

PENERAPAN METODE MONTE CARLO UNTUK ALOKASI KONTIGENSI BIAYA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR DINAS KEPENDUDUKAN DAN CATATAN SIPIL KECAMATAN PACITAN

Muhammad Akbar, Indradi Wijatmiko, Eko Andi Suryo

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145 – Telp (0341) 580120
E-mail: ahmadakbarahmad@gmail.com

ABSTRAK

Proyek yang merupakan suatu kegiatan sementara dengan waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan produk dengan kriteria mutu yang telah rencanakan dengan jelas sebelumnya. Kenaikan biaya dari harga bahan dan upah yang melebihi ekspektasi sehingga mempengaruhi biaya total yang sudah direncanakan sudah menjadi salah satu resiko yang ada pada setiap proyek konstruksi. Maka dari itu perlu dialokasikan jumlah biaya tertentu dalam estimasi sebagai provisi dari risiko tersebut yang disebut kontigensi. Pengestimasian alokasi kontigensi pada penelitian ini secara probabilistik menggunakan konsep *conditional variance-based analysis* (CVBA) yang didasarkan dari hasil analisis metode Monte Carlo dan analisis sensitivitas melalui *Spearman Rank Correlation* antara suatu item pekerjaan yang ditinjau dari biaya total. Data yang digunakan untuk perhitungan yaitu rancangan anggaran biaya (RAB) yang dianalisis berdasarkan harga satuan bahan dan upah maksimum dan minimum yang didapat dari kuisioner. Kemudian dianalisis dengan distribusi normal menggunakan program SPSS lalu dibandingkan dengan analisis distribusi beta pert menggunakan program @Risk. Lalu dicari nilai kontigensi pada masing – masing metode tersebut dan alokasinya pada setiap pekerjaan dengan *Spearman Rank Correlation*. Kedua metode menggunakan iterasi yang sama yaitu sebesar 823 kali.

Kata kunci : risiko, alokasi, kontigensi, conditional variance, spearman rank correlation , monte carlo

ABSTRACT

The project is a temporary activity with limited time, with a specific allocation of resources with the aim to produce products with quality criteria that have been planned with the obvious before. The increase in the cost of material prices and wages that exceed the expectations that affect the total cost of the planned has become one of the risks that exist in every construction project. Thus the need to be allocated a certain amount of costs in the provision of risk estimation as the so-called contingency. Estimating contingency allocation in this study uses the concept of conditional variance probabilistic-based analysis (CVBA) which is based on the results of the analysis of the Monte Carlo method and sensitivity analysis through the Spearman Rank Correlation between an item of work in terms of total cost. The data used for the calculation that the draft budget (RAB) were analyzed based on the unit prices of materials and wages minimum and maximum value obtained from the questionnaire. Then analyzed using SPSS normal distribution and compared with pert beta distribution analysis using @Risk program. Then look for the value of contingency on each of these methods and allocation at every job with Spearman Rank Correlation. Both methods use the same iteration that is equal to 823 times.

keywords : risk, allocation, contigency, conditional variance, spearman rank correlation , monte carlo

PENDAHULUAN

Proyek adalah merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya terencana dan dengan tujuan untuk menghasilkan produk dengan kriteria mutu yang telah rencanakan dengan jelas sebelumnya. Estimasi biaya proyek merupakan suatu bagian integral dari perencanaan tersebut. Estimasi biaya merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk memprediksikan biaya total yang dibutuhkan kontraktor untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi. Salah satu risiko yang dapat terjadi saat dilapangan adalah kesalahan dalam pengistimiasian biaya sehingga mengakibatkan kerugian bagi perusahaan kontruksi. Kesalahan pengistimiasian ini biasanya terjadi karena kurang telitinya dalam menyusun rencana anggaran biaya (RAB), bahkan pada penentuan harga bahan dan upah sehingga mengakibatkan kesalahan pada perhitungan biaya.

Pengestimasian alokasi kontigensi pada penelitian ini menggunakan konsep CVBA yang didasarkan dari hasil analisis metode Monte Carlo dan analisis sensitivitas melalui Spearman Rank Correlation antara suatu item pekerjaan yang ditinjau dan biaya total. Data yang digunakan untuk perhitungan yaitu rancangan anggaran biaya (RAB) yang dianalisis berdasarkan harga satuan bahan dan upah maksimum dan minimum yang didapat dari kuisioner. Kemudian dianalisis dengan distribusi normal menggunakan program SPSS lalu dibandingkan dengan analisis distribusi beta pert menggunakan program @Risk. Kedua simulasi menggunakan iterasi yang sama yaitu 823 kali. Lalu dicari nilai kontigensi pada masing – masing metode tersebut dan alokasiya pada setiap pekerjaan dengan *Spearman Rank Correlation*.

TUJUAN PENELITIAN

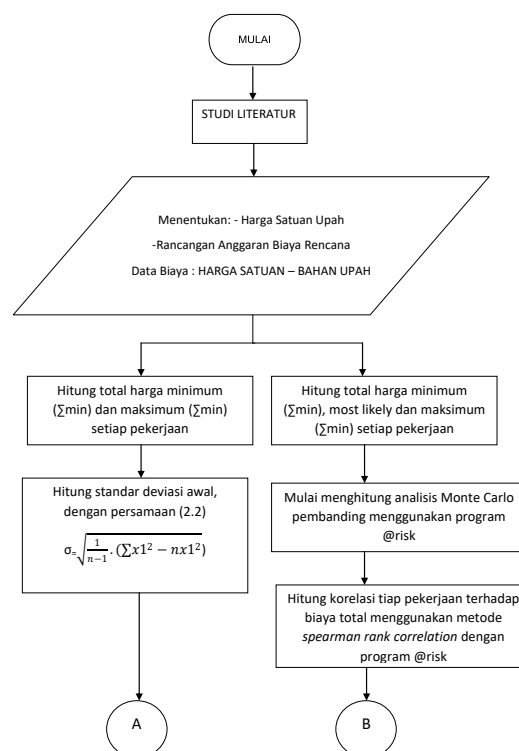
1. Mengetahui nilai maksimum dan minimum proyek bila berdasarkan harga satuan bahan dan upah yang minimum dan maksimum.
2. Mengetahui nilai estimasi biaya tak terduga proyek dari perhitungan berdasarkan metode Monte Carlo dan konsep CVBA.
3. Mengetahui besar alokasi kontigensi pada setiap bobot pekerjaan dan sensitivitas suatu item pekerjaan atas biaya

