

MODEL JARINGAN TRANSPORTASI BATUBARA TANJUNG ENIM - SURALAYA

I Wayan Paster Susenapathy

Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi,
Deputi Bidang TIRBR, BPPT

Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang 15314

Tel. (021)-75875940; Fax. (021)-75875940

E-mail : iwayanpaster@yahoo.com

Abstrak

Sistem angkutan batubara di Sumatera Selatan dan sekitarnya mempunyai peran yang sangat penting di dalam menunjang kesinambungan pasokan energi listrik di Pulau Jawa dan Bali. Hampir 80% pasokan batubara Sumatera Selatan dikirim ke PLTU Suralaya, baik melalui jalan darat maupun laut. Sebagai pusat pembangkit listrik tenaga uap yang cukup besar di Indonesia, Suralaya memasok hampir 70% kebutuhan energi listrik di Jawa dan Bali. Sistem manajemen transportasi batubara yang kurang efisien tentunya akan mengakibatkan terjadinya krisis listrik di kedua pulau tersebut. Oleh karenanya perencanaan jaringan angkutan menjadi penting untuk menjamin kelangsungan pasokan.

Kata Kunci : *Angkutan Batubara, Sumatera Selatan.*

1. PENDAHULUAN

Sistem angkutan batubara di Sumatera Selatan dan sekitarnya mempunyai peran yang sangat penting di dalam menunjang kesinambungan pasokan energi listrik di Pulau Jawa dan Bali. Hampir 80% pasokan batubara Sumatera Selatan dikirim ke PLTU Suralaya, baik melalui jalan darat maupun laut. Sebagai pusat pembangkit listrik tenaga uap yang cukup besar di Indonesia, Suralaya memasok hampir 70% kebutuhan energi listrik di Jawa dan Bali. Sistem manajemen transportasi batubara yang kurang efisien tentunya akan mengakibatkan terjadinya krisis listrik di kedua pulau tersebut.

Sistem transportasi batubara di Sumatera Selatan telah dikembangkan sejak jaman Belanda. Pada saat ini, sistem transportasi di dalam wilayah tambang produksi sudah modern. Sistem transportasi ini terdiri atas gabungan berbagai moda angkutan, mulai dari excavator, truk, conveyor belt dan kereta api. Pergerakan sistem transportasi di dalam wilayah produksi tambang sudah cukup efisien. Persoalan yang dihadapi muncul pada saat pengiriman dari tambang tersebut ke pengguna batubara, terutama di luar propinsi Sumatera Selatan. Faktor kontinuitas dan kapasitas angkut kereta api menjadi masalah utama dalam pelaksanaan angkutan batubara di Sumatera Selatan.

Dengan adanya pertumbuhan penduduk dan kegiatan ekonomi, maka kebutuhan akan energi listrik juga meningkat, khususnya di pulau Jawa dan Bali. Dengan demikian, kebutuhan akan pasokan batubara ke PLTU Suralayapun turut meningkat. Peningkatan ini tidak diimbangi oleh kapasitas sarana dan prasarana angkutan batubara yang ada. Pengembangan sarana dan prasarana transportasi batubara cukup mahal. Pada saat ini pemerintah Indonesia tidak memiliki biaya kapital untuk mengembangkan sarana dan prasarana yang ada. Untuk mengatasi hal ini, maka diperlukan suatu kajian manajemen operasi angkutan batubara secara intermoda di Sumatera Selatan dan sekitarnya.

Dengan adanya masalah di atas, maka diperlukan suatu model untuk mendukung proses pengambilan keputusan bagi pengembangan jaringan transportasi intermoda batubara di propinsi Sumatera Selatan dan sekitarnya. Sub-bab berikutnya akan membahas tentang pengembangan sebuah model untuk mendesain jaringan transportasi intermoda batubara berdasarkan model matematis seperti yang disusun oleh Kurokawa (1999).

2. DASAR PEMODELAN

Kurokawa (1999) membuat model jaringan antar benua dan antar pulau yang dapat

dikembangkan menjadi model jaringan intermoda. Model Kurokawa (1999) menghasilkan total biaya transportasi sistem yang optimum, jumlah moda yang optimal, jenis moda yang optimal, aliran container isi yang optimal, aliran container kosong yang optimal, serta frekuensi pelayanan optimal setiap moda yang dipakai. Model Kurokawa ini memiliki tiga kelemahan utama, yaitu (i) model ini mengabaikan pola interaksi antara *shipper* dan *operator*; (ii) proses transfer atau *transshipment* di terminal pindah moda dianggap lancar tanpa adanya *delay* dan antrian (iii) faktor *economy of scale* diabaikan. Walaupun ada kelemahan-kelemahan ini, model Kurokawa (1999) dianggap masih relevan untuk dipakai sebagai model dasar pengembangan teknologi jaringan transportasi intermoda di Indonesia.

