



Pemodelan Optimasi Penjadwalan Angkutan Pemasu Moda Bandara dengan Pendekatan Program Lindo (Studi Kasus Bus Damri Bandara Soetta-Cengkareng)

The Scheduling Optimization Modeling of The Airport Interconnecting Transport Modes With Lindo Program Approach (Case Study: Damri Bus of Soekarno-Hatta Airport - Cengkareng)

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 7 Mei 2016
Direvisi: 30 Mei 2016
Disetujui: 29 Juni 2016

Keywords:

Bus Scheduling, DAMRI, demand flexibility, linear programming

Kata kunci:

Penjadwalan bus, DAMRI, demand flexibility, program linier

ABSTRACT / ABSTRAK

Bus scheduling is a process of operational planning in public transport operator which is related to passenger service quality. A decision making of bus scheduling is a trade-off between service quality and operational cost. In one side if public transport operator employs too many buses, it will increase operational cost of company. In another side a low number of bus fleet causes the declining of service quality. Nowadays DAMRI serves 21 routes connecting Soekarno-Hatta airport with some destinations in Jakarta, Banten and West Java. Passenger data shows that there is a significant difference between time period (peak and off-peak) where it needs a different bus number to serve each period. Nevertheless DAMRI is still using the same number of bus in every route without considering daily passenger fluctuation. As a result, some buses look like empty (low load factor) at off-peak hour. This condition reveals a low performance related to bus productivity, travel distance, trip number and fuel consumption. In average, the daily load factor is approximately 65%. The purpose of this research is to improve airport bus scheduling system based on demand flexibility with linear programming method in Gambir and Bogor line. The improvement could be examined by minimizing total trip without sacrificing the service quality. This strategy will surely decrease the operational cost and increase company profit up to 5%.

Penjadwalan bus adalah salah satu proses rencana operasi diperusahaan angkutan umum yang berhubungan dengan kegiatan melayani penumpang secara cepat dan efisien dari tempat asal ke daerah tujuan. Analisis dalam proses perencanaan angkutan umum terdiri dari banyak tingkatan dan sangat kompleks. Pada tingkat operasional, pengumpulan data dan peramalan jumlah penumpang pada setiap titik transfer adalah hal yang sangat sulit dilakukan. Proses pengambilan keputusan terkait dengan penjadwalan bus adalah trade-off antara kualitas pelayanan dan biaya operasi. Hal ini disebabkan; disatu sisi jika menggunakan terlalu banyak bus akan meningkatkan biaya operasi dari perusahaan bus, disisi lain jika menggunakan armada bus terlalu sedikit akan menurunkan tingkat kualitas pelayanan. Saat ini Perum DAMRI melayani 21 rute yang menghubungkan bandara Soekarno-Hatta dengan beberapa wilayah di Jakarta, Banten dan Jawa Barat. Data jumlah penumpang menunjukkan tingginya perbedaan antara tiap periode waktu (peak dan off-peak) yang mana membutuhkan jumlah bus yang berbeda untuk melayani setiap periode tersebut. Akan tetapi, Perum DAMRI cenderung menggunakan jumlah bus yang sama disetiap rute sepanjang hari tanpa mempertimbangkan fluktuasi jumlah penumpang. Hal ini mengakibatkan, beberapa bus terlihat kosong (load factor rendah) sementara armada lain terisi penuh (load factor 100 %). Kondisi tersebut menunjukkan kinerja yang rendah terkait dengan produktivitas/ penggunaan bus, jarak dan jumlah perjalanan serta konsumsi BBM. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki system penjadwalan bus bandara (DAMRI) Soekarno Hatta berbasis demand flexibility dengan menggunakan metode program linier khususnya rute Gambir dan Bogor. Secara umum system penjadwalan hasil optimasi memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan pendapatan sebesar 5%

PENDAHULUAN

Perum DAMRI adalah salah satu perusahaan angkutan umum yang melayani angkutan Bandara Soekarno-Hatta ke wilayah Jakarta, Banten dan Jawa Barat. Hingga saat ini terdapat 21 rute angkutan bandara yang telah dilayani oleh perusahaan ini.