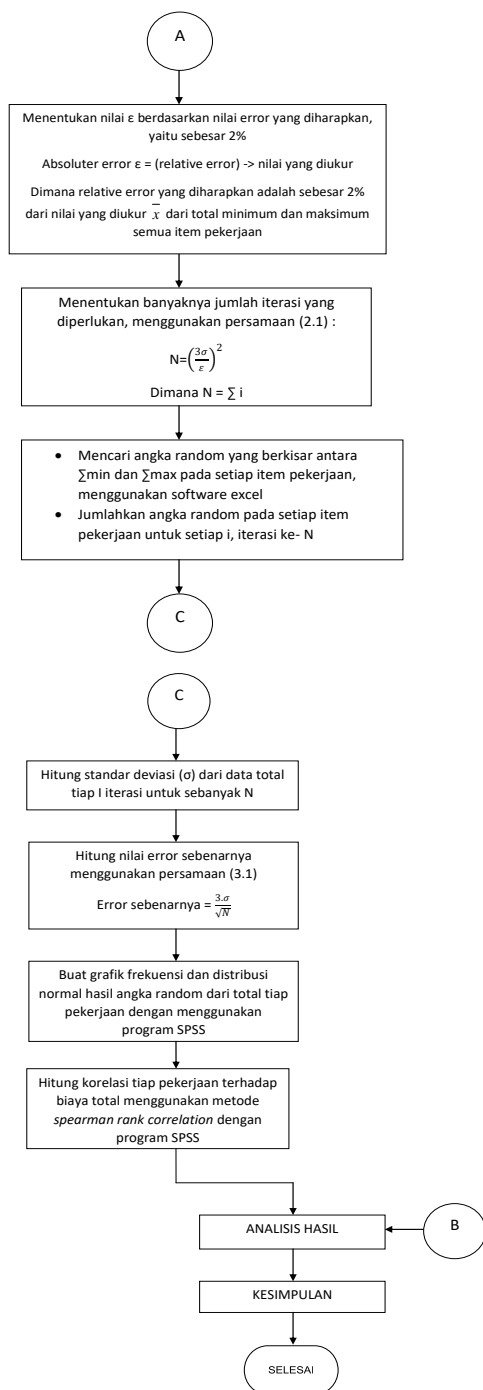
ekspektasi yang diukur menggunakan *Spearman Rank Correlation*.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah metodologi analisis ilmiah yang merupakan analisis kuantitatif, karena penelitian ini menghitung ulang dan menguji teori-teori yang timbul.

Lokasi proyek adalah Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan dan yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah menghitung estimasi biaya kontigensi suatu proyek menggunakan Metode Monte Carlo dan *Spearman Rank Correlation* yang memanfaatkan aplikasi Microsoft Excel, @risk, dan SPSS. Untuk pengolahan data dapat dilihat pada diagram alir gambar 2 dibawah ini:





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Proyek

Proyek pada penelitian ini dikerjakan oleh pemerintah kabupaten pacitan dan menggunakan sumber dana berupa APBD daerah. Berikut ini adalah gambar pembangunan proyek. Proyek pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan terdiri dari dua lantai ini mempunyai nilai

kontrak sebesar Rp 3.113.426.000,00 dan beralamat di Jalan Veteran, Pacitan, Kec. Pacitan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur 63512.

Kuisisioner

Pada penelitian ini estimasi biaya kontigensi proyek dilakukan menggunakan simulasi Monte Carlo dimana pengerjaannya menggunakan input data harga satuan bahan upah maksimum dan minimum. Data harga satuan bahan dan upah maksimum dan minimum didapat dengan pengisian kuisisioner oleh perusahaan kontruksi yang terkait. Untuk data RAB dan harga satuan bahan dari proyek pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan digunakan sebagai nilai (*most likely*). Kuisisioner yang harus diisi oleh staf ahli pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan meliputi harga bahan dan upah maksimum dan minimum yang memiliki rentan harga dibawah dan diatas harga bahan dan upah pada RAB penawaran kontrak, kemudian juga terdapat pertanyaan-pertanyaan yang mengenai manajemen risiko yang dilakukan agar terhindar dari hal-hal yang mungkin terjadi dikemudian hari yang kemudian mendasari pelaksanaan simulasi Monte Carlo dalam estimasi alokasi kontigensi biaya proyek Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan.

Hasil Kuisisioner

Hasil kuisisioner ini diisi oleh staf ahli proyek pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan, dalam kuisisioner tersebut terdapat beberapa pertanyaan dan daftar harga maksimum dan minimum bahan upah. Berdasarkan hasil kuisisioner, hal-hal yang mempengaruhi rentan harga maksimum – minimum dalam analisis harga bahan dan upah proyek Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan sehingga dapat terhindar dari risiko-risiko finansial yang dapat terjadi sewaktu – waktu dikemudian hari adalah lokasi proyek, asumsi kenaikan per tahun, sumber bahan baku dan naiknya nilai tukar, komoditas. Kemudian pertanyaan berikutnya adalah pada penyusunan RAB ada beberapa sub pekerjaan yang tidak ada perhitungan harga satuannya, cara

mengantisipasi adalah menggunakan standar dari PLN / standar umum dalam perhitungan ME, lalu untuk alokasi prosentasi yang dipakai berdasarkan perhitungan lapangan, bila lebih dari 10-15% akan ada nego harga baru, jadi nilai berdasarkan kenaikan prosentase berdasarkan negosiasi. Untuk daftar harga bahan maksimum-minimum bahan dan upah terdapat pada lampiran.

