

Model Optimisasi Tata Letak Pelabuhan Curah Kering dengan Pendekatan Simulasi Diskrit: Studi Kasus Pelabuhan Khusus PT Petrokimia Gresik

Hasan Iqbal Nur dan Firmanto Hadi

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: hasaniqbaln@gmail.com

Abstrak— Pelabuhan Petrokimia Gresik merupakan salah satu contoh pelabuhan khusus yang dioperasikan untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan (PT Petrokimia Gresik). Untuk menunjang peningkatan produksi perusahaan, diperlukan penambahan fasilitas pelabuhan dengan memperhatikan tata letaknya, mengingat ketersediaan area pengembangan pelabuhan yang terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara peningkatan produksi perusahaan dengan kegiatan operasional di pelabuhannya serta membuat model optimisasi tata letak pelabuhan curah kering yang paling optimal. Dalam menentukan model tata letak pelabuhan curah kering yang paling optimal ini dilakukan dengan pendekatan simulasi diskrit menggunakan *software Arena (student version)* dan kriteria optimum yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan produksi perusahaan dengan rata-rata 7.7% per tahun, mengakibatkan peningkatan utilitas fasilitas pelabuhan: dermaga (*Berth Occupancy Ratio*) 2%, gudang (*Shed Occupancy Ratio*) 1.2% dan lapangan penumpukan (*Yard Occupancy Ratio*) 0.6%. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan didapatkan tata letak untuk penambahan fasilitas pelabuhan petrokimia Gresik yang optimum, yaitu: dermaga dengan penambahan panjang 170 m di sisi utara, gudang berukuran 60 x 48 x 8 m dan lapangan penumpukan berukuran 65 x 50 m dengan jarak 1,600 m dari dermaga.

Kata Kunci—tata letak, pelabuhan curah kering, optimisasi, simulasi diskrit

I. PENDAHULUAN

PT PETROKIMIA Gresik sebagai produsen pupuk terbesar di Indonesia memiliki peranan yang penting dalam produksi dan distribusi pupuk dalam negeri. Ketersediaan pupuk merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung sektor pertanian yang ada di Indonesia. Peningkatan produksi perusahaan sebesar 3%-15% dari tahun 2007 sampai tahun 2011 dan direncanakan target peningkatan sebesar 20% pada tahun 2012 [1]. Hal tersebut berdampak pada peningkatan jumlah bongkar muat hasil produksi dan bahan baku di pelabuhan khusus Petrokimia Gresik. Untuk dapat menunjang peningkatan produksi perusahaan tersebut perlu dilakukan kajian tentang pengaruh peningkatan produksi perusahaan terhadap kegiatan operasional di pelabuhannya dan bagaimana

tata letak pelabuhan curah kering yang paling optimum apabila diperlukan penambahan fasilitas pelabuhan, seperti: dermaga, gudang, dan lapangan penumpukan mengingat ketersediaan fasilitas dan area pengembangan pelabuhan yang terbatas.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian untuk mengetahui hubungan antara peningkatan produksi perusahaan dengan kegiatan operasional pelabuhannya serta membuat model optimisasi tata letak pelabuhan curah kering yang paling optimal. Dalam menentukan model tata letak pelabuhan curah kering yang paling optimal ini akan dilakukan dengan pendekatan simulasi diskrit dengan menggunakan bantuan *software Arena (student version)* dan kriteria optimum yang telah ditentukan, yaitu: minimum biaya. Dengan adanya studi ini, diharapkan dapat memberikan masukan atau rekomendasi bagi pengelola pelabuhan curah kering untuk dapat meningkatkan efisiensi pelabuhan dengan perencanaan tata letak pelabuhan yang paling optimum, sehingga dapat menunjang peningkatan produksi perusahaannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahap Identifikasi Permasalahan

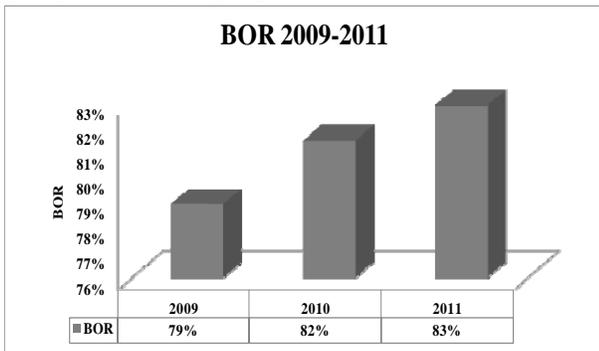
Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Permasalahan yang timbul adalah terjadinya peningkatan produksi perusahaan sehingga terjadi pula peningkatan jumlah bongkar muat di pelabuhannya, sementara fasilitas dan area pengembangan pelabuhan yang dimiliki terbatas sehingga diperlukan perencanaan tata letak pelabuhan yang optimum.

