusia. Hal ini karena banyaknya kedatangan spesies laut yang

diakibatkan oleh adanya air balas kapal [8],[9],[13]. Proses *ballasting* dan *deballasting* seperti gambar 2.



Gambar 2. Proses *Ballasting* dan *Deballasting* [10]

Menggunakan *Bow Tie Risk Assessment* untuk analisis risiko berkaitan berkaitan dengan pelabuhan dan *offshore* terminal. Pelabuhan dan *offshore* terminal karena peranan penting untuk perdagangan dunia dan transportasi melalui laut. Metode *Bow Tie Analysis* (BTA) dikombinasikan dengan FTA, ETA, *Fuzzy Set Theory* (FST) untuk menentukan identifikasi penyebab risiko dan dampak [2]. Metode *Bow Tie Analysis* (BTA) dipakai untuk penilaian risiko pada bidang kesehatan, karena memudahkan dalam menganalisa penyelesaian masalah dalam Risk Assessment yang mempunyai *high-hazard* [11]. Penilaian risiko pada lingkungan maritim (*Environmental Risk Assessment*) dengan memanfaatkan metode kombinasi IEC/ISO 31010 dan *Bow-tie analysis* dalam analisis berkaitan dengan efektifitas biaya. Dalam hal ini, *Bow Tie Analysis* (BTA) berfungsi sebagai jalan dan jembatan yang menghubungkan antara sebuah sistem dan ekosistem yang kompleks [14]. *Bow Tie Analysis* (BTA) digunakan sebagai alat penilaian risiko (*Risk Assessment*) pada perusahaan minyak dan gas, khususnya pada jaringan perpipaan sebagai bagian penting dari sistim distribusi yang amat penting pada perusahaan migas. Model analisis menggunakan kombinasi metode *Probabilistic Failures* dan *Bow-Tie Model* dan data yang digunakan *historical data* untuk melakukan penilaian risiko (*Risk*

Assessment) [4]. *Bow Tie Analysis* (BTA) dipakai dalam analisa risiko pada industri *offshore* minyak dan gas, karena industri *offshore* minyak dan gas memerlukan *safety management*—dengan persyaratan dan aturan keselamatan yang detil serta rigid [6]. *Offshore* minyak dan gas berpotensi risiko terhadap lingkungan laut dan keselamatan manusia, maka didesain mempunyai keamanan yang tinggi. Penilaian risiko lingkungan laut akibat pengeboran minyak dan gas serta risiko polusi menggunakan *Bow Tie Analysis* (BTA) [12]. Metode *Bow Tie Analysis* (BTA) dipakai analisis dalam penyelesaian *risk management processes* pada bidang lingkungan, khususnya lingkungan laut.

METODE

Kaji Pustaka

Kaji literatur diperlukan untuk menentukan permasalahan, metode yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu dan gap penelitian yang akan dilakukan. Kaji literatur yang dilakukan meliputi metode dan hasil yang telah dilakukan para peneliti pada bidang manajemen risiko, bidang *environmental risk assessment*, dan bidang penilaian risiko.

Identifikasi Hazard

Domain penelitian yang akan dilakukan adalah pada kelompok manajemen risiko, risiko lingkungan yang dikombinasikan dengan prosedur evaluasi risiko. Analisis identifikasi *hazard* dilakukan pada PT. Pelindo I, baik data primer maupun data sekunder.

Model Risiko Yang Dikembangkan

Probabilitas terjadinya kegagalan dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu: (i) *Maturity factor* (P_m) adalah faktor yang merefleksikan probabilitas terjadinya kegagalan karena perkembangan teknologi baru. (ii) *Complexity factor* (P_c) adalah faktor yang merefleksikan probabilitas terjadinya kegagalan karena pengembangan sistem. (iii) *Dependency factor* (P_d) adalah faktor yang merefleksikan probabilitas kegagalan kejadian karena ketergantungan terhadap fasilitas, kontraktor dan lain-lain [1].

Dampak terjadinya kegagalan dipengaruhi oleh tiga macam faktor, yaitu: (i) *Performance factor*: yaitu faktor yang merefleksikan penurunan kinerja. (ii) *Cost factor*: yaitu faktor yang merefleksikan penambahan biaya. (iii) *Schedule factor*: yaitu faktor yang merefleksikan penundaan jadwal [1].

