

APLIKASI PROGRAM DINAMIS PADA PENYUSUNAN *FLIGHT PLANNING*

Christian Hadiwinoto

Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganeca 10, Bandung 40132
e-mail: if17081@students.if.itb.ac.id

ABSTRAK

Pemecahan masalah dapat dilakukan dengan membagi keseluruhan proses tersebut menjadi sekumpulan langkah, sehingga persoalan secara keseluruhan menjadi serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pemecahan masalah dengan cara ini dapat dilakukan dengan menggunakan program dinamis. Persoalan perencanaan penerbangan (*flight planning*) merupakan persoalan yang terdiri atas berbagai aspek dan berpengaruh terhadap biaya penerbangan, khususnya dari pemakaian bahan bakar. Dari perencanaan penerbangan, diharapkan bahwa biaya dapat diminimumkan dengan menggunakan bahan bakar dalam jumlah yang optimal tanpa mengabaikan faktor keselamatan penerbangan. Dari aspek-aspek yang ada, persoalan perencanaan penerbangan dapat dibagi menjadi sejumlah tahap penentuan, yang mencakup ketinggian, kecepatan, dan pilihan rute (jika ada). Pemecahan masalah dapat dilakukan dengan program dinamis maju atau mundur, namun ternyata pada praktiknya dalam pengujian contoh kasus, program dinamis mundur lebih mangkus.

Kata kunci: bahan bakar, biaya, *dynamic programming*, *flight planning*, optimalisasi, penerbangan, program dinamis.

1. PENDAHULUAN

Dalam penerbangan sebuah pesawat udara, perencanaan harus dibuat secara terperinci. Perencanaan harus dibuat demi keselamatan penerbangan tersebut. Kegiatan perencanaan ini disebut *flight planning* (perencanaan penerbangan). Hasil dari *flight planning* adalah dokumen rencana penerbangan, disebut juga *flight plan*, yang harus diisi oleh penerbang (pilot) sebelum melakukan penerbangan[4].

Ada dua aspek penting terkait keselamatan (*safety-critical aspects*) yang harus diperhatikan dalam *flight planning*. Kedua aspek tersebut adalah perhitungan bahan bakar (*fuel calculation*) dan pengaturan dari kendali lalu lintas udara (*air traffic control*). Perhitungan bahan bakar diperlukan untuk memastikan bahwa pesawat udara dapat sampai di tujuan dengan selamat. Pengaturan dari kendali

lalu lintas udara berfungsi menghindari kecelakaan, khususnya tabrakan di udara (*mid-air collision*).

Di samping itu, agar dapat meminimumkan biaya penerbangan, khususnya dari pemakaian bahan bakar, dalam *flight planning* juga dipertimbangkan pemilihan yang tepat dari sisi rute tempuh, ketinggian, dan kecepatan, serta minimisasi jumlah bahan bakar yang dimuat.

Karena banyaknya perhitungan untuk menghasilkan rencana penerbangan yang optimal, penggunaan komputer menjadi diperlukan dalam proses *flight planning*. Optimalisasi rencana penerbangan bermanfaat dalam membuat minimum jumlah bahan bakar yang harus dimuat selama penerbangan, sehingga meminimumkan *cost* penerbangan. Hal tersebut ditentukan oleh pengambilan keputusan, yang dapat dibagi menjadi serangkaian tahapan (*stage*). Persoalan yang dapat dibagi menjadi serangkaian tahapan dapat diselesaikan dengan metode program dinamis (*dynamic programming*).

2. PROGRAM DINAMIS DALAM *FLIGHT PLANNING*

2.1 Program Dinamis

Program dinamis (*dynamic programming*) adalah metode yang membagi pemecahan masalah menjadi sekumpulan langkah atau tahapan (*stage*) sedemikian sehingga solusi persoalan secara keseluruhan menjadi serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pemecahan masalah dengan program dinamis dilakukan secara bertahap (sekuensial) seperti pada algoritma *greedy*[2].

