

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Proyek

Proyek pada penelitian ini dikerjakan secara swakelola antara *owner* dan pihak bapak Ir. Widodo Suyadi, M.T selaku tenaga ahli dan merupakan proyek pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang yang beralamat di Jalan Simpang Candi Panggung Malang dengan nilai kontrak Rp. 2,964,500,000.00 dan masa pembangunan 180 hari. Gedung Stikes Maharani Malang terdiri dari dua lantai dengan luas bangunan 847 m².

4.2. Kuisisioner

Pada penelitian ini estimasi biaya proyek dilakukan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo dimana pada pengaplikasiannya diperlukan data harga satuan upah-bahan maksimum dan minimum. Untuk data harga satuan bahan-upah maksimum didapat dari harga kontrak proyek pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang sedangkan untuk data minimum didapat dengan wawancara dan pengisian kuisisioner oleh perusahaan konstruksi yang terkait. Kuisisioner yang harus diisi staf ahli pembangunan proyek Gedung Stikes Maharani Malang meliputi harga upah-bahan minimum yang memiliki rentang dibawah dari harga bahan-upah pada RAB penawaran kontrak. Selain itu terdapat pertanyaan-pertanyaan yang erat kaitannya dengan manajemen risiko yang dilakukan sehingga dapat terhindar dari hal-hal yang mungkin dapat terjadi dikemudian hari dan merupakan hal yang mendasari pelaksanaan simulasi Monte Carlo dalam estimasi biaya proyek Gedung Stikes Maharani Malang terdapat pula pertanyaan tentang berapa persen penurunan rencana anggaran *real* yang terjadi di proyek.

4.3. Hasil Kuisisioner

Kuisisioner pada penelitian tugas akhir ini diisi oleh staf ahli pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang. Dalam kuisisioner tersebut terdapat beberapa pertanyaan dan daftar harga satuan bahan dan upah minimum-maksimum yang digunakan dalam proses pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang.

Berdasarkan hasil kuisioner, hal-hal yang mempengaruhi rentang harga minimum-maksimum analisa harga satuan bahan dan upah dalam proyek Gedung Stikes Maharani Malang sehingga dapat terhindar dari risiko-risiko finansial yang dapat terjadi di kemudian hari adalah nilai tukar mata uang, komoditas, ekuitas, naiknya nilai harga barang, jarak antara perencanaan dan pelaksanaan dan jenis material yang tidak ada dipasaran sehingga harus dipesan terlebih dahulu. Pertanyaan lainnya adalah tentang harga sub pekerjaan yang tidak didasarkan pada analisis harga satuan bahan dan upah sehingga memerlukan pertimbangan tersendiri dalam menentukan manajemen risiko finansialnya. Berdasarkan jawaban dari staf teknik PT. Bintang Bagas Abadi, untuk meminimalisir kemungkinan kerugian yang terjadi akibat naik-turunnya nilai tika mata uang, komoditas, ekuitas dan sebagainya maka diberikan prosentase harga naik dan turun sebanyak 20-30 persen dari harga awal sub pekerjaan tersebut.

Data selanjutnya yang diisi oleh PT. Bintang Bagas Abadi adalah daftar harga satuan bahan dan upah minimum proyek Gedung Stikes Malang yang terdapat pada lampiran 1 (halaman 57). Selain serangkaian data kuisioner diatas, hasil wawancara dengan penanggung jawab perusahaan konstruksi tersebut juga menyebutkan bahwa rencana anggaran *real* turun sekitar 6,6% dari RAB kontrak.

4.4. Rencana Anggaran Biaya

Pada perhitungan estimasi biaya proyek dengan menggunakan simulasi Monte Carlo diperlukan data harga satuan bahan dan upah minimum – maksimum sehingga dilakukan pengisian data oleh perusahaan konstruksi Gedung Stikes Maharani Malang dan didapat data pada lampiran 2 (halaman 65). Untuk harga satuan bahan dan upah maksimum merupakan harga-harga yang disajikan dalam kontrak dan RAB yang digunakan dalam penelitian ini merupakan perhitungan berdasarkan daftar harga upah dan bahan ditambah dengan penurunan 6,6% sesuai dengan hasil wawancara yang dilakukan. Pada peneitian ini, tinjauan prestasi pekerjaan dilakukan pada saat proyek berjalan 25%, 50%, 75% dan 100% sehingga diperlukan perhitungan untuk masing-masing pengeluaran yang terjadi berdasarkan prosentase pekerjaan yang dilakukan di proyek yang tersaji dalam Kurva S. Hasil perhitungan prosentase pekerjaan yang dilakukan di proyek untuk 25%, 50%, 75% dan 100%

terlampir pada tabel 4.1. Selanjutnya berdasarkan hasil prosentase tersebut, data harga satuan bahan dan upah diolah dengan cara analisis yang digunakan di proyek sehingga mendapatkan harga rencana anggaran biaya (RAB) maksimum dan minimum seperti yang tercantumkan pada tabel 4.2. dan tabel 4.3.

Tabel 4.1. Daftar Prosentase Progres Rencana Pekerjaan yang akan Dilakukan di Proyek Berdasarkan Data Kurva S

NO	URAIAN PEKERJAAN	PRESTASI PEKERJAAN PADA 25%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 50%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 75%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 100%
A	LANTAI I				
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	100%	100.0%	100%	100%
II	PEKERJAAN TANAH	100%	100.0%	100%	100%
III	PEKERJAAN BETON	62%	100.0%	100%	100%
IV	PEKERJAAN PASANGAN	0%	71%	100%	100%
V	PEKERJAAN PLAFOND	0%	56%	100%	100%
VI	PEKERJAAN KERAMIK	0%	38%	100%	100%
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	0%	63%	100%	100%
VIII	PEKERJAAN PENGECETAN	0%	50%	100%	100%
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	28%	78%	100%	100%
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	0%	16%	100%	100%
B	LANTAI II				
I	PEKERJAAN TANAH	0%	0%	0%	100%
II	PEKERJAAN BETON	0%	10%	65%	100%
III	PEKERJAAN PASANGAN	0%	0%	20%	100%
IV	PEKERJAAN PLAFOND	0%	0%	0%	100%
V	PEKERJAAN KERAMIK	0%	0%	6%	100%
VI	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	0%	0%	17%	100%
VII	PEKERJAAN PENGECETAN	0%	0%	0%	100%
VIII	PEKERJAAN SANITASI AIR	0%	0%	0%	100%
IX	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	0%	0%	0%	100%

Tabel 4.2. Rencana Anggaran Biaya Minimum Berdasarkan Prosentase Pekerjaan yang Dilakukan di Proyek

