

# **SIMULASI MONTE CARLO DENGAN CRYSTAL BALL DALAM ESTIMASI BIAYA PROYEK (Studi Kasus Proyek Konstruksi Bangunan di Tuban Bali)**

Rafama Dewi  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II Bhumi Srengseng Indah  
Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640  
Telp/Fax : 021- 78880275  
e-mail : saya.rafama@gmail.com

## **Abstrak**

Simulasi Monte Carlo dalam penelitian ini diterapkan untuk mengukur perubahan biaya total dengan sistim angka acak melalui 672 iterasi yang selanjutnya akan dilakukan analisa dengan memanfaatkan aplikasi Crystal Ball yang terdapat dalam menu program Microsoft Excel. Crystal Ball merupakan perangkat lunak yang membantu menganalisis risiko dan ketidakpastian dengan model spreadsheet. Dari hasil analisis dengan Crystal Ball inilah yang akan didapat nilai total biaya yang dapat digunakan sebagai nilai total rencana maksimum, yaitu Rp, 39,712,169,458,- dengan prosentase kepastian 95%., dan prosentase sensitivity tertinggi 5,0% dari simulasi ke-4 dari 4 (empat) kali simulasi yang dilakukan. Pada akhirnya nilai total biaya yang dapat efektif disiapkan sebagai nilai total adalah Rp. 41,598,266,663,- yang merupakan nilai maksimum yang digunakan dalam simulasi ke-4.

Kata kunci: Manajemen Proyek, Manajemen Biaya, Simulasi Monte Carlo, dan Aplikasi Crystal Ball, dan Analisis Sensitivity.

## *Abstract*

*Monte Carlo simulation in this study is applied to measure changes in total costs with a random number system through 672 iterations which will then be analyzed using the Crystal Ball application which is available in the Microsoft Excel program menu. Crystal Ball is a software that helps analyze risk and uncertainty with a spreadsheet model. From the analysis with Crystal Ball, the total cost value that can be used as the maximum total plan value is Rp. 39,712,169,458 with a certainty percentage of 95%, and the highest sensitivity percentage of 5.0% from the 4th of 4 simulation. (four) simulations performed. In the end the total cost value which could be effectively prepared as a total value was Rp. 41,598,266,663, - which is the maximum value used in the 4th simulation.*

*Keywords: Project Management, Cost Management, Monte Carlo Simulation, and Crystal Ball Applications, and Sensitivity Analysis.*

## **PENDAHULUAN**

Pada beberapa proyek konstruksi bangunan, masih banyak yang mengalami kendala pelaksanaan dengan adanya perubahan biaya yang cenderung menjadi unsur penambahan biaya dari yang telah direncanakan. Perubahan biaya dapat pula disebabkan oleh adanya penambahan ruang lingkup yang dianggap penting untuk dilakukan, terkait kebutuhan operasional dan sistim bangunannya. Dari beberapa penyebab tersebut, kesemuanya memiliki unsur biaya yang tidak tercapai dan cenderung bertambah, yang berasal dari unsur ketidakpastian perencanaan gambar desain, pemilihan material, koordinasi persetujuan desain dan kebutuhan operator gedung, serta unsur waktu dimulainya pelaksanaan konstruksi yang mungkin saja harus segera dimulai sehingga tahap tender dilakukan dengan kualitas gambar tender yang belum sepenuhnya lengkap dan layak digunakan sebagai gambar kontrak nantinya.

Dari penjelasan pada paragraf diatas itulah yang dialami pada proyek konstruksi bangunan gedung hotel 4 (empat) lantai yang berlokasi di kota Tuban, Bali. Rencana biaya yang dimiliki oleh pemilik proyek dengan realisasinya tidak sama sehingga proyek mengalami kekurangan biaya yang harus dikeluarkan sebagai kerja tambah atau biasa disebut dengan 'over budget'. Dari beberapa kerja tambah yang terjadi, dan yang paling signifikan adalah adanya ruang lingkup kerja yang belum termasuk didalam dokumen kontrak.