Dalam algoritma *greedy*, keputusan diambil hanya dengan mempertimbangkan pilihan yang paling menarik pada tahapan tersebut tanpa mempertimbangkan konsekuensi pada pemilihan solusi setelahnya. Sementara itu, dalam program dinamis, digunakan prinsip optimalitas, yaitu bahwa jika solusi total optimal, bagian solusi sampai tahap ke- k juga optimal. Sebagai konsekuensinya, jika pencarian solusi dilakukan hingga tahap $k+1$, optimalisasi dapat dilakukan dengan menggunakan hasil optimal dari tahap ke- k tanpa harus kembali ke tahap awal.

Karakteristik dari persoalan yang dapat diselesaikan dengan menggunakan program dinamis adalah sebagai berikut:

1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap (stage); pada setiap tahap hanya diambil satu keputusan
2. Masing-masing tahap memiliki sejumlah status yang berhubungan dengan tahap tersebut; status merepresentasikan bermacam kemungkinan keputusan pada tahapan tersebut; jumlah kemungkinan tersebut dapat berhingga (*finite*) maupun tak berhingga (*infinite*)
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya.
4. Ongkos (*cost*) pada suatu tahap meningkat secara teratur dengan bertambahnya jumlah tahapan
5. Ongkos pada suatu tahap bersifat kumulatif; merupakan jumlah dari ongkos pada tahap-tahap sebelumnya dan ongkos lokal pada tahap tersebut
6. Keputusan terbaik pada suatu tahap bersifat independen terhadap keputusan yang dilakukan pada tahap selanjutnya
7. Ada hubungan rekursif bahwa keputusan terbaik pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap $k+1$
8. Persoalan mengikuti prinsip optimalitas

Dengan menggunakan program dinamis, persoalan diselesaikan secara bertahap. Persoalan dengan program dinamis dapat diselesaikan secara maju, yaitu mulai dari tahap 1, kemudian dilanjutkan ke tahap 2, 3, dan seterusnya hingga tahap n . Selain secara maju, persoalan dapat juga diselesaikan secara mundur, yaitu bahwa program dinamis bergerak mulai dari tahap n , dilanjutkan mundur ke tahap $n-1$, $n-2$, dan seterusnya hingga tahap 1.

2.2 Komponen-Komponen *Flight Plan*

Proses flight planning menghasilkan suatu dokumen berupa rencana penerbangan (*flight plan*). Informasi yang terkandung dalam dokumen ini, antara lain[3]

- jenis *flight plan*, yang menunjukkan aturan yang digunakan dalam menyusun flight plan; dapat berupa instrumen atau visual
- identifikasi armada pesawat, yang menunjukkan nomor registrasi pesawat yang melakukan penerbangan (unik untuk setiap pesawat)
- jenis pesawat dan peralatan khusus jika ada, misalnya perlengkapan tambahan seperti transponder
- rencana kecepatan, dalam satuan knot
- titik keberangkatan, yaitu bandar udara asal
- waktu keberangkatan, sesuai jadwal dan waktu yang sebenarnya

- ketinggian (*altitude*) terbang; dalam dunia penerbangan, ada bentuk diskrit per satuan ratus kaki menjadi *flight level*, disingkat FL
- rute (jalur penerbangan) yang dilalui
- destinasi, yaitu tujuan penerbangan
- perkiraan waktu perjalanan
- keterangan, untuk diperhatikan oleh kendali lalu lintas udara, misalnya tidak mau menerima aturan lepas landas SID (Standard Instrument Departure) atau aturan mendarat STAR (Standard Arrival Terminal Route)
- jumlah bahan bakar yang dibawa
- bandar udara alternatif terdekat
- informasi pilot
- jumlah orang dalam pesawat
- warna pesawat, berguna dalam identifikasi ketika terjadi musibah
- kontak darat di tujuan