Rancangan Anggaran Biaya

Pada perhitungan estimasi alokasi biaya kontigensi proyek dengan menggunakan simulasi Metode Monte Carlo diperlukan data harga satuan bahan dan upah maksimum – minimum, sehingga dilakukan pengisian data kuisisioner oleh perusahaan kontruksi proyek Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan yang terdapat pada lampiran. Untuk harga satuan bahan dan upah yang terdapat didalam kontrak dijadikan sebagai nilai tengah yaitu nilai yang sering muncul. Perhitungan RAB dalam kontrak menggunakan Permen PU no. 11/2013.

NO	URAIAN PEKERJAAN	TOTAL BIAYA
LANTAI - I		
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 10.656.146,70
2	PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp. 20.433.098,35
3	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 1.090.346.849,48
4	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 441.219.136,47
5	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 277.496.358,09
		Rp. 1.840.151.589,09
LANTAI - II		
1	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 411.157.789,48
2	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 452.760.167,51
3	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 126.317.826,00
		Rp. 990.235.782,99
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN		Rp. 2.830.387.372,08

NO	URAIAN PEKERJAAN	TOTAL BIAYA
LANTAI - I		
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 13.185.303,00
2	PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp. 23.452.713,68
3	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 1.341.958.722,63
4	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 553.719.819,71
5	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 296.181.364,01
		Rp. 2.228.497.923,03
LANTAI - II		
1	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 537.571.011,13
2	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 564.652.244,64
3	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 129.770.286,00
		Rp. 1.231.993.541,77
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN		Rp. 3.460.491.464,80

NO	URAIAN PEKERJAAN	TOTAL BIAYA
LANTAI - I		
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 10.654.071,00
2	PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp. 20.433.098,35
3	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 988.504.032,09
4	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 407.123.799,79
5	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 268.494.421,21
		Rp. 1.695.209.422,44
LANTAI - II		
1	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 397.693.574,27
2	PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 416.773.645,69
3	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 126.317.826,00
		Rp. 940.785.045,96
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN		Rp. 2.635.994.468,40

Gambar 2. Tabel RAB Minimum, maksimum dan rencana Proyek Gedung Kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan

Simulasi Monte Carlo

Data-data yang diperlukan untuk pengerjaan simulasi Monte Carlo adalah data harga bahan dan upah maksimum-minimum, data rencana anggaran biaya (RAB) untuk setiap pekerjaan yang ada pada proyek pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan. Ada lima pekerjaan yang dikerjakan untuk dua lantai dalam proyek tersebut, pekerjaan tersebut adalah pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah dan urugan, pekerjaan struktur, pekerjaan mekanikal dan elektrik dan pekerjaan arsitektur.

Sebelum memulai simulasi, data harga maksimum-minimum semua pekerjaan yang masih terbagi dalam dua lantai dikelompokkan terlebih dahulu menjadi satu menurut pekerjaannya masing-masing sehingga data yang akan diolah seperti pada tabel berikut.

PEKERJAAN	MIN	RENCANA	MAX
PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp. 10.654.071	Rp. 10.656.147	Rp. 13.185.303
PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp. 20.433.098	Rp. 20.433.098	Rp. 23.452.714
PEKERJAAN STRUKTUR	Rp. 1.386.197.606	Rp. 1.501.504.639	Rp. 1.879.529.734
PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp. 823.897.445	Rp. 893.979.304	Rp. 1.118.972.064
PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp. 394.812.247	Rp. 403.814.184	Rp. 425.951.650
JUMLAH	Rp. 2.635.994.468	Rp. 2.830.387.372	Rp. 3.460.491.465

Gambar 3. Pengelompokan data RAB maksimum-minimum

Simulasi Monte Carlo Menggunakan Microsoft Excel dengan Distribusi Normal

Dalam Perhitungan biaya kontigensi pada penelitian ini akan menggunakan dua analisis Monte Carlo, yang pertama dengan software microsoft excel yang menggunakan distribusi

normal kemudian untuk membuat distribusi normal menggunakan program SPSS dan yang kedua menggunakan program @risk yang menggunakan distribusi beta pert karena ada tiga parameter yang digunakan.

Mencari Nilai Standar Deviasi Awal dan Absolute Error

Yang pertama diinputkan dalam simulasi Monte Carlo dengan Microsoft Excel adalah data RAB maksimum dan minimum yang telah dikelompokkan menurut pekerjaan masing-masing sebelumnya untuk selanjutnya dihitung jumlah iterasi dan nilai total pekerjaan tiap iterasinya. Untuk mendapatkan jumlah iterasi yang dibutuhkan, harus dihitung standar deviasi awal dan *absolute error* terlebih dahulu. Berikut adalah contoh perhitungan standar deviasi awal

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\sum x^2 - n \bar{x}^2)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2-1} \cdot (1,89235E + 19^2 - 2 \times 3.048.242.967^2)}$$

$$\sigma = \text{Rp. } 583.007.417,2$$

Diketahui n adalah jumlah data yang diinput, dalam simulasi digunakan dua jenis data yaitu data maksimum dan minimum, sehingga nilai n yang digunakan adalah 2. X_1^2 merupakan nilai kuadrat dari total nilai RAB maksimum dan minimum. Jumlah total RAB maksimum adalah Rp. 346.049.146,5 dan nilai RAB minimum adalah Rp. 263.599.446,8, sehingga jumlah nilai kuadrat dari nilai RAB maksimum dan minimum tersebut adalah Rp. 1,89235E+19. Nilai \bar{x}^2 didapat dari harga total maksimum dan minimum kemudian dibagi dua sehingga didapatkan hasil Rp.3.048.242.967, lalu dikuadratkan. Sehingga nilai standar deviasi awal yang didapat adalah Rp. 583.007.417,2. Untuk nilai *absolute error* yang terjadi dihitung dengan persamaan, sebagai berikut :

Absoluter error ε = (relative error) x nilai yang diukur

$$= 0,02 \times \text{Rp.}3.048.242.967$$

$$= \text{Rp. } 60.964.859,33$$

Dimana *relative error* yang diharapkan adalah sebesar 2% untuk nilai yang diukur merupakan nilai rata-rata dari total nilai RAB maksimum dan minimum yaitu sebesar

Rp.3.048.242.967, sehingga *absolute error* yang didapat sebesar Rp. 60.964.859,33.

