

# Penerapan Penganggaran Modal Berfaktor Ketidakpastian dengan Program Dinamis

Rizky Faramita 13515055

*Program Studi Teknik Informatika*

*Sekolah Teknik Elektro dan Informatika*

*Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia*

*13515055@std.stei.itb.ac.id*

**Abstract**—Implementing the dynamic programming in a fuzzy capital budgeting problem that covers solution for several independent projects and plans over a specific budget/capital. The methodology includes an algorithm that can generate all possible investments and then identify the most lucrative combination by using a variable called ranking ratio that estimates projects' cash flow in the future. This is very useful when an entity, usually a firm, deals with a huge number of cost and capital. Due to its big number of possibility to lose, the algorithm can help in reducing it by providing some other parameters correlated with the capital budgeting technique rather than solely cost and profit like what we have in conventional capital budgeting.

**Keywords**—dynamic programming, fuzzy capital budgeting, independent projects, projects' cash flow, ranking ratio.

## I. PENDAHULUAN

Penganggaran modal dikenal sebagai salah satu masalah pada ekonomi managerial. Permasalahan yang dicoba diangkat oleh penganggaran modal ini adalah investasi yang sebaiknya diambil oleh sebuah perusahaan berdasarkan proyek yang dimiliki sesuai dengan biayanya dengan batasan modal tertentu. Ongkos dan pemasukan merupakan variabel yang dimiliki oleh setiap proyek yang dapat diambil. Objektif dari penganggaran modal ini adalah mencari konfigurasi proyek yang perlu diambil demi memaksimalkan pemasukan perusahaan dengan memanfaatkan modal yang ada.

Selain dari sisi ekonomi managerial, penganggaran modal ini juga dapat dipandang dari segi pemrograman matematika. Seiring dengan perkembangan zaman pun, objektif yang semula hanya untuk mendapatkan pemasukan tertinggi untuk perusahaan bertambah contohnya dengan memasukkan apresiasi, keberlanjutan, kesiapan, dan lain-lain [3].

Jika ditinjau dari pemrograman matematika, penganaggaran modal dengan kriteria ganda menyerupai permasalahan knapsack berkriteria ganda yaitu masalah optimasi kombinatorial yang aplikasinya dapat mencakup

banyak hal, perencanaan transportasi, konservasi biologi, dan lain-lain.

Pada tahap ini, asumsi yang dimiliki adalah vector dari fungsi objektif terdiri dari fungsi yang bergantung waktu. Model yang dihasilkan untuk permasalahan yang memiliki proyek partikular tertentu berdasarkan budget yang sifatnya tetap yang dimiliki oleh perusahaan, dan beberapa kriteria bergantung waktu seperti pemasukan, apresiasi, dan kriteria lainnya yang membutuhkan waktu semimum mungkin untuk melakukan proyek tertentu.

Kemudian, di era informasi ini, nilai dari suatu perusahaan bergantung salah satunya dari perencanaan anggaran dana dan pemasukan di masa depannya. Perhitungan tersebut meliputi perhitungan terhadap aset yang sekarang dimiliki dan kesempatan untuk mendapatkan asset di masa mendatang. Tugas dari seorang manager keuangan adalah memberikan keputusan terhadap aset yang memiliki jangka waktu hidup yang panjang yang kemudian biasa kita kenal dengan nama penganggaran modal. Keputusan tersebut membutuhkan tiga buah analisis yaitu, prediksi aliran dana, tingkat ketidakpastian terkait aliran dana, dan nilai dari aliran dana setelah memperhitungkan ketidakpastiannya [4].

Konsep di balik faktor ketidakpastian yakni semakin tidak meyakinkan suatu prediksi aliran dana, semakin berkurang kebergunaannya di masa sekarang. Tingkat ketidakpastian tersebut dapat diukur melalui biaya eksplisit seperti hutang, bunga atau biaya implisit seperti apresiasi harga. Di lingkungan ekonomi yang penuh akan pengambilan keputusan yang tidak pasti, pengetahuan ahli ekonomi mengenai aliran dana terdiri dari berbagai ketidakpastian dan prediksi. Metode penganggaran modal berfaktor ketidakpastian dapat membantu mengatasi kesulitan dari proses estimasi berbagai parameter [5]. Metode ini diaplikasikan untuk situasi di mana investasi memiliki berbagai macam kemungkinan nilai dan kecepatan untuk mengembalikan investasinya bergantung terhadap kuantitas investasi. Sehingga, metode ini sangat

cocok untuk membantu mengatasi permasalahan pada penganggaran modal yang biasa dilakukan oleh perusahaan-perusahaan.

