

ANALISIS BIAYA KONTINGENSI DENGAN METODE MONTE CARLO PADA STUDI KASUS PROYEK GUDANG

Rivaldi Giantara¹, Doddy Prayogo² dan Januar Budiman³

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

^{2,3} Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

¹ b21200002@john.petra.ac.id, ² prayogo@petra.ac.id, ³ jbn2500@gmail.com

ABSTRAK: Risiko ketidakpastian selalu ada pada proyek konstruksi yang dapat berdampak signifikan pada meningkatnya biaya proyek, terutama dalam segi harga material yang cenderung tidak dapat diprediksi kenaikannya. Untuk itulah diperlukan manajemen resiko untuk mengidentifikasi *item* pekerjaan dengan biaya terbesar, sehingga kontraktor dapat mengalokasikan biaya kontingensi. Untuk mengatasi risiko ini maka digunakan Monte Carlo *Simulation* dengan distribusi logistik untuk memodelkan ketidakpastian kenaikan harga material baja. Pada penelitian ini akan menggunakan studi kasus proyek gudang dimana bahan yang banyak digunakan adalah material baja. Untuk dapat memodelkan ketidakpastian harga baja, diambil data historis material baja selama 10 tahun terakhir. Setelah itu akan dilakukan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan *random variable* dari fluktuasi harga baja agar dapat ditemukan berapa biaya kontingensi bagi kontraktor. Berdasarkan hasil simulasi, kontraktor perlu biaya kontingensi sebesar 6,86% dan 8,40% dengan *degree of confidence* sebesar 85% dan 90%.

Kata kunci: manajemen risiko, distribusi logistik, Monte Carlo *Simulation*, biaya kontingensi

ABSTRACT: *The risk of uncertainty always exists in construction projects and can significantly impact on project costs, especially in terms of material prices that tend to have unpredictable increases. Hence, risk management is necessary to identify work items with the highest costs, enabling contractors to allocate contingency funds. To address this risk, Monte Carlo Simulation is employed using a logistic distribution to model the uncertainty of steel price increases. This study focuses on a warehouse project as a case study, where steel materials are extensively utilized. To model the uncertainty of steel prices, historical data of steel materials over the past 10 years are collected. Subsequently, Monte Carlo simulation is conducted using random variables representing steel price fluctuations to determine the contingency costs for the contractor. Based on the simulation results, the contractor requires contingency costs of 6,86% and 8,40% with a degree of confidence of 85% and 90%, respectively.*

Keywords: risk management, logistic distribution, Monte Carlo Simulation, contingency costs.

1. PENDAHULUAN

Perhitungan biaya kontingensi memiliki peranan besar dalam menentukan rencana anggaran biaya proyek secara akurat (Allahi et al., 2017). Hal ini disebabkan oleh sifat ketidakpastian

dalam industri konstruksi. Banyak risiko yang terjadi dalam pembangunan proyek, baik yang terprediksi maupun yang tidak terprediksi. Faktor-faktor tersebut antara lain sumber daya manusia, kondisi cuaca, material, pembayaran, perubahan desain, dan lain sebagainya. Perhitungan biaya kontingensi dapat mencegah terjadinya kerugian pada pihak kontraktor, keterlambatan pembayaran, keterlambatan jadwal pembangunan, serta perselisihan antara pemilik dan kontraktor.

Pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi memiliki jangka waktu yang panjang hingga bertahun-tahun. Jangka waktu pelaksanaan yang panjang menuntut para kontraktor untuk dapat memperkirakan kemungkinan-kemungkinan yang terjadi selama waktu pelaksanaan proyek. Salah satu yang paling sering terjadi adalah naiknya harga material. Selain itu, adanya keadaan seperti pandemi COVID-19 saat ini menjadi hambatan yang cukup besar bagi pemilik dan kontraktor proyek. Selain itu, penurunan laju ekonomi karena pandemi mengakibatkan keterlambatan pembayaran pemilik kepada kontraktor yang menyebabkan terganggunya arus kas kontraktor.

Menurut Adi dan Yunwanti (2014), keberhasilan suatu proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan mengendalikan risiko akibat adanya kondisi ketidakpastian yang terjadi selama proyek berlangsung. Pada tahap perencanaan proyek diharapkan kontraktor sudah dapat mengetahui berapa total biaya kontingensi proyek yang diperlukan dalam pelaksanaan. Baccarini, D.(2005) dalam penelitiannya yang berjudul *Estimating Project Cost Contingency – Beyond the 10% Syndrome* membandingkan metode perhitungan biaya kontingensi. Dalam penelitiannya, tertulis bahwa metode Monte Carlo memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Monte Carlo merupakan suatu metode yang mudah dimengerti, mudah digunakan, dan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi (Allahi et al., 2017). Pada penelitian ini, perhitungan Monte Carlo akan dilakukan dengan *software Oracle Crystal Ball* pada *Microsoft Excel*.

