

Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Pengurusan Projek untuk Industri Pembinaan

Nurul Sal Sabila Mat Jusoh¹, Rozlin Zainal^{1,2,*}, Mohd Hilmi Izwan Abd Rahim^{1,2} & Sharifah Meryam Shareh Musa^{1,2}

¹Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400 Johor, MALAYSIA

² Centre of Project, Property and Facilities Management (ProFM^s), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400 Johor, MALAYSIA

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2023.04.01.066>

Received 31 March 2023; Accepted 30 April 2023; Available online 1 June 2023

Abstract: Nowadays, risk management is important to address as the rapid development of science and technology has resulted in the state of the industrial world and among them is the unpredictable and complex construction industry. Risk management in construction has various limitations that have a significant impact on the overall performance of the project. Monte Carlo simulation is a popular method used in different risk scopes, such as risk assessment and risk modelling. Although this Monte Carlo Simulation method is clearly documented in the standards of the Project Management Institute (PMI), it is not fully used in the real world of the construction industry. Therefore, the objective of this study is to identify the main level of understanding of Monte Carlo Simulation application and identify the main problems of Monte Carlo Simulation application use in risk assessment for construction project management. This research uses a quantitative method through the distribution of questionnaires to the respondents which are 70 G7 contractors (32% feedback) in Johor Bahru. Data analysis is through the use of descriptive statistical methods using the Statistical Package of Social Science (SPSS) software. The study found that the main level of understanding of Monte Carlo Simulation is to measure the potential impact of risk on the project while the main problems with the use of Monte Carlo Simulation is that simulation activities require computer power. In conclusion, this study can help contractors identify the best way that can be applied directly through the problems encountered when using the Monte Carlo Simulation method to assess the risk of large-scale construction projects.

Keywords: Contractor, Construction, Project management, Risk Assessment, Monte Carlo Simulation

Abstrak: Pengurusan risiko pada masa kini adalah penting untuk ditangani kerana perkembangan pesat sains dan teknologi mengakibatkan keadaan dunia perindustrian dan antaranya adalah industri pembinaan yang tidak dapat diramalkan dan rumit. Pengurusan risiko dalam pembinaan mempunyai pelbagai batasan yang memberi kesan besar kepada prestasi keseluruhan projek. Simulasi Monte Carlo merupakan kaedah yang popular yang digunakan dalam skop risiko yang berbeza, seperti penilaian risiko dan pemodelan risiko. Walaupun kaedah Simulasi Monte Carlo ini didokumenkan dengan jelas dalam piawaian Institut Pengurusan Projek (PMI), namun ia tidak digunakan dengan sepenuhnya dalam dunia realiti industri pembinaan. Oleh itu, objektif kajian ini adalah mengenalpasti tahap pemahaman utama aplikasi Simulasi Monte Carlo dan mengenalpasti masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam penilaian risiko pengurusan projek pembinaan. Penyelidikan ini menggunakan kaedah kuantitatif melalui pengedaran borang soal selidik kepada responden iaitu seramai 70 kontraktor G7 (32% maklumbalas) di Johor Bahru. Analisis data adalah melalui penggunaan kaedah statistik diskriptif dengan menggunakan perisian *Statistical Package of Social Science* (SPSS). Kajian mendapati tahap pemahaman utama simulasi monte carlo ialah mengukur potensi kesan risiko ke atas projek manakala masalah-masalah utama penggunaan Simulasi Monte Carlo ialah aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer. Kesimpulannya, kajian ini dapat membantu kontraktor mengenalpasti cara terbaik yang dapat diaplikasikan secara langsung melalui masalah yang dihadapi semasa menggunakan kaedah Simulasi Monte Carlo terhadap penilaian risiko projek pembinaan berskala besar.

Kata kunci: Kontraktor, Pembinaan, Pengurusan Projek, Penilaian Risiko, Simulasi Monte Carlo

1. Pengenalan

Industri pembinaan di Malaysia merupakan salah satu industri yang paling mencabar dan dinamik. Kajian menunjukkan bahawa industri pembinaan tertakluk kepada lebih banyak risiko dan ketidakpastian berbanding industri lain (Hamzah *et al.*, 2015). Dalam projek pembinaan, pengurusan risiko adalah bahagian penting yang bertujuan untuk mengenal pasti potensi cabaran yang dikaitkan dengan projek dan bertindak balas terhadap risiko tersebut untuk mengurangkannya ke tahap yang boleh diterima. Kebiasaannya, risiko yang berlaku dalam projek pembinaan akan menyebabkan ketidakupayaan untuk mencapai objektif projek yang dikehendaki (Hamzah *et al.*, 2015). Salah satu kaedah yang boleh memberikan bantuan penting dalam proses menganalisis risiko dan penjadualan adalah dengan melalui penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo. Dalam proses yang tidak dapat diramalkan dengan mudah disebabkan oleh campur tangan pembolehubah rawak, Simulasi Monte Carlo digunakan untuk memodelkan kebarangkalian hasil yang berbeza. Teknik yang digunakan adalah untuk memahami kesan risiko dan ketidakpastian dalam model jangkaan dan ramalan (Kenton, 2021).

2. Kajian Literatur

2.1 Konsep

(a) Simulasi Monte Carlo

Kaedah Monte Carlo atau juga dikenali sebagai simulasi statistik dan persampelan rawak ialah kaedah simulasi stokastik berdasarkan kebarangkalian. Aplikasi kaedah Monte Carlo menjadi semakin meluas dengan perkembangan teknologi komputer yang berterusan. Pada masa ini, kaedah Monte Carlo digunakan terutamanya untuk menyelesaikan dua jenis masalah, iaitu rawak dan kepastian (Roy & Roy,

2017). Penggunaannya amat disyorkan untuk penilaian ketidakpastian kerana ia adalah alat yang cekap dalam penjana anggaran. Hal ini kerana ia boleh menyediakan satu siri maklumat berharga yang dijana daripada pelbagai kombinasi peristiwa yang ditetapkan sebagai pembolehubah input dalam simulasi, serta keputusan masing-masing dalam projek (Laudares, 2019).