Untuk memperoleh gambaran mengenai jaringan transportasi batubara di Sumatera Selatan, Model Kurokawa (1999) akan dimodifikasi agar sesuai dengan karakteristik dan kondisi transportasi angkutan batubara di lapangan. Asumsi-asumsi yang dipergunakan di dalam pengembangan model matematis ini adalah sebagai berikut:

1. Harga batubara adalah tetap (tidak berfluktuasi);
2. Proses alih moda tidak terdapat penundaan;
3. Biaya angkutan batubara tiap moda adalah tetap;
4. Matriks asal dan tujuan batubara relatif tetap;
5. Pola interaksi antara penjual dan pembeli batubara diabaikan;
6. Jenis moda transportasi yang dipergunakan adalah tetap.

Dengan asumsi-asumsi di atas, model Kurokawa (1999) dirancang untuk dapat menentukan optimalisasi pada rute angkutan batubara, jumlah moda, jenis moda, frekuensi pelayanan serta biaya angkutan total yang minimum. Model Kurokawa (1999) disusun berdasarkan pendekatan program linier yang sudah lazim dikenal dalam teori *operations research*. Secara matematis, model ini menggunakan program linier campuran antara variabel integer dan non-integer dalam sistem persamaannya. Program linier ini terdiri atas dua bagian utama, yaitu fungsi tujuan dan fungsi pembatas.

2.1. Parameter Model

Jaringan transportasi dirancang sedemikian sehingga jumlah biaya operasi pelayanan total dapat diminimumkan. Sebelum membahas tentang fungsi tujuan model, maka bagian ini akan menjelaskan tentang variabel penentu dan parameter-parameter yang dipergunakan di dalam fungsi tujuan dan pembatas model Kurokawa (1999).

a. Variabel penentu:

f^*R adalah jumlah perjalanan antara tambang batubara i dan pembangkit listrik j dengan memakai moda jenis k (kali/minggu).

jumlah batubara yang diangkut antara tambang i dan PLTU j dengan memakai moda jenis k (Ton/tahun)

b. Parameter-parameter yang berhubungan dengan fasilitas dan moda:

Kapasitas angkut maksimal moda jenis k (ton)

jumlah bongkar muat batubara di lokasi i (ton/tahun)

beda jumlah ekspor dan impor batubara di lokasi i (ton/tahun)

c. Parameter-parameter lainnya:

jumlah moda jenis k yang diperlukan untuk memenuhi permintaan batubara mingguan pada *link* (i,j)

c_1 adalah biaya bahan bakar moda

c_2 adalah biaya *entrance* dan *clearance* terminal atau pelabuhan batubara

c_3 adalah biaya bongkar muat batubara

c_4 adalah biaya awak moda transportasi

c_5 adalah biaya depresiasi moda

c_6 adalah biaya perawatan moda

c_7 adalah biaya asuransi moda.

2.2. Fungsi Tujuan

Sistem transportasi batubara di Sumatera Selatan berbeda karakteristiknya dengan sistem

angkutan *container* yang dibahas dalam model Kurokawa (1999). Fungsi tujuan model Kurokawa (1999) menyertakan biaya pelayaran, biaya operasi kapal dan biaya pemakaian *container*. Dalam model jaringan yang dikembangkan di sini, tidak semua komponen fungsi tujuan di atas dapat dipakai secara langsung. Fungsi biaya *container* harus ditiadakan, karena angkutan batubara memakai gerbong *self-unloading* yang sangat khusus. Biaya depresiasi, perawatan dan asuransi lokomotif dan gerbong diperhitungkan secara satu kesatuan alat angkut. Hal yang demikian juga berlaku untuk kapal tongkang batubara yang dioperasikan oleh PT. Bahtera Adi Guna. Kapal tongkang ini juga didesain secara khusus, yaitu bersifat *self-unloading* karena kapal ini dilengkapi dengan peralatan *unloader* batubara. Karena tidak ada *container* batubara di kapal, maka komponen “biaya *container*” batubara harus ditiadakan dari persamaan fungsi tujuan.

Dengan pemikiran seperti yang telah dijelaskan di atas, maka biaya angkutan total terdiri atas biaya angkut dan biaya operasi moda. Perumusan-perumusan berikut mencerminkan perumusan biaya total (2-1) dan masing-masing bagian biaya angkutan (2-2) dan biaya moda (2-3).