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai biaya kontingensi pada proyek sudah cukup banyak dilakukan (contoh: Adi dan Yunwanti, 2014; Akbar et al., 2017; Peginusa et al, 2020; Christin dan Sihombing, 2021). Adanya kebutuhan informasi yang lebih dari penelitian sebelumnya, peneliti merasa perlu untuk mengembangkan penelitian. Dalam penelitian ini, penulis ingin memberikan informasi mengenai estimasi biaya perencanaan pembangunan gudang secara akurat dengan metode Monte Carlo dengan menggunakan distribusi logistik. Metode ini dapat menganalisis manajemen risiko kuantitatif untuk kasus yang memiliki fenomena variabel acak seperti yang terjadi dalam pembangunan proyek. Dari metode ini akan diketahui pekerjaan mana yang memiliki biaya kontingensi terbanyak sehingga pengaturan biaya dapat lebih maksimal untuk dilakukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Risiko

The Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE) menyimpulkan bahwa risiko adalah ancaman atau peluang yang akan mempengaruhi hasil proyek (Christin dan Sihombing, 2021). Risiko yang terjadi pada proyek dapat menghambat proyek dalam mencapai target mutu, waktu, biaya, dan keselamatan. Oleh karena itu, diperlukannya

manajemen risiko. Perusahaan harus dapat memasukkan semua aspek organisasi dengan risiko yang dihadapi secara komprehensif dan responsif terhadap kemungkinan perubahan lingkungan bisnis di perusahaan.

Besar kemungkinan risiko yang akan terjadi pada proyek akan mempengaruhi jumlah biaya kontingensi yang perlu dipersiapkan. Nilai alokasi biaya kontingensi yang harus dipersiapkan tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Alokasi biaya kontingensi

<i>CONTINGENCY</i>	
Prob \geq 50%	<i>Contingency = Whole impact value</i>
20% < Prob < 50%	<i>Contingency = 50% of the impact value</i>
Prob \leq 20%	<i>Contingency = 30% of the impact value</i>

2.2. Biaya Kontingensi

Biaya kontingensi merupakan suatu biaya yang ditambahkan pada saat estimasi biaya proyek untuk mencegah terjadinya kerugian dalam proses pembangunan proyek. Menurut PMI (2013), biaya kontingensi adalah kemampuan untuk memitigasi risiko biaya. Biaya kontingensi merupakan jumlah anggaran yang dibutuhkan berdasarkan perkiraan anggaran untuk mengurangi risiko *cost overrun* proyek (PMI, 2009). Menurut Mak dan Picken (2000), Biaya Kontingensi adalah sejumlah dana yang disediakan sebagai cadangan untuk menghadapi ketidakpastian yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Penentuan besarnya biaya kontingensi didasarkan pada pendekatan statistik dari nilai suatu variabilitas yang lebih proporsional dibandingkan metode konvensional yang berdasarkan intuisi atau pengalaman yang lalu (Partawijaya, 2005 dalam Peginusa et al., 2020).

2.3. Monte Carlo Simulation

Monte Carlo *Simulation* merupakan suatu metode yang sudah teruji dalam berbagai bidang seperti keuangan, industri, sains, dan teknik sipil. Metode Monte Carlo menggunakan angka acak dan statistik probabilitas dalam menyelesaikan masalah (Geni et al., 2019). Ini menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dalam metode Monte Carlo dan distribusinya sudah dapat diketahui atau diperkirakan. Menurut Rubinstein dan Kroese (2017) metode Monte Carlo dapat memiliki tingkat *error* sebesar 0%.