Nilai Iterasi

Untuk menghitung jumlah iterasi yang dibutuhkan dengan *relative error* sebesar 2% yaitu dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.1). Berikut ini adalah contoh perhitungan mencari jumlah iterasi :

$$N = \left(\frac{3\sigma}{\varepsilon} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{3 \cdot (\text{Rp.}583.007.417,2)}{\text{Rp.}60.964.859,33} \right)^2 = 823,06$$

Dimana σ adalah standar deviasi awal dengan nilai Rp 583.007.417 dan ε merupakan nilai *absolute error* yaitu Rp 60.964.859, sehingga jumlah iterasi yang harus dilakukan untuk simulasi *Monte Carlo* adalah sebanyak 823 iterasi.

Angka Random

Dari iterasi yang didapat sebanyak 823, pada setiap iterasi harus dicari angka random antara nilai RAB maksimum dan minimum dari setiap pekerjaan. Pada proyek pembangunan Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan terdapat lima pekerjaan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah dan urugan, pekerjaan struktur, pekerjaan mekanikal dan elektrikal dan pekerjaan arsitektur. Angka random yang didapat dengan menggunakan fungsi =RAND()*(maks-min)+min, sebagai contoh pada pekerjaan struktur untuk iterasi pertama dengan nilai RAB minimum adalah Rp. 10.654.071 dan nilai RAB maksimum adalah Rp. 13.185.303 kemudian pada salah satu iterasi dimasukkan fungsi =RAND()*(13185303-10654071)+10654071 mendapatkan nilai iterasi Rp. 11.293.459,07. Perhitungan ini diulang sampai iterasi ke-823 untuk setiap pekerjaan.

ITERASI KE-	PERSIAPAN	TANAH DAN URUGAN	STRUKTUR	ARSITEKTUR	ME	JUMLAH
ITERASI 1	Rp11.293.459	Rp22.156.670	Rp1.557.000.689	Rp937.484.954	Rp409.980.700	Rp2.937.916.473
ITERASI 2	Rp11.182.722	Rp20.741.715	Rp1.727.240.276	Rp1.102.052.995	Rp415.273.835	Rp3.276.491.542
ITERASI 3	Rp11.126.965	Rp21.861.796	Rp1.806.677.882	Rp1.050.292.507	Rp412.821.606	Rp3.302.780.756
ITERASI 4	Rp12.297.673	Rp21.250.218	Rp1.769.676.761	Rp1.003.045.108	Rp405.475.216	Rp3.211.744.975
ITERASI 5	Rp10.916.640	Rp23.191.746	Rp1.449.652.390	Rp827.948.428	Rp412.085.027	Rp2.723.794.231
ITERASI 6	Rp12.880.931	Rp21.812.824	Rp1.605.321.317	Rp857.877.945	Rp413.792.211	Rp2.911.685.229
ITERASI 7	Rp13.085.201	Rp22.629.670	Rp1.630.098.428	Rp965.142.142	Rp412.238.048	Rp3.043.193.490
ITERASI 8	Rp11.108.695	Rp21.816.119	Rp1.510.275.155	Rp860.808.947	Rp399.871.501	Rp2.803.880.418
ITERASI 9	Rp11.889.769	Rp23.235.356	Rp1.599.660.140	Rp839.986.083	Rp394.975.683	Rp2.869.747.031
ITERASI 10	Rp12.705.740	Rp21.434.946	Rp1.574.073.664	Rp885.499.290	Rp421.142.791	Rp2.914.856.430
ITERASI 11	Rp12.052.938	Rp21.479.884	Rp1.637.801.881	Rp829.251.616	Rp414.269.595	Rp2.914.855.913
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
ITERASI 823	Rp12.864.506	Rp21.510.015	Rp1.614.767.074	Rp978.678.169	Rp422.009.290	Rp3.049.829.054

Gambar 4. Contoh Perhitungan Pencarian Angka Random Untuk Setiap Pekerjaan

Standar Deviasi Akhir dan Error Sebenarnya

Perhitungan standar deviasi akhir proyek sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\sum x^2 - nx\bar{x}^2)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{832-1} \cdot (7,67736E + 21^2 - 832 \cdot (3048470598^2))} \\ &= \text{Rp } 171.079.439,7\end{aligned}$$

Untuk n yang digunakan adalah jumlah iterasi sebanyak 823 kali, X_1^2 adalah nilai kuadrat hasil dari total angka random semua jenis pekerjaan pada setiap iterasi. Sebagai contoh untuk iterasi ke-2 nilai X_1^2 yang didapat adalah Rp. 1,07354E+19. Nilai \bar{x}^2 didapat dari penjumlahan harga total angka random 823 iterasi lalu dibagi dengan jumlah iterasi yang dilakukan, kemudian dikuadratkan sehingga nilai standar deviasi akhir yang didapat adalah Rp 171.079.439,7. Dan untuk nilai error sebenarnya didapat adalah:

$$\begin{aligned}\text{Error sebenarnya} &= \frac{3 \cdot \sigma}{\sqrt{N}} \\ &= \frac{3 \cdot (171079437,7)}{\sqrt{823}} \\ &= \text{Rp. } 17.890.363,15\end{aligned}$$

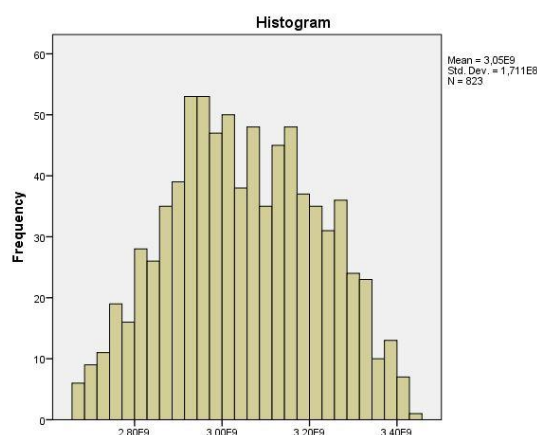
Nilai standar deviasi yang sebelumnya telah dihitung yaitu Rp. 583.007.417, kemudian dengan iterasi yang telah ditentukan sebanyak 823 sehingga standar deviasi menjadi Rp. 171.079.439,7 dengan error sebenarnya yang terjadi adalah Rp. 17.890.363,15.

Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal

Dalam mendapatkan grafik frekuensi atau histogram dan distribusi normal dari hasil iterasi Monte Carlo sebanyak 823 kali digunakan *software* SPSS, sehingga hasil grafik frekuensi dan distribusi normal simulasi *Monte Carlo* ada pada gambar berikut.

Statistics		
VAR00001		
N	Valid	823
	Missing	0
Mean		3049470598
Std. Error of Mean		5963454,386
Median		3043112445
Mode		2658241821 ^a
Std. Deviation		171079439,7
Variance		2,927E+16
Sum		2,51E+12
Percentiles	85	3248518815
	90	3281327497

Gambar 5. Hasil Perhitungan dan Persentil dengan SPSS



Gambar 6. Grafik Distribusi Normal

Dari data dan gambar diatas dapat diperoleh hasil sebagai berikut, standar deviasi sebesar Rp. 171.079.439,7. Jika telah ditentukan alokasi biaya untuk risiko anggaran sebesar 10%, maka target biaya ditetapkan sebesar Rp. 3.281.327.497, yang merupakan nilai persentil ke-90 dari total biaya proyek. Dengan ekspektasi biaya proyek yang merupakan nilai *mean* sebesar Rp. 3.049.470.598, maka nilai kontigensi yang perlu dialokasikan untuk proyek secara keseluruhan sebesar Rp 231.856.899

$$\begin{aligned}\text{Nilai biaya kontigensi} &= \text{nilai persentil ke } 90 - \text{nilai ekspektasi (mean)} \\ &= \text{Rp. } 3.281.327.497 - \text{Rp. } 3.049.470.598 \\ &= \text{Rp } 231.856.899\end{aligned}$$

Kemudian untuk yang alokasi biaya untuk risiko anggaran sebesar 15% diperleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Nilai biaya kontigensi} &= \text{nilai persentil ke } 85 - \text{nilai ekspektasi (mean)} \\ &= \text{Rp. } 3.248.518.815 - \text{Rp. } 3.049.470.598 \\ &= \text{Rp } 199.048.217\end{aligned}$$

Maka nilai kontigensi yang perlu dialokasikan untuk proyek secara keseluruhan untuk alokasi biaya untuk risiko anggaran 10% sebesar Rp 231.856.899 dan untuk alokasi biaya untuk risiko anggaran 15% sebesar Rp 199.048.217.

Alokasi Biaya Kontigensi dengan Spearman Rank Correlation Menggunakan SPSS

Berdasarkan nilai kontigensi untuk alokasi biaya untuk risiko anggaran 10% sebesar Rp 231.856.899 akan dihitung alokasi biaya ke masing-masing pekerjaan dengan menggunakan spearman rank correlation, berikut ini adalah hasil perhitungan :

PEKERJAAN	RANK	% ALOKASI	JUMLAH ALOKASI
STRUKTUR	0,862	0,585	Rp135.590.670
ARSITEKTUR	0,488	0,331	Rp76.761.307
ME	0,056	0,038	Rp8.808.675
PERSIAPAN	0,036	0,024	Rp5.662.719
TANAH URUG	0,032	0,022	Rp5.033.528
JUMLAH	1,474	1	Rp231.856.899

Gambar 7. Jumlah Alokasi Setiap Pekerjaan



Gambar 8. Peringkat Korelasi

Dari data diatas dapat diketahui bahwa pekerjaan struktur mempunyai pengaruh terbesar terhadap biaya total kondisional, dengan koefisien korelasi sebesar 0,862. Dengan koefisien sebesar ini, kontigensi yang perlu dialokasikan untuk pekerjaan struktur adalah 0,584% dari Rp 135.590.670. Selanjutnya pekerjaan arsitektur 0,33%, dan kemudian tiga pekerjaan yang selisih koefisien korelasinya cukup besar dengan pekerjaan pada peringkat satu dan dua yaitu pekerjaan mekanikal dan elektronikal 0,038%, pekerjaan persiapan 0,024% dan pekerjaan tanah dan urugan 0,022%.

Simulasi Monte Carlo Menggunakan software @risk dengan Distribusi Beta Pert

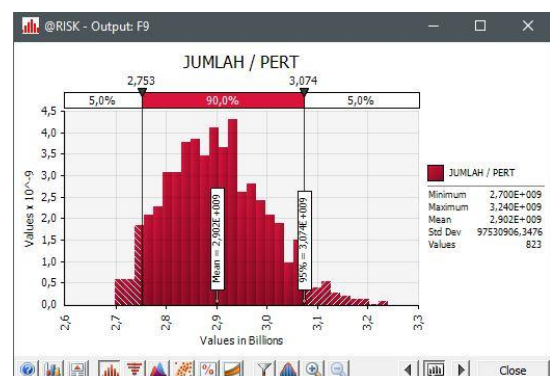
Untuk simulasi Monte Carlo dengan Software @risk menggunakan distribusi triangular yaitu beta pert karena terdapat tiga parameter yaitu nilai maksimum, nilai paling sering muncul (*most likely*) dan nilai minimum. Kemudian untuk iterasi dibuat sama dengan metode sebelumnya, yaitu 823 kali.