2.3 Perhitungan Bahan Bakar dan Faktor-Faktor yang Memengaruhinya

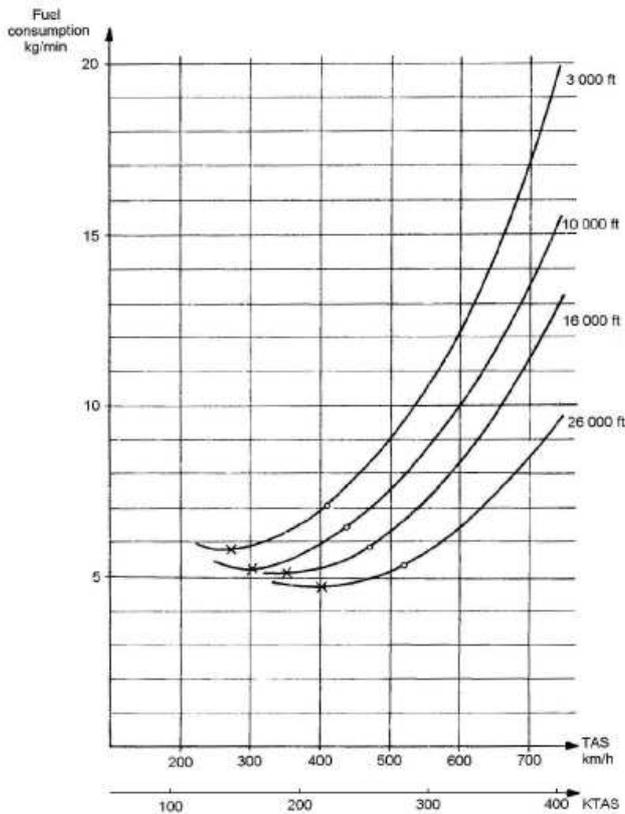
Perencanaan bahan bakar merupakan salah satu aspek yang penting demi keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, perencanaan bahan bakar termasuk bagian dari komponen *flight planning*. Untuk dapat memperoleh rencana jumlah bahan bakar yang cukup, perlu dilakukan kalkulasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor[4].

Jumlah pemakaian bahan bakar akan berpengaruh pada biaya penerbangan. Oleh sebab itu, jumlah pemakaian bahan bakar sedapat mungkin diminimumkan. Namun demikian, jumlah bahan bakar yang dibawa selama penerbangan harus cukup demi keselamatan penerbangan. Dengan menggunakan beberapa perhitungan, dapat diperoleh jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk suatu penerbangan.

Faktor yang diperhitungkan dalam estimasi bahan bakar adalah waktu tempuh, bukan jarak. Selama penerbangan berlangsung (disebut juga *cruise*), rumus pemakaian bahan bakar adalah[1]

$$\text{konsumsi bahan bakar} = \text{laju konsumsi} \times \text{waktu} \quad (1)$$

Laju konsumsi bahan bakar selama penerbangan juga dipengaruhi oleh ketinggian terbang. Semakin besar tingkat ketinggian yang dipilih, semakin kecil laju konsumsi bahan bakar untuk terbang di ketinggian tersebut[4]. Hubungan antara ketinggian terbang dengan konsumsi bahan bakar pada sebuah pesawat udara dengan spesifikasi tertentu ditunjukkan dengan grafik berikut:



Gambar 1 Hubungan antara ketinggian terbang dan konsumsi bahan bakar

Meskipun menghasilkan laju konsumsi yang lebih kecil, penerbangan dengan tingkat ketinggian yang lebih tinggi menghasilkan *tradeoff*, yaitu pada penambahan ketinggian (*climbing*). Saat *climbing*, diperlukan bahan bakar ekstra sekitar 40 hingga 50 persen dari jumlah bahan bakar normal yang diperlukan untuk terbang di ketinggian konstan (*cruise*).

Seperti terlihat pada Gambar 1, semakin tinggi kecepatan terbang, laju konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Laju konsumsi bahan bakar bergantung kepada kecepatan terbang relatif terhadap udara, yang memperhatikan keadaan dan pergerakan udara. Akan tetapi, dengan kecepatan yang lebih tinggi, penerbangan dapat ditempuh dalam waktu yang lebih singkat, sehingga meminimalkan konsumsi bahan bakar.

