

SEAT INTERFERENCE ANTAR PENUMPANG PADA MODEL BOARDING PESAWAT TERBANG

Bilqis Amaliah¹, Victor Hariadi², Antonius Malem Barus³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Jawa Timur
e-mail : ¹ bilqis@if.its.ac.id, ² victor@its-sby.edu, ³ Antonius.mb@gmail.com

Abstrak

Ada dua keadaan untuk sebuah pesawat, keadaan pertama adalah pada saat pesawat tersebut sedang berada di darat dan keadaan kedua adalah saat pesawat tersebut sedang berada di udara. Maskapai penerbangan akan mendapat keuntungan pada saat pesawat mereka sedang terbang. Banyak hal yang mempengaruhi lama pesawat berada di darat, antara lain : waktu penumpang turun, bongkar muat barang, pengisian bahan bakar, boarding time, dll. Penelitian ini menyajikan beberapa model boarding untuk mengurangi seat interference dan untuk mengurangi waktu boarding. Mixed Integer Non Linier Programming digunakan untuk menghasilkan model boarding. ProModel digunakan untuk simulasi, hasil simulasi adalah waktu boarding dan seat interference. Airbus-320 digunakan untuk menerapkan model simulasi ini. Beberapa hal yang mempengaruhi strategi boarding adalah jumlah baris, jumlah grup dan jumlah penumpang yang dimasukkan untuk tiap grup. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa model boarding dengan 6 grup dapat mengurangi jumlah seat interference sebesar 85,5% dan mengurangi waktu boarding sebesar 6,82% dibandingkan dengan menggunakan model tradisional back to front.

Kata kunci : boarding, MINLP, transportasi

1. PENDAHULUAN

Turnaround time atau waktu peralihan adalah salah satu faktor yang menentukan efisiensi operasional pada perusahaan penerbangan komersial. Waktu peralihan dimulai dari kedatangan hingga keberangkatan sebuah pesawat terbang. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu peralihan pada pesawat terbang antara lain adalah waktu penumpang untuk turun dari pesawat terbang, bongkar muat bagasi, pengisian bahan bakar, perawatan pesawat, boarding time dll.

Boarding time merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi operasional suatu penerbangan. Boarding time merupakan salah satu faktor yang cukup sulit untuk dikendalikan oleh penyedia jasa penerbangan yang dikarenakan keterbatasan dalam mengendalikan para penumpang.

Untuk itu perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui bagaimana strategi boarding yang baik untuk meningkatkan efisiensi tersebut. Setelah menemukan strategi yang optimal maka perlu dilakukannya simulasi untuk menemukan strategi yang terbaik untuk diaplikasikan pada waktu boarding dilakukan pada suatu jadwal penerbangan.

Penelitian tentang boarding, telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Menurut Van Landeghem and Beuselinck, (2002) banyak factor yang menentukan turnaround time, antara lain : bongkar muat barang dan penumpang, pengecekan penumpang, pengisian bahan bakar. Pada paper ini juga dibahas beberapa macam strategi boarding. Bazargam (2006) juga membahas beberapa model boarding dengan pendekatan linier programming.

Pada penelitian ini menyajikan beberapa model boarding untuk mengurangi seat interference dan waktu boarding. Mixed Integer Non Linier Programming digunakan untuk menghasilkan model boarding. ProModel digunakan untuk simulasi dan hasilnya adalah rata-rata waktu boarding dan *seat interference*. Airbus-320 digunakan untuk mengimplementasikan model simulasi ini. Beberapa hal yang mempengaruhi strategi boarding adalah jumlah baris, jumlah grup dan jumlah penumpang yang dimasukkan untuk tiap grup.

Tujuan dari penelitian ini adalah memilih model boarding mana yang paling optimal, dimana jumlah aisle interference adalah yang paling minimum. Begitu juga waktu yang akan dihitung adalah waktu yang paling minimum.

2. MIXED INTEGER NONLINIER PROGRAMMING (MINLP)

Algoritma yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan pada *mixed integer nonlinear programming* adalah algoritma *branch and bound* (Bocher, 1991).

Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP) merupakan variasi bentuk dari permasalahan *Nonlinear Programming* yang dikombinasikan dengan *Integer Programming*. MINLP merupakan sebuah pendekatan yang natural untuk memformulasikan permasalahan optimasi (Bussieck, 2003).

