

# ANALISIS BIAYA PROYEK DENGAN METODOLOGI SIX SIGMA DAN SIMULASI MONTE CARLO

Ahmad Haidar Mirza<sup>1</sup> dan Herri Setiawan<sup>2</sup>  
Dosen Universitas Bina Darma<sup>1</sup>, Dosen Universitas IGM<sup>2</sup>  
Jalan Ahmad Yani No.12 Palembang<sup>1</sup>, Jl. Sudirman 629 Km.4 Palembang<sup>2</sup>  
Pos-el: haidarmirza@binadarma.ac.id<sup>1</sup> dan herri\_1303@gmail.com<sup>2</sup>

---

**Abstract:** *The use of structured methodologies is needed to accelerate the repair process, helping reduce costs and improve efficiency. Monte Carlo simulation and Six Sigma methodologies can be used to analyze the risks associated with the total cost of the project. Monte Carlo simulation is applied to understand the variability in total costs resulting from the probabilistic cost item. With the range of variation of the Six Sigma methodology of project costs can be reduced by operating on input factors with the greatest impact on total costs. In this paper we will discuss how Monte Carlo simulation can be used in Six Sigma methods to analyze project costs. The results obtained can identify the elements of the risk of high costs, the difference between the estimates of each cost component and the average cost is obtained.*

**Keywords:** *Simulation, Monte Carlo, Six Sigma*

**Abstrak:** *Penggunaan metodologi terstruktur diperlukan untuk mempercepat proses perbaikan, membantu mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi. Simulasi Monte Carlo dan metodologi Six Sigma dapat digunakan untuk menganalisis risiko terkait dengan total biaya proyek. Simulasi Monte Carlo diterapkan untuk memahami variabilitas dalam total biaya yang disebabkan oleh item biaya probabilistik. Dengan metodologi Six Sigma kisaran variasi biaya proyek dapat dikurangi dengan operasi pada faktor input dengan dampak terbesar pada total biaya. Pada makalah ini akan dibahas bagaimana simulasi Monte Carlo yang dapat digunakan dalam metode Six Sigma untuk menganalisa biaya proyek. Hasil yang diperoleh dapat mengidentifikasi elemen resiko biaya tinggi, perbedaan antara perkiraan setiap biaya komponen dan biaya rata-rata diperoleh*

**Kata Kunci:** *Simulasi, Monte Carlo, Six Sigma*

---

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) telah diakui sebagai komponen penting dari bisnis, karena dapat menyediakan *platform* untuk beragam proses bisnis. Ketika diterapkan dalam konteks ini, pengembangan TIK dapat menghasilkan proses perbaikan dari proyek-proyek.

Dalam pasar yang semakin kompetitif, bisnis mulai beralih ke metode baru seperti *Six Sigma*, yang merupakan metodologi terstruktur untuk mempercepat proses perbaikan, membantu

mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi. Sejak mulai digunakan *Motorola* pada tahun 1984 dalam mengukur tingkat cacat dalam proses manufaktur, *Six Sigma* telah mengubah cara orang bekerja di seluruh dunia (George et al.2005). *Six Sigma* adalah struktur, disiplin, *data-driven* metodologi dan proses di mana fokus ditempatkan pada peningkatan kinerja bisnis menggunakan *tools* dengan penekanan pada analisis statistik (Breyfogle, 2003).

Tipikal proyek sering terjadi *overruns* dari estimasi biaya (Hullet, 2002). Hal ini terjadi karena perkiraan biaya tradisional gagal dalam

memperhitungkan resiko biaya proyek, apakah akan lebih atau kurang dari yang disediakan (Anderson et al, 2007). Metodologi *Six Sigma* dapat digunakan untuk mengidentifikasi variabilitas sumber-sumber biaya proyek dan menyarankan cara-cara di mana komponen biaya dapat dikurangi.