B. Tahap Studi Literatur

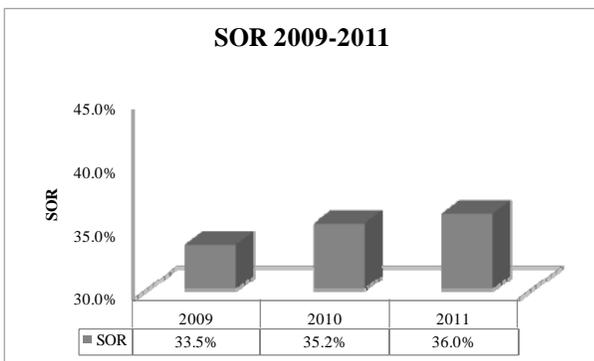
Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan pada tugas ini. Materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah perencanaan pelabuhan, operasional pelabuhan, peramalan dan model simulasi. Studi literatur juga dilakukan terhadap hasil penelitian sebelumnya untuk lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dapat dilakukan.

C. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

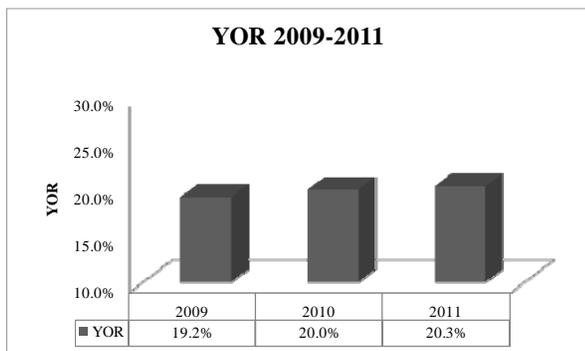
Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data, metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode



Gambar 1. Perbandingan BOR 2009-2011



Gambar 2. Perbandingan SOR 2009-2011



Gambar 3. Perbandingan YOR 2009-2011

pengumpulan data secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas akhir ini di pelabuhan khusus Petrokimia Gresik. Data yang telah dikumpulkan dari hasil studi lapangan kemudian diolah untuk mengetahui utilitas fasilitas pelabuhan, proyeksi, dan juga distribusi masing-masing proses operasional pelabuhan sebagai inputan dalam model simulasi.

D. Tahap Pembuatan Simulasi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model simulasi yang sesuai dan menggambarkan operasional pelabuhan khusus Petrokimia Gresik dengan bantuan *software Arena (student version)*. Pada tahap ini dilakukan pula verifikasi dan validasi

pada model simulasi yang dibuat, sehingga dapat diketahui apakah model simulasi yang dibuat telah mempresentasikan kondisi nyata di lapangan atau tidak [2]. Verifikasi dilakukan dengan pengecekan *error* pada model, sedangkan validasi dilakukan dengan uji hipotesa dua arah.

E. Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini hasil dari simulasi yang didapat akan dianalisa untuk mengetahui waktu dari masing-masing proses dalam operasional pelabuhan sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam melihat kinerja operasional pelabuhan. Selain itu dilakukan pula analisis kebutuhan penambahan fasilitas pelabuhan, dengan memperhatikan peningkatan produksi perusahaan.

F. Tahap Perencanaan Tata Letak Pelabuhan

Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan dan pembuatan desain tata letak pelabuhan curah kering yang optimum berdasarkan hasil analisa simulasi dan perhitungan.

G. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil analisis yang didapatkan dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Utilitas Fasilitas Pelabuhan

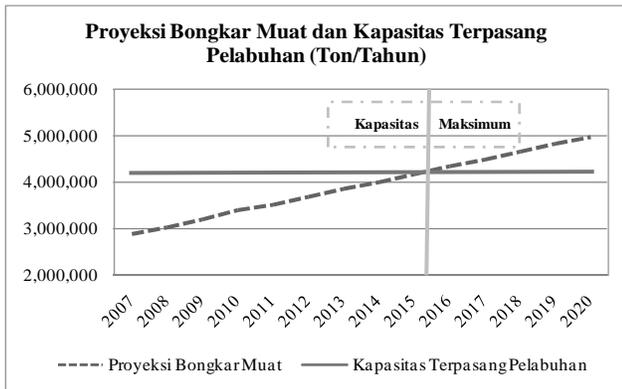
Dengan meningkatnya produksi perusahaan maka utilitas dermaga juga ikut meningkat. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, nilai BOR (*Berth Occupancy Ratio*) dari tahun 2009-2011 pelabuhan Petrokimia Gresik cenderung mengalami peningkatan dengan rata-rata 2% per tahun. Pada tahun 2009 BOR pelabuhan Petrokimia Gresik telah mencapai 79%, mengalami kenaikan sebesar 3% pada tahun 2010 menjadi 82% dan tahun 2011 BOR sebesar 83% naik 1% dari tahun sebelumnya. Pada saat utilitas dermaga berkisar antara 70% - 80%, maka pada kondisi tersebut penggunaan tambatan sudah sangat tinggi dan diperlukan pengembangan pelabuhan [3].

Pelabuhan Petrokimia Gresik memiliki kurang lebih 9 gudang dan 4 lapangan penumpukan di area pelabuhan, dengan komoditi simpan adalah hasil produksi dan bahan baku perusahaan. Komoditi tersebut antara lain: hasil produksi (ZA, Phonska, Urea dan lain-lain), bahan baku (*phosphat rock, MOP, sulfur*, dan lain-lain). Utilitas penggunaan gudang dan lapangan penumpukan dipengaruhi oleh jumlah barang yang disimpan, lamanya proses penyimpanan, dan stok minimum [4]. Pada tahun 2009 *Shed Occupancy Ratio* (SOR) rata-rata pelabuhan Petrokimia Gresik adalah 33.5% dan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 1.2% per tahun (Gambar 2). Untuk lapangan penumpukan pada tahun 2009 *Yard Occupancy Ratio* (YOR) rata-rata pelabuhan Petrokimia Gresik adalah 19.2% dan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 0.6% per tahun (Gambar 3).

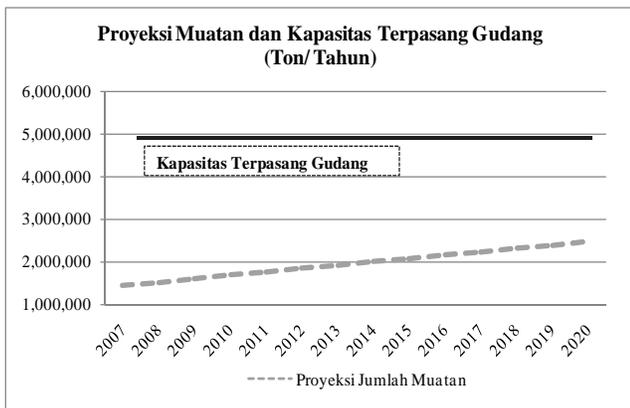
B. Kapasitas Eksisting Fasilitas Pelabuhan

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas terpasang

pelabuhan Petrokimia Gresik adalah 21,168 ton/hari atau 4,635,792 ton/tahun (Gambar 4), kapasitas terpasang gudang secara keseluruhan adalah 15,296 ton/hari atau 5,583,087



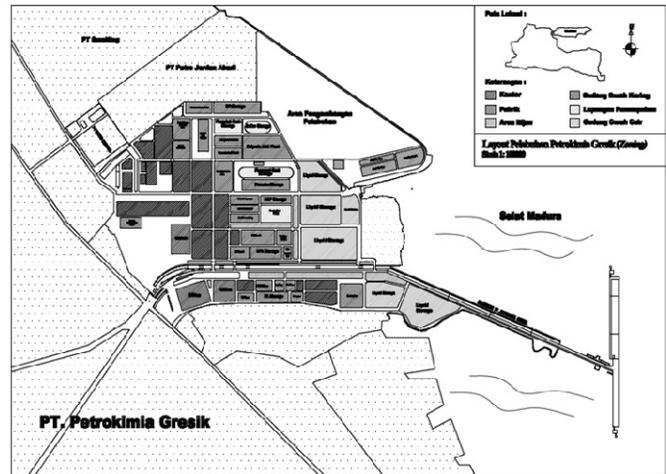
Gambar 4. Kapasitas terpasang pelabuhan dan proyeksi jumlah muatan



