

PERENCANAAN MODEL PENGANGANAN BATUBARA UNTUK Mendukung Stabilitas Pasokan BATUBARA DENGAN EXTEND™ (STUDI KASUS PT. PJB UPJ O&M PAITON)

Danang Kusmiwardhana^{*1)}, Sugiono²⁾, Yudy Surya Irawan³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia.

Email: dankusmi@yahoo.com, sugiono_ub@yahoo.com, yudysir@gmail.com

ABSTRAK

PLTU PJB UPJ O&M Paiton adalah pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar Coal Handling Plant. Ini adalah unit penting untuk mengendalikan pasokan batubara. Baru-baru ini, PLTU PJB UPJ O&M Paiton menggunakan batubara dari banyak pemasok. Pemasok itu dapat dibagi dalam dua kualitas berdasarkan pada nilai kalornya, yaitu peringkat rendah dan peringkat tinggi. Multi pemasok dapat mempengaruhi ketidakstabilan kinerja boiler jika pasokan batubara ke boiler tidak dikelola dengan baik. Proses pencampuran antara batubara peringkat tinggi dan batubara peringkat rendah telah dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, tetapi pencampuran yang tidak diinginkan antara pemasok masih dapat terjadi jika tidak ada manajemen yang tepat di lapangan batubara. Solusi yang ditawarkan untuk menyelesaikan masalah adalah dengan membuat desain hilang ke kabupaten dari sistem yang sebenarnya, sehingga, perlu untuk memastikan bagaimana dampak dari hilang ke sistem di CHP. Metode simulasi digunakan untuk mengetahui dampak itu. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak EXTEND6™ dengan memodelkan komponen sistem CHP yang ada. Berdasarkan simulasi, ditemukan solusi terbaik adalah dengan menambahkan jumlah dan kapasitas bulldozer. Penggunaan bulldozer yang dapat mengurangi kemungkinan pencampuran batubara yang tidak diinginkan di bawah saluran dan dapat memasok batubara ke boiler sesuai kebutuhan adalah 1 bulldozer dengan kapasitas 36 ton di setiap halaman batubara dengan rute dari lot ke hopper, 3 bulldozer dengan kapasitas 48, 48, dan 36 ton di pekarangan batubara peringkat tinggi dan 4 bulldozer dengan kapasitas 48, 48, 48, 36 ton di pekarangan batubara peringkat rendah dengan rute dari saluran ke banyak. Solusi ini juga dilakukan dengan mengelola shift kerja bulldozer.

Kata kunci: Coal Handling Plant, Discrete – event simulation, Modeling.

1. Pendahuluan

PT PJB UPJ O&M PLTU Paiton adalah salah satu Unit Bisnis Jasa Operasi & Pemeliharaan di PT PJB yang diberi tugas untuk mengelola PLTU PPDE 10.000 MW yang berlokasi di PLTU Paiton Baru. Setiap tahunnya, energi listrik yang dibangkitkan adalah 5,508,18 GWh yang kemudian disalurkan melalui Jaringan Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV ke sistem interkoneksi Jawa Bali. Berdasarkan data pada tahun 2017, rata-rata pemakaian yang direncanakan adalah sebesar 9.309 ton/hari dan rata-rata pemakaian aktual adalah sebesar 8.342 ton/hari. Rata-rata rencana persediaan setiap hari adalah sebesar 319.676,5 ton, dan rata-rata persediaan aktual per hari sebesar 324.145,1 ton. Adanya persediaan batubara yang disimpan di *coalyard* diperlukan untuk menjaga kontinuitas pasokan batubara jika terjadi keterlambatan pengiriman oleh pihak supplier.