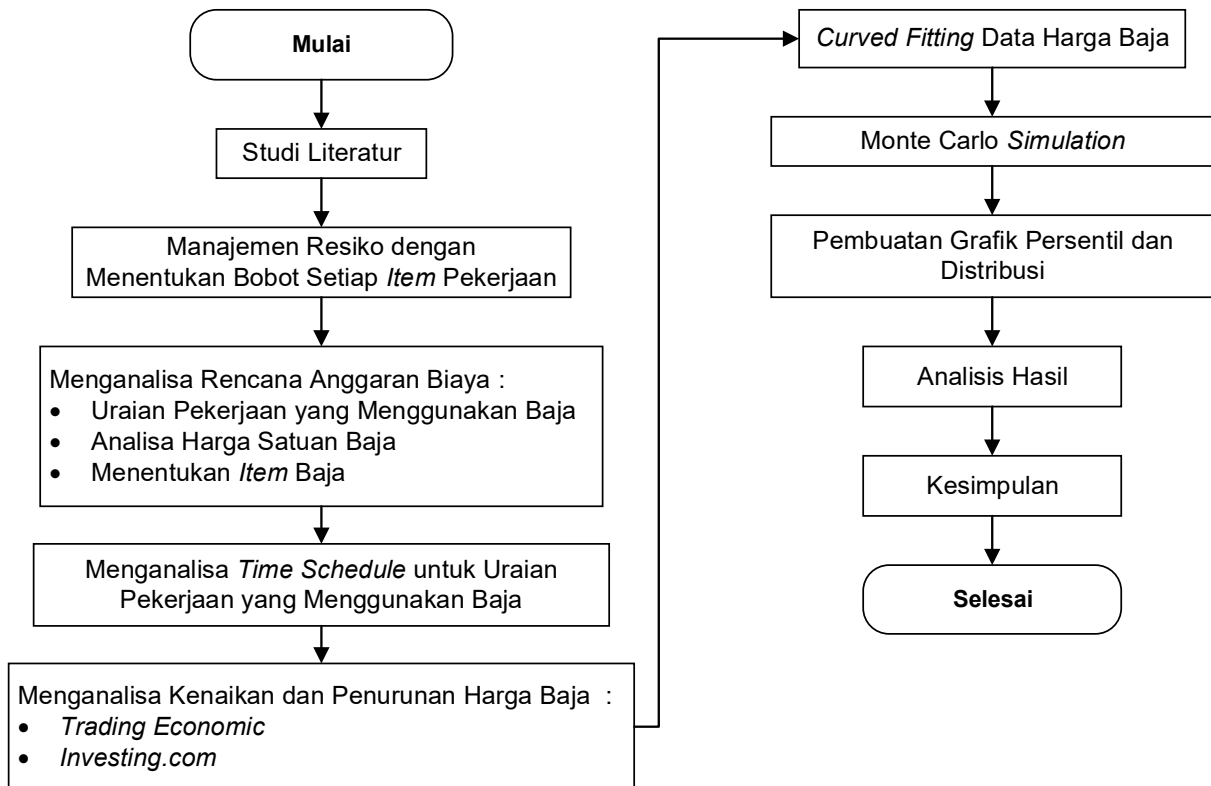
Monte Carlo digunakan dengan tujuan untuk menghitung biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Fadjar, 2008). Metode ini akan mengidentifikasi statistik distribusi yang akan digunakan sebagai sumber untuk masing-masing input parameter. Kemudian, sampel acak dari masing-masing distribusi akan mewakili nilai-nilai input variabel yang akan menghasilkan satu set dari parameter *output*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama dimulai dengan tahap studi literatur dari jurnal dan penelitian terdahulu. Hal ini bertujuan untuk dapat mengetahui teori mengenai pengaruh pasca COVID-19 terhadap studi kasus proyek gudang, bagaimana cara mengatasi masalah dalam hal biaya kontingensi untuk harga baja untuk harga probabilistik apabila dihadapkan dengan kurangnya atau tidak adanya data historis yang bisa didapatkan pada kejadian yang sejenis. Selanjutnya, dilakukan studi kasus proyek yang akan digunakan dalam penelitian.

Menganalisa RAB yang ada, dari uraian pekerjaan apa saja yang menggunakan bahan baja, kemudian analisa harga satuan agar memisahkan upah pekerja, bahan, peralatan, dan mobilisasi alat. Berhubungan dengan durasi pekerjaan yang menggunakan baja sesuai dengan uraian pekerjaan yang diambil maka diperlukan data dari *time schedule* untuk disimulasikan dengan metode Monte Carlo *Simulation*.

Data kenaikan harga baja dan kurs mata uang tersebut diambil dengan cara kuantitatif. Cara kuantitatif ini dilakukan dengan mendapatkan data historis harga yang telah ada. Data harga baja dunia diambil dari *website Trading Economics* dan *Investing.com* untuk mengambil historis untuk kurs CNY ke Rupiah agar mendekati dengan kondisi keadaan yang ada di Indonesia. Setelah seluruh data telah diperoleh dilakukannya tahap analisis dengan metode Monte Carlo *Simulation*. Hasil pengolahan data dianalisis dan ditarik menjadi kesimpulan penelitian. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka penelitian