NO	URAIAN PEKERJAAN	PRESTASI PEKERJAAN PADA 25%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 50%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 75%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 100%
A	LANTAI I				
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 26,410,904.80	Rp 26,410,904.80	Rp 26,410,904.80	Rp 26,410,904.80
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 19,261,461.70	Rp 19,261,461.70	Rp 19,261,461.70	Rp 19,261,461.70
III	PEKERJAAN BETON	Rp 485,546,027.92	Rp 778,118,634.49	Rp 778,118,634.49	Rp 778,118,634.49
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp -	Rp 123,691,847.56	Rp 174,632,002.76	Rp 174,632,002.76
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp -	Rp 12,183,034.73	Rp 21,755,419.16	Rp 21,755,419.16
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp -	Rp 29,055,286.46	Rp 77,480,763.90	Rp 77,480,763.90
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp -	Rp 62,016,973.49	Rp 99,068,647.74	Rp 99,068,647.74
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp -	Rp 34,006,154.04	Rp 68,012,308.08	Rp 68,012,308.08
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 20,139,423.79	Rp 56,391,837.59	Rp 72,548,356.60	Rp 72,548,356.60
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp -	Rp 11,185,238.27	Rp 68,078,139.20	Rp 68,078,139.20
B	LANTAI II				
I	PEKERJAAN TANAH	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 3,583,673.94
II	PEKERJAAN BETON	Rp -	Rp 52,443,552.60	Rp 340,883,091.89	Rp 524,435,525.99
III	PEKERJAAN PASANGAN	Rp -	Rp -	Rp 42,677,541.53	Rp 213,601,308.96
IV	PEKERJAAN PLAFOND	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 21,755,419.16
V	PEKERJAAN KERAMIK	Rp -	Rp -	Rp 4,365,754.30	Rp 77,959,898.30
VI	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp -	Rp -	Rp 21,954,888.22	Rp 131,466,396.54
VII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 77,109,807.12
VIII	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 23,088,760.20
IX	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 41,665,553.20
	JUMLAH	Rp 551,357,818.21	Rp1,204,764,925.72	Rp1,815,247,914.39	Rp2,520,032,981.85
	PEMBULATAN	Rp 551,350,000.00	Rp1,204,760,000.00	Rp1,815,240,000.00	Rp2,520,030,000.00

Tabel 4.3. Rencana Anggaran Biaya Maksimum Berdasarkan Prosentase Pekerjaan yang Dilakukan di Proyek

NO	URAIAN PEKERJAAN	PRESTASI PEKERJAAN PADA 25%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 50%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 75%	PRESTASI PEKERJAAN PADA 100%
A	LANTAI I				
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 32,536,800.00	Rp 32,536,800.00	Rp 32,536,800.00	Rp 32,536,800.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 21,678,789.50	Rp 21,678,789.50	Rp 21,678,789.50	Rp 21,678,789.50
III	PEKERJAAN BETON	Rp 573,569,600.38	Rp 919,182,051.89	Rp 919,182,051.89	Rp 919,182,051.89
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp -	Rp 139,845,702.72	Rp 197,438,518.60	Rp 197,438,518.60
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp -	Rp 14,851,256.00	Rp 26,520,100.00	Rp 26,520,100.00
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp -	Rp 33,809,758.50	Rp 90,159,356.00	Rp 90,159,356.00
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp -	Rp 75,974,814.52	Rp 121,365,518.40	Rp 121,365,518.40
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp -	Rp 41,863,162.00	Rp 83,726,324.00	Rp 83,726,324.00
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 24,619,705.52	Rp 68,936,949.21	Rp 88,687,700.00	Rp 88,687,700.00
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp -	Rp 13,655,137.30	Rp 83,111,000.00	Rp 83,111,000.00
B	LANTAI II				
I	PEKERJAAN TANAH	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 4,345,110.00
II	PEKERJAAN BETON	Rp -	Rp 61,811,782.65	Rp 401,776,587.21	Rp 618,117,826.47
III	PEKERJAAN PASANGAN	Rp -	Rp -	Rp 47,420,770.04	Rp 237,341,191.40
IV	PEKERJAAN PLAFOND	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 26,520,100.00
V	PEKERJAAN KERAMIK	Rp -	Rp -	Rp 5,068,138.66	Rp 90,502,476.00
VI	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp -	Rp -	Rp 25,999,810.73	Rp 155,687,489.40
VII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 94,925,769.71
VIII	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 26,843,200.00
IX	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 45,819,800.00
	JUMLAH	Rp 652,404,895.40	Rp1,424,146,204.29	Rp2,144,671,465.02	Rp2,964,509,121.37
	PEMBULATAN	Rp 652,400,000.00	Rp1,424,140,000.00	Rp2,144,670,000.00	Rp2,964,500,000.00

Tabel diatas memperlihatkan jenis-jenis pekerjaan yang ada pada pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang dimana meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, pekerjaan pemasangan, pekerjaan plafond, pekerjaan keramik, pekerjaan kusen dan kaca, pekerjaan pengecatan, pengerjaan sanitasi air dan pekerjaan instalasi listrik untuk masing-masing prestasi pekerjaan 25%, 50%, 75% dan 100%.

4.3. Simulasi Monte Carlo

Data yang diperlukan untuk memulai simulasi Monte Carlo adalah data rencana anggaran biaya (RAB) untuk setiap pekerjaan yang ada pada proyek Gedung Stikes Maharani Malang. Pada proyek tersebut terdapat sepuluh jenis pekerjaan yang dilaksanakan untuk dua lantai. Pekerjaan-pekerjaan tersebut adalah pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, pekerjaan pemasangan, pekerjaan plafond, pekerjaan keramik, pekerjaan kusen dan kaca, pekerjaan pengecatan, pengerjaan sanitasi air dan pekerjaan instalasi listrik.

Untuk memulai simulasi, data harga minimum-maksimum sepuluh pekerjaan yang masih terbagi dalam dua lantai dikelompokkan terlebih dahulu sehingga data yang nanti akan diolah adalah sebagaimana yang tertera pada tabel berikut. Pada tinjauan prestasi pekerjaan saat 25% proyek berjalan, RAB minimum – maksimum tertera pada tabel 4.3 berikut. Sedangkan untuk tinjauan prestasi pekerjaan pada saat 50%, 75% dan 100% tertera pada tabel 4.4, tabel 4.5, tabel 4.6 dan tabel 4.7.

Tabel 4.4. Pengelompokan RAB Minimum – Maksimum untuk tinjauan prestasi pekerjaan 25%

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA MINIMUM	JUMLAH HARGA MAKSIMUM
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 26,410,904.80	Rp 32,536,800.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 19,261,461.70	Rp 21,678,789.50
III	PEKERJAAN BETON	Rp 485,546,027.92	Rp 523,933,769.58
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp -	Rp -
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp -	Rp -
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp -	Rp -
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp -	Rp -
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp -	Rp -
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 20,139,423.79	Rp 19,892,651.11
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp -	Rp -
	JUMLAH	Rp 551,357,818.21	Rp 598,042,010.19
	PEMBULATAN	Rp 551,350,000.00	Rp 598,040,000.00

Tabel 4.5. Pengelompokan RAB Minimum – Maksimum untuk tinjauan prestasi pekerjaan 50%

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA MINIMUM	JUMLAH HARGA MAKSIMUM
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 26,410,904.80	Rp 32,536,800.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 19,261,461.70	Rp 21,678,789.50
III	PEKERJAAN BETON	Rp 830,562,187.09	Rp 980,993,834.54
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp 123,691,847.56	Rp 139,845,702.72
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp 12,183,034.73	Rp 14,851,256.00
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp 29,055,286.46	Rp 33,809,758.50
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp 62,016,973.49	Rp 75,974,814.52
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp 34,006,154.04	Rp 41,863,162.00
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 56,391,837.59	Rp 68,936,949.21
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp 11,185,238.27	Rp 13,655,137.30
	JUMLAH	Rp 1,204,764,925.72	Rp 1,424,146,204.29
	PEMBULATAN	Rp 1,204,760,000.00	Rp 1,424,140,000.00