Kedatangan batubara mengalami naik-turun setiap bulannya karena adanya faktor cuaca dan kontrak tertentu dengan pihak supplier. Berdasarkan data tahun 2017, diketahui bahwa bulan Desember adalah bulan dengan penjadwalan kedatangan batubara terpadat, sedangkan bulan April adalah bulan dengan penjadwalan kedatangan batubara paling sedikit. Rata-rata

perencanaan jumlah ton batubara yang datang setiap bulan adalah sebesar 250.267 ton sedangkan rata-rata jumlah ton batubara aktual yang datang setiap bulan adalah sebesar 233.554 ton. PLTU PJB UPJ O&M PLTU Paiton dalam perkembangan menggunakan batubara yang berasal dari *supplier* yang berbeda (*multisupplier*). Adanya multi *supplier* menyebabkan kualitas batubara yang dipasok ditinjau dari nilai kalori yang dimiliki oleh batubara tersebut berbeda. Beberapa *supplier* dapat digolongkan memasok batubara *high rank* dengan nilai kalori di atas 5100 kkal dan beberapa *supplier* memasok batubara *low rank* dengan nilai kalori dibawah 5100 kkal. Pada tahun 2019, total *supplier* yang memasok batubara ke PJB UPJ O&M PLTU Paiton sebanyak 14 *supplier* dengan 2 *supplier* merupakan *supplier high rank coal*, dan 12 *supplier* merupakan *supplier low rank coal*.

Kualitas batubara yang berbeda menimbulkan permasalahan yang tidak diinginkan apabila dipasok ke *boiler*. Perbedaan kualitas batubara dapat menimbulkan daya yang nilainya bervariasi atau naik turun (tidak stabil), tergantung dari besar nilai kalori batubara yang dipasok ke dalam *power plant*. Batubara *high rank* dengan nilai kalori relatif tinggi dalam jumlah tertentu akan menghasilkan daya relatif tinggi, sedangkan batubara *low rank* dengan nilai kalori relatif rendah dalam jumlah yang sama akan menghasilkan daya yang lebih rendah. Adanya ketidakstabilan ini dapat menyebabkan buruknya performansi *power plant*.

Proses pembongkaran batubara (*Unloading Process*) tergantung dari jenis transportasi yang digunakan untuk mengangkut batubara. Pengangkutan dapat menggunakan jalur udara, darat, maupun dengan kapal/tongkang (jalur laut). Apabila alat (transportasi yang digunakan adalah kapal/tongkang, maka peralatan yang dapat digunakan untuk membongkar batubara di kapal adalah *ship unloader*. Salah satu tujuan utama dari proses ini adalah bagaimana membongkar seluruh muatan dalam waktu yang minimum. Proses pemasokan (*Feeding Process*) terdiri dari aliran kontinyu dan terkontrol untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan. Penanganan yang baik dari proses ini telah membentuk karakter dari CHP. Penggunaan dari alat berat seperti dozer, maupun peralatan mobile lainnya biasa digunakan untuk keperluan *feeding*.

2. Metode

Penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai situasi-situasi tertentu. Penelitian deskriptif memusatkan perhatian kepada masalah-masalah aktual sebagaimana adanya pada saat penelitian berlangsung. Metode penelitian dan pengembangan merupakan rangkaian proses atau langkah-langkah dalam rangka mengembangkan atau menyempurnakan objek teliti. Sebelum pemodelan simulasi sistem *Coal Handling Plant* PJB UPJ O&M Paiton dibuat, perlu dijabarkan dahulu mengenai segala informasi yang berkaitan dengan sistem tersebut. Dengan adanya penjabaran informasi yang jelas dan detail, diharapkan model yang dibuat akan merepresentasikan sistem yang sebenarnya.

2.1 Studi Lapangan & Identifikasi Permasalahan

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dapat dijadikan topik Tugas Akhir. Tahap ini juga anyangkut area yang spesifik dari PLTU PJB UPJ O&M Paiton yang dapat digunakan sebagai objek penelitian. Hal yang menjadi dasar dari identifikasi masalah adalah permasalahan seperti yang telah dikemukakan sebelumnya pada latar belakang. Setelah masalah teridentifikasi, maka tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian Tugas Akhir ini.