Salah satu metodologi *Six Sigma* dibagi menjadi lima tahap yang berbeda: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* (DMAIC). Simulasi *Monte Carlo* memiliki peran kritis dalam *Define*, *Analyze*, dan tahap *Improve*. Hubungan yang mendasari antara simulasi *Monte Carlo* dan *Six Sigma* adalah variabilitas yang melekat dalam semua proses bisnis. Simulasi *Monte Carlo* adalah alat penting untuk memahami bagaimana sebuah variasi proses atau produk, untuk mengidentifikasi dan menguji potensi perbaikan. Metode *Monte Carlo* dalam mengestimasi biaya proyek didasarkan pada pembangkitkan beberapa percobaan untuk menentukan nilai yang diharapkan dari sebuah variabel acak (Luban, 1998). Terdapat beberapa paket komersial yang dapat menjalankan simulasi *Monte Carlo*, namun demikian sebuah perangkat lunak seperti *spreadsheet* pun dapat digunakan untuk menjalankan simulasi (Albright, Winston, 2007).

Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana penggunaan simulasi *Monte Carlo* dalam metode *Six Sigma* untuk menganalisa biaya proyek. Hubungan yang mendasari antara simulasi *Monte Carlo* dan *Six Sigma* adalah variabel yang melekat dalam semua proses bisnis (Luban, 2007).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 *Six Sigma*

*Six Sigma* berasal sebagai seperangkat *practice* yang dirancang untuk meningkatkan proses manufaktur dan menghilangkan cacat, tetapi penerapannya kemudian diperluas untuk jenis lain dari proses bisnis.

*Six Sigma* dimulai oleh *Motorola* di tahun 1980-an dimotori oleh salah seorang *engineer* di sana bernama Bill Smith atas dukungan penuh CEO-nya Bob Galvin. *Motorola* menggunakan *statistics tools* diramu dengan ilmu manajemen menggunakan *financial metrics* (*Return on Investment*, ROI) sebagai salah satu *metrics* atau alat ukur dari *quality improvement process*. Konsep ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Dr. Mikel Harry dan Richard Schroeder yang lebih lanjut membuat metode ini mendapat sambutan luas dari petinggi *Motorola* dan perusahaan lain.

Dalam perjalanan waktu, *General Electric* (GE) mempopulerkan *Six Sigma* sebagai suatu trend dan membuat perusahaan lain serta orang-orang berlomba-lomba mencari tahu apa itu *Six Sigma*, dan mencoba mengimplementasikannya di tempat kerja masing-masing. Enam komponen utama konsep *Six Sigma* sebagai strategi bisnis:

- 1) Benar-benar mengutamakan pelanggan: seperti kita sadari bersama, pelanggan bukan hanya berarti pembeli, tapi bisa juga berarti rekan kerja kita, team yang menerima hasil kerja kita, pemerintah, masyarakat umum pengguna jasa, dan lain-lain.
- 2) Manajemen yang berdasarkan data dan fakta: bukan berdasarkan opini, atau pendapat tanpa dasar.
- 3) Fokus pada proses, manajemen dan perbaikan: *Six Sigma* sangat tergantung kemampuan kita mengerti proses yang dipadu dengan manajemen yang bagus untuk melakukan perbaikan.
- 4) Manajemen yang proaktif: peran pemimpin dan manajer sangat penting dalam mengarahkan keberhasilan dalam melakukan perubahan.
- 5) Kolaborasi tanpa batas: kerja sama antar tim yang harus mulus.
- 6) Selalu mengejar kesempurnaan.

*Six Sigma* dibagi menjadi dua metodologi, DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verification*). DMAIC berfokus pada peningkatan proses dan kinerja yang ada. Sementara DMADV berfokus pada menghasilkan proses baru, produk jasa, untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Ferrin, 2002)

## 2.2 Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* berasal dari nama *Monte Carlo*, Monaco, sebuah tempat yang terkenal dengan *Casino* tempat permainan

seperti roda rolet dan dadu yang bergantung pada peluang dan kesempatan, dan menunjukkan perilaku acak.

Simulasi *Monte Carlo* adalah teknik yang terbukti efisien, yang hanya membutuhkan tabel nomor acak atau pembangkit bilangan acak pada komputer (Law dan Kelton, 1991).

