

Evaluasi Fasilitas Perairan DLKp/DLKr pada Wilayah Greater Surabaya Metropolitan Ports

Hieronimus Bebys Kanugrahan, Achmad Mustakim, dan Pratiwi Wuryaningrum
 Departemen Teknik Transportasi Laut, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: mustakim.achmad@gmail.com

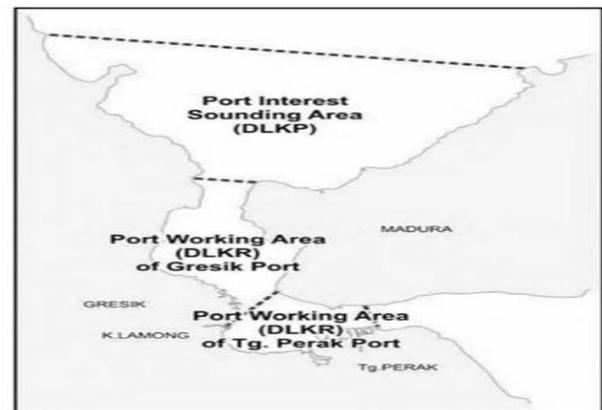
Abstrak—Potensi di kawasan *Greater Surabaya Metropolitan Ports* begitu besar, di akhir tahun 2020 tercatat sebanyak 14.409 unit kapal beroperasi yang membuat kawasan lautnya menjadi kawasan yang alur pelayarannya terpadat di Indonesia. Kawasan tersebut juga sedang dilaksanakan pembangunan rencana pelabuhan baru (Terminal Socah) sehingga mengakibatkan sedimentasi dan juga penyempitan alur laut serta penyempitan wilayah laut Selat Madura sehingga mengakibatkan perubahan luas wilayah laut. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi fasilitas perairan sesuai dengan peraturan DLKp/DLKr yang berlaku yang dapat mempengaruhi jarak, waktu dan biaya bahan bakar kapal. Dalam melakukan evaluasi, digunakan metode model matematis optimasi untuk mengurangi jarak, waktu tempuh kapal di pelabuhan. Dengan turut menganalisa kedalaman laut, kondisi area terbatas, posisi antar fasilitas serta kondisi saat ini yang menjadi faktor batasan. Juga terdapat tujuh pelabuhan yang dijadikan sebagai pelabuhan tujuan, diantaranya Pelabuhan Manyar, Terminal PT. Siam Maspion (TUKS), Pelabuhan Gresik, Terminal Teluk Lamong, Terminal Petikemas Surabaya, Tanjung Perak dan Terminal Socah. Hasil optimasi didapatkan posisi area fasilitas perairan yang efisien dengan total biaya bahan bakar kapal keseluruhan sebesar 504,714,475 rupiah, dengan selisih 15.367.313 rupiah lebih murah dibandingkan menggunakan fasilitas saat ini.

Kata Kunci—DLKp/DLKr, Fasilitas Perairan, dan Optimasi.

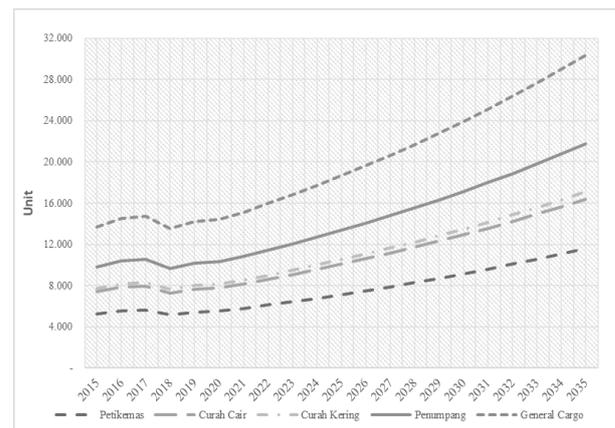
I. PENDAHULUAN

PELABUHAN Tanjung Perak menjadi pintu gerbang menuju Surabaya, kota terbesar kedua di Indonesia bagian timur. Wilayah studi yang mengacu pada daerah pedalaman yang langsung berkaitan dengan pengembangan Pelabuhan adalah wilayah GERBANGKERTOSUSILO (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo dan Lamongan) atau disingkat dengan GKS. Daerah GKS adalah daerah metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah JABODETABEK. GKS telah dapat mempertahankan bagiannya dalam lalu lintas pelayaran, Pelabuhan Tanjung Perak menangani kurang lebih 40% perdagangan barang internasional dari Pelabuhan Tanjung Priok dan melampaui Tanjung Priok dalam arus barang domestik.

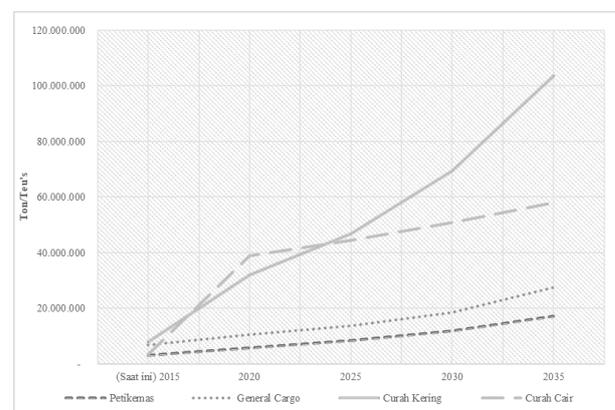
Setelah Tj. Perak ditetapkan statusnya sebagai Pelabuhan pintu gerbang nasional, fasilitas pelabuhan telah dikonsentrasikan di sepanjang alur pelayaran antara Tg. Perak dan Gresik. Namun masih banyak keluhan dari pengguna pelabuhan terhadap alur akses dalam hal kedalaman, luas, ATS, jasa pandu dan keamanan kapal yang terus-menerus terancam [1]. Studi memperhitungkan bahwa alur yang ada memiliki kapasitas sebesar 27.000 kapal per tahun, namun pada tahun 2005 di kedua arah telah melebihi kapasitas yakni sebesar 29.558 kapal. Adapun pada kawasan



Gambar 1. Pembagian DLKp/DLKr di Pelabuhan Tanjung perak dan Sekitarnya Secara Terintegrasi.