Tabel 4.6. Pengelompokan RAB Minimum – Maksimum untuk tinjauan prestasi pekerjaan 75%

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA MINIMUM	JUMLAH HARGA MAKSIMUM
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 26,410,904.80	Rp 32,536,800.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 19,261,461.70	Rp 21,678,789.50
III	PEKERJAAN BETON	Rp 1,119,001,726.38	Rp 1,292,525,219.08
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp 217,309,544.29	Rp 244,859,288.64
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp 21,755,419.16	Rp 26,520,100.00
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp 81,846,518.20	Rp 93,779,455.04
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp 121,023,535.97	Rp 145,606,060.50
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp 68,012,308.08	Rp 83,726,324.00
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 72,548,356.60	Rp 88,687,700.00
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp 68,078,139.20	Rp 83,111,000.00
	JUMLAH	Rp 1,815,247,914.39	Rp 2,113,030,736.76
	PEMBULATAN	Rp 1,815,240,000.00	Rp 2,113,030,000.00

Tabel 4.7. Pengelompokan RAB Minimum – Maksimum untuk tinjauan prestasi pekerjaan 100%

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA MINIMUM	JUMLAH HARGA MAKSIMUM
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 26,410,904.80	Rp 32,536,800.00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 22,845,135.64	Rp 26,023,899.50
III	PEKERJAAN BETON	Rp 1,302,554,160.48	Rp 1,537,299,878.36
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp 388,233,311.73	Rp 434,779,710.00
V	PEKERJAAN PLAFOND	Rp 43,510,838.32	Rp 53,040,200.00
VI	PEKERJAAN KERAMIK	Rp 155,440,662.20	Rp 180,661,832.00
VII	PEKERJAAN KUSEN DAN KACA	Rp 230,535,044.29	Rp 277,053,007.80
VIII	PEKERJAAN PENGE CETAN	Rp 145,122,115.19	Rp 178,652,093.71
IX	PEKERJAAN SANITASI AIR	Rp 95,637,116.80	Rp 115,530,900.00
X	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	Rp 109,743,692.40	Rp 128,930,800.00
	JUMLAH	Rp 2,520,032,981.85	Rp 2,964,509,121.37
	PEMBULATAN	Rp 2,520,030,000.00	Rp 2,964,500,000.00

4.3.1. Simulasi Monte Carlo dengan Microsoft Excel

4.3.1.1. Mencari Nilai Standar Deviasi Awal dan Absolute Error

Data awal yang diinputkan dalam simulasi Monte Carlo dengan Microsoft Excel adalah RAB minimum dan maksimum yang telah dikelompokkan sebelumnya untuk selanjutnya dihitung jumlah iterasi dan nilai pada setiap iterasinya. Untuk mendapatkan jumlah iterasi yang harus dilakukan, standar deviasi awal dan *absolute error*, harus dihitung terlebih dahulu. Perhitungan standar deviasi awal dilakukan dengan persamaan 2.1. Berikut ini adalah contoh perhitungan standar deviasi untuk tinjauan prestasi pekerjaan 25%.

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum x_i^2 - n\bar{x}^2)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2-1} \{ 3.29074E + 17 - (2 \times 601.881.356,80^2) \}} \\ &= \text{Rp.}71.451.073,50\end{aligned}$$

Diketahui bahwa n adalah jumlah jenis data yang diinputkan, dalam simulasi ini diinputkan dua jenis data yaitu data minimum dan maksimum. Sehingga nilai n pada rumus diatas adalah 2. X_1^2 merupakan nilai kuadrat dari total nilai RAB minimum dan maksimum. Jumlah total RAB minimum adalah Rp.551.350.000,00 dan jumlah total RAB maksimum adalah Rp.652.400.000,00 sehingga jumlah nilai kuadrat dari kedua RAB minimum-maksimum tersebut adalah Rp. 7.29628E+17. Nilai \bar{x}^2 didapat dari penjumlahan harga total minimum dan maksimum lalu dibagi dua sehingga didapatkan hasil Rp. 601.881.356,80 dan kemudian dikuadratkan. Sehingga nilai standar deviasi awal yang di dapat adalah Rp.71.451.073,50.

Sedangkan nilai *absolute error* yang terjadi untuk tinjauan prestasi pekerjaan 25% dihitung dengan persamaan 3.1.

$$\begin{aligned}\text{Absolute error } (\epsilon) &= (\text{Relative error}).(\text{nilai yang diukur}) \\ &= 0,02 (\text{Rp.}601.881.356,80) \\ &= \text{Rp.} 12.037.627,14\end{aligned}$$

Dimana *relative error* yang diharapkan adalah sebesar 2% dan nilai yang diukur merupakan nilai rata-rata dari total nilai RAB minimum dan maksimum yaitu Rp.601.881.356,80 sehingga *absolute error* yang didapat adalah Rp. 12.037.627,14. Sehingga untuk hasil standar deviasi pada tinjauan prestasi 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Absolute Error untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%.

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi	Absolute Error
25%	Rp 71,451,073.50	Rp 12,037,627.14
50%	Rp 155,125,989.74	Rp 26,289,111.30
75%	Rp 232,937,626.54	Rp 39,599,193.79
100%	Rp 314,292,092.30	Rp 54,845,421.03

4.3.1.2.Nilai Iterasi

Untuk menghitung jumlah iterasi yang diperlukan dengan *relative error* sebesar 2% adalah dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai iterasi untuk tinjauan prestasi pekerjaan 25%.

$$\begin{aligned}
 N &= \left(\frac{3\sigma}{\varepsilon}\right)^2 \\
 &= \left(\frac{3 \times \text{Rp.}71.451.073,50}{\text{Rp.}12.037.627,14}\right)^2 \\
 &= 317 \text{ iterasi}
 \end{aligned}$$

Untuk tinjauan prestasi 25% dimana σ merupakan standar deviasi awal dengan nilai Rp.71.451.073,50 dan ε merupakan nilai *absolute error* yang sebelumnya telah dihitung yaitu Rp. 12.037.627,14 sehingga jumlah iterasi yang harus dilakukan untuk simulasi Monte Carlo pada tinjauan prestasi 25% adalah sebanyak 317 iterasi. Daftar jumlah iterasi simulasi Monte Carlo yang harus dilakukan pada tinjauan prestasi 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9. Daftar Jumlah Iterasi Simulasi Monte Carlo yang Harus Dilakukan untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%

Untuk Tinjauan Prestasi	Jumlah Iterasi
25%	317
50%	313
75%	311
100%	296

4.3.1.3. Angka Random

Jumlah iterasi yang harus dilakukan untuk setiap tinjauan prestasi pekerjaan 25%, 50%, 75% dan 100% adalah masing-masing sebanyak 317, 313, 311 dan 296 iterasi dan pada setiap iterasi harus dicari angka random antara RAB minimum dan maksimum setiap pekerjaan. Dalam proyek pembangunan Gedung Stikes Maharani Malang terdapat sepuluh pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, pekerjaan pasangan, pekerjaan plafond, pekerjaan keramik, pekerjaan kusen dan kaca, pekerjaan pengecatan, pengerjaan sanitasi air dan pekerjaan instalasi listrik. Berikut ini adalah contoh pengerjaan untuk mendapatkan angka random pada tinjauan prestasi pekerjaan 25%.