Simulasi adalah sebuah metode analitik yang bertujuan untuk membuat "imitasi" dari sebuah sistem yang mempunyai sifat acak, dimana jika digunakan model lain menjadi sangat *mathematically complex* atau terlalu sulit untuk dikembangkan.

Simulasi *Monte Carlo* merupakan alat rekayasa yang ampuh untuk menyelesaikan berbagai persoalan rumit di dalam bidang probabilitas dan statistika. Meskipun demikian, simulasi *Monte Carlo* tidak memberikan hasil yang eksak, karena pada hakekatnya simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode numerik. Seperti pada umumnya metode numerik, simulasi *Monte Carlo* membutuhkan banyak sekali iterasi dan usaha perhitungan, khususnya untuk masalah-masalah yang melibatkan peristiwa-peristiwa langka (*very rare events*). Oleh karena kelemahan-kelemahan tersebut, sebaiknya simulasi *Monte Carlo* baru digunakan bila metode analitis tidak tersedia atau metode pendekatan (misalnya pendekatan orde pertama dari fungsi variabel acak yang nonlinier) tidak memadai.

Simulasi *Monte Carlo* adalah salah satu metode simulasi sederhana yang dapat dibangun secara cepat dengan hanya menggunakan *spreadsheet* (misalnya *Microsoft Excell*). Pembangunan model simulasi *Monte Carlo* didasarkan pada probabilitas yang diperoleh data

historis sebuah kejadian dan frekuensinya. Di mana:

$$P_i = f_i/n$$

dengan:

$P_i$  = Probabilitas kejadian  $i$

$F_i$  = frekuensi kejadian  $i$

$n$  = jumlah frekuensi semua kejadian.

Tetapi dalam simulasi *Monte Carlo*, probabilitas juga dapat ditentukan dengan mengukur probabilitas sebuah kejadian terhadap suatu distribusi tertentu. Distribusi ini tentu saja telah menjalani serangkaian uji distribusi.

*Outcome* dari Diagram Keputusan yang bersifat deterministik kadang kurang bisa mengakomodasi sistem nyata yang mempunyai faktor ketidakpastian yang relatif tinggi. Dengan kekuatan dalam kesederhanaan yang dimiliki oleh metode *Monte Carlo* ini, maka *outcome* yang mempunyai faktor ketidakpastian dari sebuah diagram keputusan akan dapat diakomodasi keberadaannya. Hal ini dilakukan dengan cara menentukan berbagai nilai *outcome* beserta probabilitasnya kemudian melakukan simulasi *Monte Carlo* berdasarkan keluaran bilangan *random* terhadap probabilitas *outcome*. Bilangan acak yang digunakan dalam simulasi *Monte Carlo* ini merupakan sebuah representasi dari situasi yang tidak pasti dalam sebuah sistem nyata (Banks, et al., 1996). Setelah diperoleh nilai *outcome* hasil simulasi *Monte Carlo* maka langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan dengan cara yang biasa dilakukan dalam Diagram Keputusan.

## 2.3 Microsoft Excel

*Microsoft Excel* atau *Microsoft Office Excel* adalah sebuah program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* yang dibuat dan didistribusikan oleh *Microsoft Corporation* untuk sistem operasi *Microsoft Windows* dan *Mac OS*. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi dan pembuatan grafik yang, dengan menggunakan strategi *marketing* Microsoft yang agresif, menjadikan *Microsoft Excel* sebagai salah satu program komputer yang populer digunakan di dalam komputer mikro hingga saat ini. Bahkan, saat ini program ini merupakan program *spreadsheet* paling banyak digunakan oleh banyak pihak, baik di *platform* PC berbasis *Windows* maupun *platform Macintosh* berbasis *Mac OS*, semenjak versi 5.0 diterbitkan pada tahun 1993. Aplikasi ini merupakan bagian dari *Microsoft Office System*, dan versi terakhir adalah versi *Microsoft Office Excel 2007* yang diintegrasikan di dalam paket *Microsoft Office System 2007*.