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Gambaran Umum Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu proyek gudang yang berada di Romokalisari, Gresik. Gudang yang dibangun seluas 11.467 m². Rencana anggaran biaya (RAB) yang dianggarkan pada proyek ini adalah sebesar Rp 24.760.800.699,27. RAB studi kasus ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rencana anggaran biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Harga	Bobot
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	441.785.000	1,78%
B	PEKERJAAN BANGUNAN GUDANG		
I	Pekerjaan Tanah	452.957.605	1,83%
II	Pekerjaan Peninggian Elevasi Lantai	<i>exclude</i>	
III	Pekerjaan Tiang Pancang	787.263.200	3,18%
IV	Pekerjaan Pondasi		
	Pekerjaan Beton	313.673.644	1,27%
	Pekerjaan Tulangan Baja	458.916.262	1,85%
V	Pekerjaan Beton		
	Pekerjaan Beton	3.370.809.435	13,61%
	Pekerjaan Tulangan Baja	3.256.371.557	13,15%
VI	Pekerjaan Konstruksi Baja	8.343.721.342	33,70%
VII	Pekerjaan Atap dan <i>Cladding</i>		
	Pekerjaan Baja	1.754.456.267	7,09%
	Atap, <i>Cladding</i> & Lisplank	3.439.993.150	13,89%
VIII	Pekerjaan <i>Finishing</i>	2.140.853.240	8,65%
	Total	24.760.800.699	100%

4.2. Manajemen Risiko

Pada studi kasus yang diteliti, Agar mengetahui besar kemungkinan risiko yang akan terjadi pada proyek akan mempengaruhi jumlah biaya kontingensi yang perlu dipersiapkan. Maka diperlukan pengecekan biaya yang paling besar dengan cara menghitung melalui bobot yang ada pada RAB. Hasil dari pengecekan bobot dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alokasi biaya kontingensi pada uraian pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Bobot
Pekerjaan dengan Menggunakan <i>Item</i> Baja	55,79%
Pekerjaan <i>Finishing</i> dan Atap	22,54%
Pekerjaan dengan Menggunakan Beton dan Tiang Pancang	18,06%
Pekerjaan Persiapan dan Tanah	3,61%

Dari Tabel 3 dapat di lihat bahwa pekerjaan yang menggunakan *item* baja sangat berpengaruh dalam keseluruhan biaya proyek dengan memiliki bobot 55,79%, sehingga memerlukan biaya

kontingensi lebih besar dibandingkan dengan pekerjaan-pekerjaan yang lain seperti pekerjaan *finishing*, atap, persiapan, beton, dan tiang pancang.

4.3. Pengolahan Data pada Uraian Pekerjaan dan Durasi Pekerjaan

Pekerjaan-pekerjaan yang menggunakan *item* baja, pada RAB diklasifikasikan pada Tabel 4. Ini digunakan untuk mengetahui *item – item* pekerjaan mana saja yang menggunakan baja pada proyek yang akan berjalan. Setelah dilakukan pencatatan *item-item* baja apa saja yang dipakai, kemudian dilakukan analisa harga satuan dan mencatat durasi pekerjaan untuk sebelum dilakukan Monte Carlo *Simulation*.

Tabel 4. Uraian pekerjaan yang menggunakan baja

No	Uraian Pekerjaan	Item Baja yang Digunakan
VI	Pekerjaan Konstruksi Baja	
1	Kolom	WF 300.150.6,5.9 ; WF 346.174.6.9 ; WF 300.150.6,5.9 ; besi polos (U28) ; plat ; HTB 16
2	Rangka Atap	Castella WF 298.149.5.5,8; Castella WF 250.125.6.9; WF 298.149.5,5.8 ; WF 250.125.6.9 ; WF 150.75.5.7 ; CNP 125X50X20X2,3 ; beton polos (U28) ; M/B hitam 12
3	Rangka listplank tinggi 80 cm	CNP 75.45.15.2 ; M/B hitam 12
4	Regel tinggi 80 cm	CNP 125.50.20.2,3; M/B hitam 12; besi beton polos (U28)
5	Rangka Caldding	CNP 125.50.20.2,3; M/B hitam 12; besi beton polos (U28)
6	Plat-plat penyambung	Plat lembaran 6 mm

Setelah pencatatan *item-item* baja pekerjaan yang memakai pada proyek ini, kemudian dilakukan pencatatan durasi yang diperlukan dari uraian pekerjaan dengan melihat data pada time schedule proyek gudang tersebut. Pada Tabel 5 ditunjukkan contoh *item* baja yang dipakai, satuan, harga satuan, dan durasi pemakaian *item* baja tersebut. Tujuan dari pencatatan durasi dari pekerjaan adalah untuk menghitung kenaikan atau penurunan dari baja menggunakan Monte Carlo *Simulation*.