(b) Cara Penggunaan Simulasi Monte Carlo

Lorance & Robert (2001) telah mengenal pasti langkah-langkah Simulasi Monte Carlo adalah merangkumi:

- i. mentakrifkan sumber modal dengan membangunkan model deterministik anggaran,
- ii. mengenal pasti ketidakpastian dalam anggaran dengan menyatakan nilai yang mungkin bagi pembolehubah dalam anggaran dengan julat kebarangkalian (taburan kebarangkalian),
- iii. menganalisis anggaran dengan simulasi, dan
- iv. membuat keputusan berdasarkan keputusan analisis Monte Carlo.

(c) Kepentingan Simulasi Monte Carlo

Menurut Kroese *et al.*, (2014), telah mengenalpasti kepentingan kaedah Simulasi Monte Carlo yang merangkumi beberapa aspek iaitu:

(i) Penggunaannya yang Mudah dan Cepak.

Algoritma Monte Carlo cenderung mudah, fleksibel dan berskala. Apabila digunakan pada sistem fizikal, teknik Monte Carlo boleh mengurangkan model yang kompleks kepada satu set peristiwa asas dan interaksi, membuka kemungkinan untuk mengekod tingkah laku model melalui satu set peraturan yang boleh dilaksanakan dengan cekap pada komputer. Ini seterusnya membolehkan model yang lebih umum dilaksanakan dan dikaji pada komputer daripada yang mungkin menggunakan kaedah analitik.

(ii) Kekuatan Rawak

Rawak sedia ada menggunakan Kaedah Monte Carlo (MCM) bukan sahaja penting untuk simulasi sistem rawak kehidupan sebenar, ia juga memberi manfaat besar untuk pengiraan berangka deterministik. Sebagai contoh, apabila digunakan untuk pengoptimuman rawak, rawak membenarkan algoritma stokastik secara semula jadi melarikan diri dari optima tempatan, membolehkan penerokaan ruang carian yang lebih baik dan kualiti yang biasanya tidak dikongsi oleh rakan sejawatannya yang menentukan.

(iii) Cerapan Rawak

Kaedah Monte Carlo mempunyai nilai didaktik yang hebat sebagai alat untuk meneroka dan memahami gelagat sistem dan data rawak. Aspek penting untuk memahami kebarangkalian dan statistik dengan betul adalah dengan benar-benar menjalankan eksperimen rawak pada komputer dan memerhatikan hasil eksperimen ini iaitu dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Di samping itu, statistik moden semakin bergantung pada alat pengiraan seperti pensampelan semula dan Rantaian Markov Monte Carlo (MCMC) untuk menganalisis set data yang sangat besar dan berdimensi tinggi.

(iv) Justifikasi Teori

Terdapat satu badan yang luas dan berkembang pesat terhadap pengetahuan matematik dan statistik yang menyokong teknik Monte Carlo, yang juga membenarkan, sebagai contoh, pernyataan tepat tentang ketepatan penganggar Monte Carlo tertentu (contohnya, penumpuan punca kuasa dua) atau kecekapan Monte Algoritma Carlo. Kebanyakan penyelidikan semasa dalam teknik Monte Carlo ditumpukan untuk mencari set peraturan atau pengekodan peristiwa yang dipertingkatkan untuk meningkatkan kecekapan pengiraan bagi masalah pensampelan, anggaran dan pengoptimuman yang sukar.

(d) Faedah Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Projek Pembinaan

(i) Membantu dalam Memahami dan Mengukur Potensi Kesan Risiko ke Atas Projek

Menurut Kwak & Ingall (2007), kelebihan utama menggunakan simulasi Monte Carlo ialah ia merupakan alat yang berkuasa untuk membantu peserta projek memahami dan mengukur potensi kesan risiko ke atas sesuatu projek. Menurut Munier (2014), banyak lelaran yang dijalankan dalam simulasi Monte Carlo menjadikan output lebih tepat berbanding kaedah lain yang hanya mempertimbangkan salah satu daripada kemungkinan scenario.

(ii) Membangunkan Jadual dengan Pelan Pelaksanaan yang Realistik

Analisis Monte Carlo boleh mengenal pasti jika rancangan pelaksanaan jadual menjadi tidak realistik. Dengan mengukur kebarangkalian untuk mencapai tarikh tamat, ia memberikan bukti betapa agresif atau sukarnya ia akan dicapai. Analisis Monte-Carlo menyediakan cara untuk mengukur apa yang dimaksudkan dengan agresif dan apa yang boleh dipersetujui sebagai realistik. Dengan mengenal pasti jika jadual menjadi tidak realistik, ia memberi peluang untuk menukar pelan pelaksanaan atau logik jadual untuk menjadikan pelan pelaksanaan lebih realistik dan meningkatkan peluang kejayaan projek (Verschoor, 2005).

(iii) Membangunkan Pembayaran yang boleh Dicapai dalam Jadual Projek

Analisis jadual Monte-Carlo juga boleh digunakan untuk membangunkan realistik atau pencapaian pembayaran yang boleh dicapai dalam jadual. Implikasi kos percubaan untuk mencapai jadual yang tidak realistik boleh menjadi penting. Jika jadual mempunyai kebarangkalian rendah untuk dipenuhi, ia sepatutnya menjadi pencetus untuk menambah kos tambahan dalam anggaran untuk kos mencuba jadual kebarangkalian rendah. Pengenalpastian pencapaian jadual yang realistik boleh memberi manfaat langsung kepada kedua-dua pemilik dalam kredibiliti kepada pemegang saham dan kontraktor dalam insentif keuntungan (Verschoor, 2005).

(iv) Penjelasan antara Pihak

Analisis Monte-Carlo boleh mengenal pasti jadual yang kedua-dua pihak sama ada boleh bersetuju atau tidak bersetuju, berdasarkan berapa banyak risiko yang terlibat dalam memenuhi tarikh tamat. Melalui aplikasi analisis Monte-Carlo, ia boleh membantu menyelaraskan kedua-dua pihak atau sekurang-kurangnya mengenal pasti risiko yang berkaitan dengan jadual yang diberikan supaya kedua-dua pihak boleh meneruskan projek dengan mengetahui risiko meneruskannya. (Verschoor, 2005).