2.2 Pengumpulan Data

Secara umum, analisa dapat dilakukan dengan menganalisa bagaimana pengaruh layout *coalyard* baru yang disesuaikan persupplier terhadap kemampuan buldozer dalam memasok

batubara ke dalam boiler setiap harinya. Dengan layout baru tersebut, maka dapat dilihat apakah Jumlah dan kapasitas buldozer telah mampu memasok jumlah batubara yang dibutuhkan oleh sistem power plant setiap harinya serta bagaimana kemungkinan adanya pencampuran batubara antar supplier yang menumpuk di bawah chute. Melalui model awal dan kemudian membandingkannya dengan eksperimen model maka dapat dilihat alternatif mana yang dapat mendukung ketercapaian parameter yang diinginkan. Tahap ini menyangkut pengumpulan data-data yang ada di lapangan. Data-data tersebut yaitu:

1. Data kapasitas masing - masing peralatan infrastruktur yang ada pada *coal handling plant*. Peralatan infrastruktur tersebut adalah *ship unloader conveyor, chute, coalyard*, silo dan buldozer
2. Data historis waktu dan kapasitas dari setiap *supplier* yang memasok batubara.
3. Data *breakdown* dan *repair* buldozer yang digunakan
4. Layout PLTU PJB Unit Paiton Coal Handling Plant
5. Data historis pemakaian batubara.

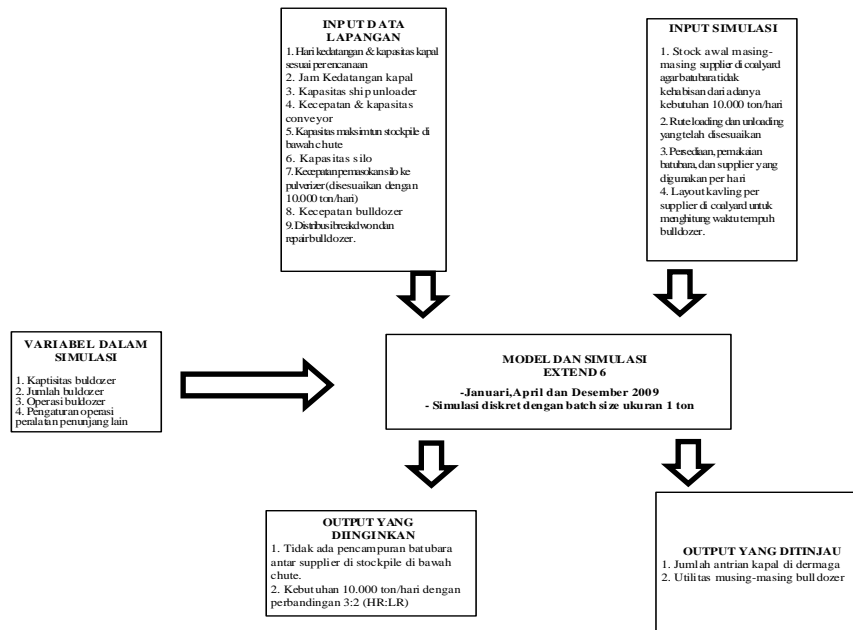
2.3 Pengolahan Data

Sebelum proses pemodelan dimulai, maka perlu dilakukan pengolahan dari data-data yang telah dikumpulkan. Beberapa data yang perlu diolah agar mampu digunakan sebagai data inputan dalam menjalankan simulasi antara lain:

1. Kecepatan dan slot tiap ruas *conveyor* yang ada.
2. Penentuan distribusi *time between failure* dan *time repair* peralatan buldozer.
3. Perkiraan persediaan per bulan berdasarkan perencanaan kedatangan dan kebutuhan 10.000 ton/hari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas maksimum masing-masing supplier yang diperlukan dalam pembuatan kavling dan mengetahui bagaimana pengaruh persediaan 2019 berdasarkan asumsi kebutuhan 6000 ton HR dan 4000 ton LR.
4. Pengaturan layout kavling di kedua *coalyard* batubara antarsupplier tidak saling bercampur.
5. Waktu tempuh buldozer.