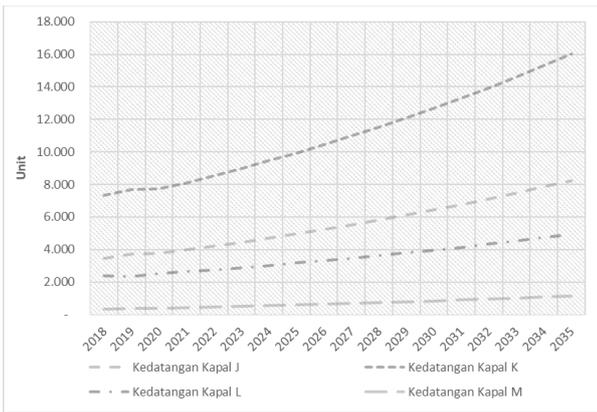


Gambar 2. Proyeksi Arus Berdasarkan Jenis Kapal.

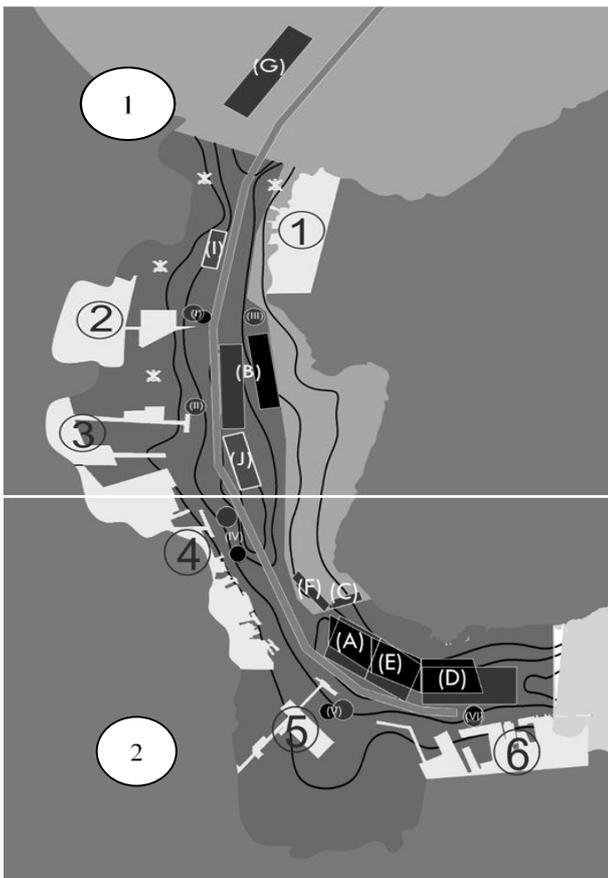


Gambar 3. Proyeksi Arus Barang.

GKS terdapat isu-isu nasional, diantaranya kegiatan reklamasi industri dan pelabuhan, meningkatnya alih fungsi lahan, perubahan luas wilayah laut akibat menyempitnya wilayah laut Selat Madura dan penyempitan alur akibat



Gambar 4. Proyeksi Arus Kapal Berdasarkan Kluster Payload.



Gambar 5. Perbandingan Fasilitas Saat ini dengan Evaluasi Wilayah Manyar.

sedimentasi dan pembangunan pelabuhan baru (Teluk Lamong, Gresik Socah) [2].

II. URAIAN PENELITIAN

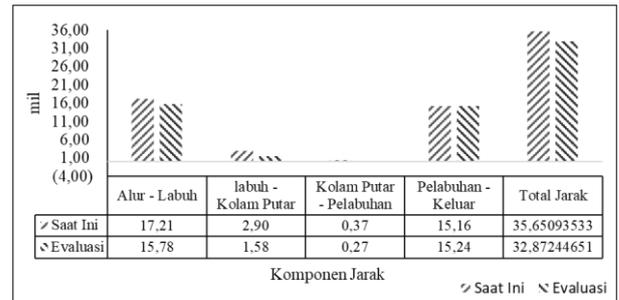
A. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan yaitu pengumpulan data secara tidak langsung atau data sekunder. Data sekunder diperoleh dari dan instansi terkait yang mempublikasikan data seperti Badan Pusat Statistik, jurnal dan Studi literatur.

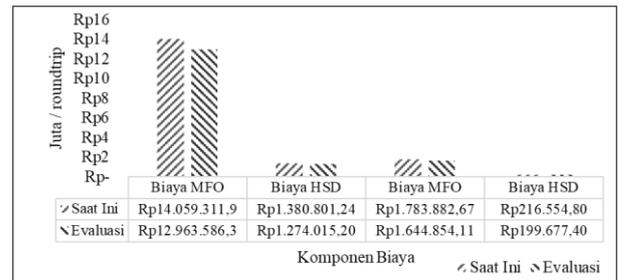
B. Tahap Identifikasi Kondisi Saat Ini

Tahap identifikasi merupakan penjelasan kondisi terkini dari wilayah perairan Greater Surabaya Metropolitan Ports. Adapun beberapa tahap identifikasi sebagai berikut:

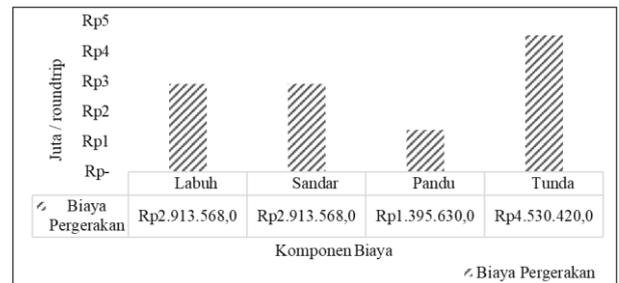
- a. Identifikasi fasilitas perairan (Area labuh, area perbaikan



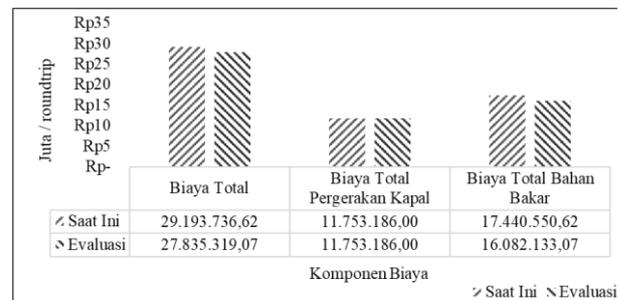
Gambar 6. Perbedaan Jarak Tempuh Kapal Zaleha Fitrat Ketika Menggunakan Fasilitas Saat ini dengan Evaluasi.



Gambar 7. Perbandingan Biaya Bahan Bakar Kapal Zaleha Fitrat dan Tugboat Ketika Menggunakan Fasilitas Saat ini dan Evaluasi.



Gambar 8. Biaya Pergerakan Kapal.



Gambar 9. Perbedaan Biaya Total Fasilitas Saat ini Dengan Evaluasi Oleh Kapal Zaleha Fitrat.

- kapal, area kapal mati) yang digunakan.
- b. Identifikasi area terbatas dan kedalaman.
- c. Identifikasi arus kedatangan kapal di GSMP.
- d. Identifikasi rencana pembangunan pelabuhan.

C. Tahap Analisis

Tahap analisis terdiri atas 3 tahap terkait tata letak fasilitas. Tahap pertama adalah perhitungan kapasitas fasilitas perairan. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui luasan area yang akan digunakan agar dapat memenuhi kepadatan arus kedatangan kapal [3]. Dimana fasilitas perairan yang menjadi pokok evaluasi antara lain area labuh, area perbaikan kapal, area kapal mati, area percobaan layar, dan kolam putar.

Analisis kedua yaitu penentuan titik koordinat area. Titik koordinat area merupakan titik tengah dari masing-masing

Tabel 1.
Area Fasilitas Saat Ini

No	Keterangan	Kode	Jumlah	Kapasitas (Shipcall/Tahun)	Luas (ha)
1	Area Labuh untuk P. Gresik, T. Manyar, TUKS, T. Socah	A	1	3.742	240,0
2	Area Labuh Kapal GC, Petikemas dan Penumpang	B	1	2.920	168,1
3	Area Labuh Kapal Curah kering dan Curah Cair	C	1	4.380	103,8
4	Area Alih muat kapal Cargo dan Curah kering	D	1	3.558	85,3
5	Kolam Putar	I-IV	4	-	19,6
Total				14.235	675,73

Tabel 2.
Proyeksi PDRB Jawa Timur

Tahun	PDRB (miliar Rp)	Tahun	PDRB (miliar Rp)
2016	1.913.379	2026	3.776.793
2017	2.099.720	2027	3.963.134
2018	2.286.061	2028	4.149.476
2019	2.472.403	2029	4.335.817
2020	2.658.744	2030	4.522.159
2021	2.845.086	2031	4.708.500
2022	3.031.427	2032	4.894.841
2023	3.217.769	2033	5.081.183
2024	3.404.110	2034	5.267.524
2025	3.590.451	2035	5.453.866

Tabel 3.
Proyeksi Arus Berdasarkan Jenis Kapal

Keterangan	Satuan	2015	2020	2025	2030	2035
Petikemas	Unit	5.217	5.505	7.130	9.145	11.606
General Cargo	Unit	3.873	4.089	5.292	6.787	8.616
Curah Kering	Unit	318	336	435	558	708
Curah Cair	Unit	2.157	2.277	2.948	3.781	4.795
Penumpang	Unit	2.086	2.202	2.851	3.657	4.641

fasilitas perairan yang didapatkan menggunakan metode optimasi. Dalam penentuan tata letak fasilitas, area tersebut memiliki batasa yakni area fasilitas harus berada diluar area terbatas, area fasilitas harus memperhatikan kedalaman laut, area fasilitas tidak boleh saling tindih satu sama lain, dan area fasilitas harus berada diluar area dermaga. Untuk mendapatkan titik koordinat area fasilitas juga dibutuhkan titik koordinat pelabuhan, guna menghitung jarak yang akan ditempuh kapal.

Analisi ketiga yaitu perhitungan biaya, tahap ini merupakan fungsi tujuan dari model optimasi yang digunakan pada tugas akhir ini. Dimana komponen biayanya adalah biaya pergerakan kapal dan biaya bahan bakar oleh kapal dan tugboat. Sebagai perbandingan, dilakukan juga perhitungan biaya untuk fasilitas saat ini.