(v) Mengelakkan Tuntutan Ganti Rugi seperti Kerosakan

Mengenal pasti risiko kepada jadual melalui aplikasi awal analisis Monte-Carlo boleh membantu mengelakkan tuntutan dan kemungkinan kerosakan. Pengenalpastian masalah yang berpotensi pada jadual, memberikan semua pihak pilihan tentang cara untuk meneruskan. Semua pilihan mungkin tidak memberi manfaat kepada kedua-dua pihak, tetapi sekurang-kurangnya, analisis Monte Carlo boleh memberikan maklumat untuk membuat keputusan termaklum di kedua-dua pihak untuk mengelakkan kemungkinan tuntutan atau ganti rugi (Verschoor, 2005).

2.2 Masalah-masalah Utama Penggunaan Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Pengurusan Projek Pembinaan

(a) Hasil Simulasi yang Tidak Tepat

Teknik ini bukan proses pengoptimuman dan tidak menghasilkan jawapan tetapi hanya menghasilkan satu set pengeluaran daripada sistem di bawah pelbagai keadaan yang berbeza. Dalam banyak kes, ketepatan adalah sukar untuk diukur (Okta *et al.*, 2020). Monte Carlo boleh berfungsi sebagai alat yang sangat berkuasa, tetapi hanya selagi model dan maklumat yang digunakan

mencerminkan situasi sebenar di lapangan. Dalam kes di mana rangkaian projek atau model yang digunakan menyimpang daripada realiti, keputusan simulasi akan menjadi tidak tepat dan kurang digunakan oleh pasukan projek (Avlijas, 2019).

(b) Model Perisian Teknologi Simulasi Sangat Mahal

Model simulasi yang baik boleh menjadi sangat mahal, dan selalunya mengambil masa bertahun-tahun untuk membangunkan model yang sesuai (Okta *et al.*, 2020). Menurut Braten (2019) dalam kajiannya pula, adalah sukar bagi perunding untuk meyakinkan pelanggan mereka bahawa kos tambahan untuk melaksanakan Simulasi Monte Carlo boleh memberi manfaat kepada hasil projek.

(c) Tidak Semua Situasi Boleh Dinilai dengan Simulasi

Semua situasi tidak semestinya dapat dinilai dengan simulasi, hanya situasi yang mengandungi ketidakpastian boleh dinilai melalui simulasi. Hal ini kerana tanpa komponen rawak semua eksperimen simulasi akan menghasilkan jawapan yang sama (Okta *et al.*, 2020). Walaupun kaedah Simulasi Monte Carlo adalah sebagai penilaian risiko mempunyai banyak faedah dan aplikasi, dalam beberapa kes, ia jauh dari realiti kerana berlakunya beberapa ketidakpastian adalah mustahil dalam realiti yang disebabkan oleh ia tidak mengambil kira tindakan dan reaksi ketidakpastian (Ostadi & Harofteh, 2020).

(d) Simulasi Tidak Dapat Menyelesaikan Masalah

Maklumat daripada simulasi mempunyai nilai dan bermanfaat hanya apabila ia membantu pereka bentuk membuat pilihan yang lebih baik antara alternatif (Nikolaidis *et al.*, 2013). Simulasi menghasilkan cara untuk menilai penyelesaian, bukan cara untuk menyelesaikan masalah. Oleh itu, adalah perlu mengetahui penyelesaian atau pendekatan penyelesaian yang akan diuji terlebih dahulu (Okta *et al.*, 2020).

(e) Jumlah Masa yang Lama Diperlukan bagi Aktiviti Simulasi

Simulasi melaksanakan setiap lelaran mengikut parameter yang ditentukan dan pengedaran yang dipilih, dengan mengandaikan bahawa tidak akan ada tindakan pengurusan tambahan. Pada hakikatnya, pengurus yang berhadapan dengan kelewatan yang teruk akan melaksanakan tindakan yang berbeza untuk memulihkan masa yang hilang dan mengembalikan projek ke landasan yang betul (Vanhoucke, 2013).

(f) Aktiviti Simulasi Memerlukan Kuasa Komputer

Kekurangan kuasa komputer juga merupakan antara halangan yang paling ketara mengenai penggunaan simulasi Monte Carlo. Kebolegunaan kaedah ini kepada pengkomputeran GRID untuk menyelesaikan masalah saintifik, matematik yang memerlukan sumber pengkomputeran yang ketara. Walaupun Monte Carlo sangat berguna untuk menyelesaikan masalah kompleks seperti kamiran dimensi tinggi, ia mempunyai kelemahan, iaitu keperluan untuk kuasa pengkomputeran yang hebat (Stojanovski, 2012).

(g) Kerumitan Penggunaan Simulasi yang Tinggi

Terdapat percubaan pada masa lalu untuk membina model simulasi sedemikian dengan tindakan pengurusan bersepadu, tetapi aplikasinya hampir mustahil dalam amalan kerana kerumitan yang tinggi. Sesetengah Simulasi Monte Carlo adalah sangat kompleks sehingga memerlukan beberapa hari untuk mengira lelaran yang mencukupi untuk mendapatkan ketepatan keyakinan yang diperlukan (Karahuta, 2013). Selain itu, kekurangan persekitaran perisian yang mudah digunakan di mana simulasi boleh dilaksanakan adalah merupakan salah satu kekurangan dalam menggunakan kaedah Simulasi Monte Carlo (Avlijas, 2019).

(h) Tiada Kepakaran terhadap Pengetahuan Penggunaan Simulasi Monte Carlo

Kajian oleh Braten (2019) mendapati bahawa cabaran terbesar perunding ialah pelanggan mereka tidak mempunyai atau sedikit pengetahuan tentang simulasi Monte Carlo. Bagi perunding adalah sukar untuk menerangkan cara menggunakan hasil simulasi dan pelanggan sering melihat hasil simulasi sebagai keputusan muktamad. Manakala menurut Avlijas (2019), kaedah Simulasi Monte Carlo tidak digunakan dengan sepenuhnya dalam dunia realiti industri pembinaan dan ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman kaedah penggunaan oleh pengurus projek dan ketidakselesaian dengan pendekatan statistik lanjutan.