3. NEOS SERVER

Penyelesaian permasalahan optimasi dengan variabel yang banyak (>300) dapat terkendala dengan menggunakan AMPL Solver edisi pelajar. Salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan dengan variabel yang banyak ini adalah dengan menggunakan NEOS Server. NEOS Server merupakan sebuah server yang melayani penyelesaian permasalahan optimasi dengan cara meng-*upload* file yang berisi model permasalahan optimasi dalam bahasa pemodelan matematika AMPL.

AMPL akan membaca model dari *.mod file dan data dari *.dat file dan akan diselesaikan sesuai dengan *solver* yang telah dipilih sebelumnya.

File model berisi tentang model matematika yang dibuat dengan bahasa pemrograman AMPL dan GAMS. File data berisi data yang akan menjadi masukan bagi model. Sedangkan untuk memodifikasi hasil keluaran dari solusi yang ditawarkan, pengguna dapat menggunakan file perintah. File-file tersebut dapat diunggah melalui NEOS Server *website* (<http://neos.mcs.anl.gov/neos/>).



Gambar 1 Tampilan *Website* NEOS Server

MINLP Solver merupakan salah satu solver yang tersedia pada NEOS Server untuk menyelesaikan permasalahan optimasi *mixed integer nonlinear* yang memiliki fungsi batasan (*Mixed Integer Nonlinearly Constrained Optimization*).

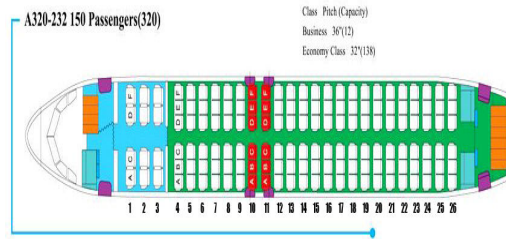
4. PESAWAT TERBANG AIRBUS-320

Pesawat terbang tipe Airbus A320 merupakan pesawat terbang yang dapat menampung 150 penumpang, terdiri dari 12 penumpang kelas bisnis dan 138 penumpang kelas ekonomi. Pesawat ini memiliki *layout* kabin seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.

Pada pesawat terbang pada umumnya, kolom ditandai huruf A, B, C, D, E dan F (*economy class*) dan A, C, D dan F (*business class*). Untuk kelas ekonomi, A dan F merupakan tempat duduk dekat jendela (*window*), B dan E merupakan tempat duduk tengah (*middle*), sedangkan C dan D merupakan tempat duduk dekat lorong kabin (*aisle*).

Baris pada kabin dimulai dari 1 hingga 26 yang terdiri dari nomor 1 hingga 3 merupakan kelas bisnis dan 4 hingga 26 merupakan kelas ekonomi.

Proses boarding secara konvensional dilakukan dengan membagi sama rata jumlah grup yang akan melakukan boarding di mana kursi yang terisi dari belakang ke depan (Van Den Briel, 2005). Dalam penelitian ini, Model seperti ini disebut sebagai model BF (*Back to Front*). Dimana dalam model ini kursi pada bagian belakang diisi terlebih dahulu untuk mengurangi interference yang terjadi.



Gambar 2 Layout Kabin Pesawat Terbang A320

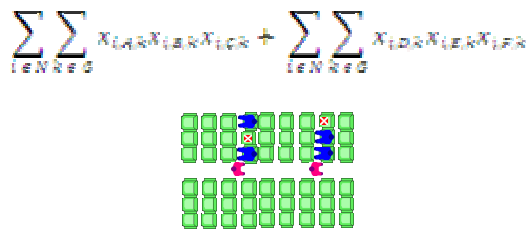
Variabel N merepresentasikan sekumpulan baris dan $M = \{A, B, C, D, E, F\}$ merepresentasikan posisi kursi pada kabin dan diberikan nomor pada masing-masing baris $i \in N$ dan posisi kursi $j \in M$, maka masing-masing posisi masing-masing kursi dapat diidentifikasi dengan menggunakan pasangan (i,j) .

Dengan memasukkan posisi kursi pada grup, maka dapat dibentuk boarding strategy. Sebagai contoh pada permasalahan boarding pesawat, jika masing-masing pasangan (i,j) dimasukkan pada grup boarding k , $k \in G$ yang merepresentasikan sekumpulan grup. Selanjutnya mendefinisikan variabel keputusan $x_{i,j,k} = 1$ jika kursi (i,j) dimasukkan pada grup k dan $x_{i,j,k} = 0$ untuk nilai selainnya, di mana $i \in N$, $j \in M$ dan $k \in G$.