Pemakaian bahan bakar selama penerbangan, selain dipengaruhi oleh ketinggian terbang dan kecepatan relatif terhadap udara juga dipengaruhi oleh keadaan angin, temperatur udara, beban pesawat beserta seluruh muatannya, dan usia mesin (usia mesin yang tua menyebabkan penurunan efisiensi sehingga bahan bakar yang diperlukan menjadi lebih banyak).

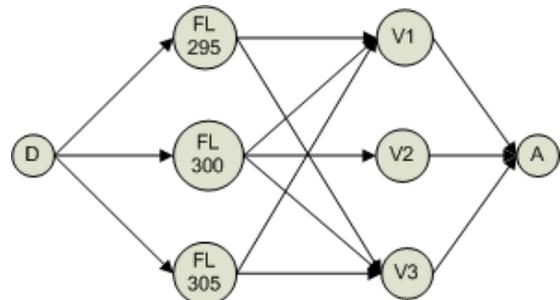
Pemilihan skenario yang berbeda dalam penerbangan dari suatu tempat asal ke tempat tujuan dapat menyebabkan perbedaan jumlah pemakaian bahan bakar. Tempat yang berbeda memiliki keadaan cuaca, termasuk

angin dan temperatur udara, yang berbeda. Perbedaan pada faktor-faktor lingkungan ini berpengaruh terhadap jumlah pemakaian bahan bakar.

2.4 Menggunakan Program Dinamis untuk Meminimumkan Konsumsi Bahan Bakar

Dalam melakukan *flight planning*, rencana (skenario) terbang dapat dimodelkan sebagai rangkaian (*sequence*) dari langkah-langkah (*stages*). Setiap langkah berisi pilihan-pilihan sebagai statusnya. Setiap status dalam setiap langkah dikaitkan dengan suatu nilai bobot (*cost*) yang merepresentasikan jumlah bahan bakar yang digunakan jika pada suatu langkah, pilihan tersebut dipilih.

Status awal, yang dianggap sebagai langkah ke-0 menunjukkan status keberangkatan (*departure*). Langkah pertama dalam pembuatan rencana penerbangan adalah penentuan ketinggian terbang, yang status-statusnya berisi ketinggian terbang dalam bentuk diskrit berupa *flight level* (FL). Langkah pemilihan ketinggian diikuti oleh pemilihan kecepatan terbang. Status-status pada langkah ini berisi pilihan kecepatan terbang. Status akhir (langkah terakhir) adalah ketibaan di tujuan. Pemodelan langkah (*stage*) dan status dalam *flight planning* dapat digambarkan dalam bentuk graf berarah. Graf ini menunjukkan penerbangan satu arah dari suatu tempat asal ke tempat lain (tujuan).



Gambar 2 Graf berarah yang menunjukkan kombinasi dalam pemilihan *flight planning*

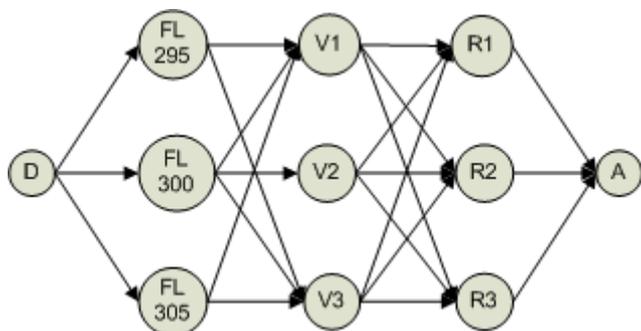
Antara status-status persoalan, terdapat panah berarah (sisi graf) dengan bobot (nilai) yang merepresentasikan biaya (*cost*) sebagai akibat dari pemakaian bahan bakar. Dengan teknik program dinamis seperti ini, perencana dapat memperoleh skenario rencana dengan biaya bahan bakar minimum.

Antara status awal (D) dengan status-status ketinggian terbang (FL), bobot sisi pada graf menunjukkan pemakaian bahan bakar untuk mencapai ketinggian yang diinginkan (*climb*).