3. Metodologi Kajian

3.1 Reka Bentuk Penyelidikan

(a) Rangka Kerja Kajian

Terdapat 7 langkah yang dijalankan dalam penyelidikan ini. Semua langkah secara amnya mewakili keseluruhan proses dalam penyelidikan. Walaubagaimanapun, langkah-langkah ini harus dilihat sebagai proses yang sentiasa berubah dan penyelidikan yang berbeza.

(b) Kaedah penyelidikan

Penyelidikan ini menggunakan kaedah kuantitatif untuk mencapai semua objektif. Kuantitatif sebagai kaedah penyelidikan yang menjelaskan penemuannya dalam bentuk per nomboran. Penyelidikan kuantitatif dilaksanakan melalui penetapan soalan dan tinjauan yang relevan dengan objektif kajian yang ditetapkan dalam bentuk soalan berstruktur sebelum menentukan sampel populasi yang disertai dalam acara menggunakan Jadual Krejcie & Morgan (1970). Penyelidikan kuantitatif adalah data yang boleh diukur dan boleh dimanfaatkan untuk merumuskan fakta dan mengungkap pola dalam penyelidikan.

(c) Responden

Penyelidikan ini menggunakan Jadual Krejcie & Morgan (1970) dalam menentukan saiz sampel. Selain itu, populasi dalam penyelidikan ini adalah kontraktor yang mendaftar di G7 serta saiz populasi, dianggarkan seramai 528 responden di Johor Bahru (CIDB, 2021). Oleh itu, saiz sampel yang perlu diambil adalah seramai 217 orang.

(d) Instrumen Kajian

Soal selidik ini digunakan terutamanya untuk menilai tahap pemahaman dan tahap persetujuan kontraktor terhadap tahap pemahaman utama aplikasi Simulasi Monte Carlo, masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo serta hubungan antara tahap pemahaman utama dan masalah-masalah penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo. Skala lima mata likert digunakan sebagai konteks untuk soalan, berbeza daripada sangat setuju hingga sangat tidak setuju. Terdapat 3 bahagian yang merangkumi Bahagian A, Bahagian B, Bahagian C. Bahagian A adalah berkenaan profil responden. Bahagian B adalah mengenai tahap pemahaman utama aplikasi Simulasi Monte Carlo. Bahagian C adalah mengenai perspektif kontraktor tentang masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo.

3.2 Kajian Rintis

Pengkaji telah menjalankan kajian rintis sebelum melaksanakan kajian penuh dan mengedarkan borang soal selidik dalam talian kepada responden. Dalam kajian rintis, seramai 8 orang responden di Johor Bahru telah menjawab soal selidik dalam talian yang disediakan. Menurut Bullen (2021), selepas

reka bentuk soal selidik kajian disiapkan, 5 hingga 10 responden daripada populasi sasaran dipilih. Alpha Cronbach digunakan untuk menentukan kebolehpercayaan tinjauan skala Likert yang berbilang soalan. Soalan-soalan ini menilai pembolehubah terpendam, yang tersembunyi atau tidak boleh diperhatikan seperti ketelitian, neurosis atau keterbukaan seseorang (Glen, 2021). George & Mallery (2003) menawarkan peraturan asas berikut: “ $\alpha > 0.9$ – Cemerlang, $\alpha > 0.8$ – Baik, $\alpha > 0.7$ – Boleh Diterima, $\alpha > 0.6$ – Boleh dipersoalkan, $\alpha > 0.5$ – Lemah, dan $\alpha < 0.5$ – Tidak boleh diterima”. Mengikut keputusan analisis kebolehpercayaan pada data yang dikumpul, Alpha Cronbach ialah 0.978, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1, menunjukkan bahawa soal selidik itu boleh dipercayai dan item-item mempunyai ketekalan dalaman yang agak tinggi.

Jadual 1: Ujian Kebolehpercayaan

Bilangan Soalan	Bilangan Responden	Nilai Alpha Cronbach
68	8	0.978

3.3 Penganalisan data

Data yang dikumpul dianalisis menggunakan perisian Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Dalam kajian ini, analisis kekerapan digunakan untuk menerangkan ciri-ciri asas data. Analisis deskriptif mudah menggunakan teknik min telah digunakan dan analisis *Crosstab* digunakan untuk melakukan analisis hubungan. Penyelidik menggunakan kekerapan untuk menganalisis data dalam Bahagian A (demografi), B (tahap pemahaman utama aplikasi Simulasi Monte Carlo) dan C (Masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo). Dalam kajian ini, pengkaji menggunakan Skala Likert yang sama di Bahagian B dan C. Bahagian ini menggunakan Skala Likert 5 mata untuk menilai tahap pemahaman & tahap persetujuan kontraktor G7. Pengkaji memperoleh keputusan serta purata tindak balas (Min) daripada skala mata 5 Likert.

4. Analisis Data dan Dapatan Kajian

Set soal selidik telah diedarkan kepada syarikat kontraktok G7. Sebanyak 217 set borang soal selidik telah diedarkan kepada pihak kontraktor G7 dan hanya 70 (32%) set soalan selidik sahaja dikembalikan bersama jawapan dan digunakan bagi tujuan analisis data. Data pada Bahagian A dalam borang soal selidik dianalisis dengan frekuensi di mana hasil data terhasil dalam bentuk rajah dan carta. Bahagian B pula dianalisis menggunakan analisis diskriptif dengan mendapatkan nilai min. Bagi objektif 3 dianalisis menggunakan analisis *Crosstabs*. Semua analisis dilakukan dengan menggunakan perisian *Statistical Packages for Social Science* (SPSS).

4.1 Bahagian A: Latar Belakang Kontraktor

Jadual 2 menunjukkan rumusan analisis data responden kontraktor G7 dalam bahagian A. Peratus responden lelaki yang disoal selidik adalah lebih tinggi dari responden perempuan dengan nilai 62.9% mewakili 44 orang. Peratus bagi umur responden pula majoritinya adalah berumur lebih dari 20-30 tahun iaitu sebanyak 42.9% yang mewakili 30 orang.