(2-1)

(2-2)

(2-3)

2.3. Fungsi Pembatas

Perumusan fungsi-fungsi pembatas diberikan oleh persamaan (2-4) sampai dengan persamaan (2-5). Persamaan-persamaan (2-4) dan (2-5) adalah fungsi pembatas tentang jumlah aliran komoditi batubara yang diangkut oleh moda. Jumlah aliran batubara yang meninggalkan titik *i* ke *j* harus sama dengan jumlah aliran batubara yang menuju titik *j* dari titik *i* ditambah dengan kelebihan atau kekurangan stock yang ada di titik *i*. Persamaan (2-6) dan (2-7) adalah fungsi pembatas aliran angkutan moda yang kosong (tidak membawa batubara). Jumlah aliran “container batubara kosong” yang meninggalkan titik *i* ke *j* harus sama dengan jumlah aliran “container batubara kosong” yang menuju titik *j* dari titik *i* ditambah dengan kelebihan atau kekurangan “container” yang ada di titik *i*. Persamaan (2-8) adalah

pembatas tentang jumlah aliran moda bermuatan batubara dan moda kosong, dan kapasitas angkut maksimal setiap moda. Persamaan (2-9) adalah batasan tentang jumlah frekuensi moda angkutan, diasumsikan bahwa jumlah frekuensi yang meninggalkan dan menuju titik *i* harus sama. Selanjutnya, persamaan (2-10) mengisyaratkan bahwa jumlah frekuensi moda harus integer dan positif.

(2-4)

(2-5)

(2-6)

(2-7)

(2-8)

(2-9)

(2-10)

Untuk menyelesaikan pemodelan di atas, maka pihak tim studi akan menggunakan paket program LINGO versi 8. Perangkat lunak ini sangat berguna untuk menyelesaikan masalah-masalah *operations research*, baik yang menyangkut pemodelan linier maupun non-linier. Teknik pemecahan sistem persamaan linier integer campuran oleh solver LINGO versi 8 ini dilakukan dengan memakai metoda *branch-and-bound* (Lingo System, Inc., 2002). [Uraian lengkap tentang konsep dan algoritma pemecahan masalah program linier integer dapat dilihat pada Taha (1987), dan Lapin (1994)].

3. MODEL JARINGAN TRANSPORTASI

Sebelum model di atas diaplikasikan pada kondisi nyata di lapangan, maka perlu dibuat penyederhanaan struktur jaringan transportasi dengan memakai teori graph. Jaringan transportasi yang ada di lapangan digambarkan dengan menggunakan notasi *node* dan *arc*. Notasi *node* menggambarkan titik lokasi *transshipment* kereta api babaranjang, sedangkan *arc* menggambarkan jalur prasarana transportasi.

Asumsi utama model yang dikembangkan adalah: (a) Interaksi antara shipper dan user diatur oleh kontrak; (b) Tidak ada *delay* pada proses *transshipment*; (c) Kecepatan moda adalah tetap di semua tempat; (d) Harga batubara dan BBM tetap; (e) Struktur biaya angkutan tiap moda adalah seragam; dan (f)

Dua buah lokomotif dan 40 gerbong (masing-masing berkapasitas 50 ton) dianggap sebagai 1 unit KA dengan total kapasitas sebesar 2000 ton.

Gambar 1 menunjukkan rute angkutan batubara yang disederhanakan dari lokasi produksi di Tanjung Enim ke lokasi pengguna yaitu PLTU Suralaya. Permasalahan ini termasuk dalam problema transportasi dari satu *source* (Tanjung Enim) ke satu *sink* (sink) melalui dua alternatif rute: Tanjung Enim – Kertapati – Suralaya dan Tanjung Enim – Tarahan - Suralaya. Kertapati dan Tarahan masing-masing berfungsi sebagai lokasi *transshipment* batubara. Setiap titik *transshipment* dimodelkan dengan dua titik *node* tambahan. Di titik *transshipment* tersebut, sebuah *node* dipergunakan untuk menggambarkan lokasi terminal bongkar kereta api batubara sedangkan *node* lainnya untuk menggambarkan pelabuhan muat batubara. Sebenarnya, jarak lapangan kedua titik relatif dekat dan dilayani dengan *conveyor belt* khusus, yang menghubungkan antara lokasi *stockpile* batubara di terminal bongkar kereta api batubara dengan kapal khusus batubara yang bersandar di dermaga pelabuhan batubara.

Sebelum melakukan pemodelan matematis dengan skema jaringan di atas, maka alternatif-alternatif penggunaan model untuk keperluan analisis harus dipersiapkan terlebih dahulu.



Gambar 1.