D. Model Matematis

Metode optimasi *non-linear programming* dimana fungsi tujuan atau batasannya tidak linier dan nilai variabel keputusannya kontinu. Berikut dipaparkan dalam bentuk model matematis dalam optimasi tugas akhir:

1) Fungsi Tujuan

$$Min BT = \sum_{i=a}^c \sum_{k=1}^7 m_{ik} \cdot q_{ik} \cdot o_{ik} \tag{1}$$

$$\cdot p_{ik} \left(\frac{\sqrt{(X'_{ik} - X_{ik})^2 + (Y'_{ik} - Y_{ik})^2}}{v_{sik}} \right) \cdot 0,0006213712 \cdot Margin + n_{ik} + r_{ik}$$

Keterangan :

Min BT : Biaya total bahan bakar kapal (Rupiah)

mik : Harga bahan bakar MFO (Rupiah/liter)

nik : Biaya HSD (Rupiah)

oik : SFR (ton/kWh)

pik : MCR (kW)

qik : Massa Jenis MFO (liter/ton)

vik : Kecepatan Kapal (knot)

rik : Biaya Pergerakan Kapal (Rupiah)

X'ik : Titik koordinat fasilitas ik (i=a, b, c)

Xik : Titik koordinat fasilitas ik (i=a, b, c)

Y'ik : Titik koordinat fasilitas ik (i=a, b, c)

Yik : Titik koordinat fasilitas ik (i=a, b, c)

K : Indeks Moda Transportasi (1 . . . 7)

I : Indeks Fasilitas (a . . . c)

2) Batasan

$$\sum_{a=1}^n X_{ta}, Y_{ta} \neq X_{fjn}, Y_{fjn} \quad j = 1 \dots n \tag{1}$$

$$\sum_{v=1}^7 X_{pb}, Y_{pb} \neq X_{fjn}, Y_{fjn} \quad b = 1 \dots 7 \tag{2}$$

$$\sum_{c=1}^{10} X_{fpc}, Y_{fpc} \neq X_{fpc}, Y_{fpc} \quad c = 1 \dots 10 \tag{3}$$

Batasan 2 merupakan batasan agar area fasilitas perairan tidak boleh berada atau berpotongan dengan area terbatas, lalu untuk batasan 3 merupakan batasan agar area fasilitas perairan tidak berada atau berpotongan dengan area dermaga pelabuhan, kemudian batasan 4 merupakan batasan agar area fasilitas perairan tidak saling bertabrakan atau berpotongan satu sama lain.

III. GAMBARAN UMUM

A. Lokasi Greater Surabaya Metropolitan Ports

Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah *Greater*

Tabel 6.
Pengelompokan Payload Kapal

Keterangan	Payload (Ton)	
J	< 20.000	
K	20.000	30.000
L	30.000	40.000
M	> 40.000	

Tabel 7.
Proyeksi Arus Kapal Berdasarkan Kluster Payload

Keterangan	2018	2020	2025	2030	2035
Kedatangan Kapal J	3.471	3.779	4.964	6.442	8.247
Kedatangan Kapal K	7.325	7.749	9.938	12.677	16.023
Kedatangan Kapal L	2.383	2.505	3.168	3.968	4.944
Kedatangan Kapal M	320	376	586	841	1.152

Surabaya Metropolitan Ports yang terletak pada wilayah Gerbangkertosusila (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, dan Lamongan).

Total luas wilayah pesisir Gerbangkertosusila mencapai 1.708 km², dengan total pesisir wilayah Jawa Timur seluas 13.822 km² membuat wilayah pesisir Gerbangkertosusila memiliki prosentase sebesar 12%.

B. DLKp/DLKr Fasilitas Perairan Greater Surabaya Metropolitan Ports

Kondisi saat ini Daerah Kepentingan Kerja (DLKr) dan Daerah Lingkungan Kepentingan (DLKp) perairan pada Rencana Induk Pelabuhan Tanjung Perak dan sekitarnya secara terintegrasi antara lain Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Gresik dan Terminal Tanjung Bulupandan di Kabupaten Bangkalan memiliki beberapa wilayah kerja. Luasan pada DLKr perairan seluas 4.676 Ha sedangkan DLKp perairan pelabuhan seluas 35.125 Ha [4]. Pembagian DLKp/DLKr di Pelabuhan Tanjung Perak dan sekitarnya secara terintegrasi dapat dilihat pada Gambar 1.

DLKp perairan tersebut digunakan secara bersamaan dengan Pelabuhan Gresik yang juga sama-sama menggunakan Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) sebagai alur masuk pelabuhan [2].

Adapun mengenai fasilitas perairan memiliki luasan dan kapasitas tiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 menjelaskan luasan dan radius untuk masing-masing fasilitas perairan yang ada di wilayah Greater Surabaya Metropolitan Ports. Kolam labuh dengan kode A digunakan untuk kapal yang hendak menuju pelabuhan Gresik, terminal Manyar, TUKS, T. Socah, dan Tanjung Bulu Pandan, Kode B, C dan D berada di wilayah pelabuhan Tanjung Perak dengan masing-masing peruntukan jenis kapal.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Optimasi Tata Letak

Penentuan lokasi tiap area di fasilitas perairan Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) wilayah Greater Surabaya Metropolitan Ports dengan fungsi tujuan mengurangi jarak dan biaya pergerakan kapal dari area ke area lain, seperti perpindahan kapal dari kolam labuh menuju kolam putar dengan ujung menuju pelabuhan.

Pada tugas akhir ini digunakan metode optimasi dengan batasan-batasan terkait model matematis yang diberikan,

Tabel 4.
Proyeksi Kapasitas Fasilitas Perairan s/d 2035

Tahun	Kapasitas (Shipcall)
2019	14.235
2020	14.930
2025	18.945
2030	24.040
2035	30.505

Tabel 5.
Operasi Masing – Masing Kapal

Nama Kapal	Jenis Kapal	Kepentingan
Genting Dream	Cruise Ship	Tj. Perak
JPO Vela	Container Ship	T. Teluk Lamong
Nur Allya	Bulk Carrier	Alih Muat
Nameera	General Cargo	P. Gresik
Zaleha Fitrat	General Cargo	T. Manyar, TUKS, T. Socah
Derby D	General Cargo	TPS
Mitra Anugerah 5	Tugboat	Pandu, tunda

diantaranya :

1) Tata Letak

Tata letak diatur dengan kedekatan antar fasilitas.