Penjadwalan bus adalah salah satu proses rencana operasi diperusahaan angkutan umum yang berhubungan dengan kegiatan melayani penumpang secara cepat dan efisien dari tempat asal ke daerah tujuan. Analisis dalam proses perencanaan angkutan umum terdiri dari banyak tingkatan dan sangat kompleks. Pada tingkat operasional, pengumpulan data dan peramalan jumlah penumpang pada setiap titik transfer adalah hal yang sangat sulit dilakukan.

Proses pengambilan keputusan terkait dengan penjadwalan bus adalah trade-off antara kualitas pelayanan dan biaya operasi. Hal ini disebabkan; disatu sisi jika menggunakan terlalu banyak bus akan meningkatkan biaya operasi dari perusahaan bus, disisi lain jika menggunakan armada bus terlalu sedikit akan menurunkan tingkat kualitas pelayanan.

Saat ini Perum DAMRI melayani 21 rute yang menghubungkan Bandara Soekarno-Hatta dengan beberapa wilayah di Jakarta, Banten dan Jawa Barat. Data jumlah penumpang menunjukkan tingginya perbedaan antara tiap periode waktu (peak dan off-peak) yang mana membutuhkan jumlah bus yang berbeda untuk melayani setiap periode tersebut. Akan tetapi, Perum DAMRI cenderung menggunakan jumlah bus yang sama disetiap rute sepanjang hari tanpa mempertimbangkan fluktuasi jumlah penumpang. Hal ini mengakibatkan, beberapa bus terlihat kosong (load factor rendah) sementara armada lain terisi penuh (load factor 100%). Kondisi tersebut menunjukkan kinerja yang rendah terkait dengan produktivitas/penggunaan bus, jarak dan jumlah perjalanan serta konsumsi BBM.

Didalam penelitian ini, masalah produktivitas dan penjadwalan bus bandara DAMRI dipecahkan dengan menggunakan model program linier (Linear Programming). Metode ini digunakan untuk menentukan

jumlah perjalanan minimum dan armada bus optimum yang dibutuhkan sehingga dapat memperbaiki sistem penjadwalan bus existing. Selanjutnya, penelitian ini fokus kepada pengembangan program linier berbasis fluktuasi jumlah penumpang (demand oriented Linear Programming) di 7 periode waktu berbeda dalam 1 hari dengan menggunakan data 2 rute bus bandara Soekarno-Hatta (Gambir dan Bogor) yang memiliki jumlah penumpang lebih besar dibanding rute lainnya. Untuk memudahkan dalam analisis, 7 periode waktu tersebut dapat disebut sebagai "shift". Studi kasus optimasi penjadwalan menggunakan data penumpang untuk tanggal 2 Nopember 2015.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Penjadwalan

(Morton & Pentico 1993) Penjadwalan merupakan proses pengorganisasian, pemilihan, dan penetapan penggunaan sumberdaya dalam rangka melaksanakan semua aktivitas yang diperlukan untuk menghasilkan output yang diinginkan pada saat yang telah direncanakan, dengan pembatas waktu dan hubungan antar aktivitas dan sumberdaya tertentu.

Bus mempunyai modal tinggi dan biaya gabungan lain. Agar supaya efisien operator harus berusaha memperkecil jumlah bus yang diperlukan untuk mengoperasikan tiap pelayanan. Awak bus terhitung bagian yang besar dan jumlah biaya operasi. Pengoperasian bus adalah industri yang padat karya dan untuk menjadi efisien operator harus berusaha memperkecil jumlah awak bus yang diperlukan. Terdapat 4 (empat) tahap dalam proses penjadwalan: (1) Pembuatan daftar perjalanan, (2) Kompilasi penjadwalan bus, (3) Kompilasi penjadwalan awak bus, (4) Pembuatan daftar nama awak bus.