Model Probabilistic Risk Assessment

Model probabilistik dilakukan dengan menilai atau menghitung probabilitas masing-masing potensial hazard. Pendekatan yang dilakukan dengan menggunakan prinsip statistik (metode perkalian, teori peluang) digabungkan dengan metode pohon keputusan [3]. Model ini dipakai menentukan kategori risiko untuk masing-masing hazard, nilai risiko serta peringkat risiko.

Model Bow Tie Risk Assessment

Model ini dikembangkan untuk membantu menganalisis faktor penyebab pada satu sisi dan faktor dampak pada sisi lainnya. Dalam model ini dapat diketahui juga proses mitigasi dari masing-masing faktor penyebab dan dampak dalam satu garis. Model ini dikembangkan dengan urutan sebagai berikut: *Identify Hazards, Develop Risk Scenario, Assess Risk, Bowtie Analysis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kujungan Kapal

Peningkatan perdagangan domestik dan internasional yang diikuti dengan proses transportasi barang dan jasa yang dipindahkan, maka juga akan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan alat transportasi dan segala fasilitasnya. Hal ini juga akan menjadi peluang dan tantangan bagi pengelola pelabuhan, karena akan mempunyai dampak positif dan negatif. Data kunjungan kapal dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan tabel 2 dan 3 adalah arus barang dalam peti kemas dan arus barang non peti kemas.

Tabel 1. Kunjungan Kapal Domestik dan Internasional di PT. Pelindo I

No	Alur Pelayaran	Satuan	Tahun				
			2013	2014	2015	2016	2017
1	Kapal Asing	Unit	9,288	10,587	10,037	9,375	9,713
		GT	21,028,175	23,597,031	23,057,422	25,260,000	21,044,512
2	Kapal Nasional	Unit	55,728	63,519	60,221	56,251	58,276
		GT	126,169,052	141,582,184	138,344,533	151,560,002	126,267,074
Total		Unit	65,016.00	74,106.00	70,258.00	65,626.00	67,989.00
		GT	147,197,227.00	165,179,215.00	161,401,955.00	176,820,002.00	147,311,586.00

Tabel 2. Arus Peti Kemas Yang Dikelola PT. Pelindo I

No	Alur Pelayaran	Satuan	Tahun				
			2013	2014	2015	2016	2017
1	Perdagangan Internasional	TEU's	606,881.36	601,155.91	544,041.36	523,610.00	521,338.18
2	Perdagangan Domestik	TEU's	728,257.64	288,239.00	354,902.00	583,942.00	784,920.00
	Total	TEU's	1,335,139.00	1,322,543.00	1,196,891.00	1,151,942.00	1,146,944.00

Tabel 3. Arus Barang Non Peti Kemas Yang Dikelola PT. Pelindo I

No	Alur Pelayaran	Satuan	Tahun				
			2013	2014	2015	2016	2017
1	Perdagangan Internasional	Ton	33,549,129.55	35,064,004.09	21,320,920.45	24,924,023.18	22,677,454.09
2	Perdagangan Domestik	Ton	40,258,955.45	42,076,804.91	25,585,104.55	29,908,827.82	27,212,944.91
	Total	Ton	73,808,085.00	77,140,809.00	46,906,025.00	54,832,851.00	49,890,399.00

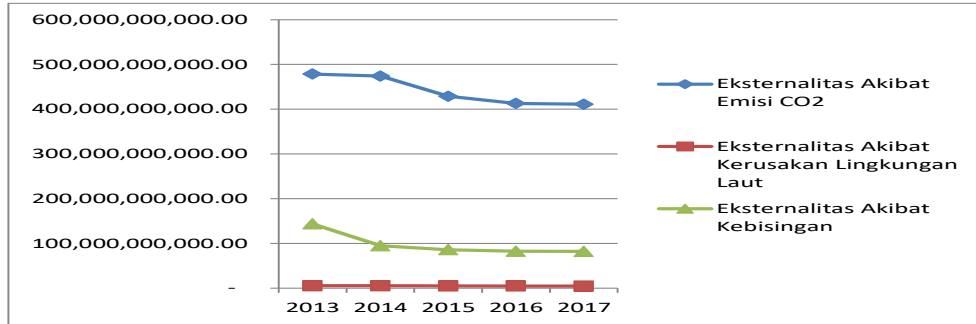
Dampak Kunjungan Kapal dan Arus Barang

Eksternalitas merupakan fenomena yang kita hadapi sehari-hari, yang tidak hanya terbatas pada pengelolaan sumber daya alam. Hal tersebut juga berlaku dalam proses operasional di pelabuhan, khususnya dampak terhadap lingkungan udara dan dampak terhadap lingkungan laut. Operasional kapal dalam lingkungan pelabuhan salah satu penyebab terjadinya eksternalitas.