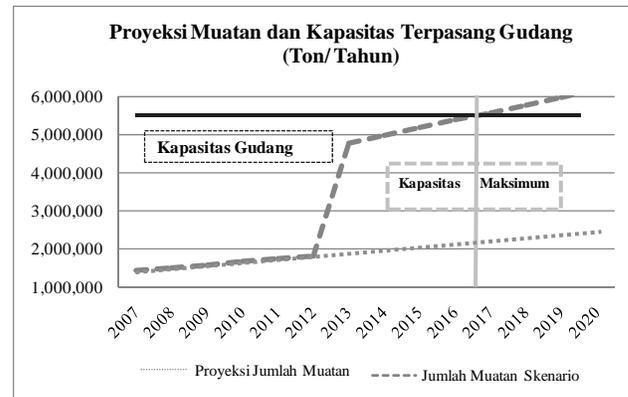
Gambar 5. Kapasitas terpasang gudang dan proyeksi jumlah muatan



Gambar 6. Kapasitas terpasang lapangan penumpukan dan proyeksi jumlah muatan



Gambar 7. Kapasitas terpasang lapangan penumpukan dan proyeksi jumlah muatan



Gambar 8. Kapasitas terpasang gudang, proyeksi jumlah muatan dan scenario peningkatan jumlah muatan

ton/tahun (Gambar 5), dan Kapasitas terpasang lapangan penumpukan secara keseluruhan adalah 18,020 ton/hari atau 6,577,300 ton/tahun (Gambar 6).

C. Perencanaan Tata Letak Fasilitas Pelabuhan

Tata letak fasilitas pelabuhan menentukan layanan suatu pelabuhan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang [5], oleh karena itu penentuan tata letak merupakan hal penting. Berikut tata letak pelabuhan Petrokimia Gresik berdasarkan kondisi eksisting:

Berdasarkan kondisi eksisting, kapasitas terpasang fasilitas dermaga akan mencapai kapasitas maksimum pada tahun 2015 (Gambar 4). Untuk fasilitas gudang jika dibuat skenario peningkatan jumlah muatan sebesar 250%, maka dapat diketahui kapasitas maksimum akan terjadi pada tahun 2018 (Gambar 8), sedangkan untuk lapangan penumpukan jika dibuat skenario peningkatan jumlah muatan sebesar 400%, maka kapasitas maksimum akan terjadi pada tahun 2020 (Gambar 9).

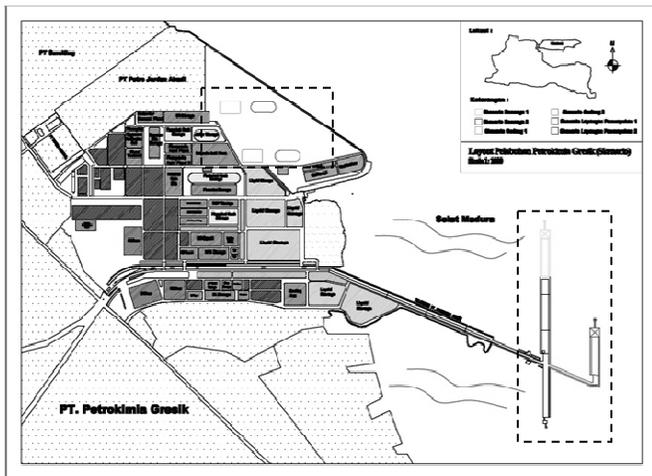


Gambar 9. Kapasitas terpasang lapangan penumpukan, proyeksi jumlah muatan dan skenario peningkatan jumlah muatan