## II. DASAR TEORI

### A. Program Dinamis

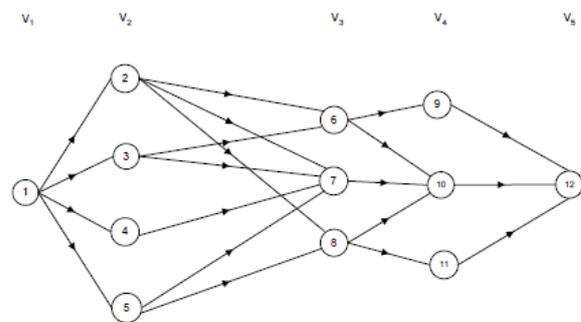
Program dinamis adalah sebuah desain algoritma yang pertama kali ditemukan pada tahun 1950 oleh seorang matematikawan ternama di Amerika Serikat, yaitu Richard Bellman [1]. Pada awalnya, kata pemrograman yang dipilih merujuk kepada kata perencanaan dan belum memiliki keterkaitan dengan pemrograman di computer. Pemrograman dinamis mulai dipertimbangkan sebagai teknik desain yang penting di lingkup teknik computer yang tidak terbatas pada beberapa persoalan optimasi setelah menunjukkan eksistensinya sebagai salah satu *tool* di matematika terapan.

Program dinamis adalah sebuah teknik untuk menyelesaikan masalah yang didalamnya terkandung sub-masalah berlapis. Biasanya, penyelesaian terhadap masalah ini dilakukan melalui pendekatan penyelesaian sub-masalah yang lebih tidak kompleks namun saling berkaitan [2]. Di dalam pemrograman dinamis, masalah dapat diselesaikan dengan cara memecahkan masalah yang lebih mudah terlebih dahulu baru kemudian menyocokkan nilai dengan solusi yang sesuai berdasarkan hasil dari proses perumusan masalah yang lebih mudah tersebut.

Dalam menyelesaikan masalah menggunakan program dinamis, terdapat beberapa hal yang harus ada yaitu terdapat sejumlah pilihan berhingga yang mungkin, solusi pada setiap tahap dibangun dari hasil solusi tahap sebelumnya, serta optimasi dan kendala untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap yang disebut sebagai prinsip optimalitas.

Prinsip optimalitas memastikan bahwa jika solusi total optimal, maka bagian solusi sampai ke tahap  $k$  juga optimal. Dengan kata lain, tidak harus kembali ke tahap awal untuk dapat mencapai hasil optimal di tahap  $k$ . Selain itu, prinsip optimalitas juga menjamin bahwa pengambilan keputusan pada suatu tahap merupakan keputusan yang valid untuk tahap berikutnya dengan ongkos pada tahap  $k + 1$  dirumuskan dengan penjumlahan dari tahap  $k$  dengan ongkos dari tahap  $k$  ke  $k + 1$ . Yang dibuktikan melalui prinsip optimalitas Bellman [7].

Pada umumnya, persoalan yang hendak diselesaikan dengan program dinamis memiliki delapan karakteristik [2]. Pertama, persoalan terbagi menjadi beberapa tahapan dengan sebuah keputusan untuk setiap tahapnya. Kedua, terdapat status yang merupakan masukan yang memungkinkan untuk dimiliki di setiap tahap. Ketiga, status akan berubah seiring dengan berubahnya tahapan dan bersangkutan dari status sebelumnya.



**Gambar 1.** Graf multistage dengan simpul sebagai status dan  $V_i$  sebagai tahap

Karakteristik keempat dari program dinamis adalah ongkos setiap tahapan tidak mungkin berkurang seiring dengan bertambahnya tahapan. Kelima, ongkos di suatu tahapan bergantung terhadap ongkos-ongkos sebelumnya dan ongkos untuk mencapai tahap tersebut dari tahapan sebelumnya. Keenam, keputusan terbaik pada suatu tahap bersifat independen terhadap keputusan-keputusan yang telah diambil di tahap sebelumnya. Ketujuh, adanya identifikasi bahwa status pada tahap  $k$  memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap  $k + 1$  melalui hubungan rekursif. Kedelapan, adanya prinsip optimalitas yang berlaku untuk solusi atas permasalahan yang hendak diselesaikan.

Terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan untuk program dinamis, yaitu maju dan mundur [2]. Program dinamis maju bergerak dari tahap satu dilanjutkan ke tahap dua, tiga, selanjutnya hingga tahap ke- $n$ . Program dinamis mundur bergerak sebaliknya, mulai dari tahap  $n$  mundur ke tahap  $n - 1$ ,  $n - 2$ , hingga tahap pertama. Program dinamis maju digunakan ketika komputasi untuk elemen pada tahapan selanjutnya tidak dibutuhkan, sedangkan apabila dibutuhkan fungsi memori untuk menghindari adanya penyelesaian terhadap sub-masalah yang sesungguhnya tidak diperlukan maka digunakanlah program dinamis mundur.

Contoh penggunaan pemrograman dinamis di kehidupan kita adalah pada pencarian solusi bilangan Fibonacci. Bilangan Fibonacci terdiri dari angka sebagai berikut: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ..., yang dapat didefinisikan melalui rumus  $F(n) = F(n - 1) + F(n - 2)$  untuk  $n > 1$ ,  $F(0) = 0$ ,  $F(1) = 1$ . Baik melalui program dinamis maju maupun mundur, proses krusial yang dilalui untuk menyelesaikan masalah ini tetap sama yaitu mendesain algoritma yang dapat menurunkan solusi rekursif yang merupakan solusi dari sub-masalah kepada solusi sebenarnya.

### B. Penganggaran Modal

Berikut adalah enam teknik yang biasanya digunakan oleh perusahaan perintis untuk mengevaluasi investasi

asset jangka panjangnya [4]:

1. Periode *payback*

Periode *payback* untuk sebuah proyek adalah jangka waktu terhitung sejak pertama kali uang dikeluarkan untuk proyek tersebut hingga waktu di mana pemasukan nilainya lebih dari pengeluaran. Dengan kata lain periode ini mempertanyakan seberapa lamakah waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan uang yang telah diinvestasikan kembali. Periode *payback* ini hanya menghitung titik *break-even*, sehingga sangat memungkinkan untuk terjadi kasus di mana perusahaan berusaha mengembalikan uang secepat-cepatnya tanpa memerdulikan bagaimana tren pemasukan ke depannya. Padahal, apabila durasi *post-payback* sama dengan nol, maka investasi menjadi tidak berarti apa-apa walaupun periode *payback*-nya sangat singkat. Hal tersebut dikarenakan jumlah dari pemasukan di masa depan tidak akan lebih besar dari investasi awal dan durasi *zero post-payback* membuat pemasukan selanjutnya kurang dari investasi awal. Teknik ini sebaiknya tidak digunakan sebagai alat pengecekan utama untuk asset berumur panjang, tetapi lebih kepada pengetesan *risk* dari sebuah investasi di mana investasi dengan periode *payback* yang lebih singkat memiliki nilai tambah tersendiri.

2. Periode *payback* dengan potongan

Periode ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk membayarkan kembali investasi awal dengan adanya potongan terhadap aliran dana di masa depan. Teknik ini juga mempertimbangkan adanya ketidakpastian pada aliran dana di masa depan dan nilai ketidakpastian tersebut berbanding lurus terhadap ongkos dari modal sebuah proyek. Dengan kata lain, semakin tinggi nilai ketidakpastiannya maka semakin berkurang investasi terhadap proyek tersebut yang mengakibatkan tingginya potongan yang harus diberikan di masa kini untuk mengantisipasi nilai di masa depan. Teknik ini sama seperti teknik sebelumnya di mana hanya dapat melakukan kalkulasi terhadap titik *break-even*, namun nilainya menjadi lebih akurat di kehidupan nyatanya karena mempertimbangkan adanya faktor ketidakpastian.