(Bedworth & Bailey 1986) Beberapa tujuan penjadwalan yang penting yaitu:

1. Meningkatkan utilitas atau kegunaan sumberdaya;
2. Mengurangi total waktu proses seluruh pekerjaan (makespan);

3. Mengurangi rata-rata banyaknya pekerjaan yang menunggu untuk diproses oleh suatu sumberdaya;
4. Meminimumkan keterlambatan pemenuhan suatu job.

(Heizer & Render) Pemilihan kriteria optimalitas merupakan tahap dimana seseorang harus memilih output yang diinginkan oleh pengambil keputusan dalam pelaksanaan penjadwalan.

Secara umum, kriteria optimalitas dalam proses penjadwalan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian.

1. Berkaitan dengan waktu
Beberapa kriteria yang terkait dengan waktu adalah meminimumkan rata-rata flow time, makespan dan tardiness
2. Berkaitan dengan biaya
Kriteria ini lebih menekankan pada unsur biaya, dan kurang atau bahkan tidak memperhatikan kriteria waktu yang ada sehingga dengan suatu penjadwalan produksi tertentu diharapkan ongkos yang minimal.
3. Kriteria gabungan
Beberapa kriteria optimalitas dapat digabungkan dan dapat dikombinasikan sehingga menjadi multi kriteria.

2. Perkembangan model penjadwalan

Didalam literatur ilmu transportasi dan rantai pasok (supply chain), kegiatan yang berhubungan dengan proses penentuan rute dalam pengiriman barang dikenal dengan istilah Vehicle Routing Problem (VRP).

Dantzig dan Ramser memelopori pertama kali penggunaan VRP dalam penelitian yang berjudul "Truck Dispatching Problem". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendisain rute optimum untuk armada truk dari "bulk terminal" menuju ke "service station".

VRP adalah nama umum yang diberikan untuk permasalahan yang terkait dengan penentuan rute optimum antara satu atau beberapa depo dengan konsumen yang tersebar secara geografis disatu kota.

Secara detil, definisi ini terkait dengan sebuah depo, satu set konsumen yang tersebar disebuah area dengan demand yang telah diketahui, dan juga satu set kendaraan

dengan kapasitas tetap. Sebagai tambahan, konsumen harus dikunjungi dalam satu kali dan total demand dari konsumen dalam rute tersebut tidak dapat melebihi kapasitas kendaraan. Pada umumnya tujuan dari VRP adalah untuk meminimumkan keseluruhan biaya distribusi.

Metode VRP klasik terdiri dari satu set rute k dimana: setiap rute dimulai dan diakhiri dalam sebuah depo, setiap konsumen dikunjungi hanya satu kali dengan satu kendaraan, total demand dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan sehingga menghasilkan total biaya distribusi yang minimal.

Tujuan VRP secara umum adalah untuk meminimumkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan dan mengurangi biaya operasi harian. Ada beberapa pendekatan dan model berbeda yang digunakan untuk permasalahan penjadwalan kendaraan.

(Xue, et al. 2011) mengembangkan optimasi penjadwalan kendaraan di pertambangan batubara dengan tujuan meminimumkan jumlah truk yang akan digunakan. Model matematis terkait permasalahan penjadwalan untuk menentukan tingkat kedatangan bus juga dikembangkan oleh Salzborn.

Permasalahan penjadwalan lainnya seperti penjadwalan supir, strategi penentuan jumlah bus, penjadwalan pesawat komersil juga mendapatkan perhatian dari beberapa penulis dengan menggunakan pendekatan yang sama seperti VRP. Contohnya adalah teknik algoritma genetic untuk penjadwalan supir, model stokastik untuk penjadwalan pesawat komersil.