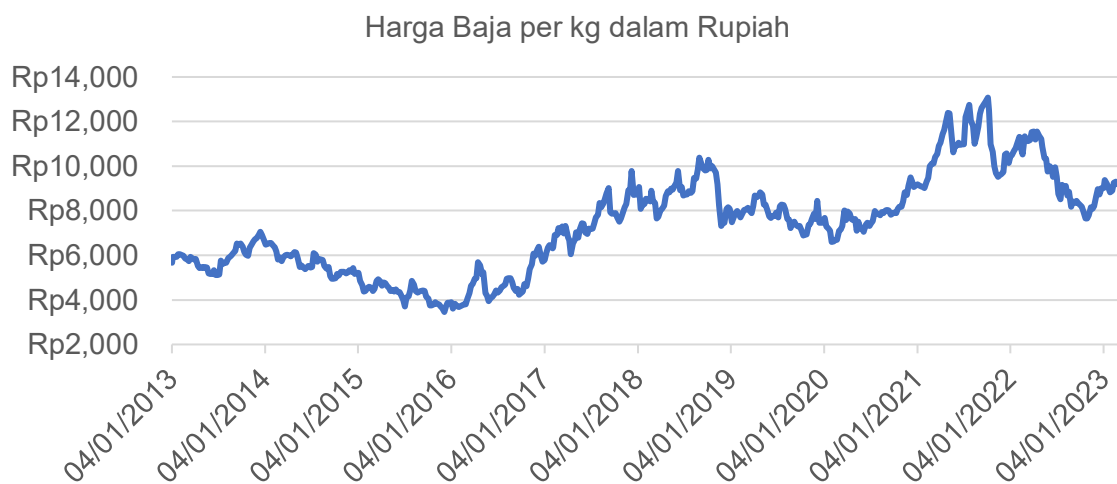
Tabel 5. Daftar Baja yang di Pakai dan Durasi Pekerjaan

No	Bahan	Satuan	Harga Satuan	Durasi (Minggu)
1	Besi Polos U28	kg	Rp 10.700,00	22
2	Besi Ulir U40	kg	Rp 10.860,00	8
3	Wiremesh M8	kg	Rp 66.000,00	23
4	WF 150. 75. 5. 7	kg	Rp 16.930,00	13
5	WF 250. 125. 6. 9	kg	Rp 16.930,00	13
6	WF 350. 150. 7. 11	kg	Rp 17.790,00	16
7	Castella WF 350.175	kg	Rp 17.790,00	11

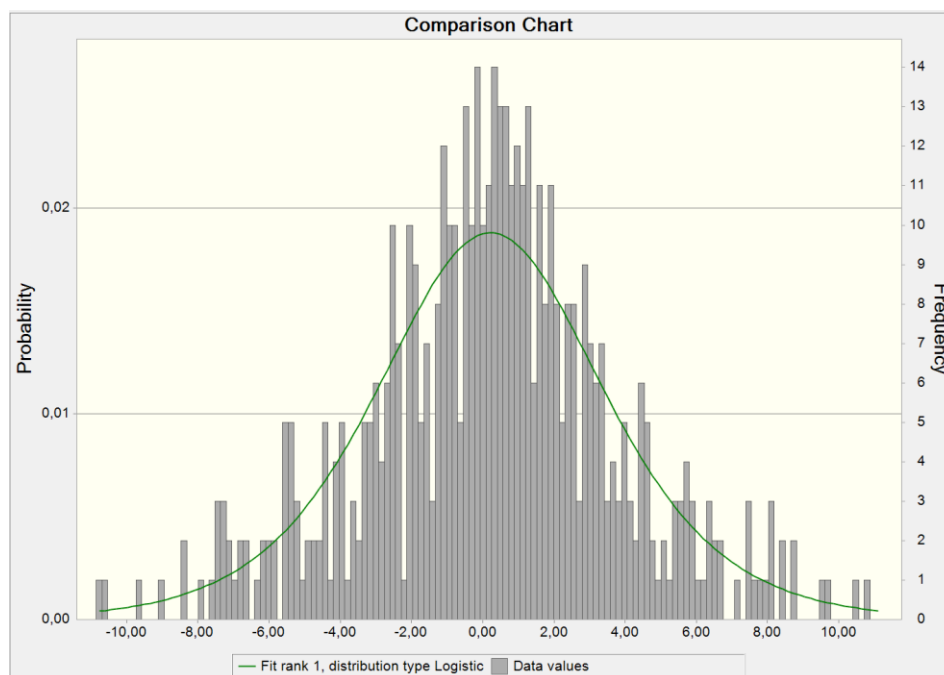
4.4. Pengolahan Data pada Fluktuasi Harga Baja

Harga satuan baja ini diambil dari *website Trading Economics* dari 10 tahun dan diambil harga dalam rentang 7 hari mulai dari Januari 2013 sampai akhir Februari 2023. Data dari *website Trading Economics* menggunakan mata uang China (CNY) karena negara China merupakan *supply* baja terbesar di dunia.

Dikarenakan studi kasus ini berada pada negara Indonesia, peneliti mengambil pendekatan dengan cara melihat kurs mata uang China (CNY) ke mata uang Indonesia (Rupiah), dengan demikian data tersebut diambil dari *website Investing.com*. Data harga baja dari *Trading Economics* dan *Investing.com* dikumpulkan, kemudian data tersebut dikombinasikan untuk mendapatkan harga baja dalam Rupiah. Gambar 2 merupakan grafik harga baja dalam Rupiah, dan Gambar 3 menunjukkan persebaran distribusi fluktuasi harga baja dalam Rupiah.