Dari kasus proyek yang diteliti tersebut, dapat terlihat bahwa pengaruh terhadap tercapainya rencana biaya pelaksanaan proyek yang mengakibatkan penambahan biaya proyek yang cukup signifikan terutama pada bagian biaya konstruksi (*hardcost*) mencapai 7% dari biaya rencana. Hal penambahan biaya ini yang membuat peneliti ingin mengangkatnya menjadi sebuah kasus penelitian estimasi biaya yang seharusnya dapat dipersiapkan secara pasti dengan telah mempertimbangkan kemungkinan-kemungkinan adanya pekerjaan tambah tersebut.

## METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan pendekatan analisis kuantitatif. Menurut Budi Laksito, Media Teknik Sipil, Januari 2006, Analisis kuantitatif adalah pendekatan secara ilmiah untuk pengambilan keputusan manajerial. Pendekatan ini bermula dari data-data, kemudian diproses menjadi informasi yang berguna untuk pengambilan keputusan. Proses pengolahan dari data awal menjadi informasi yang mendetail inilah inti dari analisis kuantitatif. Adapun jenis dan sumber data yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

### A. Data Primer

Yaitu data-data yang berupa sejumlah keterangan atau fakta yang penulis peroleh langsung dari tempat penelitian, dalam hal ini data didapat dari kantor pusat "PT X", Tebet Timur, Jakarta. Data yang didapat berupa data estimasi biaya proyek yang meliputi biaya konstruksi (*Hardcost*) maupun biaya non konstruksi (*softcost*). Dan data tersebut terdapat 2 nilai yang masing-masing merupakan nilai rencana (budget) dan nilai actual (Kontrak/SPK).

### B. Data Sekunder

Yaitu data-data yang diperoleh secara tidak langsung, antara lain berupa bahan-bahan kuliah, buku maupun artikel mengenai manajemen proyek dan konstruksi, manajemen biaya, simulasi *Monte Carlo* dengan aplikasi *Crytal Ball*, dan sumber lain yang relevan dengan materi tulisan sehingga penulis akan mendapatkan tambahan referensi yang lengkap.

Penulis akan menganalisis resiko dalam estimasi biaya proyek ini yang menggunakan simulasi *Monte Carlo* dan diterapkan dalam aplikasi *Crystal Ball* untuk mendapatkan hasil dalam bentuk grafik distribusi. Tahap-tahap dalam simulasi adalah sebagai berikut:

#### 1. Disain simulasi:

Yang akan disimulasikan adalah sebuah proyek yang terdiri dari 18 (delapan belas) aktifitas. Setiap aktifitas memiliki total biaya dalam batasan yang telah ditentukan. Setiap variabel tersebut dapat saja mempunyai distribusi tertentu yang unik, tetapi untuk proyek ini dapat diasumsikan bahwa setiap variabel memiliki distribusi seragam (*uniform distribution*) tanpa mengurangi validitas hasil simulasi.

Tabel 1. Aktifitas dan Estimasi Biaya

RUANG LINGKUP BIAYA	NO.	RINCIAN RUANG LINGKUP	BIAYA MIN.	BIAYA MAKS.
CONSTRUCTION COST	1	Structure Works	7,492,755,665	9,978,845,415
	2	Architecture Works	9,042,597,213	12,042,923,028
	3	Contingencies Str. & Arch. Works	1,595,392,644	2,124,742,522
	4	Genset Works	878,006,250	1,490,844,772
	5	Elevator Works	325,187,500	552,164,730
	6	M/E Works	6,116,300,556	10,385,409,794
	7	Interior Bedroom	2,853,688,819	5,609,234,826
	8	Interior Public Area	620,812,500	1,220,274,289
	9	Kitchen Equipment	372,487,500	732,164,574
SOFT COST	10	Konsultan Arsitektur/Interior/Landscape	385,000,000	390,953,713
	11	Konsultan M/E	62,700,000	63,669,605
	12	Konsultan Struktur	65,846,000	66,864,255
	13	Konsultan QS	215,000,000	218,324,801
	14	Konsultan MK	516,000,000	523,979,521
	15	Contigecies Fee Consultant	540,397,300	548,754,106
	16	Perijinan	889,892,850	935,390,919
	17	Service & Koneksi (PLN, PDAM, TELKOM)	420,000,000	441,473,584
18	Pre-opening (HOE Expenses)	3,798,333,334	3,992,532,932	
<b>TOTAL BIAYA PROYEK</b>			<b>36,190,398,130</b>	<b>51,318,547,387</b>