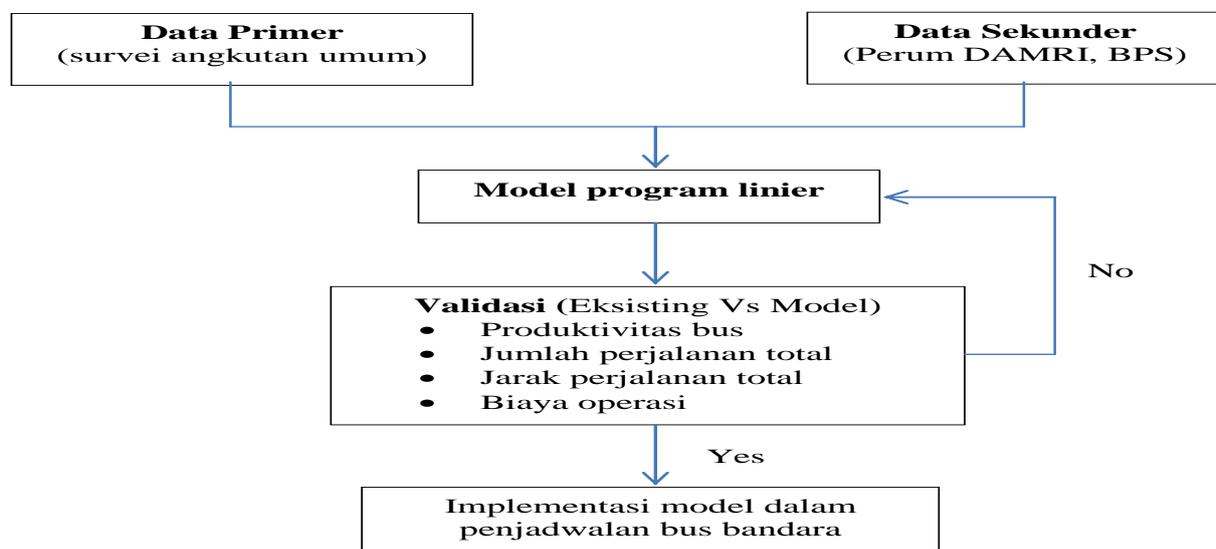
(Mehmet, et al, 2012) mengembangkan sebuah model penjadwalan dan penentuan rute bus di Kuwait. Model program linier dikembangkan untuk menentukan jumlah tempat duduk optimal yang dibutuhkan pada beberapa rute bus dengan mempertimbangkan periode waktu (peak dan off-peak). Model yang dikembangkan oleh (Mehmet, et al. 2012) menggabungkan bus dengan kapasitas tempat duduk berbeda dengan tidak mempertimbangkan heterogenitas armada.

Strategi pengontrolan bus adalah isu yang sangat penting untuk memperbaiki kehandalan pelayanan bus seperti banyak diteliti diberbagai negara. Secara umum model VRP sangat kompleks sehingga meyulitkan dalam implementasinya. Akan tetapi model yang dikembangkan dalam penelitian ini mudah dimengerti dan dimodifikasi oleh setiap operator angkutan umum.

Penelitian ini membutuhkan banyak data yang berhubungan dengan kinerja rute, jumlah penumpang yang dilayani, jumlah perjalanan, pendapatan, biaya operasi dan juga jarak perjalanan harian. Selain itu data fasilitas Perum DAMRI juga perlu dikumpulkan seperti jumlah bus yang beroperasi dan tidak beroperasi, kapasitas bus, waktu perjalanan bus, panjang rute dan durasi kerja (formulir survey terlampir). Data tersebut dianalisis berdasarkan "shift" per rute untuk tujuan validasi. Didalam penelitian ini, "shift" adalah periode waktu kerja berdasarkan distribusi *demand*.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengumpulan Data



Gambar 1. Diagram alir model optimasi penjadwalan bus DAMRI bandara

Proses pengumpulan data terkait kinerja rute dilaksanakan selama 3 hari kerja dari tanggal 9 sampai 11 Nopember 2015 di kantor utama Perum DAMRI bekerja sama dengan bagian Renlitbang DAMRI. Terdapat 21 rute bus DAMRI bandara dengan daftar seperti dalam tabel 1. Dari 21 rute tersebut, yang menjadi kajian optimasi penjadwalan

bus bandara adalah rute Bogor – Bandara Soekarno-Hatta dan juga Stasiun Gambir – Bandara Soekarno-Hatta. Dua (2) rute ini memiliki kuantitas pelayanan lebih besar dibandingkan dengan rute lainnya sehingga model optimasi rute yang akan dibangun menjadi lebih kompleks.