Sisi yang menghubungkan status-status ketinggian (FL) dengan status-status kecepatan (V) menunjukkan pemakaian bahan bakar ketika terbang dengan kecepatan

tertentu. Sebagai, panah dari FL295 ke V1 menunjukkan pemakaian bahan bakar ketika terbang di ketinggian FL295 tersebut dengan kecepatan V1.

Pada Gambar 2, status-status kecepatan (V) terhubung dengan status akhir (A), yang merepresentasikan ketibaan (*arrival*). Jika terdapat lebih dari satu skenario dalam pemilihan rute terbang, status-status yang merepresentasikan skenario pemilihan rute (*routing*) dapat ditempatkan di antara langkah pemilihan kecepatan dengan status akhir (A). Seperti yang telah dibahas pada upabab sebelumnya, pemilihan rute tempuh yang berbeda menimbulkan konsekuensi pada pemakaian bahan bakar sebagai akibat dari faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pemakaian bahan bakar. Jika ada sejumlah pilihan rute, graf berarah dapat dimodifikasi dengan tambahan status-status sebelum status akhir.



Gambar 3 Graf berarah *flight planning* dengan tiga pilihan rute

Sama seperti pada Gambar 2, bobot sisi dari status D ke status-status FL merepresentasikan bahan bakar yang diperlukan untuk *climb*, sementara dari status-status FL ke status-status V merepresentasikan konsumsi bahan bakar pada kecepatan tertentu di ketinggian tersebut. Dengan adanya tambahan status yang merupakan pilihan rute tempuh, sisi-sisi dari status-status V ke status R merepresentasikan tambahan *cost* (tambahan bahan bakar) jika rute tertentu dipilih. Tambahan *cost* ini besarnya dapat bervariasi, tergantung pada keadaan tempat yang dilalui oleh rute tersebut.

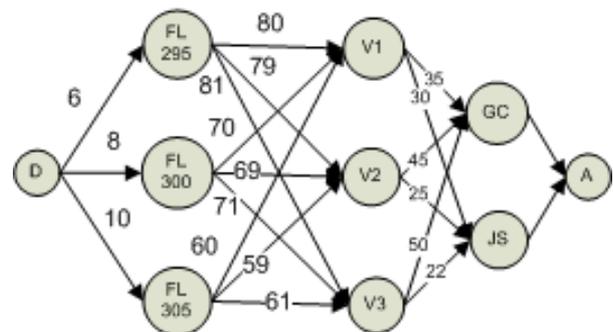
Sebagai catatan, pada Gambar 2 maupun Gambar 3, terdapat status pilihan kecepatan dengan jumlah yang berhingga (pada kedua gambar terdapat tiga status). Pada kenyataannya, kecepatan terbang bersifat kontinu (tidak diskrit), sehingga status-status kecepatan dapat merupakan status tak hingga (*infinite*).

3. CONTOH PENGGUNAAN PROGRAM DINAMIS DALAM MINIMISASI BAHAN BAKAR

Sebelum melakukan metode program dinamis untuk pemecahan masalah minimisasi bahan bakar, setiap sisi

graf diberikan nilai yang dihitung menggunakan rumus tertentu untuk mendapatkan pemakaian bahan bakar pada pengambilan keputusan pada tahap tersebut. Masalah penerbangan yang dipilih dalam pemilihan *flight planning* bersifat sekali-jalan (*one-way*). Besaran dan satuan biaya (*cost*) bahan bakar harus sama untuk semua sisi.

Sebagai contoh, dimisalkan penerbangan dari Hong Kong menuju Los Angeles yang dapat ditempuh melalui dua pilihan rute, yaitu rute *jet stream* (JS) atau rute *great circle* (GC), dan dapat terdiri atas beberapa pilihan ketinggian dan kecepatan. Skenario untuk rencana penerbangan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk graf berarah dengan bobot sisi yang menyatakan *cost* pemakaian bahan bakar (tanpa bobot berarti 0).