*Excel* menawarkan banyak keunggulan antarmuka jika dibandingkan dengan program *spreadsheet* yang mendahuluinya, tapi esensinya masih sama dengan *VisiCalc* (perangkat lunak *spreadsheet* yang terkenal pertama kali): Sel disusun dalam baris dan kolom, serta mengandung data atau formula dengan berisi referensi absolut atau referensi relatif terhadap sel lainnya.

*Excel* merupakan program *spreadsheet* pertama yang mengizinkan pengguna untuk mendefinisikan bagaimana tampilan dari *spreadsheet* yang mereka sunting: font, atribut karakter, dan tampilan setiap sel. *Excel* juga menawarkan penghitungan kembali terhadap sel-sel secara cerdas, di mana hanya sel yang berkaitan dengan sel tersebut saja yang akan diperbarui nilainya (di mana program-program *spreadsheet* lainnya akan menghitung ulang keseluruhan data atau menunggu perintah khusus dari pengguna). Selain itu, *Excel* juga menawarkan fitur pengolahan grafik yang sangat baik. Ketika pertama kali dibundel ke dalam *Microsoft Office* pada tahun 1993, Microsoft pun mendesain ulang tampilan antarmuka yang digunakan oleh *Microsoft Word* dan *Microsoft Power Point* untuk mencocokkan dengan tampilan *Microsoft Excel*, yang pada waktu itu menjadi aplikasi *spreadsheet* yang paling disukai.

Sejak tahun 1993, *Excel* telah memiliki bahasa pemrograman *Visual Basic for Applications* (VBA), yang dapat menambahkan kemampuan *Excel* untuk melakukan otomatisasi di dalam *Excel* dan juga menambahkan fungsi-fungsi yang dapat didefinisikan oleh pengguna (*user-defined functions/UDF*) untuk digunakan di dalam *worksheet*. Dalam versi selanjutnya, bahkan Microsoft menambahkan sebuah *Integrated Development Environment* (IDE) untuk bahasa VBA untuk *Excel*, sehingga memudahkan *programmer* untuk melakukan pembuatan program buatannya. Selain itu, *Excel* juga dapat merekam semua yang dilakukan oleh pengguna untuk menjadi *macro*, sehingga mampu melakukan otomatisasi beberapa tugas.

VBA juga mengizinkan pembuatan form dan kontrol yang terdapat di dalam *worksheet* untuk dapat berkomunikasi dengan penggunanya.

Bahasa VBA juga mendukung penggunaan DLL ActiveX/COM, meski tidak dapat membuatnya. Versi VBA selanjutnya menambahkan dukungan terhadap *class module* sehingga mengizinkan penggunaan teknik pemrograman berorientasi objek dalam VBA. Fungsi otomatisasi yang disediakan oleh VBA menjadikan *Excel* sebagai sebuah target virus-virus *macro*. Ini merupakan problem yang sangat serius dalam dunia korporasi hingga para pembuatan antivirus mulai menambahkan dukungan untuk mendeteksi dan membersihkan virus-virus *macro* dari berkas *Excel*. Akhirnya, meski terlambat, Microsoft juga mengintegrasikan fungsi untuk mencegah penyalahgunaan *macro* dengan me-nonaktifkan *macro* secara keseluruhan, atau menngaktifkan *macro* ketika mengaktifkan *workbook*, atau mempercayai *macro* yang dienkripsi dengan menggunakan sertifikat digital yang tepercaya.

## 2.4 Tahap Analisa

Dalam makalah ini, diasumsikan bahwa total biaya proyek ditentukan oleh lima komponen utama: bahan baku, tenaga kerja, peralatan, biaya variabel lain, *indirects*. Kemudian dilakukan analisa yang dapat menjawab, seperti apakah biaya yang diajukan paling layak, bagaimana mungkin estimasi awal yang ditetapkan sampai bisa *overrun*, dimana letak resiko dalam proyek tersebut. Tim *Six Sigma* dapat menentukan tujuan akan pemahaman dan pengendalian sumber

variabilitas dari biaya dalam mengurangi risiko proyek. Selama fase *measure* dikumpulkan data yang menggambarkan komponen biaya proyek. Pada tabel 1 disajikan estimasi biaya dengan cara tradisional.