3. Nilai *net present* (NPV)

Teknik ini menghitung seluruh aliran dana yang diestimasi baik yang positif maupun negatif. Nilai positif mengindikasikan pemasukan sedangkan negatif berarti pengeluaran. Semakin positif nilai

net pada suatu periode maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan *return of investment*. Net bernilai nol mengindikasikan perusahaan sedang berada tepat di titik *break-even* dan di bawah nol berarti perusahaan tersebut menghasilkan pemasukan yang kurang dari ongkos dari investasi.

4. Indeks profit

Teknik ini melakukan kalkulasi yang sama seperti pada nilai *net present* hanya saja data yang didapatkan ditransformasikan ke dalam tiga kategori dan memanfaatkan sebuah variabel PI. Apabila PI bernilai lebih dari 1.0 maka investasi diestimasi akan meningkat, sebaliknya untuk PI bernilai kurang dari 1.0 dan terjadi stagnansi pada perkembangan investasi apabila bernilai tepat 1.0.

5. *Rate of return* internal (IRR)

Teknik ini melakukan kalkulasi terhadap apa yang didapatkan secara rata-rata setiap tahunnya. Apabila terdapat dua buah investasi X dan Y seperti pada tabel di bawah ini:

Investasi	IRR	Biaya
X	10.172%	10%
Y	11.388%	10%

**Tabel 1.** Pemilihan investasi berdasarkan IRR

Dengan IRR lebih dari 10%, baik investasi X maupun Y pada dasarnya menarik. Tetapi apabila hanya dapat memilih di antara X atau Y tidak dapat dipilih secara langsung investasi dengan IRR tertinggi, karena IRR tidak berbanding lurus dengan NPV. Bahkan terdapat faktor eksternal lainnya yang dapat memberikan faktor ketidakpastian contohnya investasi mana yang datang terlebih dahulu. Dengan kata lain, banyak faktor yang perlu untuk dipertimbangkan selain IRR dan biaya masing-masing investasi.

6. *Rate of return* internal termodifikasi (MIRR)

MIRR melibatkan adanya *reinvestment* dengan memanfaatkan rumus berikut:

$$MIRR = \sqrt[N]{\frac{\sum_{t=1}^N CIF_t(1+i)^{N-t}}{\sum_{t=1}^N \frac{COF_t}{(1+i)^t}}$$

**Gambar 2.** Rumus kalkulasi MIRR

Apabila hasil MIRR lebih besar dari modal maka proyek tersebut sebaiknya diambil, sebaliknya ketika MIRR bernilai lebih kecil daripada modal dan tidak memberikan pengaruh apapun baik mengambil atau tidak ketika MIRR bernilai sama dengan nol.

Melalui keenam teknik tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa proses penganggaran modal di masa kini tidak lagi berpatokan terhadap penghitungan ongkos dan profitnya saja, tetapi terdapat faktor lain yang dapat memengaruhi penarikan keputusan tersebut seperti kalkulasi IRR, NPV, dan MIRR demi meningkatkan kebenaran pada estimasi yang kita kehendaki.

### C. Program Dinamis untuk Sistem Berfaktor Ketidakpastian pada Penganggaran Modal

Pemecahan permasalahan pada penganggaran modal secara struktural mirip dengan permasalahan *knapsack* hanya saja fungsi objektif yang digunakan nonlinear [7]. Tidak hanya di bidang investasi, permasalahan dengan faktor ketidakpastian juga dapat ditemui di bidang kesehatan, transportasi, dan lain-lain [5]. Terdapat dua isu yang hendak dibahas dengan pendekatan ini. Pertama, perlu dilakukan pengembangan terhadap metodologi terhadap evaluasi dan optimisasi pada sistem dengan objektif ganda. Kedua, mendesain algoritma optimisasi dinamis dengan menghubungkan evaluasi metode yang digunakan pada sistem berfaktor ketidakpastian dengan teknik program dinamis.

Solusi dari program dinamis untuk investasi multilevel terdiri dari tiga langkah sebagai berikut:

1. Tuliskan semua kemungkinan investasi dari rencana X dan rencana Y dengan sebuah *budget* \$M untuk membatasi jumlah investasi. Pilih sebuah Q di mana Q merupakan jumlah modal yang hendak dialokasikan total dari rencana X dan Y dan bervariasi mulai dari \$N hingga \$kN dengan k = 1, 2, 3, ...;
2. Identifikasi kombinasi yang paling memungkinkan untuk rencana X dan Y untuk setiap Q yang mungkin;
3. Tuliskan semua kemungkinan investasi dari rencana X, Y, dan Z kemudian pilih yang paling menguntungkan.