Melihat kecenderungan peningkatan kunjungan kapal dan peningkatan arus barang yang ditrasportasikan melalui moda laut, setiap tahunnya. Maka akan memberikan dampak pada lingkungan pelabuhan, akibat operasional kapal dan peralatan pendukungnya. Dampak terhadap lingkungan pelabuhan, berupa dampak kepada lingkungan udara dan lingkungan laut, yang salah satunya disebabkan proses *ballasting* dan *deballasting*. Secara lengkap perhitungan *net cash flow* tahun 2013-2017 dapat dilihat pada tabel 4. Biaya eksternalitas pelabuhan ditunjukkan gambar 1.

Tabel 4. Net Cash Flow Tahun 2013-2017 PT. Pelindo I

Komponen	2013	2014	2015	2016	2017
Benefit Direct:					
Tambat Internasional	38,565,673,474.00	43,276,954,330.00	42,287,312,210.00	46,326,840,524.00	38,595,635,532.00
Tambat Domestik	14,635,609,998.86	16,423,533,377.14	16,047,965,811.43	17,580,960,198.86	14,646,980,550.86
Air Bersih Internasional	20,805,120,000.00	23,713,920,000.00	22,482,560,000.00	21,000,320,000.00	21,756,480,000.00
Air Bersih Domestik	13,932,000,000.00	15,879,857,142.86	15,055,285,714.29	14,062,714,285.71	14,569,071,428.57
Cargo handling Internasional	4,881,449,386,715.91	4,935,000,212,110.45	3,899,873,726,088.64	3,992,924,529,989.55	3,859,297,410,405.91
Cargo handling Domestik	3,780,078,488,124.55	2,917,945,164,590.73	2,166,603,048,913.64	2,901,980,746,547.45	3,194,295,714,770.73
Penumpukan barang	276,009,644,181.82	197,604,791,545.46	195,289,175,818.18	230,369,578,000.00	333,665,086,909.09
Wharf Fee	74,387,269,385.00	73,685,483,245.00	66,684,782,065.00	64,180,448,530.00	63,901,984,960.00
Transshipment	1,804,100,504,936.36	1,172,443,076,190.91	1,194,505,827,336.36	1,493,566,981,400.00	10,565,648,128.00
Benefit Indirect:					
Tenaga Kerja	6,275,482,200,000.00	6,506,369,208,000.00	4,238,995,320,000.00	4,777,363,512,000.00	4,417,908,408,000.00
Total Benefit	17,179,445,896,816.50	15,902,342,200,532.50	11,857,825,003,957.50	13,559,356,631,475.60	11,969,202,420,685.20
Cost Direct:					
Operasional	5,153,833,769,044.95	4,770,702,660,159.76	3,557,347,501,187.26	4,067,806,989,442.67	3,590,760,726,205.55
Cost Indirect:					
Biaya eksternalitas akibat emisi CO2	478,529,191,884.89	474,014,640,440.45	428,979,516,742.68	412,869,277,549.58	411,077,936,797.01
Biaya eksternalitas akibat kerusakan lingkungan laut	5,514,199,032.49	5,462,176,845.28	4,943,227,030.44	4,757,585,136.74	4,736,943,116.13
Biaya Kebisingan	143,558,757,565.47	94,802,928,088.09	85,795,903,348.54	82,573,855,509.92	82,215,587,359.40
Tenaga Kerja	6,275,482,200,000.00	207,532,080,000.00	255,529,440,000.00	420,438,240,000.00	565,142,400,000.00
Pajak dari Benefit direct	1,635,594,554,522.47	1,409,395,948,879.88	1,142,824,452,593.63	1,317,298,967,921.34	1,132,694,101,902.77
Total Cost	13,692,512,672,050.30	6,961,910,434,413.46	5,475,420,040,902.54	6,305,744,915,560.24	5,786,627,695,380.86
Net Cash Flow	3,486,933,224,766.22	8,940,431,766,119.08	6,382,404,963,054.99	7,253,611,715,915.33	6,182,574,725,304.30