Tabel 4.10. Contoh Pengerjaan Pencarian Angka Random Untuk Tinjauan Prestasi Pekerjaan 25%

iterasi ke-	PERSIAPAN	TANAH	BETON	SANITASI AIR	TOTAL
1	31835665	19473693	503631116	18709077	573649551
2	31962368	19327311	452466187	18905291	522661157
3	30963896	20103093	503898263	18705087	573670339
4	30619628	21080148	460105318	16651377	528456471
5	30439135	21491654	517555594	18297502	587783885
6	28044016	20332112	491724767	18855477	558956372
7	30125791	19450151	516326685	16823123	582725750
8	30150638	20101360	474905508	19259284	544416790
9	29800561	20743978	479426039	17029441	547000019
10	30704616	20523053	450527469	19106524	520861662
..
..
..
317	26418578	19318074	497457537	19575988	562770177
					1.74856E+11

Angka random yang didapat adalah angka yang terletak diantara RAB minimum-maksimum pada setiap pekerjaan dengan memasukkan rumus =RANDBETWEEN (RABmin, RABmaks). Sebagai contoh pada tinjauan prestasi pekerjaan 25% nilai RAB minimum untuk pekerjaan persiapan adalah Rp.26.410.904,80 dan nilai RAB maksimum adalah Rp.32.536.800,00. Pada salah satu iterasi dengan memasukkan rumus =RANDBETWEEN (Rp.26.410.904,80, Rp.32.536.800,00) didapat nilai random sebesar Rp.31.835.665,00. Perhitungan tersebut diulang sampai didapatkan angka random pada iterasi ke 317 untuk setiap jenis pekerjaan. Hasil pencarian angka random secara lengkap tertera pada lampiran 3 (halaman 112).

4.3.1.4. Standar Deviasi Akhir dan Error Sebenarnya

Sebagai contoh, standar deviasi akhir pada tinjauan prestasi pekerjaan proyek 25% didapat dengan rumus pada persamaan 2.1 berikut:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum X_1^2 - n\bar{x}^2)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{317-1} \{ 3.29074E + 17 - (317 \times 551.595.027,5^2) \}} \\ &= \text{Rp. } 23.488.725,80\end{aligned}$$

dimana n yang digunakan adalah jumlah iterasi yaitu 317, X_1^2 merupakan nilai kuadrat dari total angka random semua jenis pekerjaan pada setiap iterasi, sebagai contoh pada iterasi ke-1, nilai X_1^2 yang didapat adalah 3.29074E+17. Nilai \bar{x} rata-rata kuadrat didapat dari penjumlahan harga total angka random 317 iterasi lalu dibagi dengan jumlah iterasi yang dilakukan sehingga didapatkan hasil Rp. 551.595.027,5 dan kemudian dikuadratkan. Sehingga nilai standar deviasi akhir yang di dapat adalah Rp. 23.488.725,80.

Nilai error sebenarnya didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 3.2 berikut:

$$\begin{aligned}\text{Error sebenarnya} &= \frac{3\sigma}{\sqrt{N}} \\ &= \frac{\text{Rp.}23.488.725,80}{\sqrt{317}} = \text{Rp.}3.957.774,82\end{aligned}$$

Dengan mengambil contoh perhitungan untuk tinjauan prestasi pekerjaan 25% dimana σ merupakan standar deviasi akhir yang sebelumnya telah dihitung yaitu Rp. 23.488.725,80 dan N merupakan jumlah iterasi yang dilakukan yaitu 317 sehingga error sebenarnya yang dapat terjadi adalah Rp.3.957.774,82. Sehingga untuk hasil standar deviasi akhir dan nilai error sebenarnya pada tinjauan prestasi 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Error Sebenarnya untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi	Error Sebenarnya
25%	Rp 23,488,725.80	Rp 3,957,774.83
50%	Rp 45,137,616.36	Rp 7,653,986.77
75%	Rp 56,411,613.81	Rp 9,596,427.45
100%	Rp 70,326,501.50	Rp 12,262,934.61

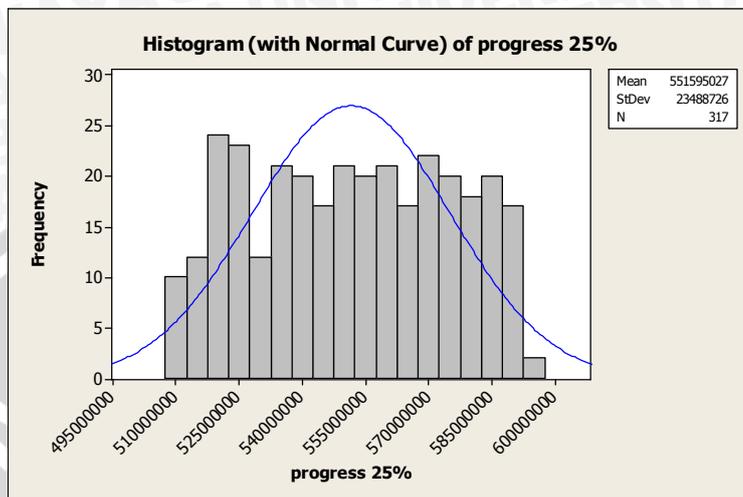
4.3.1.5. Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal

Untuk mendapatkan grafik frekuensi dan distribusi normal dari hasil iterasi simulasi Monte Carlo digunakan *software* minitab. Sehingga hasil grafik frekuensi dan distribusi normal simulasi Monte Carlo dengan excel pada setiap tinjauan pekerjaan 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada gambar-gambar berikut.

Descriptive Statistics: progress 25%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
excel 25%	317	0	551595027	23488726	508788036	552474853	593106228

Variable progress 25%



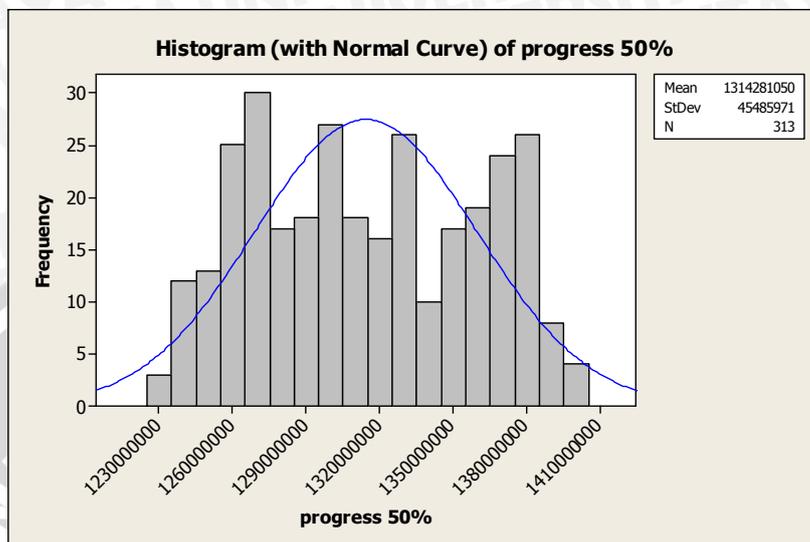
Gambar 4.1. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 25%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 25% adalah sebesar Rp. 551.595.027,00 dengan standar deviasi Rp.23.488.726,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.508,788,036.00 dan maksimum data tersebut Rp.593.106.228,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 25% adalah sebesar Rp.551.595.027,00.