Dengan memerhatikan dari sisi penganggaran modal, dibutuhkan sebuah variabel untuk mengkategorikan setiap rencana berdasarkan kemenarikannya (*ranking ratio*). *Ranking ratio* berbanding lurus dengan tingkat kemenarikan suatu proyek dapat berupa IRR atau elemen lainnya (*present worth* disingkat PW) dan berbanding terbalik dengan biayanya. Semakin besar rasio yang dihasilkan maka semakin baik suatu proyek dan semakin besar peluangnya untuk dipilih. Berikut rumus untuk mengkalkulasikan *ranking ratio*:

$$Ranking\ ratio = PW(MARR) / biaya$$

**Tabel 2.** Rumus perhitungan *ranking ratio*

Setelah adanya *ranking ratio*, asumsikan terdapat sejumlah proyek yang independen yang telah melalui pengecekan dengan MARR dengan r% dan terdapat \$L modal yang dapat digunakan. Maka solusi didapatkan dari langkah-langkah berikut ini:

1. Tuliskan semua kemungkinan investasi dari proyek X dan Y dengan suatu nilai maksimal \$L tertentu sebagai modal investasi;
2. Identifikasi kombinasi yang paling menguntungkan pada proyek X dan Y dengan memanfaatkan *ranking ratio*;
3. Identifikasi semua kemungkinan investasi untuk proyek X, Y, dan Z dan ulangi tahap kedua;
4. Terus ulangi langkah 1, 2, dan 3 hingga semua proyek telah masuk ke dalam tabel.

Berikut adalah contoh tabel untuk mengkomputasi solusi:

Proyek	Investasi	I	II	III	...	U
X	\$N	CF1,11	CF1,12	CF1,13	...	CF1,1u
	\$2N	CF2,11	CF2,12	CF2,13	...	CF2,1u
	\$3N	CF3,11	CF3,12	CF3,13	...	CF3,1u
	...	...	...	...	...	...
	\$kX	CFk,11	CFk,12	CFk,13	...	CFk,1u
Y	\$N	CF1,21	CF1,22	CF1,23	...	CF1,2u
	\$2N	CF2,21	CF2,22	CF2,23	...	CF2,2u
	\$3N	CF3,21	CF3,22	CF3,23	...	CF3,2u
	...	...	...	...	...	...
	\$kX	CFk,21	CFk,22	CFk,23	...	CFk,2u
Z	\$N	CF1,31	CF1,32	CF1,33	...	CF1,3u
	\$2N	CF2,31	CF2,32	CF2,33	...	CF2,3u
	\$3N	CF3,31	CF3,32	CF3,33	...	CF3,3u
	...	...	...	...	...	...
	\$kX	CFk,31	CFk,32	CFk,33	...	CFk,3u
...	...	...	...	...	...	
I	\$N	CF1,11	CF1,12	CF1,13	...	CF1,1u
	\$2N	CF2,11	CF2,12	CF2,13	...	CF2,1u
	\$3N	CF3,11	CF3,12	CF3,13	...	CF3,1u
	...	...	...	...	...	...
	\$kX	CFk,11	CFk,12	CFk,13	...	CFk,1u

**Tabel 3.** Komputasi solusi penganggaran modal pada sejumlah proyek

CFk,It mengindikasikan penganggaran modal pada proyek l di periode t pada level ke-k dari investasi dengan l dimulai dari dua proyek pertama dilanjutkan hingga selesai, k dimulai dari 1 sampai selesai, dan t dimulai dari I hingga U.