Pemodelan Struktur Jaringan Transportasi Batubara

4. APLIKASI MODEL

Setelah membahas tentang pengembangan model jaringan transportasi batubara intermoda, maka subbab ini akan membahas tentang rencana penggunaan model untuk menganalisis optimalisasi hal-hal sebagai berikut:

1. Kondisi Eksisting di mana jumlah permintaan batubara PLTU Suralaya

dari Tanjung Enim sebesar 6,1 juta ton per tahun;

2. Kondisi masa depan dengan jumlah permintaan batubara PLTU Suralaya dari Tanjung Enim sebesar 12,5 juta ton per tahun;
3. Kondisi masa depan dengan jumlah permintaan batubara PLTU Suralaya dari Tanjung Enim sebesar 12,5 juta ton per tahun, namun dengan pelabuhan batubara baru di Tanjung Api Api yang menggantikan pelabuhan Kertapati.

Sebelum melakukan kegiatan aplikasi model, maka penjelasan tentang masing-masing opsi perlu dijabarkan secara singkat pada subbab-subbab berikut.

4.1. Kondisi Eksisting

Kondisi eksisting transportasi batubara yang dibahas dalam subbab ini adalah sistem transportasi batubara yang beroperasi pada saat ini untuk mengangkut volume batubara sebanyak 6,1 juta ton per tahun dari Tanjung Enim ke PLTU Suralaya via Kertapati dan Tarahan. Analisis model dengan memakai kondisi eksisting ditujukan untuk mengkalibrasi model dan membuat validasi model di lapangan. Kondisi eksisting atau *base case scenario* ini akan dipergunakan sebagai basis analisis pengembangan jaringan dan kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi intermoda batubara di masa depan, terutama rute antara Tanjung Enim dan PLTU Suralaya. Dengan mengetahui kondisi sistem, sarana dan prasarana transportasi batubara saat ini, maka kebutuhan pengembangan tambahan di masa depan akan dapat direncanakan dengan efisien dan efektif.

4.2. Kondisi Mendatang Tanpa Pelabuhan Tanjung Api Api

Dalam skenario ini, sistem transportasi batubara dioptimalkan terhadap total jumlah angkutan batubara dari Tanjung Enim ke Tarahan sebanyak 12,5 juta ton per tahun. Sarana dan prasarana yang dipergunakan tetap menggunakan fasilitas yang sekarang telah terbangun. Kondisi masa depan ini akan dipakai untuk bahan masukan perencanaan strategis transportasi batubara intermoda. Bahan masukan ini diperoleh dengan cara

memperkirakan jenis kebutuhan sarana dan prasarana yang harus ditingkatkan atau disediakan agar supaya supply batubara ke PLTU Suralaya tidak terganggu.

4.3. Kondisi Mendatang Dengan Pelabuhan Tanjung Api Api

Skenario ini mengandaikan apabila pelabuhan Tanjung Api Api dibangun oleh pemerintah. Dalam hal ini, pelabuhan baru dimaksudkan untuk menggantikan pelabuhan Kertapati dan Pelabuhan Tarahan. Jumlah angkutan batubara masa depan yang harus diangkut adalah 12,5 juta ton per tahun. Untuk keperluan analisis perubahan biaya total transportasi batubara intermoda dengan adanya pelabuhan Tanjung Api Api ini, maka data-data jarak, matrik asal dan tujuan antar lokasi *transshipment* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1.

Jarak Antar Lokasi *Transshipment* Mendatang (mil)

	TE	T1	P1	T2	P2	SL
TE	0	165	165	272	272	505
T1		0	0	-	-	340
P1			0	-	-	340
T2				0	0	55
P2					0	55
SL						0

Keterangan: TE = Tanjung Enim; T1 = Terminal KA di pelabuhan Tanjung Api-Api; P1 = Pelabuhan Tanjung Api-Api; T2 = Terminal KA di Tarahan; P2 = Pelabuhan khusus batubara Tarahan; dan SL = Pelabuhan Suralaya.

Tabel 2.

Matriks Asal dan Tujuan Batubara Tahun 2012 (Juta Ton)

	TE	T1	P1	T2	P2	SL
TE	0	1,44	0	11,06	0	0
T1		0	1,44	0	0	0
P1			0	0	0	1,44
T2				0	11,06	0
P2					0	11,06
SL						0

Keterangan: TE = Tanjung Enim; T1 = Terminal KA di pelabuhan Tanjung Api-Api; P1 = Pelabuhan Tanjung Api-Api; T2 = Terminal KA di Tarahan; P2 = Pelabuhan khusus batubara Tarahan; dan SL = Pelabuhan Suralaya.