Gambar 3. Eksternalitas Lingkungan Akibat Operasional Pelabuhan di PT. Pelindo I

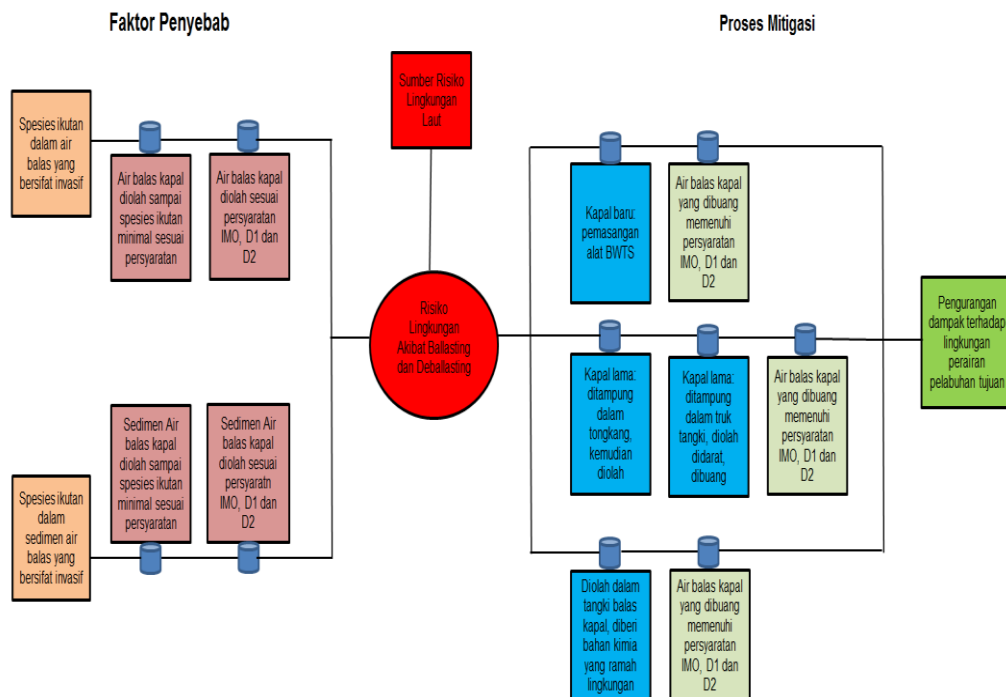
Model Bow Tie Risk Assessment

Model ini dibangun atas prinsip faktor penyebab risiko, hazard nya sendiri dan proses mitigasinya. Faktor penyebab ada dua hal, yaitu: Spesies ikutan dalam air balas yang bersifat invasif dan Spesies ikutan dalam sedimen air balas yang bersifat invasif. Kedua faktor tersebut harus memenuhi baku mutu Air balas kapal sesuai persyaratan IMO, aturan poin D1 dan D2. Proses mitigasinya dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Kapal baru yang dibangun setelah aturan Ballast Water Management diimplementasikan: pemasangan alat BWTS.

- b. Kapal lama: ditampung dalam tongkang, kemudian diolah.
- c. Kapal lama: ditampung dalam truk tangki, diolah didarat, dibuang.
- d. Diolah dalam tangki balas kapal, diberi bahan kimia yang ramah lingkungan.

Dimana tujuan akhir adalah Pengurangan dampak terhadap lingkungan perairan pelabuhan tujuan. Sehingga akan mengurangi biaya eksternalitas akibat kerusakan lingkungan laut (perairan pelabuhan). Secara umum model *Bow Tie Risk Assessment*, di PT. Pelindo I seperti gambar 2.