5. SEAT INTERFERENCES

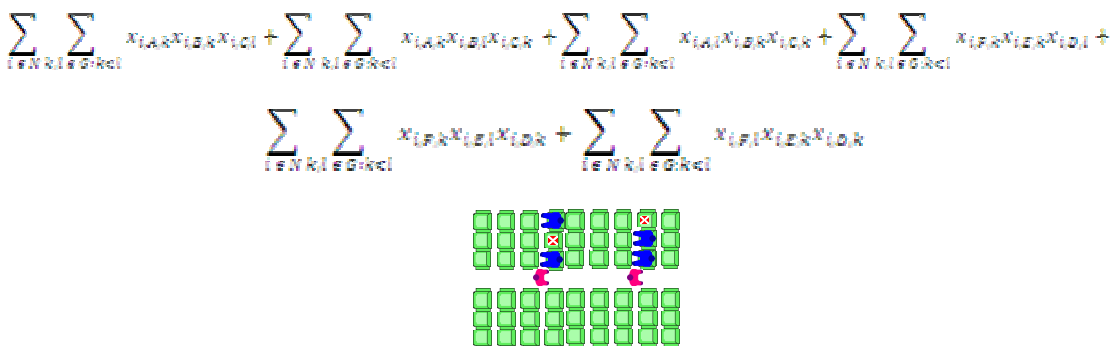
Seat interference adalah gangguan yang terjadi pada saat penumpang akan duduk, ketika penumpang yang berada di dekat jendela atau ditengah akan duduk, sedangkan penumpang yang berada di aisle sudah duduk terlebih dahulu (van den Briel et al., 2005). Jika x menandakan penumpang yang ikut dalam sebuah grup, maka skenario yang mungkin terjadi adalah:

- a. Tiga tiga penumpang berada dalam satu grup yang sama dan akan menempati tempat duduk pada bagian kanan atau kiri (xxx). Modelnya adalah sebagai berikut:



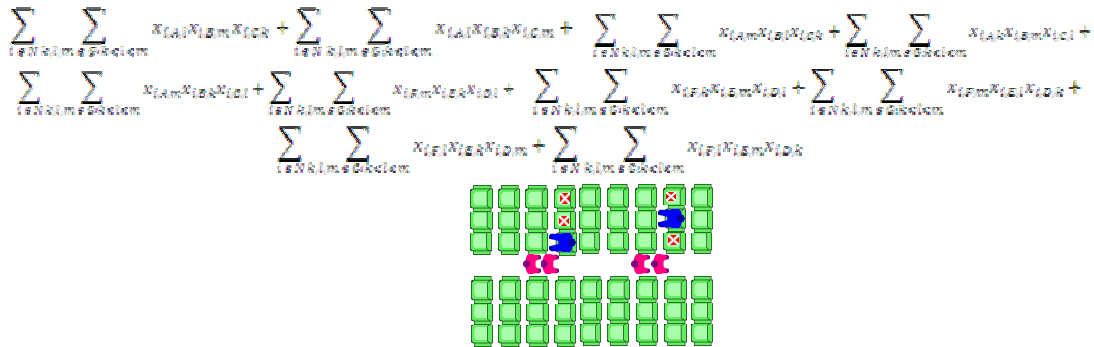
Gambar 3. Ilustrasi *Seat* (xxx)

- b. Dua penumpang berada dalam satu grup dan diikuti oleh penumpang lainnya yang berada di grup setelahnya (xx_x). Jika $k, l \in G$ di mana $k < l$, maka modelnya adalah sebagai berikut:



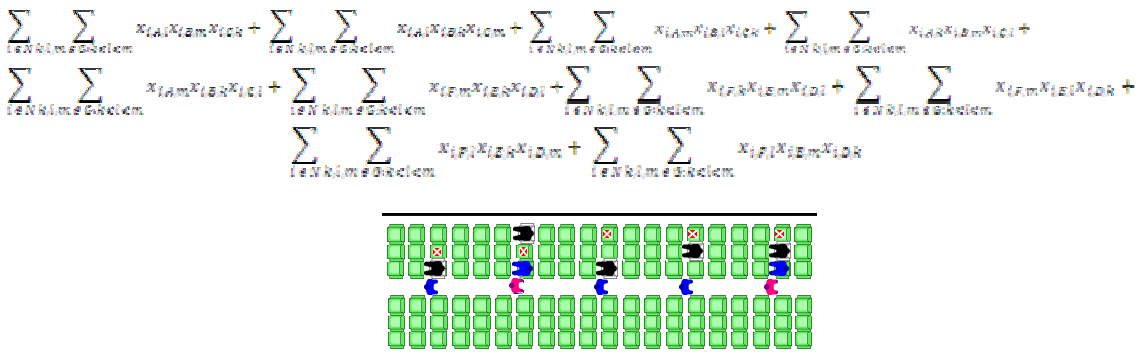
Gambar 2 Ilustrasi *Seat* (xx_x)