Pelabuhan Tanjung Api Api merupakan pelabuhan laut khusus batubara yang didesain memiliki kedalaman kolam sebesar 12 meter dan dapat beroperasi selama 24 jam sehari. Dengan kondisi fisik yang jauh lebih baik daripada pelabuhan Kertapati, maka diharapkan kapal-kapal khusus batubara berukuran besar dapat merapat di pelabuhan

5. SIMULAI JARINGAN TRANSPORTASI BATUBARA

5.1. Berdasarkan Kondisi Eksisting

Hasil pemodelan dengan memperhitungkan kondisi eksisting, di mana batubara yang diangkut dari Tanjung Enim ke Suralaya melalui dua rute angkutan intermoda, menunjukkan bahwa kedua rute tersebut tetap memberikan biaya transportasi yang paling minimum (Gambar 2). Biaya angkutan total adalah US\$ 6.824.000 per tahun, di mana biaya angkut sebesar US\$ 6.450.000 per tahun dan biaya operasi moda ialah US\$ 374.000 per tahun. Biaya angkut yang terdiri atas komponen biaya bahan bakar dan biaya bongkar muat batubara merupakan 90% dari total biaya transportasi, sedangkan biaya operasi moda hanya 10% dari biaya transportasi total.

Tabel 3.

Matriks Frekuensi Pelayanan Intermoda Tahun 2010 (Kali per Minggu)

	TE	T1	P1	T2	P2	SL
TE	0	7 (KA)		54 (KA)		
T1		0				
P1			0			2 (TKG)
T2				0		
P2					0	5 (KPL)
SL			2 (TKG)		5 (KPL)	0

Keterangan: TE = Tanjung Enim; T1 = Terminal KA di pelabuhan Tanjung Api-Api; P1 = Pelabuhan Tanjung Api-Api; T2 = Terminal KA di Tarahan; P2 = Pelabuhan khusus batubara Tarahan; dan SL = Pelabuhan Suralaya. KA = Kereta Api, KPL: Kapal Curah batubara; dan TKG: Tongkang
Catatan: Transshipment antara T1-P1, P1-T1, P2-T2, dan T2-P2 menggunakan Conveyor Belt

Komposisi moda yang dioperasikan terdiri atas 1 unit kapal batubara yang beroperasi 5 kali per minggu bolak-balik dan 1 unit kereta api (2 lokomotif dan 50 gerbong) yang beroperasi 59 kali per minggu bolak-balik. Dalam hal kereta api, frekuensi pelayanan yang terjadi menurut pemodelan adalah sekitar 9 kali per hari.



Gambar 2.

Hasil Simulasi Rute Operasi yang Efisien Pada Tahun 2010

Apabila dihubungkan dengan pembahasan , jumlah trip kereta api per hari di lapangan berkisar antara 8 – 10 trip per hari. Hal ini berarti bahwa pola operasional kereta api babaranjang saat ini cukup optimal dan efisien. Dalam kenyataan lainnya, jumlah trip ini harus bergantian pula dengan trip kereta api penumpang dengan memakai jalur kereta api yang sama. Sampai saat ini, jumlah setasiun persilangan (*siding*) sudah cukup memadai dan sistem operasi kereta api sudah cukup efisien.

Di dalam pelaksanaan operasional transportasi batubara intermoda batubara di lapangan, faktor keselamatan transportasi menjadi kunci utama dalam mencapai biaya minimum angkutan batubara. Sejak reformasi, angka kecelakaan kereta api di Indonesia cukup tinggi. Kecelakaan satu rangkaian KA Babaranjang pada tahun 2010 telah mengganggu pasokan batubara ke Suralaya. Untuk mengetahui tingkat kerugian akibat kecelakaan pada sistem angkutan batubara intermoda, maka analisis sensitivitas perubahan frekuensi angkutan batubara terhadap total biaya sangatlah diperlukan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa apabila frekuensi pelayanan harian kereta api babaranjang berkurang sebanyak satu unit pelayanan, maka biaya transportasi sistem yang minimum akan bertambah sebesar US\$ 10.300 untuk rute Tanjung Enim – Tarahan dan sebesar US\$ 4.200 untuk rute Tanjung Enim - Kertapati. Sedangkan apabila frekuensi pelayanan kapal batubara berkurang dengan satu trip per hari, maka besarnya penambahan biaya minimum total adalah sebesar US\$ 92.000. Untuk kasus tongkang, pengurangan frekuensi pelayanan sebesar 1 kali per minggu akan menambah biaya total transportasi sebesar US\$ 232.000.