Descriptive Statistics: progress 50%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
excel 50%	313	0	1314281050	45485971	1230255048	1312019623	1400006431

Variable progress 50%



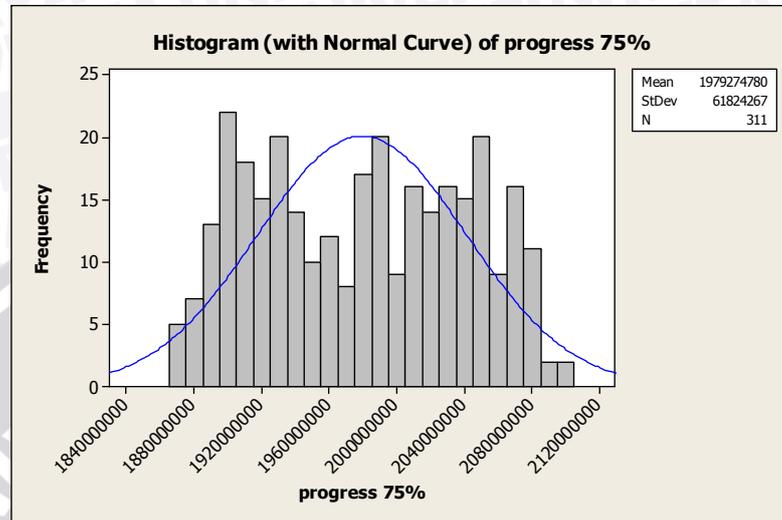
Gambar 4.2. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 50%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 50% adalah sebesar Rp. 1.314.281.050.00 dengan standar deviasi Rp.45.485.971,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.1.230.255.048,00 dan maksimum data tersebut Rp.1.400.006.431,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 50% adalah sebesar Rp.1.314.281.050.00.

Descriptive Statistics: progress 75%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
excel 75%	311	0	1979274780	61824267	1867614832	1983240438	2097774176

Variable progress 75%



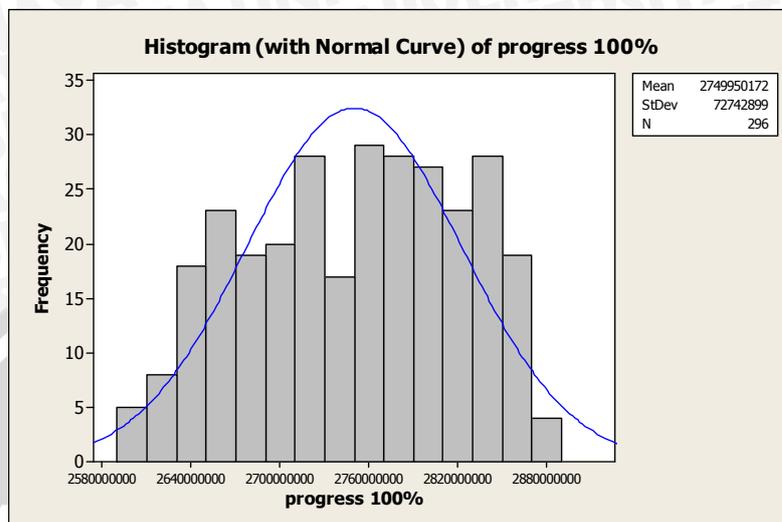
Gambar 4.3. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 75%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 75% adalah sebesar Rp.1.979.274.780,00 dengan standar deviasi Rp.61,824,267.00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.1.867.614.832,00 dan maksimum data tersebut Rp.2.097.774.176,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 75% adalah sebesar Rp.1.979.274.780,00.

Descriptive Statistics: progress 100%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
excel 100%	296	0	2749950172	72742899	2590980975	2755115367	2885653934

Variable progress 100%



Gambar 4.4. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 100%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 100% adalah sebesar Rp.2.749.950.172,00 dengan standar deviasi Rp.72.742.899,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.2.590.980.975,00 dan maksimum data tersebut Rp.2.885.653.934,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 100% adalah sebesar Rp. Rp.2.749.950.172,00.

4.3.2. Simulasi Monte Carlo dengan *software* MATLAB

Langkah awal pengerjaan simulasi Monte Carlo dengan MATLAB (Matrix Laboratory) adalah sama dengan langkah yang dilakukan pada simulasi dengan Microsoft Excel. Namun pada *software* MATLAB semua materi yang diinputkan harus dirubah terlebih dahulu dalam bentuk bahasa pemrograman termasuk semua rumus persamaan yang digunakan dalam simulasi Monte

Carlo. Berikut adalah algoritma pengerjaan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan *software* MATLAB.

Langkah awal yang harus dilakukan untuk memulai simulasi Monte Carlo dengan *software* MATLAB adalah sebagai berikut:

1. Inputkan nilai minimum dan maksimum dari RAB untuk setiap tinjauan prestasi pekerjaan.
2. Tuliskan jumlah data n yang digunakan. Jumlah data n yang dimaksud adalah 2 (dua) yang merupakan jumlah dari jenis data yang diinputkan yaitu data RAB minimum dan maksimum
3. Hitung nilai standar deviasi awal menggunakan rumus berikut:

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

4. Input persamaan rumus berikut dalam bahasa pemrograman *software* MATLAB yang disimbolkan dengan nama epsilon (ϵ) dengan nilai *relative error* 2% dan nilai yang diukur adalah rata-rata dari RAB minimum dan maksimum

$$\text{Absolute error } (\epsilon) = (\text{Relative error}) \cdot (\text{nilai yang diukur})$$

5. Hitung jumlah iterasi yang terjadi dengan menginputkan persamaan rumus:

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

6. Dapatkan angka random yang terjadi untuk setiap jenis pekerjaan yang dilakukan.
7. Hitung kembali standar deviasi akhir dengan persamaan rumus pada poin 3 dan error sebenarnya dengan persamaan rumus berikut:

$$\text{Error sebenarnya} = \frac{3\sigma}{\sqrt{N}}$$

dengan N merupakan jumlah iterasi yang terjadi dan telah dihitung dengan rumus di poin 5.

8. Analisis grafik frekuensi dan distribusi normal dari hasil total angka random pada setiap iterasi dengan menggunakan *software* MINITAB. Untuk penulisan bahasa pemrograman dari algoritma diatas untuk setiap tinjauan prestasi pekerjaan secara lengkap tersaji pada lampiran 4 (halaman 136).