2.4 Pembuatan Model Simulasi Awal/Base Referensi

Setelah data dikumpulkan dan kemudian diolah, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan model referensi. Model referensi berupa gambaran ilustratif yang menjelaskan aliran proses pemindahan batubara (model konseptual). Model ini nantinya akan dijadikan sebagai acuan dan referensi dalam pembuatan model dengan menggunakan software simulator. Secara umum, proses pembuatan model dari kondisi yang ingin disimulasikan dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Hubungan Input, Output (Parameter) dan Variabel Dalam Pembuatan Model Coal Handling Plant PJB UPJ O&M PLTU Paiton

Langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi berdasarkan model referensi tersebut. Model simulasi akan dilakukan dengan menggunakan bantuan software Extend 6™ Model simulasi awal ini disesuaikan dengan kondisi *handling* yang ada saat ini di lapangan dengan menyederhanakan model dalam situasi yang ideal dimana pengaturan batubara di dalam *coalyard* telah didasarkan melalui kavling-kavling tertentu untuk 1 membedakan batubara. Jumlah bulldozer pada simulasi awal ini adalah empat buah, dengan 2 buah bulldozer berkapasitas 16 ton pada *coalyard* 1 dan 2 buah bulldozer berkapasitas 36 ton pada *coalyard* 2.

2.5 Verifikasi Model

Verifikasi mengacu pada bagaimana membangun model dengan benar (*building the model correctly*), atau bagaimana membangun model sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini, model simulasi akan dibandingkan dengan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Model simulasi dengan software tersebut harus merupakan gambaran yang sesuai dengan model konseptual. Dengan adanya tahap verifikasi ini diharapkan bisa menjawab pertanyaan apakah model telah di implementasikan dengan benar di dalam komputer. Verifikasi model dapat dilakukan dengan memastikan bahwa tiap-tiap blok dalam simulasi telah beroperasi seperti yang diharapkan. Untuk itu, model harus dibangun dengan bertahap dan detail yang minimal, kemudian setiap tahap dijalankan untuk diperiksa hasilnya. Cara yang umum dilakukan adalah dengan mengurangi kerumitan / kompleksitas model menjadi lebih sederhana sehingga dapat diramalkan dengan mudah bagaimana hasil simulasi nantinya.

2.6 Menjalankan Simulasi

Tahap ini adalah menjalankan model yang telah dibuat sebelumnya. Panjang waktu simulasi tergantung dari sistem yang dimodelkan apakah tertentu (*terminating model*) atau tidak (*non-terminating model*). Dalam penelitian Tugas Akhir ini, simulasi dijalankan dalam periode waktu tertentu yang diatur sendiri, yakni periode 1 bulan dengan unit waktu dalam jam. Bulan yang dimasukkan dalam simulasi Tugas Akhir ini meliputi bulan Januari, April dan Desember. Dipilihnya ketiga bulan itu untuk menggambarkan jumlah kedatangan rata-rata (*average*), minimum, dan maksimum yang terjadi pada tahun 2009.

2.7 Validasi Model

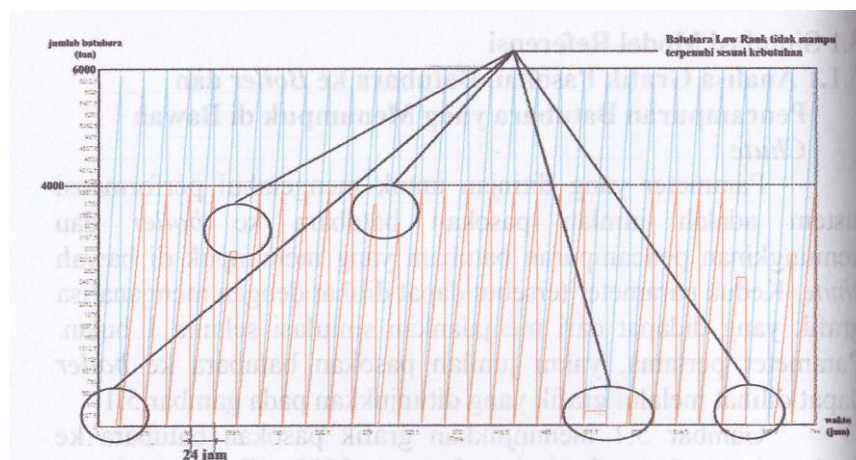
Dalam konteks ini, validasi model mengacu pada bagaimana membangun model yang benar (*building the right model*). Tahap ini digunakan untuk menentukan apakah model simulasi yang telah dirancang sesuai dengan kondisi real yang ada di lapangan. Pada penelitian ini, validasi tidak bisa dilakukan karena model dibangun dan dijalankan berdasarkan situasi ideal yang ingin dieapai. Kondisi ideal ini berbeda dengan kondisi real yang ada sehingga validasi tidak dapat dilakukan.