2) Layout Dua Dimensi

Menentukan layout dua dimensi dengan mempertahankan panjang dan lebar dengan ketentuan tertentu

3) Fasilitas

Terdapat 3 ketentuan fasilitas, yaitu

1. Fasilitas terletak pada area yang telah ditentukan oleh Kementerian Perhubungan.
2. Fasilitas tidak boleh berada pada area-area yang terlarang seperti area rawan ranjau.
3. Semua fasilitas tidak boleh tumpang tindih dan dilarang berada di bagian khusus

Permasalahan tata letak fasilitas bertujuan untuk membangun batasan-batasan tata letak area yang tepat agar dapat mengurangi total biaya pergerakan kapal, dimana biaya pergerakan kapal diartikan sebagai fungsi linear dari jarak rectilinear antara pertengahan dari dua area. Kedekatan hubungan dari area yang ada diperhitungkan menggunakan matriks biner yang mengindikasikan apakah tiap-tiap kapal akan bergerak dari satu area ke area yang lain [5].

B. Proyeksi PDRB Jawa Timur

Sesuai dengan angka pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Timur mulai tahun 2016 maka dilakukan proyeksi PDRB Provinsi Jawa Timur menggunakan metode regresi (Tabel 2).

C. Proyeksi Arus Kapal (Shipcall)

Proyeksi arus kapal menggunakan metode regresi terhadap PDRB Jawa Timur dimana proyeksi dilakukan dengan data historis mulai tahun 2015 sampai 2019 di wilayah Greater Surabaya Metropolitan Ports (Tabel 3).

Proyeksi arus berdasarkan jenis kapal yang singgah di pelabuhan Tanjung Perak dan sekitarnya sampai dengan 2035 dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan proyeksi tersebut didapatkan kenaikan rata-rata sebesar 4,88% tiap tahunnya. Untuk mengetahui total arus kapal, dilakukan penjumlahan arus kapal tiap tahunnya.

D. Proyeksi Arus Barang

Proyeksi Arus Barang menggunakan metode regresi terhadap PDRB Jawa Timur dimana proyeksi dilakukan

Tabel 8.
Kebutuhan Fasilitas Perairan Saat Ini

No	Keterangan	Kode	Jumlah	Kapasitas	Luas (Ha)
1	Area Labuh untuk P. Gresik, T. Manyar, TUKS, T. Socah	A	1	4.380	370,28
2	Area Labuh Kapal GC, Petikemas dan Penumpang	B	1	4.745	432
3	Area Labuh Kapal Curah kering dan Curah Cair	C	1	4.015	139,42
4	Area Alih muat kapal Cargo dan Curah kering	D	1	3.650	142,64
5	Area Percobaan Layar	E	1	-	98,76
6	Area Kapal Mati	F	1	-	54,72
7	Area Perbaikan Kapal	G	1	-	48,63
8	Area Pindah Labuh Kapal	H	1	-	123,43
9	Area Pemanduan dalam DLKr	I	1	-	14,10
10	Area Keperluan Darurat	J	1	-	246,85
11	Kolam Putar	I-VI	6	-	35,41
Total			10	16.790	1.610,38

Tabel 9.
Titik Koordinat Area Fasilitas Evaluasi

No	Area	Kode	Long (X)	Lat (Y)
1	Area Labuh untuk P. Gresik, T. Manyar, TUKS, dan T. Socah	A	31.144,71	16.669,09
2	Area Labuh Kapal Penumpang	B	38.235,66	7.287,67
3	Area Labuh Kapal Curah Kering dan Curah Cair	C	35.181,76	7.525,99
4	Area Alih Muat Kapal Curah Kering dan Curah Cair	D	34.883,44	8.042,09
5	Area Percobaan Layar	E	32.258,48	28.225,29
6	Area Kapal Mati	F	39.537,71	14.469,08
7	Area Perbaikan Kapal	G	37.896,90	13.832,07
8	Area Pindah Labuh Kapal	H	35.975,69	17.758,98
9	Area Pemanduan dan Penundaan dalam DLKr	I	35.072,27	25.486,82
10	Area Keperluan Darurat	J	42.756,73	36.570,00
11	Kolam Putar	i	30,083.49	19,394.04
		ii	30,147.91	16,009.04
		iii	32,134.53	19,305.48
		iv	31,158.43	12,312.54
		v	34,434.77	6,564.15
		vi	38,375.76	6,367.44

Tabel 10.
Total Jarak yang ditempuh Kapal

No	Nama Kapal	Tujuan	Jarak (Evaluasi)	Jarak (Saat ini)
1	Zaleha Fitrat	T. Manyar	32.87 mil	35.65 mil
2	Zaleha Fitrat	T. PT. Siam Maspion	33.79 mil	36.72 mil
3	Nameera	P. Gresik	44.18 mil	47.83 mil
4	JPO Vela	T. Teluk Lamong	45.05 mil	45.30 mil
5	Derby D	TPS	46.10 mil	49.25 mil
6	Genting Dream	P. Tg. Perak	47.37 mil	48.38 mil
7	Allya	Alih Muat	43.28 mil	48.27 mil
8	Zaleha Fitrat	T. Socah	33.88 mil	36.47 mil

dengan data historis arus kapal di wilayah *Greater Surabaya Metropolitan Ports* (Gambar 3).