Jadual 2: Latar Belakang Kontraktor

Bil	Maklumat Responden	Frekuensi	Peratus (%)
1	Jantina		
	Lelaki	44	62.9
	Perempuan	26	37.1
2	Umur		
	20-30 tahun	30	42.9
	30-40 tahun	16	22.9

	40-50 tahun	17	24.3
	51 tahun ke atas	7	10.0
3	Etnik		
	Melayu	64	91.4
	Cina	2	2.9
	India	1	1.4
	Lain-lain	3	4.3
4	Jawatan		
	Pengurus Projek	37	52.9
	Juru Ukur Bahan	8	11.4
	Pengurus Tapak	6	8.6
	Jurutera Awam	14	20.0
	Lain-lain	5	7.1
5	Tempoh Perkhidmatan		
	Antara 1 hingga 5 tahun	37	52.9
	Antara 6 hingga 10 tahun	19	27.1
	Antara 11 hingga 20 tahun	11	15.7
	21 tahun ke atas	3	4.3

4.2 Bahagian B: Mengenalpasti Tahap Pemahaman Utama Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Pengurusan Projek

Responden yang terdiri daripada kontraktor di sekitar kawasan Johor Bahru telah memberi maklum balas mengenai tahap pemahaman mereka di dalam bahagian ini. Dalam menentukan tahap pemahaman aplikasi Simulasi Monte Carlo oleh kontraktor G7, pengkaji melihat pada hasil penilaian pemahaman mereka terhadap aspek konsep, cara penggunaan, kepentingan dan faedah aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam penilaian risiko projek. Tahap pemahaman aplikasi Simulasi Monte Carlo juga ditentukan berdasarkan tafsiran skor min dalam Jadual 3.

Jadual 3: Tahap Penilaian Berdasarkan Skor Min bagi Objektif 1 (Moidunny, 2009)

Min Julat Skor		Tahap Skor Min
1.00-1.80	Sangat Rendah	Sangat Tidak Faham
1.81-2.60	Rendah	Tidak Faham
2.61-3.20	Sederhana	Tidak Pasti
3.21-4.20	Tinggi	Faham
4.21-5.00	Sangat Tinggi	Sangat Faham

Berdasarkan Jadual 4, purata tertinggi bagi tahap pemahaman konsep kaedah Monte Carlo menunjukkan item proses Simulasi Monte Carlo mesti menggunakan komputer berada pada tahap pemahaman “sangat tinggi” dengan nilai min sebanyak 4.2429. Manakala, nilai terendah merupakan kaedah Monte Carlo digunakan bagi merekod hasil risiko yang sama dengan keadaan sebenar dan kaedah Monte Carlo ialah teknologi pengurangan sesuatu yang menyimpang daripada keadaan sebenar dimana kedua-duanya nilai min sebanyak 3.9571 dengan tahap pemahaman “tinggi” dan berada pada tahap kedudukan 11. Seterusnya, tahap pemahaman bagi cara penggunaan Simulasi Monte Carlo menunjukkan purata tertinggi adalah menyatakan anggaran kemungkinan nilai risiko berada pada tahap pemahaman “tinggi” dengan nilai min sebanyak 4.0429. Hasil purata yang mempunyai nilai terendah pula merupakan menganalisis anggaran risiko dengan proses simulasi melalui penggunaan komputer iaitu nilai min sebanyak 3.9429 dengan tahap pemahaman “tinggi”. Tahap pemahaman bagi kepentingan Simulasi Monte Carlo dapat dilihat dimana purata tertinggi adalah cerapan rawak dengan

nilai min sebanyak 4.1238 dan tahap pemahaman “tinggi”, manakala nilai terendah merupakan kekuatan rawak dimana nilai min sebanyak 3.9667 dengan tahap pemahaman “tinggi” pada tahap kedudukan 4. Akhir sekali, tahap pemahaman bagi faedah Simulasi Monte Carlo dalam penilaian risiko menunjukkan purata tertinggi adalah membantu mengukur potensi kesan risiko ke atas projek dimana nilai min sebanyak 4.2238 dengan tahap pemahaman “sangat tinggi”. Hasil purata yang mempunyai nilai terendah merupakan mengelakkan tuntutan ganti rugi seperti kerosakan iaitu nilai min sebanyak 4.0964 dengan tahap pemahaman “tinggi”.

Jadual 4: Analisis Deskriptif Tahap Pemahaman Utama

No.	Item Tahap Pemahaman	Purata (Mean)	Tahap Pemahaman	Kedudukan (Ranking)
	Konsep kaedah Monte Carlo	4.0548	Tinggi	
1.	Kaedah Monte Carlo dapat menyelesaikan masalah ketidaktentuan	4.0571	Tinggi	5
2.	Kaedah Monte Carlo digunakan bagi mengukur keadaan kemungkinan	4.1143	Tinggi	2
3.	Kaedah Monte Carlo sebagai penjana penentuan tahap risiko yang tidak pasti	4.0714	Tinggi	4
4.	Kaedah Monte Carlo ialah proses memilih perwakilan menilai tahap risiko yang tidak menentu.	4.0571	Tinggi	5
5.	Kaedah Monte Carlo digunakan bagi merekod hasil risiko yang sama dengan keadaan sebenar	3.9571	Tinggi	11
6.	Kaedah Monte Carlo ialah proses menganggar kekeliruan	4.1000	Tinggi	3
7.	Kaedah Monte Carlo ialah teknologi pengurangan sesuatu yang menyimpang daripada keadaan sebenar	3.9571	Tinggi	11
8.	Kaedah Monte Carlo menggunakan teknologi informasi	3.9857	Tinggi	10
9.	Kaedah Monte Carlo menggunakan proses penggunaan maklumat	4.0286	Tinggi	9
10.	Proses Simulasi Monte Carlo mesti menggunakan komputer	4.2429	Sangat Tinggi	1
11.	Proses pengiraan yang mudah	4.0429	Tinggi	7
12.	Peniruan fungsi sistem penilaian tahap risiko sebenar	4.0429	Tinggi	7
	Cara Penggunaan Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Projek	3.9929	Tinggi	
13.	Menakrifkan sumber modal bagi menganggarkan peruntukan risiko projek	3.9714	Tinggi	3
14.	Menyatakan anggaran kemungkinan nilai risiko	4.0429	Tinggi	1
15.	Menganalisis anggaran risiko dengan proses simulasi melalui penggunaan komputer	3.9429	Tinggi	4
16.	Membuat keputusan berdasarkan keputusan analisis Monte Carlo bagi pembangunan projek	4.0143	Tinggi	2
	Kepentingan Simulasi Monte Carlo	4.0393	Tinggi	
17.	Penggunaannya yang mudah & cekap	3.9905	Tinggi	3
18.	Kekuatan Rawak	3.9667	Tinggi	4
19.	Cerapan Rawak (Tanggapan Rawak yang boleh diterima)	4.1238	Tinggi	1
20.	Justifikasi Teori	4.0762	Tinggi	2
	Faedah Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Projek Pembinaan	4.1517	Tinggi	