Sebelum memulai simulasi, data harga maksimum, *most likely*, dan minimum semua pekerjaan yang masih terbagi dalam dua lantai dikelompokkan terlebih dahulu menjadi satu menurut pekerjaannya masing-masing sehingga data yang akan diolah seperti pada tabel berikut.

PEKERJAAN	MIN	MOST LIKELY	MAX	BETA PERT
PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 10.654.071	Rp 10.656.147	Rp 13.185.303	Rp 11.077.327
PEKERJAAN TANAH DAN URUGAN	Rp 20.433.028	Rp 20.433.028	Rp 23.452.714	Rp 20.936.368
PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 1.386.197.606	Rp 1.501.504.639	Rp 1.879.529.734	Rp 1.545.290.983
PEKERJAAN ARSITEKTUR	Rp 823.897.445	Rp 893.979.304	Rp 1.118.372.064	Rp 919.697.788
PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	Rp 394.812.247	Rp 403.814.184	Rp 425.951.650	Rp 406.003.439
JUMLAH	Rp 2.635.994.468	Rp 2.830.387.372	Rp 3.460.491.465	Rp 2.903.005.904

Gambar 9. Pengelompokkan data RAB Maksimum, *Most Likely*, dan Minimum

Kemudian dilakukan simulasi dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 10. Distribusi BetaPert

Lalu berikut ini output dari histogram diatas :

Name	JUMLAH / BETA PE...	RiskPert(C;D;E)	RiskPert(C;D;E)	RiskPert(C;D;E)	RiskPert(C;D;E)	RiskPert(C;D;E)
Output						
Cell	cara at riskF9	cara at riskF4	cara at riskF5	cara at riskF6	cara at riskF7	cara at riskF8
Minimum	2,7043E+09	1,0641E+07	2,0433E+07	1,3912E+09	8,2681E+08	3,9526E+08
Maximum	3,2176E+09	1,2557E+07	2,2363E+07	1,7918E+09	1,0759E+09	4,2265E+08
Mean	2,9052E+09	1,1087E+07	2,0907E+07	1,5470E+09	9,1257E+08	4,0622E+08
Std Deviation	9,8169E+07	365721,4	384893,5	8,4719E+07	5,0853E+07	3892381
Variance	9,6371E+15	1,3373E+11	1,4814E+11	7,1774E+15	2,5860E+15	5,4720E+15
Skewness	0,53880E+0	1,14533	1,06478	0,56446E+0	0,39282E+0	0,36662E+0
Kurtosis	3,0944E+0	4,108864	3,794289	2,73687	2,619771	2,458224
Errors	0	0	0	0	0	0
Mode	2,8276E+09	1,0683E+07	2,0480E+07	1,5132E+09	8,9700E+08	3,9999E+08
5% Perc	2,7073E+09	1,0679E+07	2,0464E+07	1,4333E+09	8,4602E+08	3,9754E+08
10% Perc	2,7894E+09	1,0701E+07	2,0490E+07	1,4473E+09	8,5634E+08	3,9883E+08
15% Perc	2,8076E+09	1,0732E+07	2,0521E+07	1,4585E+09	8,6614E+08	3,9983E+08
20% Perc	2,8223E+09	1,0760E+07	2,0566E+07	1,4714E+09	8,7380E+08	4,0049E+08
25% Perc	2,8346E+09	1,0793E+07	2,0606E+07	1,4827E+09	8,8033E+08	4,0102E+08
30% Perc	2,8443E+09	1,0823E+07	2,0643E+07	1,4940E+09	8,8598E+08	4,0145E+08
35% Perc	2,8511E+09	1,0867E+07	2,0697E+07	1,5028E+09	8,9687E+08	4,0153E+08
40% Perc	2,8706E+09	1,0912E+07	2,0731E+07	1,5128E+09	9,0222E+08	4,0130E+08
45% Perc	2,8830E+09	1,0961E+07	2,0787E+07	1,5235E+09	9,1047E+08	4,0193E+08
50% Perc	2,8913E+09	1,0992E+07	2,0807E+07	1,5248E+09	9,1646E+08	4,0278E+08
55% Perc	2,9053E+09	1,1041E+07	2,0868E+07	1,5480E+09	9,2353E+08	4,0650E+08
60% Perc	2,9187E+09	1,1087E+07	2,0916E+07	1,5583E+09	9,3152E+08	4,0750E+08
65% Perc	2,9355E+09	1,1137E+07	2,0971E+07	1,5683E+09	9,3765E+08	4,0849E+08
70% Perc	2,9507E+09	1,1184E+07	2,1055E+07	1,5800E+09	9,4693E+08	4,0924E+08
75% Perc	2,9655E+09	1,1284E+07	2,1126E+07	1,6012E+09	9,5707E+08	4,1002E+08
80% Perc	2,9928E+09	1,1382E+07	2,1213E+07	1,6218E+09	9,6599E+08	4,1140E+08
85% Perc	3,0118E+09	1,1481E+07	2,1328E+07	1,6433E+09	9,7809E+08	4,1262E+08
90% Perc	3,0449E+09	1,1639E+07	2,1453E+07	1,6660E+09	9,8991E+08	4,1535E+08
95% Perc	3,0821E+09	1,1832E+07	2,1662E+07	1,7107E+09	1,0140E+09	4,1690E+08

Gambar 11. Output @Risk

Dari data dan gambar diatas dapat diperoleh hasil sebagai berikut, standar deviasi sebesar Rp 98.169.120. Jika telah ditentukan alokasi biaya untuk risiko anggaran 10%, maka target biaya ditetapkan sebesar Rp 3.044.340.000, yang merupakan nilai persentil ke-90 dari total biaya proyek. Dengan ekspektasi biaya proyek yang merupakan nilai *mean* sebesar Rp2.906.527.000, kemudian dihitung nilai biaya kontigensi, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Nilai biaya kontigensi} &= \text{nilai persentil ke 90} - \text{nilai ekspektasi (mean)} \\ &= \text{Rp } 3.044.340.000 - \text{Rp}2.906.527.000 \\ &= \text{Rp } 137.813.000 \end{aligned}$$