Berdasarkan Gambar 3 pertumbuhan arus komoditas General Cargo hingga 2035 diprediksi mencapai 17,1 juta ton, melihat keterbatasan di Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Gresik maka komoditas General Cargo akan dilayani di Terminal Manyar. Pertumbuhan arus komoditas curah kering sampai dengan tahun 2035 di prediksi mencapai 103 juta ton. Untuk arus komoditas curah cair sampai dengan tahun 2035 mencapai 8 juta ton dan arus komoditas Petikemas pada tahun 2035 mencapai 17 juta Teu's.

E. Proyeksi Arus Kedatangan Kapal Berdasarkan Ukuran Payload

Proyeksi arus kedatangan berdasarkan ukuran kapal dikelompokkan menjadi 4 kelompok payload dengan *range* tertentu.

Pembagian untuk masing-masing ukuran kapal dapat dilihat pada Tabel 4, dimana terdapat kelompok J untuk kapal dengan *payload* kurang dari 20.000 ton. K untuk *payload* kapal antara 20.000ton sampai 30.000ton, L untuk *payload* kapal antara 30.000ton sampai 40.000 ton, dan M untuk *payload* kapal lebih dari 40.000 ton. Untuk mendapatkan data

20 tahun kedepan, dilakukan proyeksi terhadap PDRB Jawa Timur menggunakan metode regresi dimana proyeksi dilakukan dengan data historis arus kapal di wilayah *Greater Surabaya Metropolitan Ports* (Tabel 5).

Grafik proyeksi arus kedatangan kapal berdasarkan *payload* kapal pada tahun 2015 sampai tahun 2035 menunjukkan bahwa arus kedatangan kapal kluster K dengan *range* *payload* 20.000 – 30.000 ton memiliki kunjungan terbanyak dengan prediksi pada tahun 2035 sebanyak 16.023 unit, dan paling sedikit kelompok M dengan *range* *payload* 30.000 – 40.000 ton dengan prediksi pada tahun 2035 mencapai 1152 unit (Gambar 4).

F. Proyeksi Kapasitas Fasilitas Perairan

Setelah melakukan proyeksi arus kapal, sebagai penentuan kelayakan evaluasi dilakukan proyeksi kapasitas area labuh saat ini sampai dengan tahun 2035.

Proyeksi kapasitas fasilitas perairan selama tahun 2035 dapat dilihat pada Tabel 6, dimana proyeksi tersebut didapat berdasarkan total kenaikan arus kapal tiap tahunnya sebesar 4,88%, sehingga kebutuhan perluasan area tiap tahunnya dapat dilakukan sebesar 4,8% tiap tahunnya. Pada kondisi saat ini total kapasitas yang dapat ditampung sebanyak

Tabel 11.
Rangkuman Biaya Total

No	Nama Kapal	Tujuan	Biaya Total (Evaluasi)	Biaya Total (Saat Ini)
1	Zaleha Fitrat	Pelabuhan Manyar	Rp 27.835.319	Rp 29.193.736
2	Zaleha Fitrat	Terminal PT. Siam Maspion	Rp 26.758.045	Rp 28.057.337
3	Nameera	Pelabuhan Gresik	Rp 31.791.064	Rp 33.657.385
4	JPO Vela	Terminal Teluk Lamong	Rp 156.475.986	Rp 157.233.092
5	Derby D	Pelabuhan Tanjung Perak (TPS)	Rp 116.457.364	Rp 123.306.962
6	Genting Dream	Pelabuhan Tanjung Perak	Rp 74.360.541	Rp 74.900.098
7	Allya	Alih Muat	Rp 44.238.079	Rp 45.783.329
8	Zaleha Fitrat	Terminal Socah	Rp 26.798.074	Rp 27.949.845
		Total	Rp 504.714.475	Rp 520.081.788

14.235 *shipcall*. Dimana pada tahun 2035 diperkirakan dapat menampung sebanyak 30.505 *shipcall*.

G. Perencanaan Pola Operasi Alur

Dalam perencanaan pola operasi alur, dipilih beberapa kapal yang sering singgah pada pelabuhan Tanjung Perak dan sekitarnya secara terintegrasi, pemilihan tersebut dilakukan berdasarkan frekuensi kunjungan kapal dan kapal terbesar yang labuh untuk tiap-tiap pelabuhan. Sehingga didapatkan data kapal terbesar yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Kapal yang beroperasi untuk masing-masing kepentingan khususnya wilayah pelabuhan Tj Perak dan sekitarnya secara terintegrasi dapat dilihat pada Tabel 7. Data yang didapatkan dari data historis kunjungan kapal pada tahun 2015-2019 dan diolah kembali sehingga dapat disimpulkan kapal yang terpilih adalah data kapal pada Tabel 7.

H. Analisis Kebutuhan

Dalam perencanaan fasilitas perairan diperlukan adanya analisis perhitungan kebutuhan fasilitas, dimana kebutuhan masing-masing fasilitas bergantung terhadap pelabuhan yang akan dituju.

Hasil perhitungan untuk kebutuhan masing-masing fasilitas dapat dilihat pada Tabel 8. Perhitungan luasan fasilitas berdasarkan kapal terbesar yang singgah di pelabuhan tersebut. Satu contoh area labuh kapal penumpang menggunakan rasio perhitungan dari panjang kapal keseluruhan Genting Dream, sehingga didapatkan luasan sesuai tabel 9.

Perhitungan kapasitas didapatkan berdasarkan perhitungan kapasitas kapal dengan menggunakan fungsi rata-rata waktu labuh kapal [6].

Dimana untuk area labuh (A) membutuhkan 1 buah dengan luas 370,28 hektar dan memiliki kapasitas 4.380 *shipcall* tiap tahunnya. Sehingga didapatkan luas total fasilitas 1.610,38 hektar.