### III. PEMBAHASAN

#### A. Kebutuhan Data sebagai Masukan

Berikut adalah beberapa parameter yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan masalah penganggaran modal:

1. Jangka waktu periodik atau kuantitas untuk menyatakan banyaknya variabel U yang hendak dianggarkan
2. Pabrik/proposal atau penyedia variabel yang akan dianggarkan dana
3. Jumlah modal atau investasi untuk setiap pabrik/proposal
4. Nilai MARR perusahaan
5. Nilai variabel  $\omega$
6. Nilai aliran dana dalam jangka waktu periodik atau kuantitas variabel U
7. Nilai variabel k

Berikut contoh data untuk permasalahan penganggaran dana pada empat buah pabrik untuk suatu proyek X dengan nilai variabel  $k = 1, 2, 3$  dan  $\omega = 0.5$  dan MARR (5%, 6%, 7%, 8%) per proyek.

Pabrik	Investasi	Proyek X
1	\$(3, 2, 4)	(3, 4, 5)
	\$(6,4,8)	(5, 6, 7)
	\$(9,6,12)	(8, 9, 10)
2	\$(3, 2, 4)	(3, 4, 6)
	\$(6,4,8)	(4, 6, 7)
	\$(9,6,12)	(5, 9, 10)
3	\$(3, 2, 4)	(3, 3, 5)
	\$(6,4,8)	(5, 7, 7)
	\$(9,6,12)	(8, 9, 12)
4	\$(3, 2, 4)	(3, 3, 5)
	\$(6,4,8)	(5, 7, 7)
	\$(9,6,12)	(8, 9, 12)

Tabel 5. Contoh data masukan

#### B. Proses Komputasi Solusi

Untuk mendapatkan *ranking ratio*, pertama-tama yang dibutuhkan adalah angka net PW. Angka net PW didapatkan melalui kalkulasi yang secara teknis tidak dijelaskan di pemrograman namun lebih lengkapnya dijelaskan di bidang ekonomi. Angka tersebut didapatkan dari hasil pengurangan antara *crisp rate* dengan total investasi. Sedangkan, untuk mendapatkan *crisp rate* tersebut tidak terdapat fungsi umum, tetapi harus melihat konteks permasalahan dan terdiri dari variabel-variabel sebagai berikut:  $f_1, f_2, \gamma,$  dan  $k$ . *Ranking ratio* dihitung untuk masing-masing proyek

Fungsi  $f_1$  dan  $f_2$  kemudian digunakan kembali untuk melakukan kalkulasi terhadap setiap kemungkinan mulai dari  $f(1, 1)$  hingga  $f(1, U)$  dan  $f(L, U)$ . Kemudian, jika sudah didapatkan semua *ranking ratio* yang dibutuhkan, digunakan sebuah variabel  $\omega$  yang biasanya bernilai 0.5 [10]. Untuk setiap *ranking ratio* yang telah didapatkan, digunakan  $\omega$  untuk menentukan kombinasi mana yang paling menguntungkan. Apabila hasil dari kalkulasi mendapatkan nilai tertinggi, maka kombinasi tersebut akan diambil untuk kemudian dikomputasikan pada level berikutnya.

$$E_{\omega}(A) = 1/2 [ \omega (a + b) + (1 - \omega) (b + c) ]$$

Tabel 5. Rumus untuk menentukan kombinasi terbaik

Lakukan hal yang sama untuk kombinasi investasi yang berbeda hingga tidak terdapat lagi kombinasi investasi yang belum dikomputasi. Untuk setiap level, identifikasi kombinasi dengan nilai  $E_{\omega}$  tertinggi. Proses dilanjutkan hingga level terakhir telah dicapai.

#### C. Bentuk Keluaran

Berikut adalah contoh proses kalkulasi untuk menentukan kombinasi terbaik di tahap pertama:

<i>Ranking ratio, A</i>	$E_{\omega}(A) = 1/2 [ \omega (a + b) + (1 - \omega) (b + c) ]$
(-0.114; +0.307; +1.073)	0.393
(-0.136; +0.402; +1.624)	0.573
(-0.025; +0.415; +1.423)	0.557
(-0.446; +0.307; +1.073)	0.310

Tabel 5. Hasil kalkulasi  $E_{\omega}$

Berikut adalah contoh keluaran berupa solusi dari permasalahan penganggaran modal:

Pabrik/Vendor/Proposal	Investasi/Modal ( \$ )
X	5000, 7000, 9000
Y	1000, 2000, 9000
Z	5000, 6000, 7000