Kemudian untuk yang nilai alokasi biaya untuk risiko anggaran sebesar 15% diperleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Nilai biaya kontigensi} &= \text{nilai persentil ke 85} - \text{nilai ekspektasi (mean)} \\ &= \text{Rp } 3.011.808.000 - \text{Rp}2.906.527.000 \\ &= \text{Rp } 105.281.000 \end{aligned}$$

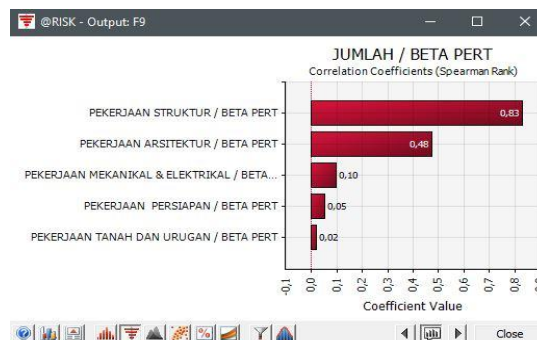
Maka nilai kontigensi yang perlu dialokasikan untuk proyek secara keseluruhan dengan alokasi biaya untuk risiko anggaran sebesar 10% sebesar Rp 137.813.000, dan yang alokasi biaya untuk risiko anggaran sebesar 15% sebesar Rp 105.281.000.

Alokasi Biaya Kontigensi dengan Spearman Rank Correlation dengan @Risk

Berdasarkan nilai kontigensi untuk alokasi biaya untuk risiko anggaran 10% sebesar Rp 137.813.000 akan dihitung alokasi biaya ke masing-masing pekerjaan dengan menggunakan *spearman rank correlation*, berikut ini adalah hasil perhitungan :

PEKERJAAN	RANK	% ALOKASI	JUMLAH ALOKASI
STRUKTUR	0,83	0,56	Rp77.287.020
ARSITEKTUR	0,48	0,32	Rp44.696.108
ME	0,1	0,07	Rp9.311.689
PERSIAPAN	0,05	0,03	Rp4.655.845
TANAH URUG	0,02	0,01	Rp1.862.338
JUMLAH	1,48	1	Rp137.813.000

Gambar 12. Jumlah Alokasi Setiap Pekerjaan



Gambar 13. Peringkat Korelasi

Dari data diatas dapat diketahui bahwa hasil peringkat yang didapat sama dengan hasil yang didapat dengan program SPSS, pekerjaan struktur mempunyai pengaruh terbesar terhadap biaya total kondisional, dengan koefisien korelasi sebesar 0,83. Dengan koefisien sebesar ini, kontigensi yang perlu dialokasikan untuk pekerjaan struktur adalah 0,56% dari Rp77.287.020. Selanjutnya pekerjaan arsitektur 0,32%, dan kemudian tiga pekerjaan yang selisih koefisien korelasinya cukup besar dengan peringkat satu dan dua yaitu pekerjaan mekanikal dan elektronikal 0,1%, pekerjaan persiapan 0,05% dan pekerjaan tanah dan urugan 0,02%. Dalam hasil perhitungan yang didapat terdapat selisih koefisien korelasi pada pekerjaan yang cukup besar. Hal ini mungkin diakibatkan oleh data input nilai harga satuan bahan dan upah dari ketiga pekerjaan tersebut tidak terlalu lengkap, contohnya pekerjaan mekanikal dan elektronikal yang dalam RAB tidak ada perhitungan analisis harga satuan upah, sehingga mengakibatkan selisih RAB maksimum dan minimum tidak begitu besar dan simulasi *monte carlo* tidak berjalan dengan efisien.

Analisis Perbedaan Hasil Simulasi Monte Carlo dan Alokasi Kontigensi Biaya Kontigensi Pada Software Excel dengan SPSS dan @risk

Setelah dilakukan perhitungan simulasi Monte Carlo dengan software excel dengan SPSS dan @risk untuk distribusi normal didapat beberapa perbedaan baik dari hasil standar deviasi akhir dan hasil distribusi normal dari angka random yang telah didapat sebelumnya. Berikut ini perbedaan hasil simulasi Monte Carlo dengan software excel dengan SPSS dan @risk. Perhitungan untuk mendapatkan standar deviasi

akhir dan hasil distribusi yang didapat oleh dua kedua *software* tersaji pada tabel 4.7 berikut:

	SPSS	@RISK
standar deviasi	Rp 171.079.440	Rp 98.169.120
nilai kontigensi 10%	Rp 231.856.899	Rp 137.813.000
nilai kontigensi 15%	Rp 199.048.217	Rp 105.281.000

Gambar 14. Hasil Perbandingan Perhitungan Distribusi Normal SPSS dan Distribusi Beta Pert @Risk

Nilai RAB Rencana	Nilai Ekspektasi (mean)	
	SPSS	@RISK
Rp2.830.387.372	Rp 3.049.470.598	Rp 2.906.527.000

Gambar 15. Perbandingan Nilai RAB Rencana dan Nilai Ekspektasi

Gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar dari hasil standar deviasi akhir dan hasil distribusi. Kedua simulasi ini menggunakan distribusi yang berbeda yaitu dengan distribusi normal dan distribusi beta pert yang berbeda pada input yang digunakan, pada distribusi normal hanya menggunakan nilai RAB maksimum dan minimum, sedangkan pada distribusi beta pert menggunakan tiga input yaitu nilai RAB maksimum, RAB rencana dan RAB minimum. Untuk keakuratan data, simulasi dengan program @Risk lebih akurat dibanding simulasi dengan program SPSS karena nilai standar deviasi yang lebih kecil yang mengakibatkan nilai error sebenarnya juga lebih kecil, sehingga nilai kontigensi yang dihasilkan lebih kecil pula.