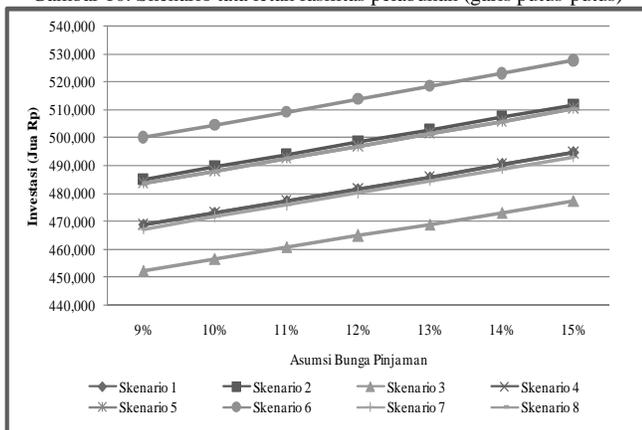
Tabel 1. Skenario tata letak fasilitas pelabuhan

	Dermaga			Gudang			Lapangan Penumpukan		
	Panjang	Jarak	Letak	Ukuran	Jarak	Conv *	Ukuran	Jarak	Conv *
	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Skn 1	170	2,000	Utara	60 x 48 x 8	1,800	800	65 x 50	1,600	600
Skn 2	170	2,000	Utara	60 x 48 x 8	1,800	800	65 x 50	1,800	800
Skn 3	170	2,000	Utara	60 x 48 x 8	1,600	600	65 x 50	1,600	600
Skn 4	170	2,000	Utara	60 x 48 x 8	1,600	600	65 x 50	1,800	800
Skn 5	170	1,800	Timur	60 x 48 x 8	1,800	800	65 x 50	1,600	600
Skn 6	170	1,800	Timur	60 x 48 x 8	1,800	800	65 x 50	1,800	800
Skn 7	170	1,800	Timur	60 x 48 x 8	1,600	600	65 x 50	1,600	600
Skn 8	170	1,800	Timur	60 x 48 x 8	1,600	600	65 x 50	1,800	800

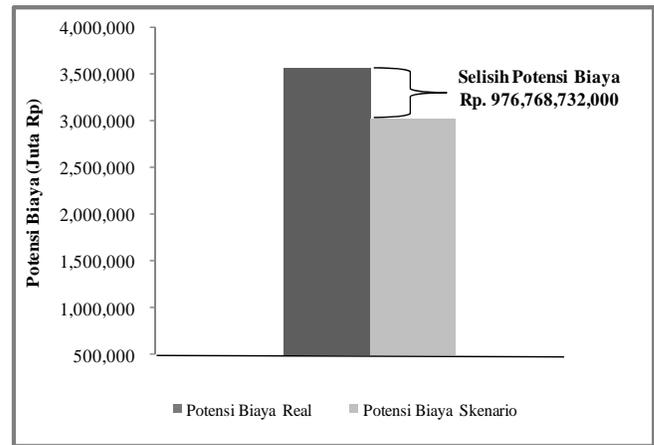
Keterangan: * Conv : Conveyor
*Skn : Skenario



Gambar 10. Skenario tata letak fasilitas pelabuhan (garis putus-putus)



Gambar 11. Sensitivitas investasi tiap skenario



Gambar 12. Perbandingan potensi biaya

Untuk mengetahui tata letak penambahan fasilitas pelabuhan yang optimum, dibuatlah 8 skenario yang merupakan kombinasi dari fasilitas dermaga, gudang dan lapangan penumpukan (Tabel 1), sedangkan tata letak penambahan fasilitas tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 sebagai berikut:

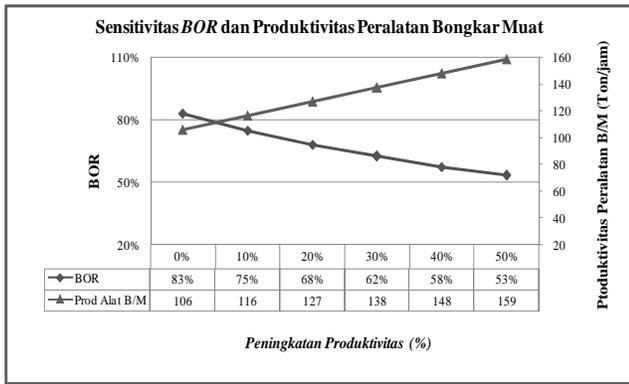
D. Analisis Perbandingan Skenario

Dari hasil perhitungan dengan pendekatan HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) dan asumsi bunga pinjaman 9%-15%, didapatkan nilai investasi untuk masing-masing skenario, dengan kisaran nilai investasi adalah berkisar antara Rp. 452,485,248,491 – Rp. 527,599,189,997 (Gambar 11). Berdasarkan perhitungan investasi tersebut dapat digunakan sebagai kriteria dalam menentukan tata letak optimum dengan kriteria nilai investasi terkecil, tetapi perlu juga diketahui kinerja operasional pelabuhan setelah skenario dilakukan.