I. Tata Letak Layout Fasilitas Perairan

Dari data yang dihasilkan melalui optimasi dan data eksisting yang didapat dari KSOP Surabaya akan dilakukan perbandingan pada kondisi saat ini dengan kondisi yang telah dievaluasi..

Layout perbandingan fasilitas saat ini dengan fasilitas evaluasi (Gambar 5), dimana fasilitas yang berwarna hitam menunjukkan fasilitas saat ini sedangkan warna putih adalah fasilitas yang dievaluasi. Gambar pada nomor 1 adalah untuk cakupan evaluasi dari fasilitas perairan kolam putar dan area labuh, sedangkan pada nomor 2 adalah evaluasi dari fasilitas perairan kolam putar, area labuh kapal penumpang, general cargo, curah cair, curah kering, area alih muat, area perbaikan

kapal dan area kapal mati.

Dalam penentuan tata letak layout fasilitas perairan, digunakan minimal jarak tempuh sebagai fungsi tujuan agar dapat meminimalkan perpindahan dari hasil perhitungan jumlah jarak perpindahan kapal dari satu titik ketitik lainnya [3]. Sehingga didapatkan titik koordinat fasilitas perairan yang telah dievaluasi (Tabel 9).

Titik koordinat fasilitas yang telah dievaluasi pada Tabel 9, dimana tiap-tiap fasilitas memiliki masing-masing kode. Jumlah kolam putar yang ada berjumlah tujuh buah, untuk masing-masing kolam putar diberikan kode I – VI. Untuk fasilitas lain diberikan kode berbeda.

J. Jarak Perpindahan Kapal

Dari hasil optimasi koordinat dan data saat ini, didapatkan hasil dari jarak yang ditempuh kapal dalam satu kali beroperasi di wilayah *Greater Surabaya Metropolitan Ports* (GSMP). Jarak tempuh dihitung dengan titik awal yaitu masuk area pelabuhan, kemudian menuju kolam labuh, setelah itu kolam putar lalu sandar ke dermaga dan terakhir keluar berikut merupakan jarak-jarak yang ditempuh kapal [7].

Perbandingan jarak untuk masing-masing kapal yang akan beroperasi pada pelabuhan tujuan pada saat menggunakan fasilitas saat ini dengan fasilitas yang telah dievaluasi, dimana jarak yang digunakan adalah jarak penggunaan kapal berpindah dari kolam labuh menuju pelabuhan dan keluar dari kawasan GSMP (Tabel 10).

Jarak tempuh yang terjauh ditempuh oleh kapal Genting Dream sejauh 47,37 mil untuk fasilitas yang telah dievaluasi untuk fasilitas saat ini yakni kapal Derby D sejauh 49,25 mil (Tabel 10). Ada beberapa kondisi dimana terdapat 2 kapal yang menuju satu pelabuhan yaitu kapal Derby D dan kapal Allya untuk kapal Allya melakukan alih muat sedangkan Derby D tidak. Dan ada juga kondisi dimana 1 kapal yang menuju 3 pelabuhan, seperti kapal Zaleha Fitrat dengan tujuan pelabuhan Manyar, terminal Socah dan terminal Maspion. Terminal Socah pada saat ini dalam tahap perencanaan sehingga digunakan contoh kapal yang hendak menuju Socah. Lain hal untuk pelabuhan Manyar dan terminal Maspion, kedua pelabuhan tersebut memang dikunjungi oleh kapal Zaleha Fitrat dan pada saat itu kapal tersebut adalah kapal terbesar yang pernah berkunjung di kedua pelabuhan tersebut.

K. Biaya Total

Dalam metode optimasi, *Objective Function* pada penelitian ini adalah biaya total keseluruhan kapal yang akan beroperasi di kawasan *Greater Surabaya Metropolitan Ports*

(GSMP) dimana biaya total tersebut terdiri dari beberapa komponen biaya yaitu biaya bahan bakar kapal dan tugboat (Gambar 7), serta biaya pergerakan kapal. Berikut akan diuraikan contoh beberapa komponen biaya dari kapal Zaleha Fitrat yang menuju T. Manyar.

Perbedaan jarak fasilitas perairan saat ini dan evaluasi yang ditempuh oleh kapal Zaleha Fitrat dapat dilihat pada Gambar 6. Untuk Alur menuju labuh memiliki selisih tempuh sebesar 1,43 mil, Labuh menuju kolam putar memiliki selisih 1,32 mil, Kolam putar menuju pelabuhan memiliki selisih 0,1 mil sehingga memiliki selisih total jarak 2,78 mil.

Perbandingan untuk perhitungan biaya yang dibutuhkan oleh kapal untuk menuju pelabuhan untuk fasilitas yang telah dievaluasi dan fasilitas saat ini dapat dilihat pada Gambar 8. Biaya yang dikeluarkan jika menggunakan fasilitas yang telah dievaluasi lebih murah 631,206.62 rupiah, hal tersebut dikarenakan jarak yang ditempuh lebih dekat jika menggunakan fasilitas yang telah dievaluasi.

Biaya total pergerakan kapal ketika kapal beroperasi dipelabuhan Manyar, dimana biaya tersebut didapatkan berdasarkan tarif yang diberikan oleh Pelindo III dan fungsi *Gross Tonnage* kapal tersebut (Gambar 9). Biaya yang harus dikeluarkan sebesar 11.753.186 rupiah.