21.	Membantu mengukur potensi kesan risiko ke atas projek	4.2238	Sangat Tinggi	1
22.	Membangunkan jadual dengan pelan pelaksanaan yang realistik	4.1381	Tinggi	3
23.	Membangunkan pembayaran yang boleh dicapai dalam jadual projek	4.1095	Tinggi	4
24.	Memudahkan penjelasan antara pihak	4.1905	Tinggi	2
25.	Mengelakkan tuntutan ganti rugi seperti kerosakan	4.0964	Tinggi	5

Berdasarkan analisis deskriptif tahap pemahaman mendapati bahawa tahap pemahaman utama bagi faedah Simulasi Monte Carlo oleh kontraktor adalah membantu mengukur potensi kesan risiko ke atas projek. Purata responden yang menyatakan bahawa faedah Simulasi Monte Carlo dalam penilaian risiko projek pembinaan yang mereka alami adalah pada tahap pemahaman “tinggi” iaitu kedudukan 1 hingga 5. Di mana nilai purata yang paling tinggi adalah pada item membantu mengukur potensi kesan risiko ke atas projek iaitu sebanyak 4.2238 pada tahap pemahaman “sangat tinggi”. Diikuti dengan item memudahkan penjelasan antara pihak iaitu sebanyak 4.1905 pada tahap pemahaman “tinggi”, manakala nilai purata yang paling rendah adalah pada item mengelakkan tuntutan ganti rugi seperti kerosakan pada tahap pemahaman “tinggi” iaitu 4.0964 dengan kedudukan 5. Seterusnya, purata responden yang memberi maklumbalas terhadap membangunkan jadual dengan pelan pelaksanaan yang realistik dan membangunkan pembayaran yang boleh dicapai dalam jadual projek berada pada tahap pemahaman “tinggi” dengan kedudukan 3 dan 4 iaitu 4.1381 dan 4.1095. Jumlah purata untuk keseluruhan tahap persetujuan responden bagi faedah Simulasi Monte Carlo adalah 4.1517 iaitu “tinggi”.

Kajian mendapati tahap pemahaman utama bagi konsep kaedah Simulasi Monte Carlo oleh kontraktor G7 di Johor Bahru ialah proses Simulasi Monte Carlo mesti menggunakan komputer. Jelas bahawa, keberkesanan proses Simulasi Monte Carlo bergantung kepada teknologi komputer dimana menurut Hoberg *et al.* (2017), kaedah Simulasi Monte Carlo menggunakan komputer untuk melaksanakan persampelan rawak atau simulasi statistik bagi menyelesaikan anggaran kepada masalah tersebut. Seterusnya, bagi tahap pemahaman utama di bawah sub cara penggunaan Simulasi Monte Carlo ialah menyatakan anggaran kemungkinan nilai risiko. Hal ini kerana menyatakan anggaran kemungkinan nilai risiko perlu diambil bagi menjalankan proses seterusnya iaitu menganalisis anggaran dengan simulasi dan penemuan ini selari dengan pernyataan Lorance *et al.* (2001). Selain itu, tahap pemahaman utama bagi sub kepentingan Simulasi Monte Carlo pula ialah cerapan rawak. Hal ini kerana kaedah monte carlo mempunyai nilai didaktik yang hebat sebagai alat untuk meneroka dan memahami gelagat sistem dan data rawak dimana ia juga dinyatakan oleh Kroese *et al.* (2014). Tahap pemahaman utama bagi faedah Simulasi Monte Carlo oleh pihak kontraktor G7 pula ialah membantu mengukur potensi kesan risiko ke atas projek. Hal ini kerana banyak lelaran yang dijalankan dalam proses simulasi Monte Carlo menjadikan output lebih tepat dan ini juga selari dengan pernyataan oleh Munier (2014).

4.3 Bahagian C: Mengenalpasti Masalah-masalah Utama Penggunaan Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Penilaian Risiko Pengurusan Projek Pembinaan

Responden yang terdiri daripada kontraktor G7 di sekitar kawasan Johor Bahru telah memberi maklum balas mengenai tahap persetujuan mereka di dalam bahagian ini. Tahap persetujuan kontraktor terhadap masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo pula ditentukan berdasarkan tafsiran skor min dalam Jadual 5.