Gambar 2. Grafik harga baja per kg dalam Rupiah



Gambar 3. Persebaran distribusi harga baja per kg dalam Rupiah
(*output* dari program *Oracle Crystal Ball*)

4.5. Curved Fitting Menggunakan Oracle Crystal Ball

Dari pengolahan data fluktuasi harga baja yang ada, setelah itu dilakukan *curved fitting* dengan bantuan *adds-in Oracle Crystal Ball* pada *Microsoft Excel* untuk mengetahui distribusi yang sesuai dengan data tersebut. Pada Gambar 5 dengan menggunakan Anderson-Darling (A-D) dan Kolmogorov-Smirnov (K-S).

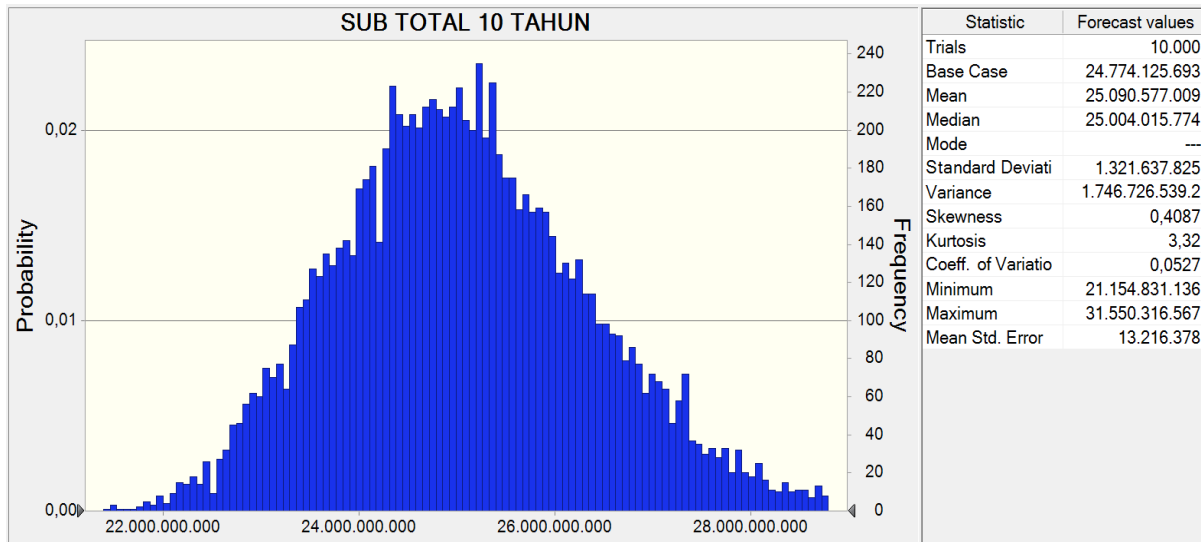
Ranked by: Anderson-Darling				Ranked by: Kolmogorov-Smirnov			
Distribution	A-D	P-Value	Parameters	Distribution	K-S	P-Value	Parameters
Logistic	,8613	0,013	Mean=0.22;Scale=2.11	Logistic	,0380	0,019	Mean=0.22;Scale=2.11
Student's t	1,2129	---	Midpoint=0.17;Scale=3.	Student's t	,0481	---	Midpoint=0.17;Scale=3.
Normal	3,3018	0,000	Mean=0.17;Std. Dev.=3	Normal	,0640	0,000	Mean=0.17;Std. Dev.=3
Lognormal	3,3025	0,000	Location=-39553.92;Me	Lognormal	,0641	0,000	Location=-39553.92;Me
Beta	3,3719	---	Minimum=-55.58;Maxi	Beta	,0644	---	Minimum=-55.58;Maxi
Gamma	3,5057	0,000	Location=-124.71;Scale	Weibull	,0675	0,000	Location=-15.59;Scale=
Weibull	4,1092	0,000	Location=-15.59;Scale=	Gamma	,0680	0,000	Location=-124.71;Scale
Min Extreme	13,7975	0,000	Likeliest=2.12;Scale=4.	Min Extreme	,1105	0,000	Likeliest=2.12;Scale=4.
Max Extreme	19,6492	0,000	Likeliest=-1.83;Scale=4	Max Extreme	,1191	0,000	Likeliest=-1.83;Scale=4
BetaPERT	39,3776	---	Minimum=-19.07;Likelie	BetaPERT	,1717	---	Minimum=-19.07;Likelie
Triangular	47,3932	---	Minimum=-19.07;Likelie	Triangular	,2188	---	Minimum=-19.07;Likelie
Uniform	96,8157	0,000	Minimum=-18.12;Maxi	Uniform	,3205	0,000	Minimum=-18.12;Maxi
Pareto	---	---	No Fit	Pareto	---	---	No Fit
Exponential	---	---	No Fit	Exponential	---	---	No Fit