2.8 Pembuatan dan Running Model Alternatif

Tahap selanjutnya adalah membuat beberapa eksperimen/skenario dari model awal yang bertujuan untuk mengetahui alternatif solusi yang paling optimal. Alternatif terbaik dianalisa berdasarkan alternatif yang mampu menghasilkan pasokan batubara sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan oleh power plant setiap hari dan tidak terjadi peneampuran batubara antar supplier yang menumpuk di bawah chute. Pembuatan model alternatif didasarkan pada kekurangan / keterbatasan yang terjadi pada *real system* dengan menitik beratkan pada pengaturan dan variasi jumlah buldozer.

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter yang ditinjau untuk mengetahui performansi sistem adalah jumlah pasokan batubara ke boiler dan kemungkinan pencampuran batubara yang menumpuk di bawah *chute*. Kedua parameter tersebut dapat dilihat dengan menganalisa grafik yang didapat dari menjalankan simulasi selama 1 bulan. Parameter pertama, yakni jumlah pasokan batubara ke boiler dapat dilihat melalui grafik yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pasokan Batubara ke Boiler Januari 2019

Gambar 2 menunjukkan grafik pasokan batubara ke boiler dan silo pada bulan Januari 2019. Garis sumbu x menunjukkan waktu (jam) dan sumbu y menunjukkan jumlah batubara (ton). Perhitungan jumlah ton batubara dilakukan setiap periode 24 jam. Garis biru menunjukkan pasokan *high rank* dan merah menunjukkan pasokan *low rank*. Dari grafik di bawah ini, dapat dilihat bahwa pada Januari 2009 pasokan batubara *low rank* mengalami kendala. Hal ini disebabkan buruknya kinerja bulldozer yang digunakan. Sementara itu pasokan *high rank* telah mampu memenuhi target 6000 ton setiap hari sehingga dapat disimpulkan

bahwa penggunaan bulldozer berkapasitas 36 ton pada Januari 2019 di *coalyard high rank* rute 2 telah mencukupi.

3.1 Analisa Antrian Kapal di Dermaga dan Utilisasi Bulldozer

Hasil rata-rata replikasi antrian kapal di dermaga dan utilisasi bulldozer model referensi untuk bulan Januari, April dan Desember 2009 dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Rata-Rata Antrian Kapal di Dennaga dan Utilisasi Bulldozer Model Referensi Januari, April, dan Desember 2019

Bulan	Length		Waiting time		Build Utilization HR		Build Utilization LR	
	Average	Max	Average	Max	Rute 1	Rute 2	Rute 1	Rute 2
Januari	0,250949	22,2	7,181001	31,56889	0,554833	0,600645071	0,456889	0,381852354
April	0,002476	1	0,160178	1,738989	0,131546	0,664269583	0,380602	0,453160354
Desember	16,63129	31,4	178,6185	505,6369	0,081041	0,360037951	0,528657	0,575541369

Berdasarkan tabel di atas dapat diambil beberapa informasi sebagai berikut :

- Antrian kapal di dermaga pada bulan Desember sangat tinggi jika dibandingkan dengan Januari dan April. Hal ini terutama disebabkan oleh padatnya kapal pemasok yang datang.
- Utilisasi bulldozer high rank rute 1 Januari relatif lebih besar dibandingkan 2 bulan lainnya karena kedatangan batubara high rank pada bulan tersebut relatif lebih banyak.
- Utilisasi bulldozer LR baik rute 1 dan rute 2 pada Desember relatif lebih tinggi dibandingkan kedua bulan lainnya disebabkan oleh padatnya batubara low rank yang datang dan jarak tempuh yang relatif lebih jauh pada bulan tersebut.