5.2. Estimasi Tanpa Pelabuhan Tanjung Api Api

Hasil pemodelan untuk kondisi tahun 2010 yang diestimasi memiliki volume permintaan angkutan sekitar 12,5 juta ton per tahun, tanpa pembangunan pelabuhan Tanjung Api Api, memberikan hasil yang hampir sama dengan hasil pemodelan kondisi eksisting (Gambar. 3). Rute yang optimal adalah Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya dan rute Tanjung Enim – Kertapati – Suralaya.

Biaya angkutan total adalah US\$ 13.939.000 per tahun, di mana biaya angkut sebesar US\$ 13.200.000 per tahun dan biaya operasi moda ialah US\$ 739.000 per tahun. Biaya angkut yang terdiri atas komponen biaya bahan bakar dan biaya bongkar muat batubara merupakan 90% dari total biaya transportasi, sedangkan biaya operasi moda hanya 10% dari biaya transportasi total.



Gambar 3.

Simulasi Rute Operasi Efisien Pada Tahun 2012 Tanpa Pelabuhan Baru di Tanjung Api Api

Komposisi moda yang dioperasikan terdiri atas 1 buah kapal batubara, 1 buah tongkang batubara, dan 2 unit kereta api (4 lokomotif dan 100 gerbong). Frekuensi pelayanan mingguan setiap moda dapat dilihat pada Tabel 4. Apabila dihubungkan dengan pembahasan pada bagian lainnya terlihat bahwa jumlah trip kereta api per hari di lapangan berkisar antara 8 – 10 trip per hari. Hal ini berarti bahwa frekuensi pelayanan kereta api babaranjang pada tahun 2012 akan sangat padat dan telah melebihi kapasitas jalan kereta api yang ada. Kepadatan akan semakin meningkat, mengingat rel kereta api yang sama harus melayani kereta api penumpang jurusan Palembang dan Bandar Lampung. Dengan kata lain, jalan kereta api yang ada tidak akan cukup

melayani permintaan batubara pada tahun 2012. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah meningkatnya kemungkinan kecelakaan KA akibat frekuensi pelayanan yang meningkat drastis. Tingkat keausan rel dan fasilitas bongkar muat batubara juga harus diperhatikan agar operasi pelayanan angkutan batubara intermoda tidak terganggu di masa depan.

Tabel 4.

Matriks Frekuensi Pelayanan Intermoda Tahun 2012 (Kali per Minggu)

	TE	T1	P1	T2	P2	SL
TE	0	15 (KA)		110 (KA)		
T1	15 (KA)	0				
P1			0			3 (TKG)
T2	110 (KA)			0		
P2					0	9 (KPL)
SL			3 (TKG)		9	0
					(KPL)	

Keterangan: TE = Tanjung Enim; T1 = Terminal KA di pelabuhan Tanjung Api-Api; P1 = Pelabuhan Tanjung Api-Api; T2 = Terminal KA di Tarahan; P2 = Pelabuhan khusus batubara Tarahan; dan SL = Pelabuhan Suralaya. KA: Kereta Api, KPL: Kapal Curah batubara; dan TG: Tongkang
Catatan: Transshipment antara T1-P1, P1-T1, P2-T2, dan T2-P2 menggunakan Conveyor Belt

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, faktor kepadatan frekuensi pelayanan dan banyaknya persimpangan sebidang akan meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kereta api. Ketidakmampuan kapasitas jalan kereta api dan potensi kecelakaan yang tinggi ini akan mengurangi jumlah frekuensi perjalanan kereta api babaranjang. Hasil pemodelan dan analisis sensitivitas menunjukkan bahwa apabila frekuensi pelayanan harian kereta api babaranjang berkurang sebanyak satu unit pelayanan, maka biaya transportasi sistem yang minimum akan bertambah sebesar US\$ 10.200 untuk rute Tanjung Enim – Tarahan, dan sebesar US\$ 4.200 untuk rute Tanjung Enim - Kertapati. Sedangkan apabila frekuensi pelayanan kapal batubara berkurang dengan satu trip per hari, maka besarnya penambahan biaya minimum total adalah sebesar US\$ 92.000, sementara untuk tongkang adalah US\$ 232.000.

Untuk menambah kapasitas pelayanan kereta api per hari dan dalam rangka mengurangi potensi kecelakaan kereta api, maka perlu dibuat sistem kereta api dua jalur antara Tanjung Enim dan Tarahan. Dalam hal ini, perlunya pembangunan jalan kereta api ganda sudah merupakan keharusan. Jika tidak disediakan, maka pasokan batubara ke PLTU Suralaya akan mengalami gangguan yang serius. Mengingat rantai operasi intermoda batubara sangat panjang dan sangat rawan gangguan

pengiriman, maka opsi lain untuk membangun PLTU mulut tambang di Sumatera Selatan dan jaringan transmisi ke Jawa dan Bali sebaiknya dipertimbangkan.