Tabel 1. Jumlah pendapatan dan biaya operasi semua rute bus DAMRI bandara

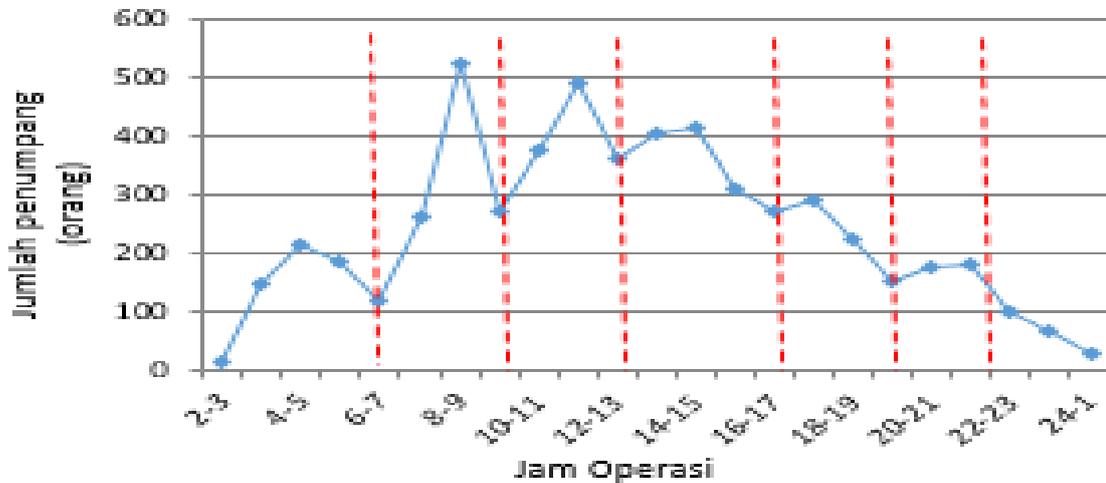
KETERANGAN	JUMLAH PENDAPATAN (Rupiah)				BIAYA OPERASIONAL (Rupiah)			
	(1 NOP 2015)		(2 NOP 2015)		(1 NOP 2015)		(2 NOP 2015)	
	Origin-Bandara	Bandara-Origin	Origin-Bandara	Bandara-Origin	Origin-Bandara	Bandara-Origin	Origin-Bandara	Bandara-Origin
TOTAL	42.155.000	561.660.000	419.650.000	528.910.000	88.848.700	85.820.300	89.485.200	89.518.700
TOTAL (Pergi-pulang)	603.815.000		948.560.000		174.669.000		179.003.900	
RATA-RATA/rute/hari	16.756.458	23.402.500	17.485.417	22.037.917	3.702.029	3.575.846	3.728.550	3.729.946
RATA-RATA (Pergi-pulang)	20.079.479,17		19.761.666,67		3.638.937,50		3.729.247,92	

Sumber : Olah data, 2015

Total pendapatan harian pada tanggal 1 dan 2 Nopember secara berturut-turut yaitu sebesar 964 dan 949 juta rupiah. Sedangkan biaya operasional yang berasal dari

penggunaan bahan bakar yaitu 174 dan 179 juta rupiah. Secara umum pendapatan harian bus DAMRI bandara sebanyak 4-5 kali biaya operasional bahanbakar.