Estimasi terhadap total biaya proyek tersebut adalah sebuah variabel random dengan nilai yang terletak antara nilai total biaya minimum dan maksimum. Karena nilai variabel ini adalah jumlah dari beberapa

variabel random lainnya yaitu biaya dari setiap aktifitas, variabel ini akan memiliki distribusi normal. Ini menjelaskan mengapa penggunaan distribusi tertentu yang unik untuk setiap variabel dapat diabaikan.

2. Angka random:

Karena alasan praktis, metode yang sering digunakan untuk menghasilkan angka random antara 0 dan 1 dalam simulasi adalah *multiplicative congruent method* (Taha, 1997). Angka yang dihasilkan oleh metode tersebut sebenarnya tidak dapat dikatakan sebagai angka random yang sebenarnya karena menggunakan operasi aritmatika yang hasilnya dapat diketahui sehingga lebih tepat jika dikatakan sebagai angka random semu (*pseudorandom numbers*). Jika parameter  $u_0$ ,  $b$ ,  $c$  dan  $m$  diberikan maka sebuah angka random semu  $R_n$  dapat dihasilkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$U_n = (bu_{n-1} + c) \bmod(m), n = 1, 2, \dots \dots \dots (1)$$

$$R_n = \frac{U_n}{m}$$

$$m = 1, 2, \dots \dots \dots (2)$$

Nilai awal  $u_0$  biasanya disebut dengan seed. Dalam tulisan ini, angka random dihasilkan dengan menggunakan fungsi RAND yang ada pada Microsoft Excel. Penjelasan dalam Microsoft Office 2013, fungsi RAND adalah mengembalikan angka riil acak yang lebih besar dari atau sama dengan 0 dan lebih kecil dari 1 yang didistribusikan secara merata. Angka riil acak baru dikembalikan setiap kali lembar kerja dihitung. Sebagai contoh, biaya random untuk aktifitas “1” akan terlihat sebagai berikut: =RAND()\*(9,978,845,415 - 7,492,755,665)+ 7,492,755,665)....(3)

formula ini akan menghasilkan angka random yang nilainya terletak antara 7,492,755,665 dan 9,978,845,415. Jika biaya setiap aktifitas disimulasikan dengan formula tersebut, maka biaya total dari proyek adalah jumlah dari biaya semua aktifitas.

3. Penentuan nilai iterasi:

Metode Monte Carlo dapat memprediksi kesalahan (*error*) dari simulasi, yang mana proporsional terhadap jumlah iterasinya. Total error dihitung dengan formula:

$$\varepsilon = \frac{3\sigma}{\sqrt{(N)}} \dots \dots \dots (4)$$

$\sigma$  adalah deviasi standar dari variabel random dan  $N$  adalah jumlah iterasi. Deviasi standar  $\sigma$  dihitung berdasarkan seluruh populasi, yang dalam simulasi ini anggotanya hanya dua yaitu nilai minimum (36,190,398,130) dan maksimum (51,318,547,387), dengan menggunakan formula:

$$\sigma = \sqrt{\sum \left[ \frac{(x-\bar{x})^2}{N} \right]} \dots \dots \dots (5)$$

$\sigma$  = Standar deviasi,  $x$  = nilai masing-masing iterasi,  $\bar{x}$  = mean iterasi dari masing-masing aktifitas ( $\bar{x} = \frac{\sum x}{N} = 43,754,472,759$ )  $N$  = jumlah anggota (2).