3.2 Simulasi Dengan Penambahan Jumlah dan Kapasitas Bulldozer

Pada simulasi ini dilakukan optimasi berupa penambahan jumlah dan kapasitas bulldozer di masing-masing rute hingga pasokan batubara ke boiler mampu memenuhi kebutuhan sebesar 6000 ton (*high rank*) dan 4000 ton (*low rank*), serta mereduksi kemungkinan pencampuran yang ada di tumpukan di bawah chute. Variasi kapasitas bulldozer yang ditinjau adalah 16, 36 dan 48 ton. Peninjauan dilakukan di bulan Januari, April dan Desember. Hasil penambahan jumlah dan kapasitas bulldozer untuk mencapai parameter yang diinginkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter pencampuranZan

	Bulldozer HR				Bulldozer LR			
	Rute 1		Rute 2		Rute 1		Rute 2	
	Jmlh	Kapasitas	Jmlh	Kapasitas	Jmlh	Kapasitas	Jmlh	Kapasitas
Januari	3	48, 48, 36	1	36	2	48, 36	1	16
April	1	36	1	36	1	16	1	16
Desember	1	36	1	36	4	48, 48, 48, 36	1	36

Tabel 2 menunjukkan kemungkinan pengurangan pencampuran yang begitu signifikan pada bulan Desember, dengan mengganti 1 buah bulldozer *low rank* rute 1 berkapasitas 16 ton pada model referensi (4.26 a) menjadi 4 buah bulldozer (4.26b) berkapasitas 48, 48, 48 dan 36

ton. Pada grafik hasil simulasi dengan penambahan bulldozer, dapat dilihat bahwa masih terjadi penumpukan-penumpukan batubara (ditunjukkan oleh garis hijau) yang disebabkan oleh waktu istirahat setelah shift kerja 6 jam dan maintenance pada 250 jam kerja bulldozer. Keduanya merupakan faktor yang tidak bisa dihindari. Adanya penumpukan-penumpukan ini masih memungkinkan terjadinya pencampuran, walaupun kemungkinan dan jumlah pencampurannya relatif kecil. Secara lengkap, grafik hasil simulasi dengan penambahan jumlah dan kapasitas bulldozer bulan Januari, April dan Desember.

Dengan memasukkan jumlah dan kapasitas tersebut ke dalam simulasi bulan Januari, April dan Desember maka akan didapatkan nilai rata-rata antrian kapal dan utilisasi bulldozer yang dapat dilihat pada tabel 2 dan 4. Hasil replikasi secara lengkap model simulasi dengan penambahan jumlah dan kapasitas bulldozer.

Tabel 3. Hasil Simulasi Utilisasi Bulldozer Rute 1 dan Rute 2 dengan Penambahan Jumlah dan Kapasitas Bulldozer

Bulan	Build utilization HR				Build utilization LR				
	Rute 1			Rute 2	Rute 1				Rute 2
	A (48)	B (48)	C (36)		A (48)	B (48)	C (36)	D (36)	
	0,27672	0,091642	0,063638	0,600435	0,105696	0,025158	0,016347	0,015256	0,449447
		0,016955	0,013285	0,692585	0,033035	0,0149	0,092226	0,014194	0,233947
	0,04741	0,120841	0,02968	0,531711	0,180896	0,110209	0,401779	0,093543	0,401784

Berdasarkan tabel di atas, dapat diambil beberapa informasi yaitu :

- Antrian kapal, terutama pada bulan Desember telah jauh berkurang dibandingkan model referensi. Hal ini disebabkan dengan adanya penambahan bulldozer rute 1 di *coalyard low rank* menyebabkan tumpukan di bawah *chute* tidak pernah berada pada ambang batas kapasitas maksimum seperti yang terjadi pada model referensi. Antrian pada bulan Januari juga menunjukkan pengurangan.
- Banyaknya bulldozer yang digunakan terutama pada rute 1 menyebabkan utilisasi bulldozer relatif kecil karena hanya digunakan saat chute menerima batubara. Utilisasi tersebut juga berbeda-beda setiap bulannya yang dipengaruhi oleh jumlah kedatangan batubara.