Gambar 4. *Curved fitting* menggunakan metode Anderson-Darling dan Kolmogorov-Smirnov
(*output* dari program *Oracle Crystal Ball*)

Dari Gambar 4 menunjukkan urutan probabilitas distribusi yang sesuai dengan data yang ada. Dari dua pengujian *curved fitting* menunjukkan bahwa dari A-D dan K-S menunjukkan probabilitas distribusi yang sesuai adalah distribusi logistik dengan rata-rata kenaikan harga baja 0,22% dengan *scale* sebesar 2,11%.

4.6. Hasil Simulasi Menggunakan Monte Carlo

Simulasi fluktuasi harga material baja dengan Monte Carlo dijalankan sebanyak 10.000 kali dengan data mengikuti distribusi logistik dengan rata-rata kenaikan harga baja 0,17% dengan standar deviasi 3,94% . Gambar 5 menunjukkan hasil distribusi dari 10.000 kali harga total proyek. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata dari RAB tersebut sebesar Rp 24.974.271.121 dengan kenaikan 0,86% dan dengan standar deviasi sebesar Rp 923.666.795 dengan kenaikan atau penurunan 3,73%.



Gambar 5. Distribusi data harga proyek setelah simulasi fluktuasi harga baja dijalankan

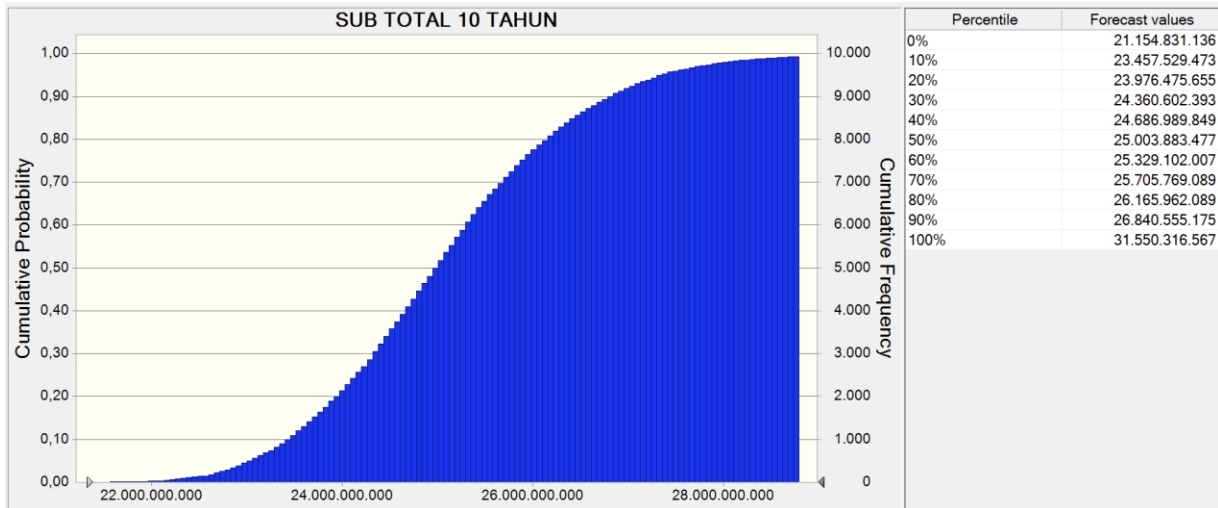
Dari hasil *run* dengan 10.000 simulasi dengan distribusi logistik dapat diambil dari tingkat kepercayaan atau persentil dari kontraktor tersebut dapat di lihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil persentil dan harga total dari rencana anggaran biaya akibat baja

Persentil	Harga Total	Fluktuasi Akibat <i>Item</i> Baja (%)
1,0%	Rp 22.412.738.749	-9,48%
20,0%	Rp 23.976.475.655	-3,17%
40,0%	Rp 24.686.989.849	-0,30%
42,4%	Rp 24.760.800.699	0,00%
60,0%	Rp 25.329.102.007	2,30%
80,0%	Rp 26.165.962.089	5,67%
85,0%	Rp 26.458.900.170	6,86%
90,0%	Rp 26.840.555.175	8,40%
95,0%	Rp 27.366.934.004	10,53%
99,0%	Rp 28.647.555.573	15,70%