Dengan misal  $N = 2$  maka,  $\sigma = 7,564,074,628$ . Jika diinginkan nilai *absolute error* yang kurang dari 2%, maka nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan formula:

$$\varepsilon = \frac{\bar{x}}{\sqrt{\left(\frac{1}{0,02}\right)}} \dots \dots \dots (6)$$

didapatkan  $\varepsilon = 875,089,455$ . Jadi jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil dengan error yang kurang dari 2% adalah

$$N = \left[ \frac{3 \times \sigma}{\varepsilon} \right]^2 = \left[ \frac{3 \times 7,564,074,628}{875,089,455} \right]^2 = 672 \text{ iterasi} \dots \dots \dots (7)$$

Setelah dilakukan iterasi sebanyak 672 kali diperoleh parameter-parameter dari hasil simulasi *Monte Carlo*. Dan setelah deviasi standar populasi dari hasil simulasi diketahui, maka *error* yang sebenarnya (*true error*) dapat dihitung. Sebagaimana metode-metode simulasi lainnya, akurasi dari hasil simulasi Monte Carlo ini sangat dipengaruhi oleh akurasi variabel-variabel inputnya yang dalam contoh kasus pada tulisan ini adalah estimasi awal dari biaya minimum dan biaya maksimum setiap aktifitas.

Catatan penting lainnya adalah simulasi *Monte Carlo* bukanlah sebuah penyedia solusi, metode ini hanya membantu kita dalam memprediksi perilaku sebuah sistem dengan memperhitungkan unsur-unsur yang mengandung resiko dan ketidak-pastian. Solusi sebenarnya tetap berada di tangan para manajer dengan mempertimbangkan berbagai aspek, termasuk aspek kualitatif yang ada dalam sebuah proyek. Simulasi *Monte Carlo* dapat menjadi alat yang handal bagi manajer proyek dalam menganalisis resiko dan ketidakpastian yang umum terjadi dalam pembiayaan proyek. Hasil simulasi *Monte Carlo* dapat membantu manajer proyek dalam menentukan ekspektasi pembiayaan proyek yang lebih realistis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

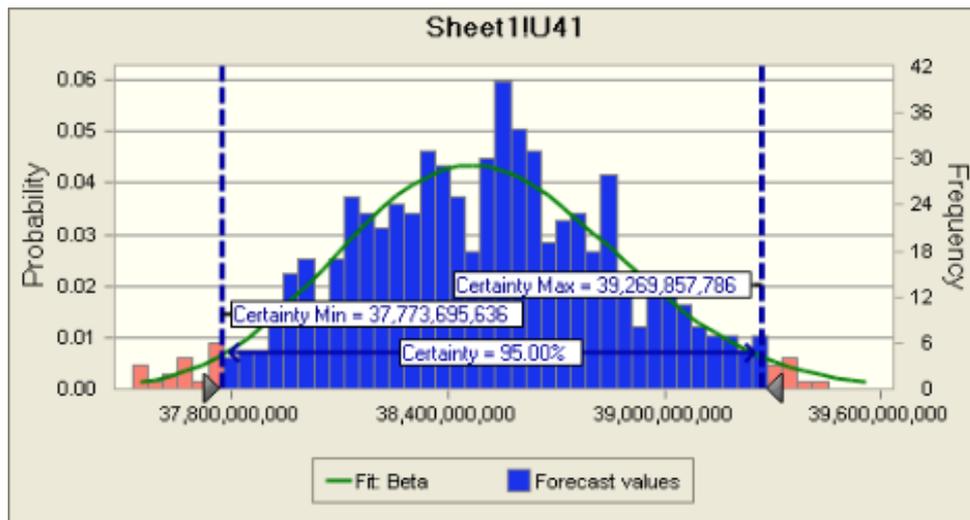
Penelitian ini berakhir dengan dilakukannya simulasi ke-4. Dari simulasi ke-3 didapat nilai rata-rata dari total biaya masing-masing iterasi, adalah 41,590,659,484 yang masih lebih dari 10% nilai total aktual dalam kasus penelitian ini. Maka ditetapkan dilakukan simulasi lagi untuk yang ke-4 kalinya sebagai berikut:

Tabel 2. Tabel Biaya Minimum & Maksimum (Simulasi ke-4)