**Tabel 1. Estimasi Biaya Proyek**

Komponen	Estimasi Biaya
Bahan baku	5800
Konsultan	880
Peralatan IT	2000
Instalasi	600
Lain-lain	2400
Total biaya	11680

Pada tabel 1, perkiraan total biaya adalah sebesar 11680. Tapi apakah mungkin bahwa proyek akan selesai pada biaya ini? Apakah 11860 nilai yang paling mungkin dari total biaya proyek? Untuk menjawab pertanyaan itu perlu memeriksa ketidakpastian dalam biaya perkiraan awal.

Untuk meminimalkan risiko yang terkait dengan biaya proyek dapat dicapai dengan mengumpulkan informasi lebih lanjut. Analisis *Six Sigma* harus memilih orang yang relevan untuk diwawancarai sehubungan dengan proyek tersebut, dimungkinkan pula untuk bertanya pada pihak ke tiga yang ahli di luar organisasi. Analisis *Six Sigma* bertanya tentang tiga hal yang berhubungan untuk setiap komponen biaya, yaitu: estimasi biaya pesimistik, estimasi biaya optimistik dan biaya perkiraan yang paling mungkin. Biaya optimistik dipandang jika semua berjalan baik dan biaya pesimistik terjadi dalam kasus terburuk. Biaya pada umumnya harga penawaran proyek yang paling mungkin. Dalam tahapan *measure* para ahli juga harus bertanya

tentang batas bawah dan atas dari total biaya proyek.

**Tabel 2. Distribusi Triangular Biaya Proyek**

Komponen	Estimasi Biaya	Biaya yang diperkirakan	Biaya Pesimistik
Bahan baku	5480	5800	6440
Konsultan	800	880	1360
Peralatan IT	1800	2000	2400
Instalasi	1800	600	800
Lain-lain	480	2400	2680
Total biaya	10360	11680	13680

Kemudian dilakukan analisa untuk memahami variabilitas dari biaya proyek. Simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan sebagai alat untuk membantu menganalisis ketidakpastian dari biaya proyek. Pada tabel 2, diasumsikan telah ditetapkan *lower specification limit* (LSL) sebesar 9500 dan *upper specification limit* (USL) 11000. Metode *Monte Carlo* melibatkan penggunaan turunan bilangan acak dan fungsi distribusi kumulatif (Luban, 2005). Setiap solusi disebut iterasi, untuk setiap iterasi metode *Monte Carlo* memilih biaya secara acak dari kemungkinan distribusi yang ditentukan untuk setiap elemen biaya yang tidak pasti.

## 2.5 Tahap Simulasi

Distribusi *Triangular* dari komponen biaya akan digunakan untuk menjalankan simulasi *Monte Carlo*. Metode perkiraan biaya proyek *Monte Carlo* berdasarkan pada penggantian biaya aktual dengan biaya yang dihasilkan secara acak berdasar distribusi dan dengan melakukan simulasi iterasi dalam jumlah

besar. Jika  $x$  adalah nilai biaya probabilitistik *triangular*,  $a$  menunjukkan nilai biaya optimistik,  $b$  adalah nilai biaya yang paling mungkin, dan  $c$  menunjukkan nilai biaya pesimistik, sehingga  $a < b < c$ , fungsi probabilitas *density*  $f(x)$  didefinisikan dengan hubungan (Luban, F; Hincu, D, 2010) :

$$f(x) = 2(x-a)/((b-a)(c-a)), a \leq x \leq b \quad (1)$$

$$= 2(c-x)/((c-a)(c-b)), b \leq x \leq c$$

Fungsi distribusi kumulatif  $F(x)$  :

$$F(x) = P(X \leq x) = 0, x < a \quad (2)$$

$$= ((x-a)^2)/((b-a)(c-a)), a \leq x \leq b$$

$$= 1 - ((c-x)^2)/((c-a)(c-b)), b \leq x \leq c$$

$$= 1 \text{ untuk } x > c$$

$$\text{Mean } \mu = (a+b+c)/3 \quad (3)$$

Variance

$$\sigma^2 = \mu^2 = (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)/18 \quad (4)$$

$h = (b-a)/(c-a)$ , dan  $\mu \in [0,1]$  adalah jumlah bilangan acak yang dihasilkan dari turunan bilangan acak.