Seperti yang dijelaskan diatas, pada Gambar 9 tercantum biaya total yang harus dikeluarkan oleh kapal Zaleha Fitrat jika menggunakan fasilitas evaluasi sebesar 27.835.319 rupiah, lebih murah 1,358,417 rupiah dibanding menggunakan fasilitas saat ini. Rincian biaya total adalah biaya pergerakan kapal, biaya bahan bakar kapal serta biaya bahan bakar tugboat.

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, perhitungan kapal Zaleha Fitrat juga diterapkan pada kapal yang beroperasi atau berkepentingan di Kawasan *Greater Surabaya Metropolitan Ports (GSMP)*. Setelah menerapkan perhitungan biaya pada kapal lain, biaya akhir yang didapat untuk masing-masing kapal dirangkum menjadi satu dan dibandingkan dengan biaya pada fasilitas saat ini dengan fasilitas yang telah dievaluasi [8].

Total biaya keseluruhan sebesar 504.714.475 rupiah untuk fasilitas evaluasi sedangkan 520.081.788 rupiah untuk fasilitas saat ini dapat dilihat pada Tabel 11. Pada Tabel 11 juga menunjukkan bahwa biaya kapal pada saat menggunakan fasilitas yang telah dievaluasi lebih murah dibandingkan menggunakan fasilitas saat ini. Hal tersebut dikarenakan penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit karena jarak yang ditempuh lebih pendek.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Arus kapal pada wilayah *Greater Surabaya Metropolitan Ports* mengalami kemacetan yang disebabkan oleh 3 kondisi yaitu : Pertama, akibat gencarnya pengembangan pelabuhan (Terminal Socah, Terminal PT. Siam Maspion, dan Terminal Teluk Lamong) sehingga mengakibatkan penyempitan selat madura; Kedua, dikarenakan wilayah DLKp/DLKr pada

wilayah tersebut digunakan secara bersamaan; Ketiga, tingginya potensi wilayah sehingga mengakibatkan peningkatan arus kapal.

Setelah dilakukan evaluasi menggunakan model matematis optimasi didapatkan beberapa titik koordinat dan luas untuk masing-masing fasilitas perairan, sebagai berikut: (1) Area labuh untuk P. Gresik, T. Manyar, TUKS dan T. Socah: Luas: 3.085.701,38 m^2 , X: 31.144,71, Y: 16.669,09; (2) Area labuh untuk kapal penumpang: Luas: 3.085.701,38 m^2 , X: 38.285,66, Y: 7.287,67; (3) Area labuh untuk kapal curah kering dan curah cair: Luas: 1.394.222,80 m^2 , X: 35.181,76, Y: 7.525,99; (4) Area alih muat untuk kapal curah kering dan kapal cargo: Luas: 1.394.222,80 m^2 , X: 34.883,44, Y: 8.042,09; (5) Kolam Putar T. Manyar: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 30.083,49, Y: 19.394,04; (6) Kolam Putar T. PT. Siam Maspion: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 30.147,91, Y: 16.009,04; (7) Kolam Putar T. Socah: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 32.134,53, Y: 19.305,48; (8) Kolam Putar Pelabuhan Gresik: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 31.158,43, Y: 12.312,54; (9) Kolam Putar Pelabuhan TTL dan TPS: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 34.434,77, Y: 6.564,15; (10) Kolam Putar Tj. Perak: Luas: 354.134,82 m^2 , X: 38.375,76, Y: 6.367,44.

Setelah dilakukan evaluasi fasilitas perairan, didapatkan jarak tempuh optimum sehingga dapat menghasilkan biaya bahan bakar kapal yang minimum. Biaya total bahan bakar seluruh kapal sebesar 504.714.475 rupiah/RT dengan selisih 15.367.312 rupiah/RT lebih murah ketika kapal beroperasi menggunakan fasilitas yang telah dievaluasi, hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh lebih pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan, *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 1 Tahun 2018 Tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2038*. Jakarta: Direktorat Jendral Pengelolaan Ruang Laut, 2018.
- [2] Kementerian Kelautan dan Perikanan, *Rencana Zonasi Kawasan Strategis Nasional (RZ KSN) Kawasan Perkotaan Gerbangkertosusila*. Jakarta: Direktorat Perencanaan Ruang Laut, 2018.
- [3] A. A. Fisru, "Analisis kebutuhan fasilitas sisi laut pelabuhan terminal khusus PLTGU lombok," *Pena Tek. J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 3, no. 2, p. 197, 2018, doi: 10.51557/pt_jiit.v3i2.183.
- [4] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, *Petunjuk Teknis Penyusunan Batas-Batas Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) dan Daerah Lingkungan Kepentingan Pelabuhan (DLKp)*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2017.
- [5] D. Ariyanto, "Evaluasi pengembangan pelabuhan sibolga," *J. Penelit. Transp. Laut*, vol. 19, no. 1, pp. 1–13, 2018, doi: 10.25104/transla.v19i1.320.
- [6] M. Ilham, R. Thaib, and A. Rahmah, "Kelayakan luas kolam pelabuhan perikanan pantai lampulo kurun waktu 10 tahun kedepan," *J. Ilm. Mhs. Kelaut. Perikan. Unsyiah*, vol. 1, no. 3, 2016.
- [7] Y. Andrianto, A. Wicaksono, and M. R. Anwar, "Analisis kinerja pelayanan pemanduan kapal terhadap waktu tunggu (waiting time) di pelabuhan tanjung perak," *IPTEK J. Proc. Ser.*, vol. 3, no. 5, Nov. 2017, doi: 10.12962/j23546026.y2017i5.3114.
- [8] Nafi, Bambang Wahyudi, and Imam Fachrudin, "Analisis konsumsi bahan bakar kapal niaga berdasarkan american society for testing materials the institute of petroleum (ASTM-IP)," *Din. Bahari J. Marit. Dyn.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.46484/db.v1i1.181.