5.3. Estimasi Dengan Pelabuhan Tanjung Api Api



Gambar 4.

Simulasi Rute Operasi yang Efisien Pada Tahun 2012 Dengan Pelabuhan Baru di Tanjung Api Api

Hasil pemodelan dengan opsi pembangunan dan pengoperasian pelabuhan baru di Tanjung Api Api memberikan hasil yang hampir sama pula dengan hasil pemodelan sebelumnya. Rute pengiriman batubara yang optimal harus dilakukan melalui kedua rute yang ada, seperti terlihat pada Gambar 4. Jumlah batubara yang diangkut via rute Tanjung Enim – Kertapati – Suralaya adalah 1.500.000 ton per tahun, sedangkan yang melewati Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya sebesar 11.000.000 ton per tahun.

Biaya angkutan total yang minimum adalah US\$ 13.882.000 per tahun, di mana biaya angkut sebesar US\$ 13.150.000 per tahun dan biaya operasi moda ialah US\$ 732.000 per tahun. Biaya angkut yang terdiri atas komponen biaya bahan bakar dan biaya bongkar muat batubara merupakan 90% dari total biaya transportasi, sedangkan biaya operasi moda hanya 10% dari biaya transportasi total. Biaya total transportasi sedikit lebih murah dibandingkan dengan pengoperasian pelabuhan Kertapati. Adapun moda-moda yang terlibat dalam pola operasi yang optimal ini adalah sebagai berikut.

Komposisi moda yang dioperasikan terdiri atas 1 buah kapal batubara, 1 buah tongkang batubara dan 2 unit kereta api (4 lokomotif dan 100 gerbong). Frekuensi pelayanan mingguan masing-masing moda dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5

Matriks Frekuensi Pelayanan Intermoda Tahun 2012 (Kali per Minggu) Untuk Kasus Pelabuhan Baru

	TE	T1	P1	T2	P2	SL
TE	0	15 (KA)		110 (KA)		
T1	15 (KA)	0				
P1			0			1 (TKG) 1 (KPL)
T2	110 (KA)			0		
P2					0	9 (KPL)
SL			1 (TKG) 1 (KPL)		9 (KPL)	0

Keterangan: TE = Tanjung Enim; T1 = Terminal KA di pelabuhan Tanjung Api-Api; P1 = Pelabuhan Tanjung Api-Api; T2 = Terminal KA di Tarahan; P2 = Pelabuhan khusus batubara Tarahan; dan SL = Pelabuhan Suralaya. KA = Kereta Api, KPL = Kapal Curah batubara; dan TG = Tongkang
Catatan: Transshipment antara T1-P1, P1-T1, P2-T2, dan T2-P2 menggunakan Conveyor Belt

Seperti pada opsi sebelumnya, telah terjadi *over capacity* pada rel kereta api. Di dalam opsi ini, dibuat sebuah pelabuhan di Tanjung Api Api dan prasarana rel kereta api yang menghubungkan Palembang dan pelabuhan baru, ditambah dengan pembuatan jalur rel ganda pada rute angkutan batubara via Tarahan. Dari hasil analisis ini jelas bahwa opsi membangun pelabuhan baru di Tanjung Api Api memerlukan biaya investasi yang cukup besar. Untuk kondisi ekonomi bangsa yang sedang dalam krisis, maka opsi ini sangat sulit untuk direalisasikan. Akan tetapi dalam jangka panjang biaya operasi akan lebih kecil daripada pola jaringan operasi intermoda saat ini. Untuk itu, opsi pembangunan jalur ganda tetap merupakan opsi yang perlu untuk dievaluasi lebih lanjut.

Untuk mengetahui pengaruh pengurangan jumlah frekuensi pelayanan moda apabila kapasitas prasarana tidak ditingkatkan, diperlukan sebuah analisis sensitivitas. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa apabila frekuensi pelayanan harian kereta api babaranjang berkurang sebanyak satu unit pelayanan, maka biaya transportasi sistem yang minimum akan bertambah sebesar US\$ 10.200. Sedangkan apabila frekuensi pelayanan kapal batubara untuk rute Tarahan – Suralaya berkurang dengan satu trip per hari, maka besarnya penambahan biaya minimum total adalah sebesar US\$ 95.600, sedangkan untuk tongkang penambahan biayanya sebesar US\$ 40.000. Untuk kapal dengan rute Tanjung Api Api – Suralaya, apabila frekuensi berkurang dengan 1 unit, maka penambahan biaya transportasi akan menjadi US\$ 568.000, sedangkan untuk tongkang penambahan biayanya sebesar US\$ 243.000.