3.3 Simulasi Dengan Pengaturan Shift Kerja Bulldozer

Berdasarkan pembahasa di atas, dapat diketahui bahwa dengan penambahan jumlah bulldozer, kemungkinan pencampuran batubara antarsupplier yang menumpuk di bawah chute disebabkan adanya waktu istirahat setelah shift kerja 6 jam. Untuk mengurangi penumpukan itu, maka dilakukan pengaturan waktu shift kerja yang berbeda antara bulldozer-bulldozer di rute 1. Dengan adanya pengaturan ini, diharapkan penumpukan-penumpukan tersebut dapat berkurang sehingga kemungkinan pencampuran juga makin berkurang.

Tabel 2 menunjukkan kondisi tumpukan di bawah chute dengan adanya pengaturan shift kerja pada bulldozer rute 1. Dapat terlihat bahwa jika dibandingkan kondisi tanpa pengaturan shift kerja, kondisi tumpukan jauh lebih berkurang dengan adanya pengaturan shift kerja. Hal ini dapat dilihat bahwa garis-garis hijau yang menunjukkan kondisi tumpukan di bawah *chute*

telah jauh berkurang jika dibandingkan sebelumnya. Grafik hasil simulasi dengan pengaturan shift kerja bulldozer pada Januari dan Desember.

4. Simpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan bulldozer pada model referensi dengan bulldozer berkapasitas 36 ton pada *coalyard 2 (high rank)* dan 16 ton pada *coalyard 1 (low rank)* tidak mampu mencapai parameter yang diinginkan. Masih terdapat kemungkinan pencampuran batubara yang menumpuk di bawah *chute* dan pasokan batubara ke boiler tidak mampu terpenuhi sesuai kebutuhan setiap hari.
2. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi parameter pasokan sesuai kebutuhan 10.000 ton/hari adalah menyediakan bulldozer berkapasitas 36 ton pada rute *kavling-hopper* di masing-masing *coalyard*.
3. Ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi kemungkinan pencampuran batubara di bawah *chute*. Alternatif tersebut adalah :
 - a. Menambah jumlah dan kapasitas bulldozer dengan rute *chute-kavling*. Jumlah dan kapasitas yang dibutuhkan di masing-masing *coalyard* adalah :

HR	LR
48,48,36	48,48,48,36

Kerugian alternatif ini adalah masih terjadi penumpukan batubara ketika waktu istirahat bulldozer dan utilisasi bulldozer relatif sangat kecil.

- b. Menambah jumlah dan kapasitas bulldozer dengan rute *chute-kavling* dan mengatur shift kerja bulldozer. Alternatif ini sama dengan alternatif sebelumnya, namun penumpukan batubara akibat waktu istirahat bulldozer yang bersamaan dapat dikurangi.
 - c. Mengatur waktu pembongkarmuatan kapal. Alternatif ini mengatur agar kapal tidak dibongkar oleh *ship unloader* apabila masih ada batubara dari supplier yang berbeda yang masih menumpuk di *chute*. Keuntungannya adalah jumlah bulldozer dapat relatif lebih kecil dibandingkan alternatif sebelumnya namun di lain sisi kerugian yang ditimbulkan adalah antrian kapal makin panjang.
4. Berdasarkan analisa perbandingan biaya investasi bulldozer dan biaya *demmurage*, diketahui alternatif penambahan jumlah dan kapasitas bulldozer merupakan alternatif yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Baunach, G.R., E S. Wibberley, and B.R. Wood. (1985). *Simulation of a Coal Transhipment Terminal: Batam Island, Indonesia*. Mathematics and Computers in Simulation, Volume 27, Issues 2-3, April 1985, Pages 115-120.
- Chung, Christopher A. (2004). *Simulation Modelling Handbook, A Practical Approach*. CRC Press.
- Dahal, Keshav P., et al. (2003). *A Port System Simulation Facility With an Optimisation Capability*. International Journal of Computational Intelligence and Applications.
- Everett, J.E. (1997). *Simulation to Reduce Variability in Iron Ore Stockpiles*. Mathematics and Computers in Simulation, Volume 43, Issues 3-6, March 1997, Pages 563-568.
- Harmse, Marthi and Johan Janse v Rensburg. (2007). *Capacity Modelling of the Coal Value Chain At Sasol Coal Supply*. Proceedings of the 18th conference on Proceedings of the 18th IASTED International Conference: modelling and simulation.