Persentil tersebut dapat disama artikan dengan *degree of confidence* atau seberapa konservatif kontraktor terhadap kenaikan harga baja selama proyek tersebut berjalan. Jika persentil tersebut semakin besar menunjukkan kontraktor semakin konservatif karena mengambil biaya kontingensi yang semakin besar juga dari data historis yang ada. Pada Tabel 6 dapat dilihat jika kontraktor mengambil data dari persentil 1% atau agresif maka kontraktor yakin harga baja mengalami penurunan sebesar 9,48%, jika kontraktor mengambil persentil 42,4% menunjukkan bahwa kontraktor yakin tidak mungkin adanya kenaikan harga baja pada saat proyek berlangsung sampai selesai, dan jika mengambil data persentil 99% menunjukkan kontraktor yakin harga baja mengalami kenaikan sebesar 9,48%.

Dari Gambar 6 menunjukkan jika tingkat kepercayaan diri kontraktor secara keseluruhan untuk mengantisipasi kejadian yang akan datang dengan memberikan biaya kontingensi sebesar sekian persen, agar proyek tersebut terhindar dari kerugian-kerugian yang akan terjadi.



Gambar 6. Kumulatif distribusi dari harga total proyek akibat baja setelah simulasi

5. KESIMPULAN

Model perencanaan biaya kontingensi akibat baja yang dihasilkan menggunakan Monte Carlo *Simulation* menghasilkan total biaya kontingensi dalam bentuk distribusi probabilistik sehingga memiliki *mean* dan standar deviasi yang dapat memprediksi beberapa risiko yang bisa terjadi di kemudian hari. Dengan menggunakan data kuantitatif dari data historis yang ada, kontraktor dapat memprediksi biaya kontingensi *item* baja yang diperlukan meskipun dikemudian hari terdapat wabah secara global. Dari data kuantitatif kenaikan harga baja, probabilitas distribusi logistik merupakan yang paling sesuai dengan kenaikan harga baja karena memiliki fenomena kenaikan atau penurunan harga yang sangat ekstrim dan jarang terjadi. Dari hasil simulasi, kontraktor perlu biaya kontingensi untuk material baja sebesar 6,86% dan 8,40% dengan *degree of confidence* sebesar 85% dan 90%. Dengan adanya Monte Carlo *Simulation* ini memudahkan kontraktor untuk memiliki lebih banyak pilihan untuk menambahkan biaya kontingensi berdasarkan profil risiko dari kontraktor tersebut. Semakin konservatif kontraktor maka semakin besar juga biaya kontingensi yang perlu disediakan.

6. DAFTAR REFERENSI

- Adi,T.J.W., & Yunwanti, S. (2014). "Pemodelan Biaya Kontingensi Berbasis Risiko Pada Proyek Engineering-Procurement-Construction". *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya*, 4(1),50-57.
- Akbar, M., Wijatmiko,I., & Suryo, E.A. (2017). "Penerapan Monte Carlo untuk Alokasi Kontingensi Biaya pada Pembangunan Gedung Kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kecamatan Pacitan". *Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 1(1),365-385.

- Allahi, F., Cassettari, L., & Mosca, M. (2017). "Stochastic Risk Analysis and Cost Contingency Allocation Approach for Construction Projects Applying Monte Carlo Simulation". *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1, 385-391. http://www.iaeng.org/publication/WCE2017/WCE2017_pp385-391.pdf
- Baccarini, D. (2005). "Estimating Project Cost Contingency-Beyond The 10% Syndrome". In *the Australian Institute of Project Management National Conference*. <http://hdl.handle.net/20.500.11937/31110>
- Christin, B., & Sihombing, L. B. (2021). "Identifikasi Risiko Biaya Kontingensi Proyek". *Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRIMS) Proceeding 2021*, 9-16.
- Fadjar, A. (2008). "Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek". *SMARTek*, 6(4), 222-227.
- Geni, B.Y., Santony, J., & Sumijan. (2019). "Prediksi Pendapatan Terbesar pada Penjualan Produk Cat dengan Menggunakan Metode Monte Carlo". *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 1(4), 15-20.
- Mak, S., & Picken, D. (2000). "Using Risk Analysis to Determine Construction Project Contingencies". *Journal of Construction Engineering and Management*, 130-136
- Peginusa, S.S., Willar, D., & Manoppo, F.J.(2020). "Model Estimasi Biaya Kontingensi Berbasis Risiko pada Proyek Normalisasi Sungai di Daerah Perkotaan". *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10 (1), 35-46.
- PMI (Project Management Institute). (2009). *Practice Standard for Project Risk Management* (4th ed). Newtown Square, PA : PMI
- PMI (Project Management Institute). (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (5th ed). Newtown Square, PA : PMI
- Rubinstein, R.Y., & Kroese, D.P. (2017). *Simulation and the Monte Carlo Method* (3rd ed.). John Wiley & Sons, inc.