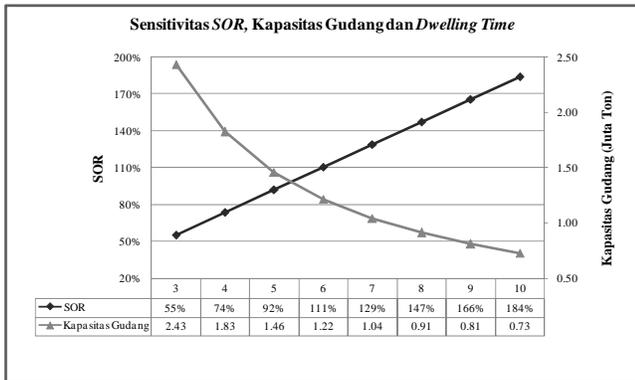
Dari hasil simulasi skenario yang telah dilakukan dapat digunakan untuk menghitung efisiensi biaya yang dapat dihemat akibat adanya skenario yang telah dibuat. Secara garis besar potensi biaya yang dapat dihemat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Biaya eksplisit, terdiri dari biaya *demmurage* atau denda yang ditimbulkan akibat keterlambatan dan biaya operasional kapal selama waktu tunggu.
2. Biaya implisit, terdiri dari *inventory carrying cost*.

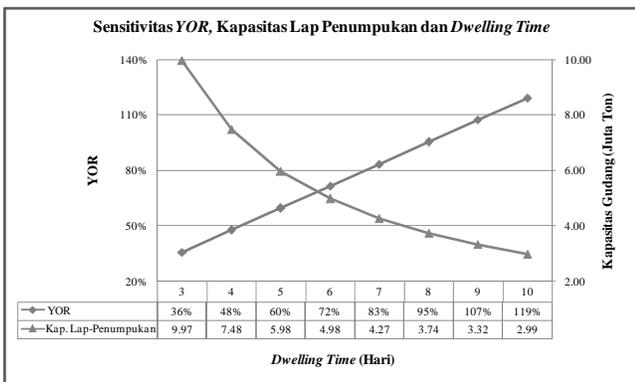
Berdasarkan data yang diperoleh dari pelabuhan Petrokimia Gresik, diketahui bahwa besarnya biaya *demmurage* berkisar antara \$5,000 – \$10,000 perhari atau Rp 2,041,667 – Rp 4,083,333 per jam. Untuk *inventory carrying cost* dihitung berdasarkan harga komoditi rata-rata untuk bahan baku Rp. 1,860,000 per ton dan pupuk hasil produksi Rp. 3,400,000 per ton. Asumsi bunga pinjaman bank yang digunakan berdasarkan BI rate adalah 9%. Efisiensi biaya yang dapat dihemat ditunjukkan oleh Gambar 12, sebagai berikut:



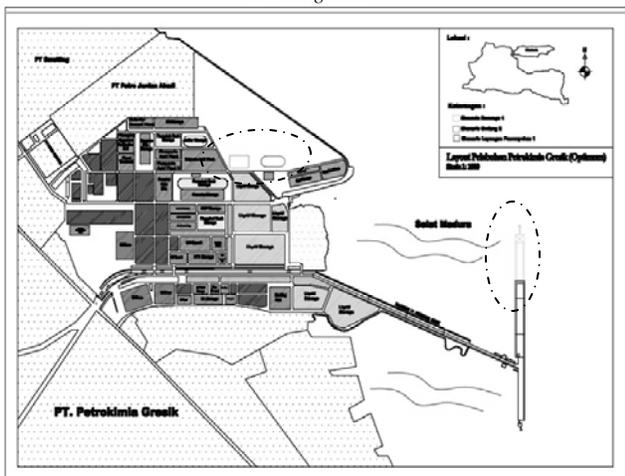
Gambar 13. Sensitivitas BOR terhadap produktivitas peralatan bongkar muat