Gambar 4 Graf berarah *flight planning* rute Hong Kong – Los Angeles (contoh) dengan bobot sisi yang menyatakan pemakaian bahan bakar

3.1 Penyelesaian dengan Program Dinamis Maju

Penyelesaian bertahap dengan program dinamis pada kasus ini dapat dilakukan secara maju, yakni dengan memilih tingkat ketinggian terlebih dahulu (tahap 1). Misalkan x_1, x_2, \dots, x_4 adalah simpul-simpul yang dikunjungi pada tahap k ($k = 1, 2, 3, 4$), maka rute yang dilalui adalah $D \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4$, yang dalam hal ini $x_4 = A$. Pada persoalan ini, tahap (k) adalah proses memilih simpul tujuan berikutnya (ada 4 tahap), sementara status (s) yang berhubungan dengan masing-masing tahap adalah simpul-simpul dalam graf.

Nilai keputusan terbaik dapat dinyatakan dengan relasi rekurens berikut:

$$f_1(s) = c_{x_1s} \text{ (basis) (2)}$$

$$f_k(s) = \min \{c_{x_k s} + f_{k-1}(x_k)\}, k = 1, 2, 3 \text{ (rekurens) (3)}$$

yang dalam hal ini peubah x_k menyatakan peubah keputusan pada tahap k ($k = 1, 2, 3$), c_{sx_k} menyatakan bobot (*cost*) lokal dari sisi s ke x_k , $f_k(s, x_k)$ menyatakan total kumulatif bobot lintasan dari s ke x_k , dan $f_k(s)$ merupakan nilai minimum dari $f_k(s, x_k)$.

Penyelesaian per tahap dengan program dinamis maju untuk persoalan yang digambarkan oleh Gambar 4 diberikan sebagai berikut:

Tahap 1:

$$f_1(s) = c_{x_1s} \quad (4)$$

Tabel 1 Tahap 1 Program Dinamis Maju untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s	Solusi Optimum	
	$f_1(s)$	x_1^*
FL295	6	D
FL300	8	D
FL305	10	D

Catatan: x_k^* adalah nilai x_k yang meminimumkan $f_k(s, x_k)$.

Tahap 2:

$$f_2(s) = \min\{c_{x_2s} + f_1(x_2)\} \quad (5)$$

Tabel 2 Tahap 2 Program Dinamis Maju untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s \ x_2	$f_2(x_2, s) = c_{x_2s} + f_1(x_2)$			Solusi Optimum	
	FL295	FL300	FL305	$f_2(s)$	x_2^*
V1	86	78	70	70	FL305
V2	85	77	69	69	FL305
V3	87	79	71	71	FL305

Tahap 3:

$$f_3(s) = \min\{c_{x_3s} + f_2(x_3)\} \quad (6)$$

Tabel 3 Tahap 3 Program Dinamis Maju untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s \ x_3	$f_3(x_3, s) = c_{x_3s} + f_2(x_3)$			Solusi Optimum	
	V1	V2	V3	$f_3(s)$	x_3^*
GC	105	114	121	105	V1
JS	100	94	93	93	V3

Tahap 4:

$$f_4(s) = \min\{c_{x_4s} + f_3(x_4)\} \quad (7)$$

Tabel 4 Tahap 4 Program Dinamis Maju untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s \ x_4	$f_4(x_4, s) = c_{x_4s} + f_3(x_4)$		Solusi Optimum	
	GC	JS	$f_4(s)$	x_4^*
A	105	93	93	JS

Dari program dinamis maju, solusi optimal untuk kasus *flight planning* tersebut, yang merupakan lintasan terpendek dari D ke A adalah

$$D \rightarrow FL305 \rightarrow V3 \rightarrow JS$$

Mengikuti perhitungan dan pencarian solusi optimal yang dengan program dinamis, maka penerbangan dari Hong Kong ke Los Angeles dilakukan pada tingkat ketinggian FL305, kecepatan V3, dan mengikuti rute *jet stream*.