Gambar 2. Fluktuasi jumlah penumpang rute Gambir dan Bogor



Dari data jumlah penumpang harian rute Gambir dan Bogor menunjukkan terjadinya fluktuasi yang sangat bervariasi dari jam ke jam. Untuk kepentingan penelitian optimalisasi penjadwalan bus DAMRI

bandara, fluktuasi penumpang tersebut dibagi kedalam 7 jam operasi (shift) yang terdiri dari periode sibuk dan tidak sibuk. Berikut ini adalah tabel pembagian shift:

Tabel 2. Data waktu operasi (shift) dan penumpang

No Shift	Jam	Jumlah Penumpang (2 Nopember 2015)			
		Rute Gambir	Rute Bogor	TOTAL	% Total
1	02.00 - 07.00	311	363	674	12.13%
2	07.00 - 10.00	584	470	1,054	18.96%
3	10.00 - 13.00	552	673	1,225	22.04%
4	13.00 - 17.00	736	662	1,398	25.15%
5	17.00 - 20.00	372	290	662	11.91%
6	20.00 - 22.00	205	148	353	6.35%
7	22.00 - 01.00	116	76	192	3.45%
Total		2,876	2,682	5,558	100%

Sumber : Olah data, 2015

2. Running model

Dengan kombinasi data primer dan sekunder, model program linier dikembangkan dengan menggunakan software optimasi LINDO. Solusi yang dihasilkan adalah jumlah perjalanan tiap rute dan tiap shift untuk setiap tipe bus. Setelah mendapatkan solusi tersebut, hasilnya

kemudian dikonversikan menjadi jumlah bus tiap rute dan tiap shift untuk setiap tipe bus.

3. Validasi model

Model program linier digunakan untuk mengidentifikasi area potensial dalam perbaikan penjadwalan bus di Perum DAMRI. Metode ini juga berbasiskan fluktuasi jumlah penumpang (demand) di 21

rute dengan 7 shift. Proses validasi yang dilakukan yaitu membandingkan antara kinerja existing bus bandara dengan hasil model khususnya terkait dengan penggunaan bus, jumlah perjalanan total yang dihasilkan, total jarak perjalanan, dan juga berbagai macam biaya operasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, model program linier yang dikembangkan sangat mudah dimengerti dan diaplikasikan untuk permasalahan penjadwalan bus. Pada tahap analisis, diperkenalkan pula penggunaan parameter “*trip factor*” dan “*demand proportion*”. Model yang dikembangkan untuk memecahkan sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Mehmet,

et al berdasarkan distribusi jumlah penumpang di 2 rute (Gambir dan Bogor) dengan 7 shift operasi.

Saat ini perum DAMRI mengoperasikan 4 tipe bus bandara yaitu tipe prona (12 penumpang), bus sedang (27 penumpang), bus besar (36, 39, 41 penumpang) dan royal (21 dan 24 penumpang). Tujuan dari program linier yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah trip minimum untuk rute Gambir dan Bogor pada hari senin tanggal 2 Nopember 2015.

Beberapa parameter dibutuhkan untuk membuat model optimasi penjadwalan bus DAMRI bandara. Yang pertama adalah factor perjalanan (*trip factor*) yaitu durasi waktu tiap shift dibagi dengan waktu pulang pergi suatu rute (*round trip time*).

$$T_{ij} = \frac{\text{DurasiWaktuTiap "shift"}}{\text{WaktuPergiPulangsuaturute "RoundTripTime"}} \text{ (menit)}$$

Parameter jumlah perjalanan minimum tiap rute (*trip required*) sebagai alat kontrol kualitas pelayanan juga dimasukkan kedalam model optimasi ini.

$$T_{ij} = \frac{\text{DurasiWaktuTiap "shift"}}{\text{WaktuPergiPulangsuaturute "RoundTripTime"}} \text{ (menit)}$$

Misalkan X_{ij} adalah jumlah perjalanan yang dihasilkan oleh bus besar, maka model program linier untuk memformulasikan jumlah perjalanan optimal yang dibutuhkan tiap rute dan tiap shift adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^7 X_{ij}$$

[1]

Subject to:

$$36X_{ij} \geq D_{ij} \quad [2]$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^7 X_{ij} \leq 41 * \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^7 T_{ij} \quad [3]$$

$$X_{ij} \geq w_j \quad [4]$$

$$\sum_{i=1}^2 P_i = 1 \quad [5]$$

$$X_{ij}, ij \geq 0 \quad [6]$$

$$\forall i, i = 1,2, \forall j, j = 1,2,3,4,5,6,7$$

Dimana i adalah indeks rute, j indeks *shift*, D_{ij} , jumlah penumpang rute i *shift* j , P_i , proporsi perjalanan rute i , w_j , jumlah perjalanan yang dibutuhkan pada *shift* j , dan T_{ij} , Faktor perjalanan, jumlah perjalanan maksimum yang dapat dilakukan bus rute i *shift* j .