- c. cSatu penumpang dalam sebuah grup untuk salah satu bagian dan baris, diikuti dua penumpang pada bagian dan baris yang sama dalam grup setelahnya (x_xx). Modelnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Ilustrasi *Seat* (x_xx)

- d. Tiga penumpang dalam kelompok yang berbeda-beda akan menempati kursi pada baris dan bagian yang sama (x_x_x). Jika k,l,m ∈ G di mana k < l < m, maka modelnya adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Ilustrasi *Seat* (x_x_x)

6. NILAI PENALTI

Nilai penalti digunakan untuk memberikan nilai bobot pada model matematika yang akan dibuat. Dalam hal ini, penentuan nilai penalti dilakukan dengan cara menghitung nilai probabilitas terjadinya suatu kejadian tertentu pada skenario seat interferences dan aisle interferences.

Tabel 1. Tabel Nilai Penalti *Seat*

| Penalti | Susunan <i>Boarding</i> | E (No. of <i>interference</i>) |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| λ_{11}^E | [window, middle, aisle] | 1,5 |
| λ_{21}^E | [window, middle] → [aisle] | 0,5 |
| λ_{31}^E | [window, aisle] → [middle] | 1,5 |
| λ_{41}^E | [middle, aisle] → [window] | 2,5 |
| λ_{51}^E | [window] → [middle, aisle] | 0,5 |
| λ_{61}^E | [middle] → [window, aisle] | 1,5 |
| λ_{71}^E | [aisle] → [window, middle] | 2,5 |
| λ_{81}^E | [window] → [aisle] → [middle] | 1 |
| λ_{91}^E | [middle] → [window] → [aisle] | 1 |
| λ_{101}^E | [middle] → [aisle] → [window] | 2 |
| λ_{111}^E | [aisle] → [window] → [middle] | 2 |
| λ_{121}^E | [aisle] → [middle] → [window] | 3 |

9. IMPLEMENTASI DAN UJI COBA

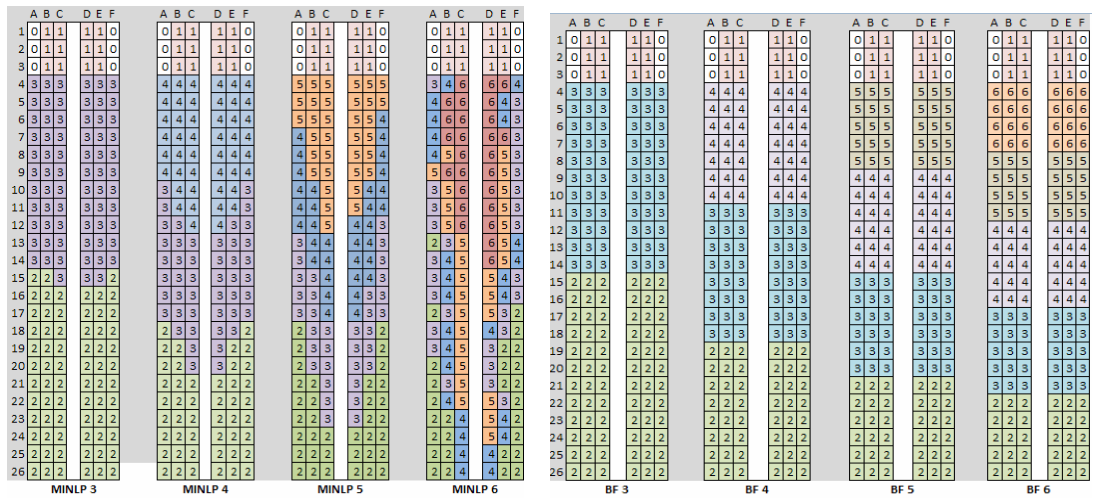
Uji coba dilakukan dengan menggunakan program analisis dan simulasi. Adapun data yang digunakan dalam proses ujicoba ini adalah data strategi boarding yang telah dihasilkan dari model MINLP yang telah dibuat.

Dari hasil uji coba perhitungan boarding interferences dengan menggunakan program (perhitungan analisis) dan simulasi menunjukkan bahwa solusi yang diberikan model MINLP6 lebih baik dari pada model BF 6(*Back to Front*).