Tabel 6. Solusi

#### IV. HASIL PENGAMATAN

##### A. Studi Kasus

Sebuah perusahaan memiliki modal \$15000, \$21000, dan \$27000 berturut-turut untuk urutan periode pengambilan proyeknya. X bernilai \$5000, \$7000, dan \$9000 dengan k dimulai dari satu. Setiap proyek berlaku selama tiga tahun. Nilai MARR-nya adalah 5%, 6%, dan 7% dengan data lengkap sebagai berikut:

Proyek	Investasi	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3
1	\$(5, 7, 9)	(3, 4, 5)	(3.3, 4.4, 5.5)	(3.63, 4.84, 6.05)
	\$(10,14,18)	(5, 6, 7)	(5.6, 6.72, 7.84)	(6.272, 7.526, 8.78)
	\$(15,21,27)	(8, 9, 10)	(9.12, 10.26, 11.4)	(10.396, 11.696, 12.996)
2	\$(5, 7, 9)	(3, 4, 6)	(3.3, 4.4, 6.6)	(3.63, 4.84, 7.392)
	\$(10,14,18)	(4, 6, 7)	(4.48, 6.72, 7.84)	(5.017, 7.526, 8.78)
	\$(15,21,27)	(5, 9, 10)	(5.7, 10.26, 11.4)	(6.498, 11.696, 12.996)
3	\$(5, 7, 9)	(3, 3, 5)	(3.3, 3.3, 4.4)	(3.63, 3.63, 4.48)
	\$(10,14,18)	(5, 7, 7)	(5.6, 7.84, 7.84)	(6.272, 7.526, 8.78)
	\$(15,21,27)	(8, 9, 12)	(9.12, 10.26, 13.68)	(10.396, 11.696, 15.595)

Tabel 7. Studi kasus dengan tiga proyek independen

Berikut ini adalah bagaimana sebuah program meminta masukan pengguna sebagai data untuk masalah penganggaran modal berdasarkan tujuh variabel yang dibutuhkan dan telah dijelaskan di bagian sebelumnya.

```

C:\Users\asus\Documents\Dev-C++\Exception\tes.exe
Masukkan banyaknya pabrik/proposal: 3
Masukkan banyaknya proyek/lamanya jangka waktu proposa: 3
Masukkan nilai k ke-1: 1
Masukkan nilai k ke-2: 2
Masukkan nilai k ke-3: 3
Masukkan nilai w (omega): 0.5
Masukkan nilai MARR ke-1 (%): 5
Masukkan nilai MARR ke-2 (%): 6
Masukkan nilai MARR ke-3 (%): 7
Masukkan nilai modal ke-1 yang bisa dilipatkan ($): 5000
Masukkan nilai modal ke-2 yang bisa dilipatkan ($): 7000
Masukkan nilai modal ke-3 yang bisa dilipatkan ($): 9000
Masukkan nilai modal ke-1 maksimal ($): 15000
Masukkan nilai modal ke-2 maksimal ($): 21000
Masukkan nilai modal ke-3 maksimal ($): 27000
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu pertama k = 1 ($1,000): 3 4 5
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu pertama k = 2 ($1,000): 5 6 7
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu pertama k = 3 ($1,000): 8 9 10
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu kedua k = 1 ($1,000): 3.3 4.4 5.5
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu kedua k = 2 ($1,000): 5.6 6.72 7.84
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu kedua k = 3 ($1,000): 9.12 10.26 11.4
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu ketiga k = 1 ($1,000): 3.33 4.84 6.05
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu ketiga k = 2 ($1,000): 6.272 7.526 8.78
Masukkan nilai pabrik/proposal pada jangka waktu ketiga k = 3 ($1,000): 10.396 11.696 12.996

```

Gambar 3. Mendapatkan masukan untuk program

Masukan yang ditampilkan hanya sampai proposal pertama karena keterbatasan maksimal besarnya gambar yang patut untuk dimasukkan ke dalam makalah.