Gambar 4. Model Bow Tie Risk Assessment

SIMPULAN

1. Peningkatan kunjungan kapal, khususnya kapal jalur internasional juga akan meningkatnya potensi polutan akibat aktifitas *ballasting* dan *deballasting*.
2. Perlu dilakukan antisipasi terhadap implementasi *Ballast Water Management System*, karena masih banyak kapal belum mempunyai peralatan pengolah air balas kapal secara mandiri dalam kapal.
3. Faktor eksternalitas yang harus ditanggung oleh masyarakat berupa eksternalitas akibat emisi CO₂, eksternalitas akibat kerusakan air laut dan eksternalitas akibat kebisingan.
4. Pada tahun 2017, biaya eksternalitas ketiganya akan berdampak pada biaya untuk perbaikan lingkungan sebesar Rp. 498 M yang seharusnya ditanggung oleh PT. Pelindo I Medan.
5. Menggunakan Model *Bow Tie Risk Assessment*, dapat diketahui faktor penyebab risiko dan metode mitigasi dalam satu diagram.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada DRPM Dikti yang telah memberikan pendanaan penelitian skema PDUPT tahun anggaran 2000. Terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan dan staf PT. Pelindo I atas data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ben-Azher, J.Z., "Development Program Risk Assessment Based on Utility Theory", *Journal Risk Management*, Volume 10, pp. 285-299, 2008.
- [2] Mokhtari, K., Ren, J., Roberts, C., and Wang, J., 2011, "Application Of A Generic Bow-Tie Based Risk Analysis Framework on Risk Management of Sea Ports and Offshore Terminals", *Journal of Hazardous Materials* 192, pp. 465– 475, 2011.
- [3] Basuki, M., Manfaat, D., Nugroho, S., and Dinariyana, A,A,B., " Probabilistic Risk Assessment of the Shipyard Industry Using the Bayesian Method", *International Journal of Technology*, Volume 5, Issue 1, pp 88-97, 2014.
- [4] Zayed, L.P.T., "Probabilistic Bow-Tie Model to Predict Failure Probability of Oil and Gas Pipelines", *Conference Paper*, September 2014.
- [5] Basuki, M., Santosa, P.I., dan Alfiah, T., "Penilaian Risiko Lingkungan (Environmental Risk Assessment) Pada Pekerjaan Reparasi Kapal Di Perusahaan Galangan Kapal Subklaster Surabaya", *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, Yogyakarta, 26 November 2016.
- [6] Ibrahim, H., and Rao, P.J., "Review of Practical Applications of the Bow-Tie Approach Especially in Offshore Oil and Gas Industry", *IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, Volume 5, Issue 4, Aug - Sept, 2017.
- [7] Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B., "Faktor Eksternalitas Berbasis Environmental Risk Assessment Pada Proses Ballasting Dan Deballasting Di Daerah Pelindo II Jakarta", *Prosiding Seminar Universitas Haluoleo, Kendari*, 2018a.
- [8] Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B., "Pengelolaan Air Balas Kapal Berbasis Environmental Risk Assessment Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya Sebagai Upaya Pencegahan Marine Pollution", *Seminar Nasional Sekolah Pasca Sarjana USU, Medan*, 2018b.
- [9] Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B., "Implementation IMO Regulation of Ballast Water Management at Inaport 2nd Jakarta Based Environmental Risk Assessment", *International Conference ICATECH, ITATS, Surabaya*, 2018c.
- [10] Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B., "Ballast Water Management Berbasis Environmental Risk Assessment di Perairan Indonesia", *Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan V UNHAS. Makasar*, 2018d.
- [11] McLeoda, R., W., and Bowieb, P., "Bowtie Analysis as a Prospective Risk Assessment Technique in Primary Healthcare", *Policy And Practice In Health*

And Safety, Volume 16, Number 2, pp. 177–193, 2018.

[12] Voicu, I., Panaitescu, F.V., Panaitescu, M., Dumitrescu, L.,G., and Turof, M., “Risk Management With Bowtie Diagrams”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 400, 082021, 2018.

[13] Basuki, M, Lukmandono, dan Margareta, M.Z.B, “Ballast Water Management At Inaport 4th Makasar Based Environmental Risk Assessment”, International Conference On Science, Technology & Environment (ICOSTE) 2019. UWK Surabaya, Terindek SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3512750> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3512750>, 2019.

[14] Cormier, R., Elliott, M., and Rice, J., “Putting On A Bow-Tie To Sort Out Who Does What and Why in The Complex Arena of Marine Policy and Management”, Science of the Total Environment 648, pp. 293–305, 2019.