Jadual 5: Tahap Penilaian Berdasarkan Skor Min bagi Objektif 2 (Ibrahim, 2013)

Min Julat Skor	Tahap Skor Min	Keterangan
----------------	-------------------	------------

1.00-2.33	Rendah	(Tidak Setuju/ Tidak Membantu/ Tidak Puas Hati/ Tidak/ Kadangkala/ Tidak Pasti)
2.34-3.66	Sederhana	(Setuju/ Membantu/ Puas Hati)
3.67-5.00	Tinggi	(Sangat Setuju/ Berpuas Hati Sepenuhnya/ Sangat Membantu)

Bahagian ini terdiri daripada 8 item yang utama. Responden disoal berkaitan tahap persetujuan mengenai hasil Simulasi yang tidak tepat, model perisian teknologi Simulasi sangat mahal, tidak semua situasi boleh dinilai dengan Simulasi, Simulasi tidak dapat menyelesaikan masalah, jumlah masa yang lama diperlukan bagi aktiviti Simulasi, aktiviti Simulasi memerlukan kuasa komputer, kerumitan penggunaan Simulasi yang tinggi dan tiada pengetahuan dan kepakaran terhadap penggunaan Simulasi Monte Carlo. Jadual 6 menunjukkan rumusan analisis data kontraktor G7 dalam bahagian C. Berdasarkan Jadual 6, purata paling tertinggi menunjukkan item aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer berada pada tahap persetujuan “tinggi” dengan nilai min sebanyak 4.0286. Selain itu, nilai terendah merupakan simulasi tidak dapat menyelesaikan masalah dimana nilai min sebanyak 3.8000 dengan tahap persetujuan “tinggi” dan berada pada tahap kedudukan 8. Manakala, item tiada kepakaran terhadap pengetahuan penggunaan Simulasi Monte Carlo nilai min ialah 3.8905 dengan tahap persetujuan “tinggi”. Diikuti dengan jumlah masa yang lama diperlukan bagi aktiviti simulasi sebanyak 3.8286 dan tidak semua situasi boleh dinilai dengan simulasi ialah sebanyak 3.8095. Bagi item kerumitan penggunaan simulasi yang tinggi dan model perisian teknologi simulasi sangat mahal, masing-masing mempunyai nilai min sebanyak 3.7667 dan 3.7143. Manakala item bagi hasil simulasi yang tidak tepat mempunyai nilai min sebanyak 3.6810.

Jadual 6: Analisis Deskriptif Masalah-masalah Utama

No.	Item Masalah-masalah Utama	Purata (Mean)	Tahap Persetujuan	Kedudukan (Ranking)
	Hasil Simulasi yang Tidak Tepat	3.6810	Tinggi	7
1.	Teknik simulasi bukan proses terbaik	3.4143	Sederhana	3
2.	Tidak menghasilkan jawapan tetapi hanya menghasilkan satu kumpulan pengeluaran untuk dinilai	3.8286	Tinggi	1
3.	Ketepatan hasil adalah sukar untuk diukur	3.8000	Tinggi	2
	Model Perisian Teknologi Simulasi Sangat Mahal	3.7143	Tinggi	6
4.	Perisian Model simulasi yang sangat mahal	3.6571	Sederhana	2
5.	Mengambil masa bertahun-tahun untuk membangunkan model aplikasi yang sesuai	3.8429	Tinggi	1
6.	Anggaran piawai Monte Carlo yang melibatkan proses pengiraan adalah mahal	3.6429	Sederhana	3
	Tidak Semua Situasi Boleh Dinilai dengan Simulasi	3.8095	Tinggi	4
7.	Hanya situasi yang mengandungi ketidakpastian boleh dinilai melalui proses simulasi	3.8857	Tinggi	1
8.	Tanpa komponen tidak tentu (rawak) semua eksperimen simulasi akan menghasilkan jawapan yang sama	3.8143	Tinggi	2
9.	Tidak mengambil kira reaksi ketidakpastian	3.7286	Tinggi	3
	Simulasi Tidak Dapat Menyelesaikan Masalah	3.8000	Tinggi	8
10.	Maklumat yang paling wajar untuk proses simulasi sukar diperoleh jika model tidak dibina dengan berhati-hati	3.8286	Tinggi	2
11.	Simulasi tidak menghasilkan cara untuk menyelesaikan masalah	3.6714	Tinggi	3

12.	Penyelesaian yang akan diuji perlu diketahui terlebih dahulu	3.9000	Tinggi	1
	Jumlah Masa yang Lama Diperlukan bagi Aktiviti Simulasi	3.8286	Tinggi	3
13.	Jumlah masa yang lama diperlukan untuk mencapai kelancaran analisis	3.8000	Tinggi	2
14.	Proses simulasi yang berulang kali diperlukan untuk mencapai ketepatan keputusan yang memuaskan	3.9571	Tinggi	1
15.	Kehadiran campur tangan pengurusan di sepanjang projek	3.7286	Tinggi	3
	Aktiviti Simulasi Memerlukan Kuasa Komputer	4.0286	Tinggi	1
16.	Keperluan untuk kuasa pengkomputeran yang berteknologi tinggi	4.0571	Tinggi	1
17.	Pengkomputeran GRID untuk menyelesaikan masalah saintifik	3.9714	Tinggi	3
18.	Penggunaan ilmu matematik yang memerlukan sumber pengkomputeran yang ketara	4.0571	Tinggi	1
	Kerumitan Penggunaan Simulasi yang Tinggi	3.7667	Tinggi	5
19.	Aplikasinya yang hampir mustahil digunakan	3.4714	Sederhana	3
20.	Memerlukan beberapa hari untuk proses pengiraan secara berulang yang mencukupi	3.9429	Tinggi	1
21.	Kekurangan persekitaran perisian yang mudah	3.8857	Tinggi	2
	Tiada Kepakaran terhadap Pengetahuan Penggunaan Simulasi Monte Carlo	3.8905	Tinggi	2
22.	Kesukaran untuk menerangkan cara menggunakan hasil simulasi	4.0143	Tinggi	1
23.	Melihat hasil simulasi sebagai keputusan yang sukar dimukataamadkan	3.7571	Tinggi	3
24.	Ketidakselesaian dengan pendekatan data perangkaan dalam hasil bentuk grafik	3.7571	Tinggi	2

Berdasarkan analisis deskriptif masalah-masalah utama mendapati bahawa masalah-masalah utama kontraktor G7 adalah aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer. Purata responden yang menyatakan bahawa aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer yang mereka alami adalah pada tahap persetujuan “tinggi” iaitu kedudukan 1 hingga 3. Di mana purata min yang paling tinggi adalah pada item keperluan untuk kuasa pengkomputeran yang berteknologi tinggi dan penggunaan ilmu matematik yang memerlukan sumber pengkomputeran yang ketara pada tahap persetujuan “tinggi” iaitu kedua-duanya sebanyak 4.0571, manakala nilai purata min yang paling rendah adalah pada item pengkomputeran grid untuk menyelesaikan masalah saintifik pada tahap persetujuan “tinggi” iaitu 3.9714 dengan kedudukan 3. Jumlah purata untuk keseluruhan tahap persetujuan responden bagi aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer adalah 4.0286 iaitu “tinggi”. Dapatan objektif kedua mendapati masalah-masalah utama Simulasi Monte Carlo yang dihadapi oleh kontraktor G7 di Johor Bahru ialah aktiviti simulasi memerlukan kuasa komputer. Kaedah simulasi menggunakan pengkomputeran GRID bagi menyelesaikan masalah saintifik dan matematik yang memerlukan sumber pengkomputeran yang ketara dan pernyataan ini turut disokong oleh Branford *et al.*, (2008).