Perbedaan paling mendasar pada *software* Microsoft Excel dan MATLAB (Matrix Laboratory) adalah pada MATLAB semua data dan rumus yang ingin dihitung harus diinputkan terlebih dahulu secara menyeluruh untuk kemudian diproses dan didapatkan hasil yang diharapkan.

4.3.2.2. Standar Deviasi Awal dan Absolute Error

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mendapat hasil standar deviasi pada program MATLAB seperti yang tersaji pada tabel 4.12 dimana standar deviasi awal diwakilkan oleh variabel S dengan inputan rumus sebagai berikut:

$$S = \text{sqrt}(1/(n-1) * (Jml2 - n * (Jml/n)^2));$$

Variabel Jml merupakan nilai total dari RAB minimum dan maksimum sedangkan variabel Jml2 mewakili nilai kuadrat dari total nilai RAB minimum dan maksimum. *Absolute error* diwakilkan oleh variabel epsilon dimana rumus yang diinputkan adalah:

$$\text{epsilon} = Jml/n * 0.02;$$

Nilai 0.02 merupakan angka yang mewakili *relative error* yang diinginkan yaitu 2%. Kedua rumus tersebut merupakan rumus yang diinput pada program MATLAB dan mewakili rumus pada persamaan 2.1 dan persamaan 3.1. Sehingga nilai standar deviasi awal dan *absolute error* yang didapat untuk tinjauan prestasi 25%, 50%, 75% dan 100% dengan program MATLAB tersaji dalam tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Absolute Error untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi	Absolute Error
25%	Rp 71,451,073.53	Rp 12,037,627.14
50%	Rp 155,125,989.66	Rp 26,289,111.30
75%	Rp 232,937,626.67	Rp 39,599,193.79
100%	Rp 314,292,092.42	Rp 54,845,421.02

4.3.2.3.Nilai Iterasi

Variabel yang mewakili jumlah iterasi pada simulasi Monte Carlo dengan MATLAB adalah N. rumus yang diinputkan adalah sebagai berikut:

$$N = (3*S/\epsilon)^2;$$

Dimana epsilon merupakan variabel dari nilai *absolute error* yang persamaan rumusnya telah diinputkan sebelumnya. Rumus untuk mendapatkan nilai iterasi tersebut sesuai dengan rumus pada persamaan 2.2. Dan hasil pencarian nilai iterasi untuk masing-masing tinjauan prestasi 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada tabel 4.13. berikut.

Tabel 4.13. Daftar Jumlah Iterasi Simulasi Monte Carlo yang Harus Dilakukan untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%

Untuk Tinjauan Prestasi	Jumlah Iterasi
25%	317
50%	313
75%	311
100%	296

4.3.2.4.Angka Random

Untuk mendapatkan angka random pada setiap iterasi rumus yang diinputkan pada program MATLAB adalah sebagai berikut:

$$\text{iterasi}(j) = \text{rand}() * (\text{Maks}(j) - \text{Min}(j)) + \text{Min}(j);$$

Dimana variabel j mewakili data ke-j yang diinputkan. Pada penelitian ini terdapat sepuluh jenis pekerjaan untuk masing-masing RAB minimum dan maksimum yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, pekerjaan pasangan, pekerjaan plafond, pekerjaan keramik, pekerjaan kusen dan kaca, pekerjaan pengecatan, pengerjaan sanitasi air dan pekerjaan instalasi listrik. Pada program MATLAB kesepuluh data tersebut diberi nama sesuai abjad yaitu A, B, C, D, E, F, G, H, I dan J sedangkan nilai RAB pada pekerjaan tersebut diwakilkan dengan angka yang berurutan yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10. Sehingga rumus yang diinputkan adalah seperti yang tersaji

pada tabel 4.14 berikut sedangkan hasil pencarian angka random dengan *software* MATLAB secara lengkap tertera pada lampiran 5 (halaman 138).

Tabel 4.14. Rumus Mencari Angka Random yang Diinputkan Pada Program MATLAB

```
% A = rand()*(Maks(1)-Min(1))+Min(1);
% B = rand()*(Maks(2)-Min(2))+Min(2);
% C = rand()*(Maks(3)-Min(3))+Min(3);
% D = rand()*(Maks(4)-Min(4))+Min(4);
% E = rand()*(Maks(5)-Min(5))+Min(5);
% F = rand()*(Maks(6)-Min(6))+Min(6);
% G = rand()*(Maks(7)-Min(7))+Min(7);
% H = rand()*(Maks(8)-Min(8))+Min(8);
% I = rand()*(Maks(9)-Min(9))+Min(9);
% J = rand()*(Maks(10)-Min(10))+Min(10);
Total(i) = sum(iterasi);
```

4.3.2.4. Standar Deviasi Akhir dan Error Sebenarnya

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan standar deviasi akhir merupakan rumus pada persamaan 2.1. n pada rumus tersebut adalah jumlah iterasi, X_1^2 merupakan nilai kuadrat dari total angka random semua jenis pekerjaan pada setiap iterasi dan \bar{x}^2 merupakan nilai rata-rata kuadrat dari angka random total pada setiap n iterasi. Sehingga pada program MATLAB rumus yang diinputkan adalah:

$$S_{\text{Populasi}} = \sqrt{1/(N-1) * (\text{sum}(\text{Total}.^2) - N * \text{Mean}^2)};$$

Dimana variabel S_{Populasi} mewakili standar deviasi akhir. Sedangkan rumus yang diinputkan untuk mendapatkan error sebenarnya adalah:

$$\text{Error}_{\text{Sebenarnya}} = 3 * S_{\text{Populasi}} / \sqrt{N};$$

dimana rumus tersebut mewakili rumus pada persamaan 3.1.

Hasil standar deviasi akhir dan *absolute error* tersaji dalam tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Standar Deviasi dan Error Sebenarnya untuk Setiap Tinjauan Prestasi 25%, 50%, 75% dan 100%

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi	Error Sebenarnya
25%	Rp 24,665,646.53	Rp 4,156,082.19
50%	Rp 42,368,436.68	Rp 7,184,416.90
75%	Rp 60,240,495.11	Rp 10,247,775.27
100%	Rp 70,163,222.87	Rp 12,234,463.48

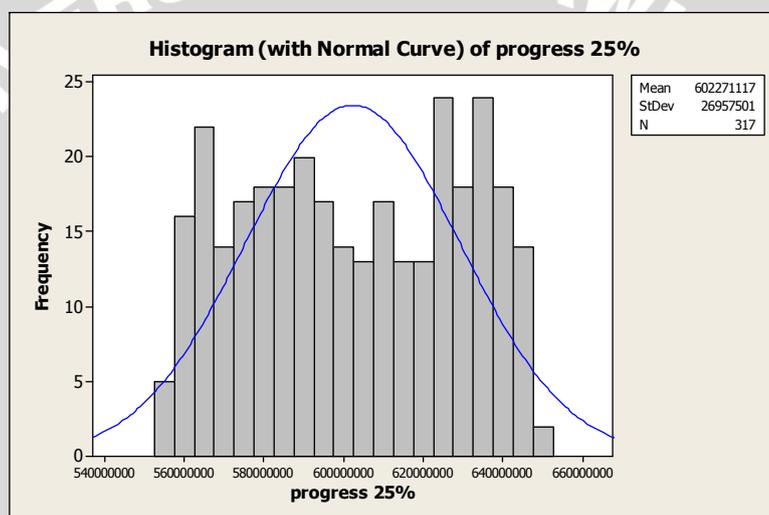
4.3.2.5. Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal

Untuk mendapatkan grafik frekuensi dan distribusi normal dari hasil iterasi simulasi Monte Carlo digunakan *software* minitab. Sehingga hasil grafik frekuensi dan distribusi normal simulasi Monte Carlo dengan MATLAB pada setiap tinjauan pekerjaan 25%, 50%, 75% dan 100% tersaji pada gambar-gambar berikut.