Dari perhitungan analisis, MINLP6 mereduksi jumlah seat interferences yang terjadi sebesar 43,89% dari Model BF6.

Dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan ProModel menunjukkan bahwa MINLP mereduksi jumlah seat interferences yang terjadi sebesar 17,85% dari Model BF6. Selain itu Model MINLP6 menurunkan waktu boarding sebesar 6,82% dari BF6.

Dari hasil evaluasi yang telah dipaparkan, Model MINLP6 dapat direkomendasikan sebagai salah satu strategi alternatif yang dapat meningkatkan efisiensi waktu boarding pesawat terbang Airbus A320. Sehingga model ini dapat diimplementasikan dalam sistem boarding yang sebenarnya pada pesawat terbang Airbus-320.



Gambar 8. Model MINLP dan Model BF (*Back to Front*)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Model MINLP dan BF dengan menggunakan program analisis

| | BF3 | BF4 | BF5 | BF6 | MINLP3 | MINLP4 | MINLP5 | MINLP6 |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Business Class (1xx) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Economy Class (xxx) | 69 | 69 | 69 | 69 | 66 | 51 | 16,5 | 0 |
| Economy Class (xx_x) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 3 | 8 | 4,5 |
| Economy Class (x_xx) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 3 | 9,5 | 3 |
| Economy Class (x_x_x) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T. Seat Interferences | 72 | 72 | 72 | 72 | 70 | 60 | 37 | 10,5 |

Tabel 3. Hasil perhitungan Simulasi Model MINLP dan BF dengan menggunakan ProModel

| | BF3 | BF4 | BF5 | BF6 | MINLP3 | MINLP4 | MINLP5 | MINLP6 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Avg. Seat Interferences | 70,76 | 72,11 | 73,36 | 72,22 | 70,95 | 59,38 | 36,96 | 10,46 |
| Avg. Boarding Time | 1436,76 | 1460,68 | 1473,69 | 1491,68 | 1431,02 | 1434,66 | 1430,6 | 1389,89 |

10. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pemodelan permasalahan boarding pesawat terbang dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Mixed Integer Nonlinear Programming*.
2. Model MINLP dapat menghasilkan strategi alternatif dalam mengurangi *boarding interferences* dan *boarding time*.
3. Hasil perhitungan *boarding interferences* secara analisis dan simulasi menunjukkan bahwa model yang paling baik adalah Model MINLP dengan jumlah grup sebanyak 6 grup (MINLP6), di mana dengan model ini berhasil menurunkan jumlah *seat interferences* sebesar 85,5 % dan menurunkan *boarding time* sebesar 6,82% dibandingkan dengan BF 6.

Saran

1. Pemodelan yang lebih baik dengan mengeksplorasi pendekatan-pendekatan model matematika lainnya seperti dengan menggunakan pendekatan kuadratik atau linier
2. Akan lebih baik jika hasil analisis dan simulasi dapat diimplementasikan dalam sistem yang sebenarnya sehingga dapat diketahui kekurangan-kekurangan yang mungkin belum dimasukkan dalam model ini.

11. DAFTAR PUSTAKA:

- Bazargam M, 2007, *A linier programming approach for aircraft boarding strategy*, European Journal of Operational Research 183, 394-411.
- Van Landeghem, H., Beuselincq, A., 2002, *Reducing passenger boarding times in airplanes: A simulation based approach*. European Journal of Operational Research 142, 294–308.
- Van Den Briel, M.H.L., Villalobos, J.R., Hogg, G.L., Lindemann, T., Mule, A.V., 2005, *America west airlines develops efficient boarding strategies*. Interfaces 35, 191–201.
- Taha, Hamdy A., 2007, *Operations Research: An Introduction*. Toronto: Pearson Education, Inc.
- Borchers, Brian and Mitchell, J. E., September, 1991, "An improved branch and bound algorithm for mixed integer nonlinear programs". R.P.I Math Report No. 200.
- Trick, Michael A., 1998, A Tutorial on Integer Programming, <URL: <http://mat.gsia.cmu.edu/orclass/integer/integer.html>>
- Winston, Wayne L., 2004, *Operations Research: Application and Algorithms* 4th Edition: Thomson Learning, USA.
- Bussieck, Michael R., 2003, *Mixed-Integer Nonlinear Programming*. GAMS Development Corporation, Washington DC.
- Dolan, Elizabeth D, et al., 2002, *The NEOS Server Optimization Version 4 and Beyond*, Argonne National Laboratory.
- Law, Averill M., 2007, *Simulation Modelling and Analysis*: McGraw Hill.