3.2 Penyelesaian dengan Program Dinamis Mundur

Penyelesaian dengan program dinamis untuk masalah yang sama dapat pula dilakukan secara mundur, yaitu mulai dari tahap 4 mundur sampai ke tahap 1. Hubungan rekursif nilai keputusan terbaik diberikan sebagai

$$f_4(s) = c_{sx_4} \quad (\text{basis}) \quad (8)$$

$$f_k(s) = \min\{c_{sx_k} + f_{k+1}(x_k)\}, k = 1, 2, 3 \quad (\text{rekurens}) \quad (9)$$

Tahap 4:

$$f_4(s) = c_{sx_4} \quad (10)$$

Tabel 5 Tahap 4 Program Dinamis Mundur untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s	Solusi Optimum	
	$f_4(s)$	x_4^*
GC	0	A
JS	0	A

Catatan: x_k^* adalah nilai x_k yang meminimumkan $f_k(s, x_k)$.

Tahap 3:

$$f_3(s) = \min\{c_{sx_3} + f_4(x_3)\} \quad (11)$$

Tabel 6 Tahap 3 Program Dinamis Mundur untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s \ x_3	$f_3(s, x_3) = c_{sx_3} + f_4(x_3)$		Solusi Optimum	
	GC	JS	$f_3(s)$	x_3^*
V1	35	30	30	JS
V2	45	25	25	JS
V3	50	22	22	JS

Tahap 2:

$$f_2(s) = \min\{c_{sx_2} + f_3(x_2)\} \quad (12)$$

Tabel 7 Tahap 2 Program Dinamis Mundur untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s	x_2	$f_2(s, x_2) = c_{sx_2} + f_3(x_2)$			Solusi Optimum	
		V1	V2	V3	$f_2(s)$	x_2^*
FL295		110	104	103	103	V3
FL300		100	94	93	93	V3
FL305		90	84	83	83	V3

Tahap 1:

$$f_1(s) = \min\{c_{sx_1} + f_2(x_1)\} \quad (13)$$

Tabel 8 Program Dinamis Mundur untuk Solusi Optimum Flight Planning pada Gambar 4

s	x_1	$f_1(s, x_1) = c_{sx_1} + f_2(x_1)$			Solusi Optimum	
		FL295	FL300	FL305	$f_1(s)$	x_1^*
D		109	101	93	93	FL305

Dari program dinamis mundur, solusi optimal untuk kasus *flight planning* tersebut, yang merupakan lintasan terpendek dari D ke A adalah

D → FL305 → V3 → JS

Solusi dari program dinamis mundur sama dengan solusi yang diperoleh dari program dinamis maju. Akan tetapi, jika diperhatikan, nilai $f_4(s)$ pada tahap 4 program dinamis mundur sama untuk seluruh s , yakni 0. Dengan demikian, pada implementasi program dinamis tersebut, tahap 1 dapat dilewati, sehingga pemecahan masalah dengan program dinamis mundur tersebut menjadi lebih mangkus (efisien).

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan penerbangan (*flight planning*), merupakan persoalan yang dapat dibagi menjadi serangkaian tahapan.
2. Pengoptimalan pemakaian bahan bakar dari perencanaan penerbangan dapat dilakukan dengan program dinamis, sehingga dapat dipilih rencana (skenario) penerbangan dengan biaya yang serendah mungkin tanpa mengabaikan faktor keselamatan.
3. Program dinamis dapat dilakukan secara maju atau mundur dan menghasilkan solusi yang sama, namun pada praktiknya, program dinamis mundur dapat lebih mangkus.

REFERENSI

- [1] J. Brandon, "Route Planning", Flight Planning and Navigation, rev. 29, 2009, URL: <http://www.auf.asn.au/navigation/route.html>, waktu akses: Selasa, 28-12-2009 pukul 16.42 WIB.
- [2] R. Munir. "Strategi Algoritma", Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [3] Wikipedia, "Flight Plan", Wikipedia, the free encyclopedia, 2009, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_Plan, waktu akses: Selasa, 27-12-2009 pukul 13.16 WIB.
- [4] _____, "Flight Planning", Wikipedia, the free encyclopedia, 2009, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_Planning, waktu akses: Selasa, 22-12-2009 pukul 11.11 WIB.