5. Kesimpulan

Tahap pemahaman utama aplikasi Simulasi Monte Carlo yang merangkumi konsep, cara penggunaan, kepentingan dan faedahnya dalam penilaian risiko projek dapat mempengaruhi masalah-masalah utama penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo. Oleh itu, tahap pemahaman utama oleh

pengurus projek terhadap pengetahuan dan pendedahan penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo mendorong kepada masalah-masalah penggunaannya. Kesimpulannya, kontraktor boleh mengambil peranan secara terbuka menerima serta mendalami konsep, cara penggunaan, kepentingan serta faedah aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam penilaian risiko disamping dapat meningkatkan lagi penggunaan aplikasi Simulasi Monte Carlo dari segi kemudahan penggunaan, kecekapan, dan hasil simulasi yang mudah difahami.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan UTHM dan pihak responden yang terlibat dalam kajian ini di atas segala sokongan dan kerjasama yang telah diberikan.

Rujukan

- Avlijas, G. (2019). Examining the Value of Monte Carlo Simulation for Project Time Management. *Management Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*, 24(1), 11-23. doi:10.7595/management.fon.2018.0004
- Braten, V. R. (2019). *Division of Service Management and Logistics*. Risk Management in the Infrastructure.
- Branford, C. S. (2008). Monte Carlo methods for matrix computations on the grid. *Future Generation Computer Systems*, 24(6), 605-612. doi:10.1016/j.future.2007.07.006
- Bullen, P. B. (2021). How to pretest and pilot a survey questionnaire. Dicapai daripada <https://tools4dev.org/resources/how-to-pretest-and-pilot-a-survey-questionnaire/>
- CIDB. (2022). Centralized Information Management System. Dicapai daripada CIMS: <https://cims.cidb.gov.my/smis/regcontractor/reglocalsearchcontractor.vbhtml>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update. 4th ed.* Boston: Allyn & Bacon.
- Glen, S. (2021). *Cronbach's Alpha: Simple Definition, Use and Interpretation - Statistics How To*. Statistics How To. Retrieved on September 15, 2021, from <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/cronbachs-alpha-spss/>
- Hamzah, A. R., Wang, C. (2015). Implementation of Risk Management in Malaysian Construction Industry: Case Studies. *Journal of Construction Engineering*, 2015 (2). doi:10.1155/2015/192742
- Hobergh, G., Moon, K. (2017). Offshore activities and financial vs operational hedging. *Journal of Financial Economics*, 125(2). doi:10.1016/j.jfineco.2017.05.003
- Karahuta, M. (2013). Decision-making and problem solving in real life using parallel Monte Carlo Simulations. eXclusive e-JOURNAL. Dicapai daripada <https://exclusivejournal.sk/files/1-2014/karahuta.pdf>
- Kenton, W. (2021, October 4). Monte Carlo Simulation. Dicapai daripada <https://www.investopedia.com/terms/m/montecarlosimulation.asp>
- Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for researching. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610.
- Kroese, Dirk P., T., B. (2014). Why the Monte Carlo method is so important today. *WIREs Computational Statistics*, 6(6), 386-392. doi:10.1002/wics.1314
- Kwak, Y. H., & Ingall, L. (2007). Exploring Monte Carlo simulation applications for project management. *Risk Management*, 9(1), 44-57. DOI: 10.1057/palgrave.rm.8250017
- Laudares A, C. (2019). When Does It End? Monte Carlo Simulation Applied to Risk Management in Defense Logistics' Procurement Processes. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(1), 149-156. doi:10.14488/BJOPM.2019.v16.n1.a14
- Lorance, R. B. and Wendling, R. V. (2001) "Basic Techniques for Analyzing and Presentation of Cost Risk Analysis," *Cost Engineering*, 43(6), pp. 25-31.
- Munier, N. (2014) *Risk Management for Engineering Projects*. Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-05251-9.
- Nikolaidis, E., Norouzi, M. (2013). Managing the Computational Cost of Monte Carlo Simulation with Importance Sampling by Considering the Value of Information. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing*, 6(3), 436-440. Dicapai daripada <https://www.jstor.org/stable/26268540>
- Okta, V. (2020). *Pemodelan Simulasi Monte Carlo*. Cendikia Mulia Mandiri.

- Ostadi, B. H. (2020). A novel risk assessment approach using Monte Carlo simulation based on co-occurrence of risk factors: A case study of a petrochemical plant construction. *Scientia Iranica*. doi:10.24200/SCI.2020.55513.4258
- Roy, P., and Roy, S. (2017). *Does Inequality Dampen Economic Growth? A Cross-Country Analysis*. In *International Trade and Inclusive Development: Emerging Issues and Enlarging Debates*, edited by C. Roy. New Delhi: New Academic Publishers
- Stojanovski, V. C. (2012). Using high performance computing and Monte Carlo simulation for pricing american options. *Computer Science*. doi:10.48550/arXiv.1205.0106
- Vanhoucke, M. (2013). An overview of recent research results and future research avenues using simulation studies in project management. *ISRN Computational Mathematics*, 2013, 1-19. doi:10.1155/2013/513549
- Verschoor, J. P. (2005). The Benefits of Monte-Carlo Schedule Analysis. AACE International Transactions, R101-R106. Dicapai daripada https://www.petroglyphprojects.com/wpcontent/uploads/the_benefits_of_montecarlo_schedule_analysis-petroglyph_project_analytics.pdf