Descriptive Statistics: progress 25%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
MATLAB 25%	317	0	602271117	26957501	554645688	601781676	648827296

Variable progress 25%



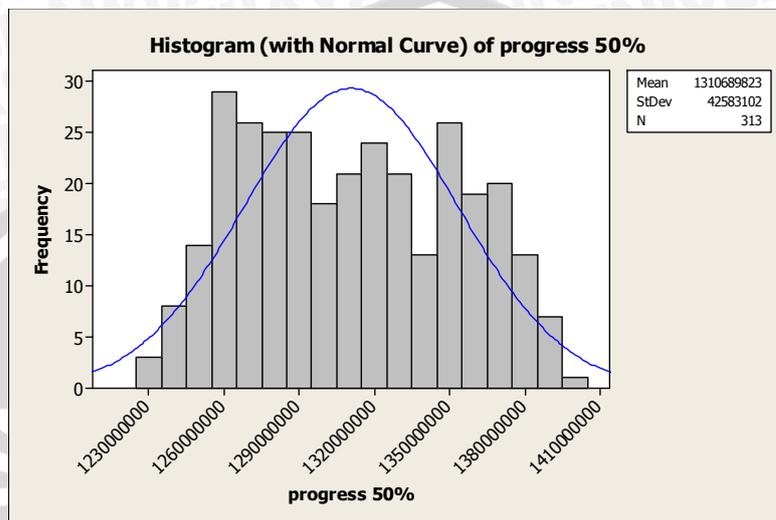
Gambar 4.5. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 25%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 25% adalah sebesar Rp.602.271.117,00 dengan standar deviasi Rp.26.957.501,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.554.645.688,00 dan maksimum data tersebut Rp.648.827.296,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 25% adalah sebesar Rp.648.827.296,00.

Descriptive Statistics: progress 50%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
MATLAB 50%	313	0	1310689823	42583102	1232180947	1308163351	1395192452

Variable	MATLAB 50%
Mean	1310689823
StDev	42583102
N	313



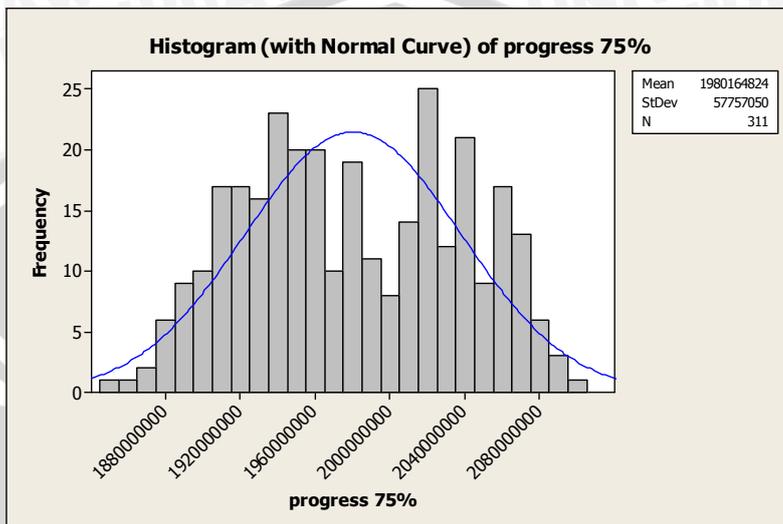
Gambar 4.6. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 50%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 50% adalah sebesar Rp.1.310.689.823,00 dengan standar deviasi Rp.42.583.102,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.1.232.180.947,00 dan maksimum data tersebut Rp.1.395.192.452,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 50% adalah sebesar Rp.1.395.192.452,00.

Descriptive Statistics: progress 75%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
MATLAB 75%	311	0	1980164824	57757050	1853793208	1977075750	2099257631

Variable progress 75%



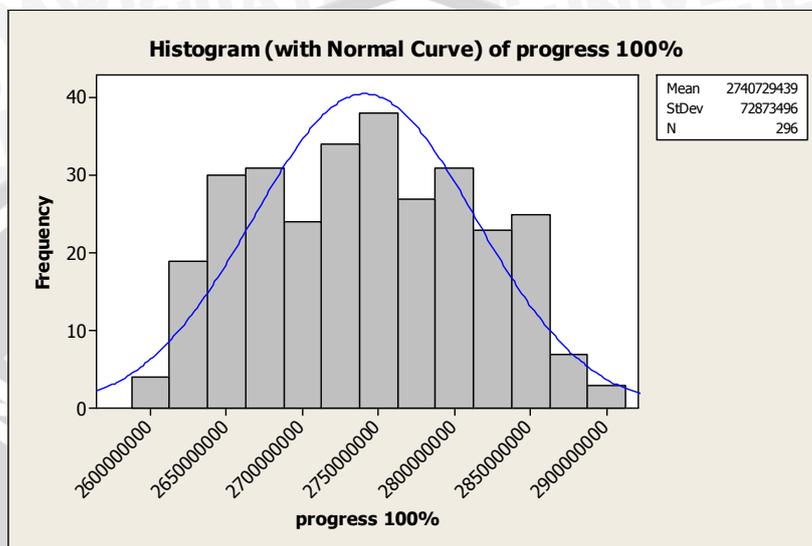
Gambar 4.7. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 75%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 75% adalah sebesar Rp.1.980.164.824,00 dengan standar deviasi Rp.57.757.050,00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.1.853.793.208,00 dan maksimum data tersebut Rp.2.099.257.631,00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 75% adalah sebesar Rp.2.099.257.631,00.

Descriptive Statistics: progress 100%

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
MATLAB 100%	296	0	2740729439	72873496	2587595762	2740952169	2906205616

Variable progress 100%



Gambar 4.8. Hasil Perhitungan, Grafik Frekuensi dan Distribusi Normal Tinjauan Prestasi 100%

Dari data diatas, dapat diperoleh beberapa hasil sebagai berikut. . Rerata biaya yang dikeluarkan proyek untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 75% adalah sebesar Rp.2.740.729.439,00 dengan standar deviasi Rp.72,873,496.00. Sedangkan nilai RAB minimum Rp.2,587,595,762.00 dan maksimum data tersebut Rp.2,906,205,616.00. Berdasarkan grafik distribusi normal data diatas peluang terbesar dana yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mencapai prestasi pekerjaan proyek sebesar 100% adalah sebesar Rp.2.740.729.439,00.