Persamaan 1 adalah “*objective function*” yang meminimalkan jumlah perjalanan yang dibutuhkan untuk tiap rute dan *shift*. Dalam persamaan 2 dijelaskan bahwa jumlah perjalanan yang dihasilkan oleh tipe bus besar harus mampu melayani atau melebihi jumlah penumpang rute i *shift* j . Persamaan 3 menunjukkan bahwa jumlah total perjalanan yang dihasilkan adalah kurang dari atau sama dengan jumlah perjalanan yang tersedia oleh tipe bus besar. Persamaan 4 menerangkan bahwa jumlah perjalanan yang dihasilkan oleh tipe bus besar adalah kurang dari atau sama dengan jumlah perjalanan minimum yang dibutuhkan untuk rute i dan *shift* j . Persamaan 5 total proporsi perjalanan sama dengan 1 dan persamaan 6 adalah batasan non-negatif.

Pada tahap analisa, beberapa variabel disiapkan untuk menjadi input data didalam model optimasi bus DAMRI bandara dengan menggunakan aplikasi LINDO. Jumlah perjalanan minimum yang dibutuhkan untuk melayani rute Gambir dan Bogor yaitu antara 2

- 5 kali perjalanan. Sedangkan jumlah perjalanan tiap shiftnya diperoleh dari hasil perkalian jumlah penumpang harian dengan persentase jumlah penumpang seperti yang didapatkan pada tabel 3. Waktu tunggu

penumpang sebagai kontrol kualitas pelayanan didapatkan dari hasil survei. Secara umum penumpang mempunyai waktu tunggu maksimum sebesar 60 menit.

Tabel 3. Data waktu operasi (shift)

Rute	Demand	Pi	Round Trip Time	Waiting time	Demand per shift (Dij)							Trip Factor (Tij)						
					Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 4	Shift 5	Shift 6	Shift 7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
					w1= 5	w2= 3	w3= 3	w4= 4	w5= 3	w6= 2	w7= 3							
Gambir	2876	0,52	332	60	349	545	634	723	343	183	99	0,90	0,54	0,54	0,72	0,54	0,36	0,54
Bogor	2682	0,48	382	60	325	509	591	675	319	170	93	0,79	0,47	0,47	0,63	0,47	0,31	0,47

Sumber : Olah data, 2015

Hasil running LINDO dengan memasukkan fungsi tujuan serta batasan yang telah ditentukan menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem penjadwalan eksisting. Jika menggunakan sistem

penjadwalan bus hasil optimasi akan terjadi penurunan sekitar 40% dari total perjalanan bus eksisting pada rute bus DAMRI bandara - Gambir. Hasil ini juga berkorelasi positif dengan penurunan biaya bahan bakar.

Tabel 4. Perbandingan kinerja eksisting vs hasil optimasi (Rute Gambir)

No shift	Jumlah perjalanan			Penggunaan bahan bakar (Rp)		
	eksisting	hasil optimasi	nilai penurunan	eksisting	hasil optimasi	nilai penurunan
Shift 1	19	9	53%	1.654.900	783.900	53%
Shift 2	21	15	29%	1.829.100	1.306.500	29%
Shift 3	22	17	23%	1.916.200	1.480.700	23%
Shift 4	29	20	31%	2.252.900	1.742.000	31%
Shift 5	21	9	57%	1.829.100	783.900	57%
Shift 6	9	5	44%	783.900	435.500	44%
Shift 7	6	3	50%	522.600	261.300	50%
Total	127	78	39%	11.061.700	6.793.800	39%

Sumber : Olah data, 2015

Sedangkan pada rute Bogor - Bandara Soekarno Hatta menunjukkan hasil yang hampir

sama. Terjadi penurunan jumlah perjalanan bus dari 107 ke 72 atau sekitar 33%.