Gambar 14. Sensitivitas SOR dan kapasitas gudang terhadap dwelling time



Gambar 15. Sensitivitas YOR dan kapasitas lapangan penumpukan terhadap dwelling time



Gambar 16. Tata letak fasilitas pelabuhan optimum (lingkaran putus-putus)

Penambahan fasilitas pelabuhan merupakan bagian dari perencanaan pelabuhan dalam jangka panjang. Pada perencanaan pelabuhan jangka pendek terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat pemakaian fasilitas pelabuhan, antara lain: meningkatkan produktivitas bongkar muat di dermaga dan mengurangi *dwelling time* di gudang dan lapangan penumpukan.

Dengan peningkatan produktivitas peralatan bongkar muat dimana pada kondisi awal sebesar 106 ton/jam dan dinaikkan sampai 50%, dapat diketahui bahwa dengan peningkatan produktivitas sebesar 10% dapat menaikkan produktivitas peralatan bongkar muat sebesar 11 ton/jam sehingga dapat menurunkan ratio penggunaan dermaga (BOR) sebesar 4% sampai 8% (Gambar 13). Untuk gudang dengan penurunan *dwelling time* selama 1 hari dapat menambah kapasitas gudang sebesar 20,000 ton, sehingga menurunkan rasio penggunaan dermaga sebesar 18% (Gambar 14), sedangkan lapangan penumpukan dapat menambah kapasitas lapangan penumpukan sebesar 81,000 ton, sehingga menurunkan rasio penggunaan lapangan penumpukan sebesar 12% (Gambar 15).

Jika skenario dijalankan, maka dapat diketahui perbandingan utilitas fasilitas pelabuhan. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan dapat diketahui bahwa utilitas dermaga (BOR) mengalami penurunan sebesar 17% dari kondisi awal 83% menjadi 66%. Untuk gudang dan lapangan penumpukan perubahan utilitas masing masing secara berurutan adalah: SOR mengalami penurunan sebesar 96% dari kondisi awal 184% menjadi 88% YOR mengalami penurunan sebesar 41% dari kondisi awal 119% menjadi 78% (Gambar 18).

E. Tata Letak Fasilitas Pelabuhan Optimum

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan dengan kriteria optimum yang digunakan, maka didapatkan tata letak penambahan fasilitas pelabuhan curah kering Petrokimia Gresik yang optimum sesuai dengan skenario terpilih, yaitu: skenario 3 (Gambar 16), dengan rincian sebagai berikut:

- Dermaga dengan panjang 170 m disisi utara;
- Gudang dengan ukuran 60 x 48 x 8 m dan jarak 1600 m dari dermaga;
- Lapangan penumpukan dengan ukuran 65 x 50 m dan jarak 1600 m dari dermaga

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian tugas akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan produksi perusahaan dengan rata-rata 7.7% per tahun, diikuti dengan peningkatan utilitas fasilitas pelabuhan: dermaga (*Berth Occupancy Ratio*) 2%, gudang (*Shed Occupancy Ratio*) 1.2% dan lapangan Penumpukan (*Yard Occupancy Ratio*) 0.6%.

2. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan didapatkan tata letak untuk penambahan fasilitas pelabuhan petrokimia Gresik optimum, yaitu:
- Dermaga dengan panjang 170 m di disisi utara;
 - Gudang dengan ukuran 60 x 48 x 8 m dan jarak 1600 m dari dermaga;
 - Lapangan penumpukan dengan ukuran 65 x 50 m dan jarak 1600 m dari dermaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Petrokimia Gresik atas bantuan data dan observasi serta Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang memberikan bantuan finansial pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Laporan Tahunan 2011*, PT Petrokimia Gresik, Gresik (2011).
- [2] R. G. Sargent, "Verification and Validation of Simulation Model," dalam *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*, New York (2010) 166-183.
- [3] UNCTAD, *Port Development*, United Nations (1985).
- [4] H. Velsink, *Ports and Terminals*, Delft: TU Delft (1993).
- [5] M. Indrawan, "Model Kinerja Operasional Pelabuhan Curah Berbasis Simulasi Studi Kasus: Pelabuhan Petrokimia," Tugas Akhri Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2009) .