Seperti telah disinggung di depan, opsi pembangunan PLTU mulut tambang sangat perlu dikaji lebih lanjut. Hal yang harus diperhitungkan adalah biaya pembangunan

jaringan transmisi dan evaluasi dampak lingkungan pembangunan fasilitas-fasilitas tersebut.

6. KESIMPULAN

1. Model Simulasi jaringan transportasi laut Kurokawa (1999) dapat dipergunakan sebagai basis untuk pengembangan model-model jaringan transportasi intermoda batubara.
2. Model Kurokawa (1999) dapat memberikan indikasi rute pelayanan moda yang optimal, jumlah moda yang diperlukan, frekuensi pelayanan, dan jenis pilihan moda-moda yang optimal.
3. Rute optimal untuk kondisi tahun 2010, di mana volume batubara yang diangkut sebesar 6,1 juta ton per tahun, adalah rute Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya dan rute Tanjung Enim – Kertapati dan Suralaya. Komposisi moda terdiri atas 1 buah kapal dengan kapasitas 24.000 DWT dan satu unit KA babaranjang yang terdiri atas 2 lokomotif dan 50 gerbong KKBW dengan kapasitas 40 ton per gerbong.
4. Rute optimal untuk kondisi tahun 2012, di mana pelabuhan Tanjung Api Api tidak dibangun dan volume batubara yang diangkut adalah 12,5 juta ton per tahun, adalah tetap Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya dan Tanjung Enim – Kertapati - Suralaya. Moda yang dipergunakan adalah 1 unit kapal kapasitas 24.000 DWT dan 2 unit KA babaranjang (4 lokomotif dan 100 gerbong KKBW dengan kapasitas muat per gerbong adalah 40 ton).
5. Rute optimal untuk kondisi tahun 2012, di mana pelabuhan Tanjung Api Api di bangun dan volume batubara yang diangkut sebesar 12,5 juta ton per tahun, adalah Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya (90%) dan Tanjung Enim – Tanjung Api Api – Suralaya (10%).
6. Opsi pembangunan rel KA jalur ganda perlu dipertimbangkan dan dikaji lebih lanjut untuk mengantisipasi kebutuhan angkutan batubara sebanyak 12,5 juta ton per tahun untuk rute Tanjung Enim – Tarahan – Suralaya pada tahun 2012.
7. Pembangunan pelabuhan baru Tanjung Api Api perlu dikaji lebih lanjut kelayakannya, mengingat biaya investasi yang diperlukan untuk pembangunan pelabuhan dan fasilitas pendukungnya cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Coyle, J.J., Bardi, E.J. and Novack, R.A. (1994) *Transportation*, Fourth Edition, West Publishing Company, St. Paul/Minneapolis, USA.
2. Holguin, J. and Jara-Diaz, S. (2010) "Practical Implications of Optimal Space Allocation and Pricing", Port's 98, *Proceedings of the Conference*, pp. 89-97.
3. Fadillah, A. and Saito, K. (2002) "Assessment of Pusher Barge System Options for Reducing Emissions in Indonesia", *A Paper Presented at the 6th Seminar on Marine Transportation Engineering and JSPS Meeting in Japan Hosted By Hiroshima University, JSPS Marine Transportation Program*, Hiroshima, 2002, pp. 231-236.
4. Japanese Committee for Pacific Coal Flow (1989) *Feasibility Study on Transportation of South Sumatra Coal to Suralaya Power Plant (Intermediate)*, Japanese Committee for Pacific Coal Flow, Jakarta.
5. Kondratowicz, L.J. (1990) "Simulation Methodology for Intermodal Freight Transportation Terminal", *Simulation*, pp. 49-57.
6. Kraman, M., Headland, J.R. and McNeal, P. (2010) "Probabilistic Analysis of Port Throughput and Berth Optimization", Port's 98, *Proceedings of the Conference*, pp. 98-107.
7. Kurokawa, H. (1999) "On the Design of the Marine Container Transportation Network", Mimeo, Tokyo University of Mercantile Marine, n.p.
8. Lapin, L.L. (1994) *Quantitative Methods for Business Decisions: with cases*, Sixth Edition, The Dryden Press, Fort Worth.
9. Lingo System Inc. (2002) *LINGO: The Modeling Language and Optimizer*, Lindo Systems, Inc., Chicago, USA.
10. Park, C.S. and Noh, Y.D (1987) "A Port Simulation Model for Bulk Cargo Simulation", *Simulation*, Vol. 48, No. 6, pp. 236-246.