Tabel 5. Perbandingan kinerja eksisting vs hasil optimasi (Rute Bogor)

No shift	Jumlah perjalanan			Penggunaan bahan bakar (Rp)		
	eksisting	hasil optimasi	nilai penurunan	eksisting	hasil optimasi	nilai penurunan
Shift 1	11	9	18%	2.211.000	1.809.000	18%
Shift 2	15	14	7%	3.015.000	2.814.000	7%
Shift 3	22	16	27%	4.422.000	3.216.000	27%
Shift 4	30	18	40%	6.030.000	3.618.000	40%
Shift 5	16	8	50%	3.216.000	1.608.000	50%
Shift 6	8	4	50%	1.608.000	804.000	50%
Shift 7	5	3	40%	1.005.000	603.000	40%
Total	107	72	33%	21.507.000	14.472.000	33%

Sumber : Olah data, 2015

Dari gabungan 2 rute bus DAMRI bandara – Gambir dan Bogor menunjukkan adanya peningkatan pendapatan yang signifikan dengan menggunakan sistem penjadwalan hasil optimasi dengan berbasis fluktuasi jumlah penumpang. Jika dikondisi eksisting terdapat pendapatan (hasil penjualan tiket – biaya BBM)

sebesar 230 juta rupiah maka dengan kondisi hasil optimasi meningkat menjadi 241 juta rupiah. Penjadwalan bus dengan berbasis fluktuasi jumlah penumpang memberikan kontribusi positif pada tingkat pendapatan sebesar 5%.



Gambar 3. Perbandingan pendapatan eksisting vs hasil optimasi

KESIMPULAN

Pengembangan model optimasi penjadwalan bus DAMRI bandara, rute Gambir dan Bogor menghasilkan beberapa kesimpulan. Dari hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa model program linier yang dikembangkan memberikan efisiensi yang signifikan dalam hal penurunan jumlah perjalanan untuk kedua rute tersebut (-39% rute Gambir dan -33% rute Bogor). Penurunan ini tidak memberikan pengaruh negatif terhadap kualitas pelayanan karena model yang dikembangkan telah mempertimbangkan fluktuasi jumlah penumpang untuk tiap shift nya. Hal ini tentu saja berdampak positif terhadap penurunan biaya bahan bakar yang nilainya berbanding lurus dengan penurunan jumlah perjalanan. Turunnya biaya operasional khususnya BBM memberikan kenaikan pendapatan sebesar 5%.

DAFTAR PUSTAKA

Bedworth DD, Bailey JE. (1986). *Integrated Production Control System Management, Analysis, Design*. New York: John Wiley & Sons.

Dantzig G, J.H. Ramser J.H (1959). "The truck dispatching problem", *Journal of*

Management Science, Management Science 6(1), 80-91.

Heizer J, Render B. (2010). *Manajemen Operasi*. Ed ke-9. Sungkono C, Penerjemah. Jakarta: Salemba Empat. Terjemahan dari: *Operations Management*.

Mehmet S, Mawada A, and Jafar A, (2012). "Scheduling and Routing of City Buses at Kuwait Public Transport", *International Journal of Applied Operational Research*, 1(3), 11-32.

Morton TE, Pentico DW. (1993). *Heuristics Scheduling System*. New York: John Wiley & Sons

Salzborn F, (1972). "Optimal Bus Scheduling", *Transportation Science*, 6(2), 137-148.

Taha HA. (1996). *Pengantar Riset Operasi*. Penerjemah; Drs. Daniel Wirajaya. Binarupa Aksara, Jakarta. Terjemahan dari: *Operations Research*.

Xue X, Jingzhi L and Jian X. (2011).. "Model and Algorithm of Uncertain Optimization of Vehicle Scheduling in Open Cool Mine", *Journal of Computational and Information System*, 7, 498-506.