4.4. Analisis Perbedaan Hasil Simulasi Monte Carlo Pada *Software* Excel dan MATLAB

Setelah dilakukan perhitungan simulasi Monte Carlo dengan *software* excel dan MATLAB didapat beberapa perbedaan baik dari hasil standar deviasi awal, *absolute error*, pengambilan angka random hingga hasil standar deviasi akhir, error sebenarnya dan hasil distribusi normal dari angka random yang telah didapat sebelumnya. Berikut adalah analisis perbedaan hasil simulasi Monte Carlo pada *software* excel dan MATLAB. Perhitungan untuk mendapatkan standar deviasi awal, hasil yang didapat oleh kedua *software* yang digunakan dalam penelitian ini tersaji dalam tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16. Hasil Perhitungan Standar Deviasi Awal dan *Absolute Error*

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi		Absolute Error	
	EXCEL	MATLAB	EXCEL	MATLAB
25%	Rp 71,451,073.50	Rp 71,451,073.53	Rp 12,037,627.14	Rp 12,037,627.14
50%	Rp 155,125,989.74	Rp 155,125,989.66	Rp 26,289,111.30	Rp 26,289,111.30
75%	Rp 232,937,626.54	Rp 232,937,626.67	Rp 39,599,193.79	Rp 39,599,193.79
100%	Rp 314,292,092.30	Rp 314,292,092.42	Rp 54,845,421.03	Rp 54,845,421.02

Dari perhitungan diatas, tidak terdapat perbedaan yang terlalu besar antara perhitungan *software* excel dan MATLAB dengan rata-rata perbedaan yang besar dan memiliki KR (kesalahan relatif) yang mendekati 0%. Selanjutnya untuk hasil perhitungan jumlah iterasi yang tersaji dalam tabel 4.17 tidak terdapat perbedaan sama sekali.

Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Jumlah Iterasi

Untuk Tinjauan Prestasi	Jumlah Iterasi	
	EXCEL	MATLAB
25%	317	317
50%	313	313
75%	311	311
100%	296	296

Untuk hasil perhitungan angka random yang masing-masing tersaji dalam lampiran 3 dan 5 terdapat perbedaan antara kedua *software* tersebut karena terdapat perbedaan saat pengambilan nilai angka random yang melibatkan dua nilai yaitu nilai RAB minimum dan maksimum dan pengambilan angka random. Sebagai contoh pada tinjauan prestasi 25% untuk hasil sepuluh angka random pertama pada *software* excel dan MATLAB tersaji dalam tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18. Contoh Hasil Pengambilan Angka Random

Iterasi ke-	EXCEL	MATLAB
1	573649551	574006059.8
2	522661157	642472146.6
3	573670339	633141264.5
4	528456471	584392945.9
5	587783885	625529548.8
6	558956372	614978014.1
7	582725750	601781676.4
8	544416790	631558960.5
9	547000019	608741973.4
10	520861662	598728930.3

Dalam tabel diatas terlihat jelas perbedaan hasil pengambilan angka random yang dilakukan *software* excel dan MATLAB. Untuk iterasi pertama, angka random yang dikeluarkan oleh excel dalam satuan rupiah adalah 573649551 sedangkan MATLAB menyajikan 574006059,8. Perbedaan hasil angka random ini akan berpengaruh pada nilai standar deviasi akhir, error sebenarnya dan hasil grafik distribusi normal yang juga menunjukkan hasil peluang terbesar dana yang harus dikeluarkan oleh proyek, RAB minimum dan RAB maksimum untuk setiap tinjauan prestasi pekerjaan. Berikut adalah analisis perbedaan nilai standar deviasi akhir dan error sebenarnya yang didapat dari perhitungan angka random pada *software* excel dan MATLAB.

Tabel 4.19. Hasil Perhitungan Standar Deviasi Akhir dan Error Sebenarnya

Untuk Tinjauan Prestasi	Standar Deviasi		KR (%)	Error Sebenarnya		KR (%)
	EXCEL	MATLAB		EXCEL	MATLAB	
25%	Rp 23,488,725.80	Rp 24,665,646.53	4.771498	Rp 3,957,774.83	Rp 4,156,082.19	4.771498
50%	Rp 45,137,616.36	Rp 42,368,436.68	6.53595	Rp 7,653,986.77	Rp 7,184,416.90	6.53595
75%	Rp 56,411,613.81	Rp 60,240,495.11	6.355992	Rp 9,596,427.45	Rp 10,247,775.27	6.355992
100%	Rp 70,326,501.50	Rp 70,163,222.87	0.232713	Rp 12,262,934.61	Rp 12,234,463.48	0.232713

Tabel diatas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil antara nilai standar deviasi akhir dan error sebenarnya yang dilakukan oleh *software* excel dan MATLAB namun kesalahan relatif atau KR untuk tinjauan prestasi 25% mencapai angka 4,7%, untuk tinjauan prestasi 50% dan 75% KR mencapai angka 6% dan sedangkan untuk tinjauan prestasi pekerjaan 100% KR yang terjadi dibawah 1%.

Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Dari Distribusi Normal Angka Random

BIAYA	25%		KR %	50%		KR %
	EXCEL	MATLAB		EXCEL	MATLAB	
RAB Minimum	Rp.508,788,036.00	Rp.554,645,688.00	8.268	Rp.1,230,255,048.00	Rp.1,232,180,947.00	0.156
Mean / Rerata	Rp. 551,595,027.00	Rp.602,271,117.00	8.414	Rp. 1,314,281,050.00	Rp.1,310,689,823.00	0.274
RAB Maksimum	Rp.593,106,228.00.	Rp.648,827,296.00	8.588	Rp.1,400,006,431.00	Rp.1,395,192,452.00	0.345
BIAYA	75%		KR %	100%		KR %
	EXCEL	MATLAB		EXCEL	MATLAB	
RAB Minimum	Rp.1,867,614,832.00	Rp.1,853,793,208.00	0.7456	Rp.2,590,980,975.00	Rp.2,587,595,762.00	0.1308
Mean / Rerata	Rp.1,979,274,780.00	Rp.1,980,164,824.00	0.0449	Rp.2,749,950,172.00	Rp.2,740,729,439.00	0.3364
RAB Maksimum	Rp.2,097,774,176.00	Rp.2,099,257,631.00	0.0707	Rp.2,885,653,934.00	Rp.2,906,205,616.00	0.7072

Dalam tabel 4.20 tersaji hasil yang didapat dari distribusi normal pada angka random untuk setiap tinjauan prestasi pekerjaan. Untuk hasil perhitungan *software* excel dan MATLAB yang paling jauh perbedaannya adalah pada tinjauan prestasi pekerjaan 25% dengan KR mencapai angka 8%. Untuk hasil peluang dana terbesar yang dapat dikeluarkan oleh perusahaan dengan menggunakan *software* excel didapat Rp.551.595.027,00 sedangkan hasil perhitungan MATLAB adalah Rp.602.271.117,00 dan selisih antara kedua hasil tersebut adalah Rp.50.676.090,00 dengan kesalahan relatif 8,4%.

Sedangkan untuk hasil perhitungan pada tinjauan prestasi pekerjaan 50%, 75% dan 100% tidak terdapat perbedaan dan selisih yang cukup besar yaitu dibawah 1%.