RUANG LINGKUP BIAYA		NO.	RINCIAN RUANG LINGKUP	Simulasi ke-4	
				BIAYA MIN.	Iterasi ke-36 (3)
CONSTRUCTION COST	1	Structure Works	7,492,755,665	9,048,331,648	
	2	Architecture Works	9,042,597,213	10,891,825,470	
	3	Contigencies Str. & Arch. Works	1,595,392,644	1,783,211,079	
	4	Genset Works	878,006,250	1,072,430,200	
	5	Elevator Works	325,187,500	404,213,242	
	6	M/E Works	6,116,300,556	7,035,030,757	
	7	Interior Bedroom	2,853,688,819	3,267,042,106	
	8	Interior Public Area	620,812,500	735,196,847	
	9	Kitchen Equipment	372,487,500	412,535,365	
SOFT COST	10	Konsultan Arsitektur/Interior/Landscape	385,000,000	386,117,655	
	11	Konsultan M/E	62,700,000	62,840,572	
	12	Konsultan Struktur	65,846,000	65,874,985	
	13	Konsultan QS	215,000,000	215,548,657	
	14	Konsultan MK	516,000,000	517,813,682	
	15	Contigecies Fee Consultant	540,397,300	541,845,562	
	16	Perijinan	889,892,850	923,000,432	
	17	Service & Koneksi (PLN, PDAM, TELKOM)	420,000,000	422,446,738	
18	Pre-opening (HOE Expenses)	3,798,333,334	3,812,961,667		
<b>TOTAL BIAYA PROYEK</b>			<b>36,190,398,130</b>	<b>41,598,266,663</b>	

Hasil simulasi ke-4 didapat rata-rata total biaya lebih dari nilai actual studi kasus 37,086,760,708, akan tetapi masih lebih kecil dari 10% nilai tambah dari nilai aktual kasus tersebut yang menjadi sebesar 40,795,436,779. Peneliti memutuskan berhenti pada simulasi ke-4 ini.

Dalam pembahasan penelitian ini, *Decision Cell* tidak didefinisikan, dan akan langsung menjalankan simulasi ini dengan memindahkan kursor ke *icon Start Simulation*. Setelah simulasi dijalankan, akan muncul kotak *Forecast* (Gambar 1). Dalam kasus ini, percobaan ditetapkan 672 kali, yang artinya bilangan acak sejumlah 672 dicobakan pada setiap *Assumption cell*. Itu sebabnya histogram kelihatan seperti menari-nari. Pada awalnya distribusi hasil simulasi data tidak karuan bentuknya, namun seiring dengan pertambahan data, maka bentuk distribusi normal sesuai dengan *Central Limit Theorem*, yaitu semakin besar jumlah data maka semakin mendekati distribusi normal.

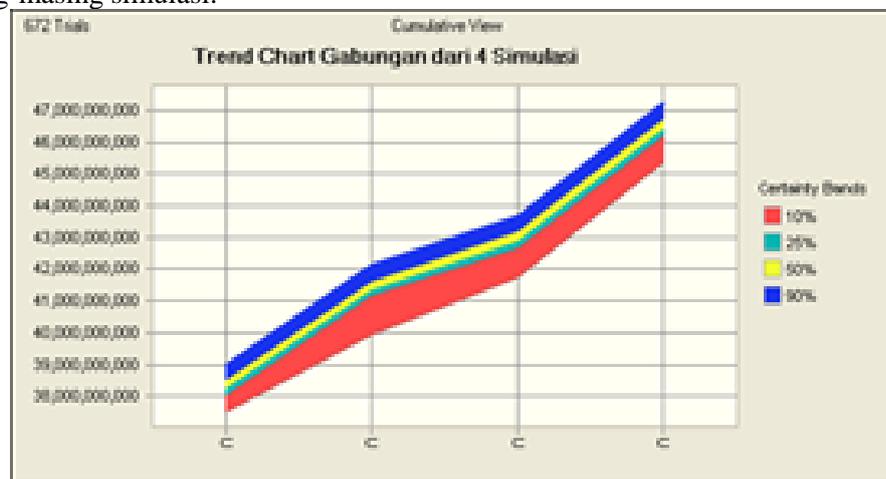


Gambar 1 Tampilan Kotak *Forecast*.