Metode *Monte Carlo* akan menetapkan nilai  $x$  untuk biaya, dengan memecahkan persamaan  $F(x) = u$ .

Jika  $u < h$  kemudian persamaan  $F(x)=u$  memiliki bentuk :

$$((x-a)^2)/((b-a)(c-a)) = u \iff (x-a)^2 = u(c-a)^2((b-a)/(c-a)) = uh(c-a)^2$$

$$x = a + (c-a) * (uh)^{1/2} \quad (5)$$

Jika  $u > h$ , kemudian persamaan  $F(x)=u$  memiliki bentuk :

$$((c-x)^2)/((c-a)(c-b)) = 1 - u$$

$$x = a + (c-a) * (1 - ((1-h) * (1-u))^{1/2}) \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasar metodologi yang telah disusun, digunakan simulasi *Monte Carlo* dengan *Microsoft Excel* untuk melakukan pengujian, digunakan fungsi =RAND() untuk menghasilkan bilangan acak. Hasil simulasi setelah 1000 iterasi terlihat pada Gambar 1.

Biaya	a	b	c	c-a	h=(b-a)/(c-a)
4 Bahan baku	5400	5800	6440	960	0,333333333
5 Konsultan	800	800	1360	560	0,142857143
6 Peralatan IT	1800	2000	2400	600	0,333333333
7 Instalasi	400	600	800	320	0,375
8 Lain-lain	2000	2400	2680	680	0,588235294
<b>Total Biaya Proyek</b>			<b>11880</b>		

Iterasi	number	Bahan baku	number	Konsultan	number	Peralatan IT	number	Instalasi	number	Lain-lain	Proyek
1	0,142857143	5689,823668	0,37603563	950,461695	0,524501208	2265,396527	0,250918	578,159261	0,728865	2144,907086	11628,74
2	0,8399174	6126,38496	0,45038135	975,633717	0,076223456	1895,638981	0,987668	791,120344	0,770528	2165,322955	11954,10
3	0,3811011	5823,35466	0,33613926	897,571583	0,251790586	1973,810444	0,262534	580,405717	0,72693	2163,98958	11459,14
4	0,7572821	6053,83177	0,74463823	1098,00423	0,648557863	2108,462386	0,614543	642,93544	0,865738	2220,492967	12123,71

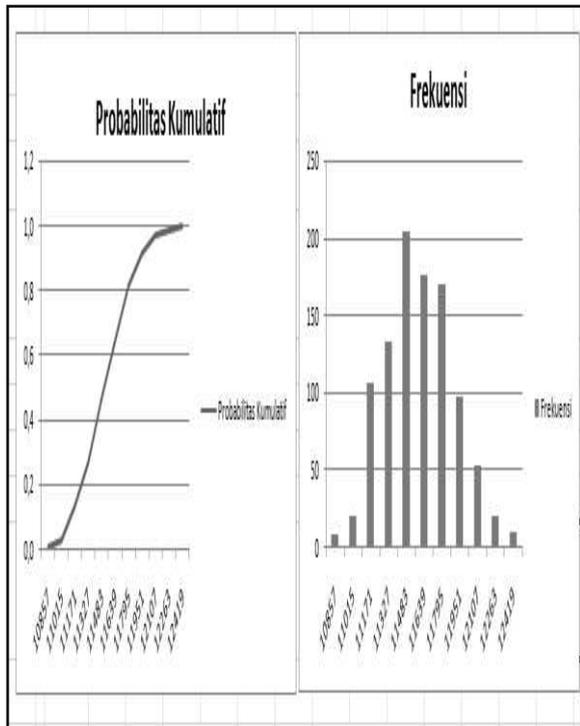
Kelas Interval	Min	Max	Rentang	Lebar Kelas
	11	10857	12390	1723