##### B. Solusi Studi Kasus

```

Nilai Ew1 tahap ke-1
Nilai Ew1 tahap ke-1 adalah 0.393
Nilai Ew2 tahap ke-1 adalah 0.573
Nilai Ew3 tahap ke-1 adalah 0.557
Nilai Ew4 tahap ke-1 adalah 0.310

```

Gambar 4. Menentukan kombinasi terbaik pada level pertama

```

Nilai Ew tahap ke-2
Nilai Ew1 tahap ke-2 adalah 0.379
Nilai Ew2 tahap ke-2 adalah 0.904
Nilai Ew3 tahap ke-2 adalah 0.339

```

Gambar 5. Menentukan kombinasi terbaik pada level kedua

```
Nilai Ew tahap ke-3
```

```
Nilai Ew1 tahap ke-3 adalah 0.573  
Nilai Ew2 tahap ke-3 adalah 0.759  
Nilai Ew3 tahap ke-3 adalah 0.650  
Nilai Ew4 tahap ke-3 adalah 0.328
```

**Gambar 6.** Menentukan kombinasi terbaik pada level ketiga

```
SOLUSI AKHIR
```

```
Investasi/modal untuk pabrik/proposal 1 adalah 5000, 7000, 9000  
Investasi/modal untuk pabrik/proposal 2 adalah 5000, 7000, 9000  
Investasi/modal untuk pabrik/proposal 3 adalah 5000, 7000, 9000
```

**Gambar 7.** Solusi akhir

## V. KESIMPULAN

Untuk dapat menilai berbagai proyek pada permasalahan penganggaran modal, merupakan suatu hal yang penting untuk dapat memahami respon dinamis dari individu atau perusahaan [9]. Respon tersebut membantu dalam hal pemodelan program dinamis seperti apa yang hendak dipilih untuk menangani kasus tersebut bersamaan dengan bagaimana ekonomi berkembang pada masanya. Dengan hadirnya faktor-faktor lain yang dalam hal ini disebut sebagai faktor ketidakpastian, maka diperlukan sebuah variabel yang dapat memprediksi prospek sebuah proyek di masa depan dan mentransformasikannya ke dalam sebuah angka dan disebut sebagai *ranking ratio*.

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Dr. Masayu Leylia Khodra ST., MT, yang telah memberikan pengajaran serta bimbingan untuk mata kuliah IF22211 Strategi Algoritma di semester empat tahun ajaran 2016/2017 ini. Ucapan terima kasih juga penulis berikan kepada Bapak Ir. Rinaldi Munir karena telah menyediakan informasi yang sangat relevan terhadap keberjalan kuliah selama satu semester ini. Penulis mengucapkan terima kasih pula kepada rekan-rekan mahasiswa informatika angkatan 2015 dan terdahulu yang telah memberikan inspirasi terhadap proses pembuatan makalah ini. Besar harapan penulis, materi yang disampaikan di kelas bukan hanya sekedar menjadi pelajaran tetapi juga pengajaran agar dapat diimplementasikan di kehidupan sehari-hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Levitin, Anany, *Introduction to The Design and Analysis of Algorithms*. 3<sup>rd</sup> ed. New Jersey, Amerika Serikat: Pearson Education, Inc. as Addison-Wesley, 2012.

- [2] Munir, Rinaldi, *Bahan Kuliah IF2211 Strategi Algoritma*. Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2004.
- [3] Klamroth, Kathrin and Wiecek, Margaret M., *Time-Dependent Capital Budgeting with Multiple Criteria*. Clemson, Amerika Serikat: Department of Mathematical Sciences Clemson University, 2012.
- [4] Drake, Pamela Peterson, *Capital Budgeting Technique*.
- [5] Kahraman, Cengiz and Bozdog, Cafer Erhan, *Fuzzy Investment Analysis Using Capital Budgeting and Dynamic Programming Technique*. Istanbul, Turkey: Istanbul Technical University, Industrial Engineering Department.
- [6] Chen, Shu-Heng and Wang, P. P., *Computational Intelligence in Economics and Finance*. Amerika Serikat: Springer, 2004.
- [7] Hoppe, Ronald H. W., *Optimization Theory II Spring 2007 Chapter 2*.
- [8] Smith, David K., *Dynamic Programming Models, Investment Example*. New Jersey, Amerika Serikat: John Wiley & Sons, Inc, 2011.
- [9] Shimotsu, Katsumi and Yamada, Ken. *Estimating Dynamic Programming Models*. Japan: Department of Economics Hiltotsubashi University.
- [10] Kuchta, D., *Fuzzy Capital Budgeting, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 111*.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Mei 2017



Rizky Faramita  
13515055