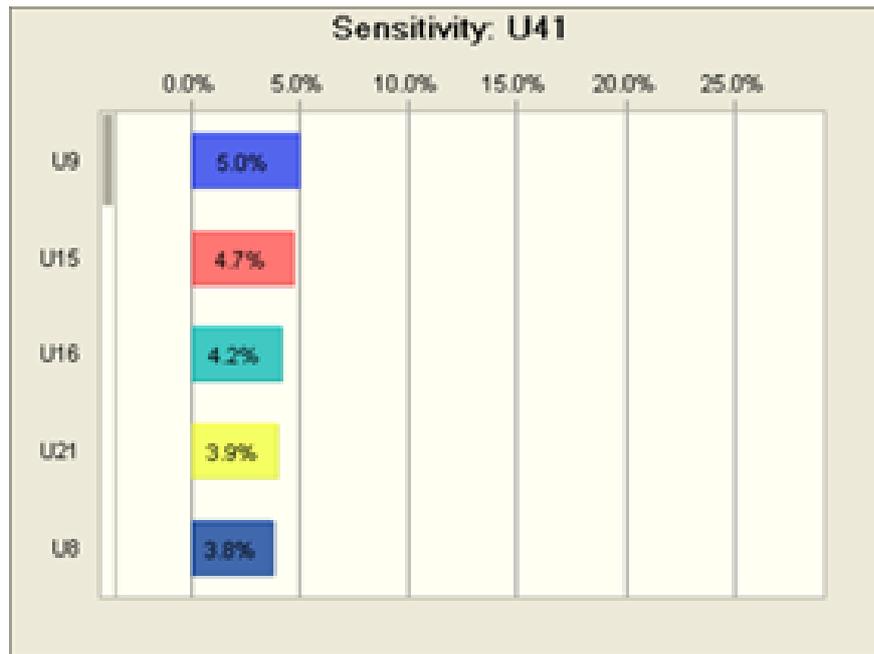
*Crystal Ball* akan mencocokkan distribusi probabilitas dengan data yang telah dimasukkan, hal ini disebutkan dengan melakukan *overlay* terhadap distribusi hasil simulasi. Langkah-langkah dalam *overlay*, diantaranya dengan melakukan *Fit Distribution*, yaitu mencocokkan terhadap tiga pilihan distribusi: *All Continuous Distribution*, *Choose Distribution*, dan *Normal Distribution*. Dalam kasus ini dipilih *All Continuous Distribution*. Selanjutnya akan dipilih *Ranking Method* yang akan digunakan, yaitu *Chi-Square Test*, *Kolmogorov Smirnov*, atau *Anderson-Darling*. Ketiganya adalah *Goodness of fit test* untuk menemukan kecocokan antara distribusi probabilitas standar yang tersedia dengan data distribusi yang lain. Dalam hal ini dipilih *Anderson-Darling*.

*Trend Chart* memberikan gambaran mengenai sabuk-sabuk simetris dua sisi dalam dua dimensi yang menjelaskan tingkat kepastian tertentu. Setelah ikon *Trend Chart* di klik, maka di layar akan tampil jendela *Trend Chart* yang menampilkan sabuk-sabuk dengan nilai tertentu tersebut (Gambar 2). Berikut ini gambar *trend chart* gabungan dari 4 simulasi yang dilakukan yang menunjukkan grafik menanjak mengarah kepada simulasi yang ke-1 dengan nilai total biaya terbesar.

Bagian terakhir dari empat analisis simulasi *Crystal Ball* adalah *Sensitivity Analysis Chart*. Analisis ini akan menjelaskan secara cepat dan mudah mengenai pengaruh *Assumption cell* terhadap *Forecast cell* tertentu. Dalam penelitian ini nilai sensitiviti menggambarkan seberapa besar nilai asumsi yang didapat dari masing-masing nilai total dari iterasi yang dilakukan (sebagai variabel), mempengaruhi besaran nilai total biaya *Forecast* (perkiraan) yang akan menjadi acuan didalam mengambil keputusan. Berikut ini (Gambar 3), yang menggambarkan *Sensitivity Chart* dengan 5 nilai yang memiliki sensitiviti tertinggi untuk masing-masing simulasi:



Gambar 2 Tampilan Kotak *Trend Chart*



Gambar 3 Sensitivity Chart

Menurut hasil analisis sensitiviti *Crystal Ball* dari simulasi ke 4 diketahui bahwa nilai total iterasi ke 5 (kolom U9) dengan nilai 38,494,894,928, yang sangat mempengaruhi hasil *forecast* rata-rata simulasi ke 4 dari hasil random (angka acak dari 672 trials) probabilitas dengan frekwensi yang telah ditetapkan dalam simulasi tersebut secara system aplikasi yang secara otomatis menentukan nilai-nilai sensitivitasnya.

Analisis ini adalah bagian terakhir dari 4 (empat) analisis *Crystal Ball*. Keempat analisis tersebut yang dimulai dari simulasi terhadap *Assumption cell* memang merupakan satu kesatuan analisis dimana analisis berikutnya merupakan analisis lanjutan untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan.

### Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahwa simulasi *Monte Carlo* dapat dipergunakan dalam menganalisis kemungkinan total biaya yang dapat terjadi selama proyek konstruksi berlangsung. Dalam penelitian ini terdapat 36 nilai total biaya yang didapat dari 672 iterasi dari simulasi *Monte Carlo* yang dilakukan berulang hingga 4 (empat) kali simulasi. Pengolahan data iterasi dapat dengan mudah dilakukan menggunakan aplikasi *Crystal Ball* untuk menentukan perkiraan (*forecasting*) yang paling mungkin terjadi yang mengandung korelasi terhadap asumsi distribusi seragam (*uniform distribution*) dengan sensitiviti tertinggi 5,0 % (simulasi ke-4).
2. Dari hasil keempat analisis data diatas dapat disimpulkan sebagai berikut: Dengan anggaran aktual yang tersedia untuk proyek tersebut adalah Rp. 51,318,547,387,- (nilai maksimum) adalah terlalu tinggi, dan pada aktualnya nilai total terpakai adalah Rp. 37,086,760,708,- yang masih kurang dari 10% kelebihan yang dianggarkan dari nilai aktual minimumnya. Maka seharusnya dapat dianggarkan biaya total dengan batas maksimum Rp. 39,712,169,458,- dengan prosentase kepastian 95%.
3. Begitu banyak pelajaran yang dapat diambil dari penelitian ini, mulai dari mempertimbangkan nilai-nilai untuk asumsi dalam mengambil keputusan hingga memprediksi nilai yang paling mendekati dari total biaya sesuai kebutuhan dengan mempertimbangkan adanya ketidakpastian selama masa konstruksi nantinya. Dari hasil perhitungan dalam penelitian ini maka didapat besaran Rp. 36,190,398,130,- yang dapat efektif disiapkan untuk pembiayaan proyek hingga pada nilai maksimum Rp. 41,598,266,663,-. Sedangkan pada nilai total biaya kenyataan dari proyek yang

menjadi studi kasus ini adalah Rp. 37,086,760,708,- (*over budget* dari nilai minimal yang direncanakan tim konsultan QS, yaitu Rp.36,190,398,130,-), dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut masih lebih kecil dari nilai minimum hasil korelasi sensitivity tertinggi (5,0%, sensitiviti simulasi ke-4) yang didapat dari penelitian ini (Rp. 38,532,251,684 > Rp. 37,086,760,708).