Kelas	Interval	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif
10857 - 11015		9	0,0	1
11015 - 11171		20	0,0	8
11171 - 11327		20	0,1	20
11327 - 11483		133	0,1	106
11483 - 11639		204	0,2	133
11639 - 11795		176	0,2	204
11795 - 11951		170	0,2	176
11951 - 12107		96	0,1	170
12107 - 12263		53	0,1	98
12263 - 12419		20	0,0	53
12419 - 12575		11	0,0	20

Gambar 1. Hasil Simulasi *Monte Carlo*

Selanjutnya hasil iterasi dapat dianalisis menggunakan histogram seperti terlihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Distribusi Probabilitas Biaya Proyek**

Biaya rata-rata 11690,982 dengan standar deviasi 304,105. Probabilitas P (biaya total proyek  $\leq$  11680) dapat ditentukan dengan menggunakan fungsi = PERCENTRANK() terhadap seluruh total biaya proyek hasil iterasi. Hal ini dapat dilihat bahwa perkiraan biaya di 11680 menunjukkan sekitar 50 % mungkin dan sisanya kemungkinan akan *overrun*.

Untuk memahami variabilitas dari total biaya proyek dan untuk mengidentifikasi elemen risiko biaya tinggi, perbedaan antara perkiraan setiap biaya komponen dan biaya rata-rata diperoleh dengan simulasi *Monte Carlo* yang akan dihitung pada tabel 3.

**Tabel 3. Perbedaan antara Biaya Perkiraan dan Biaya Awal**

Komponen	Estimasi Biaya	Biaya yang diperkirakan	Biaya Pesimistik
Bahan baku	5800	5,907,272	107,272
Konsultan	880	1,011,381	131,381
Peralatan IT	2000	2,068,528	68,528
Instalasi	600	628,372	28,371
Lain-lain	2400	2,074,429	-325,571
Total biaya	11680	11,689,982	9,982

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan pada uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan untuk menganalisa biaya proyek dalam metode analisis *Six Sigma*. Dengan simulasi *Monte Carlo* variabilitas dari total biaya proyek dapat dilihat, sehingga dapat diidentifikasi elemen risiko biaya tinggi, perbedaan antara perkiraan setiap biaya komponen dan biaya rata-rata diperoleh dengan yang akan dihitung

## DAFTAR RUJUKAN

May 2007. Editura ASE, Bucuresti, 1057 – 1062.

Albright, S.C., dan Winston, W.L. 2007. *Management Science Modeling*. Thomson South-Western.

Anderson G.R., Onder N., dan Mukherjee A., 2007. *Expecting the Unexpected: Representing, Reasoning about, and Assessing Construction Project Contingencies*. Prosiding “Winter Simulation Conference”. 2007. S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, & R. R. Barton, eds. IEEE, 2041 – 2050.

Banks, J., Carson, J.S., and Nelson, B.L. 1996. *Discrete-Event System Simulation 2nd Edition*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Breyfogle, F. W. 2003. *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.

Ferrin, David M., Muthler, David; Miller, Martin J. 2002. Prosiding “Winter Simulation Conference E. Yücesan”. 2002. C.-H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, eds.

George M. L., Rowlands D., Price M., & Maxey, J. 2005. *Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. The McGraw Hill Companies. New York.

Kelton, W. D., and A. Law. 1991. *Simulation Modeling & Analysis*. McGraw Hill, Inc. New York.

Law, A. M., Kelton, D.W., 1991. *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw Hill Series in Industrial Engineering & Management, pp.78-80.

Luban, F. 2005. *Simulari in Afaceri*. Editura ASE. Bucuresti.

Luban, F. 2007. *Project Cost Risk Analysis Using Simulation and Six* Microsoft Press.

Sigma Methodology. *Informatics in Knowledge Society*. Prosiding “the Eighth International Conference in Informatics in Economy”.

Luban, F., & Pumnut, M. 2008. *Aplicarea simularii Monte Carlo la elaborarea ofertelor de constructii. Studii si Cercetari de Calcul Economic si Cibernetica Economica*, Vol. 42, Nr 1, 97-112

Winston, L. W. 2007. *Excel 2007: Data Analysis and Business Modelling*. Washin.