KESIMPULAN

Risiko dan ketidakpastian biaya sudah menjadi sifat yang biasa terjadi dalam setiap proyek konstruksi. Permasalahannya, nilai kontigensi kerap diestimasi secara subjektif atau berdasarkan pengalaman yang sebenarnya merupakan pendekatan yang kurang tepat. Oleh karena itu perlu dialokasikan kontigensi dalam estimasi biaya untuk risiko dari ketidakpastian tersebut. Dalam penelitian ini menyajikan model alokasi kontigensi berdasarkan (CVBA) yang menggunakan dua model distribusi yaitu distribusi normal dan distribusi beta pert. Alokasi yang diberikan untuk suatu item didasarkan sensitivitas item tersebut terhadap biaya total

kondisional yang diukur dari korelasi rank spearman.

Berdasarkan hasil evaluasi dan perhitungan manajemen risiko untuk alokasi biaya kontigensi Gedung kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Pacitan dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Berdasarkan harga satuan bahan dan upah maksimum-minimum serta beberapa informasi yang didapat dari wawancara, hasil perhitungan RAB minimum adalah Rp. 2.635.994.468, kemudian untuk RAB maksimum adalah Rp. 3.460.491.464, dan nilai kontrak adalah sebesar Rp. 2.830.387.327.
2. Berdasarkan perhitungan angka random simulasi Monte Carlo berbasis CVBA dengan menggunakan Microsoft Excel dan SPSS, hasil nilai kontigensi biaya yang didapat untuk risiko kenaikan biaya 10% adalah Rp 231.856.899, dan untuk risiko kenaikan biaya 15% adalah Rp 199.048.217. Sedangkan untuk hasil perhitungan menggunakan @Risk, untuk risiko kenaikan biaya 10% adalah Rp 137.813.000, dan untuk risiko kenaikan biaya 15% adalah Rp 105.281.000.
3. Berdasarkan perhitungan alokasi kontigensi dengan korelasi rank spearman menggunakan SPSS dan @Risk diperoleh hasil peringkat sensitivitasnya yang sama. Dengan urutan yang tertinggi adalah pekerjaan struktur 0,585% dan jumlah alokasi Rp135.590.670. Kemudian pekerjaan arsitektur 0,331% dengan alokasi Rp76.761.307, pekerjaan ME 0,056% dengan alokasi Rp8.808.675, pekerjaan persiapan 0,038% dengan alokasi Rp5.662.719 dan yang terakhir tanah urug 0,032% dengan alokasi Rp5.033.528.

SARAN

Setelah dilakukan perhitungan estimasi alokasi kontigensi biaya proyek menggunakan metode monte carlo dengan konsep CVBA dan *Spearman Rank Correlation*, peneliti memberikan saran sebagai untuk perusahaan konstruksi yang ingin menggunakan metode Monte Carlo dalam perhitungan estimasi biaya alokasi kontigensi

maka diharapkan pengambilan patokan nilai minimum dan maksimum adalah berdasarkan identifikasi dan penilaian risiko-risiko yang akan terjadi ketika proyek sedang dijalankan, lalu perhitungan berdasarkan harga satuan bahan yang lengkap. sehingga hasil perhitungan estimasi biaya proyek yang didapat bisa benar-benar menghindarkan perusahaan dari kerugian finansial. Selain itu penerapan hasil simulasi Monte Carlo dapat dibandingkan dengan *real cost* yang terjadi di proyek sehingga dapat diketahui batas-batas pengeluaran yang dapat dikatakan kerugian bagi perusahaan dan juga sensitivitas biaya kontigensi tiap item pekerjaan untuk hati-hati dalam pengeluaran biaya tak terduga.

Kemudian untuk pengaplikasian simulasi Monte Carlo untuk penelitian yang lebih lanjut, diharapkan dapat menambahkan lebih detail lagi faktor-faktor yang terjadi dan mempegaruhi nilai biaya kontigensi. Kemudian juga dapat menerapkan metode monte carlo untuk diaplikasikan pada penjadwalan, konsep nilai hasil dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, Sri Murni. & Djakfar, Ludfi. (2008). *Statistika Dasar Untuk Teknik Sipil*. Malang: Bargie Media.
- Djarwanto & Subagyo, Pangestu. (1981). *Statistik Induktif*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Djojowiriono, Sugeng. (1984). *Manajemen Kontruksi Kota*. Yogyakarta: Bumi Aksara.
- Fadjar, Adnan. (2011). *Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek*. Jurnal Smartek . Vol.6 no.4 Nopember 2008: 222-227.
- Hasan, M. Iqbal. (2001). *Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Husain, Abrar. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Hines, William W. (1989). *Probabilita dan statistik dalam ilmu rekayasa dan manajemen*. Jilid 2 . cetakan I. terjemahan
- Rudiansyah. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-press).
- Ibrahim, Bachtiar. (1993). *Rencana dan Estimate Real Cost*. Jakarta: Bumi Akasara.
- Mukomoko, JA. (1985). *Dasar Penyusunan Anggaran Biaya*. Jakarta: CV. Gaya Media Pratama.
- Nugraha, Paulus, Natan, Ishak. & sutjipto.,R. (1985). *Manajemen Proyek Kontruksi I*. Surabaya: Penerbit Kartika Yudha.
- Hyung, P.K.; Han, seun & Russel J.F. (2005). Cash Flow Prediction Model For General Contractors Using Moving Weights Of Cost Categories. *Journal of Management in Engineering, ASCE, 072-597X pp 164-172*.
- Rubinstein, R.Y. (1981). *Simulation and the Monte Carlo Method*. New York : Wiley & Sons.
- Soeharto, Imam. (1994). *Manajemen Proyek (Dari konseptual sampai operasional)*. Jilid 1. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Wibowo, Andreas. (2012). *Alokasi Kontigensi Conditional Variance Based Approach*. Jurnal Seminar Nasional VIII – 2012 Teknik Sipil ITS Surabaya.