### Saran

1. Ada begitu banyak cara didalam melakukan perhitungan maupun perencanaan dalam pembuatan estimasi biaya proyek, akan tetapi tidak semua cara dapat menggambarkan kemungkinan pasti pendekatan nilai nominal yang sesuai dengan anggaran yang akan disiapkan oleh Pemilik proyek.
2. Simulasi merupakan salah satu cara yang efektif didalam melakukan uji probabilitas/kemungkinan yang dapat direncanakan sebelum menetapkan secara pasti total biaya untuk sebuah proyek. Jika secara kuantitatif dengan perhitungan biaya menggunakan perincian harga satuan dan volume pekerjaan dapat merincikan setiap harga dari masing-masing item pekerjaan hingga didapatnya total biaya, maka simulasi dapat digunakan untuk memprediksi perilaku sebuah sistem dengan memperhitungkan unsur-unsur yang mengandung risiko dan ketidakpastian. Sedangkan solusi sebenarnya tetap berada ditangan para manajer proyek dengan mempertimbangkan aspek kualitatifnya.
3. Sebagaimana dalam penelitian ini yang berdasarkan nilai minimum dan nilai maksimum dari total biaya proyek, peneliti mencoba memprediksi nilai efektif yang seharusnya disiapkan oleh Pemilik proyek dengan mempertimbangkan adanya perubahan-perubahan selama konstruksi berlangsung. Prediksi ini tidak terlepas dari nilai konkrit yang direncanakan oleh tim Konsultan *Quantity Surveyor* (QS), yang dibandingkan dengan nilai yang akan dikeluarkan oleh pihak Bank pembiaya dari proyek tersebut
4. Dalam rangka memperdalam penggunaan aplikasi simulasi *Monte Carlo* dengan *Crystal Ball*, akan lebih baik lagi apabila terdapat data histori dari pembiayaan proyek-proyek sebelumnya yang sejenis. Dengan data tersebut, maka dapat dibuat data *Forecast* yang merupakan prediksi pembiayaan dengan batasan minimum, maksimum, dan *likely* (data histori), sehingga nilai yang akan direncanakan akan lebih mendekati nilai distribusi normal yaitu maksimum dalam pencapaian nilai probabilitasnya.
5. Untuk pembekalan dalam dunia pendidikan, sangat disarankan adanya penambahan pengetahuan tentang berbagai macam aplikasi perangkat lunak yang dapat membantu efektifitas dan efisiensi waktu didalam perencanaan manajemen biaya dan waktu. Hal ini khususnya didalam dunia manajemen proyek yang erat kaitannya dengan manajemen biaya dan manajemen keuangan. Pengetahuan tentang berbagai macam aplikasi Simulasi untuk mempermudah praktisi dalam perhitungan biaya maupun waktu proyek harus terus diterapkan dan dikembangkan didalam dunia pendidikan dan juga lingkungan kerja, sehingga efektifitas biaya, mutu dan waktu dari setiap perencanaan proyek yang dicita-citakan oleh Pemilik dapat terwujud.

### Daftar Pustaka

- Project Management Institute (PMI) (2013) : *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Fifth Edition, Pennsylvania, USA.
- Project Management Institute (PMI) (2013) : *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Fifth Edition, Pennsylvania, USA, 193 – 207.
- Hiran N. Ahuja, S.P. Dozzi, S.M. Abourizk. (1994) : *Project Management, Technique in Planning and Controlling Construcion Projects*, Second Edition, John Wiley & Sons, INC., New York.
- Siswanto (2007) : *Operations Research Jilid 2*, Erlangga, Jakarta, 271 – 290.
- Adnan Fadjar (2008) : *Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek*, Jurnal Smartek, Vol.6, No.4.
- Shayan Nahrvar (2010), *Discrete Event Simulation in preliminary Estimation Phase of Mega Projects: A Case Study of The Central Waterfront Revitalization Project*, Masters of Applied Science, University of Toronto.
- Aldri Fitriansyah (2013) : *Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek*, Jurnal SMARTEK.
- Idzurnida Isamael (2011) : *Faktor-faktor Risiko yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Kualitas Proyek Gedug di Kota Padang Sumatra Barat Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo*, Jurnal Momentum Teknik Sipil 7.

- Oracle® Corporation and/or affiliates (2008) : *One Minute Spotlight, Oracle's Crystal Ball*.
- Niels Jacob Haaning Andersen (2008) : *Monte Carlo Simulation in Crystal Ball 7.3*.
- Lawrence I. Goldman (2002) : *Crystal Ball Professional Introductory Tutorial, Winter Simulation Conference*.
- Mahmud Ahmad (2013), *Modul Teknik Simulasi Dan Pemodelan*, Unhas.