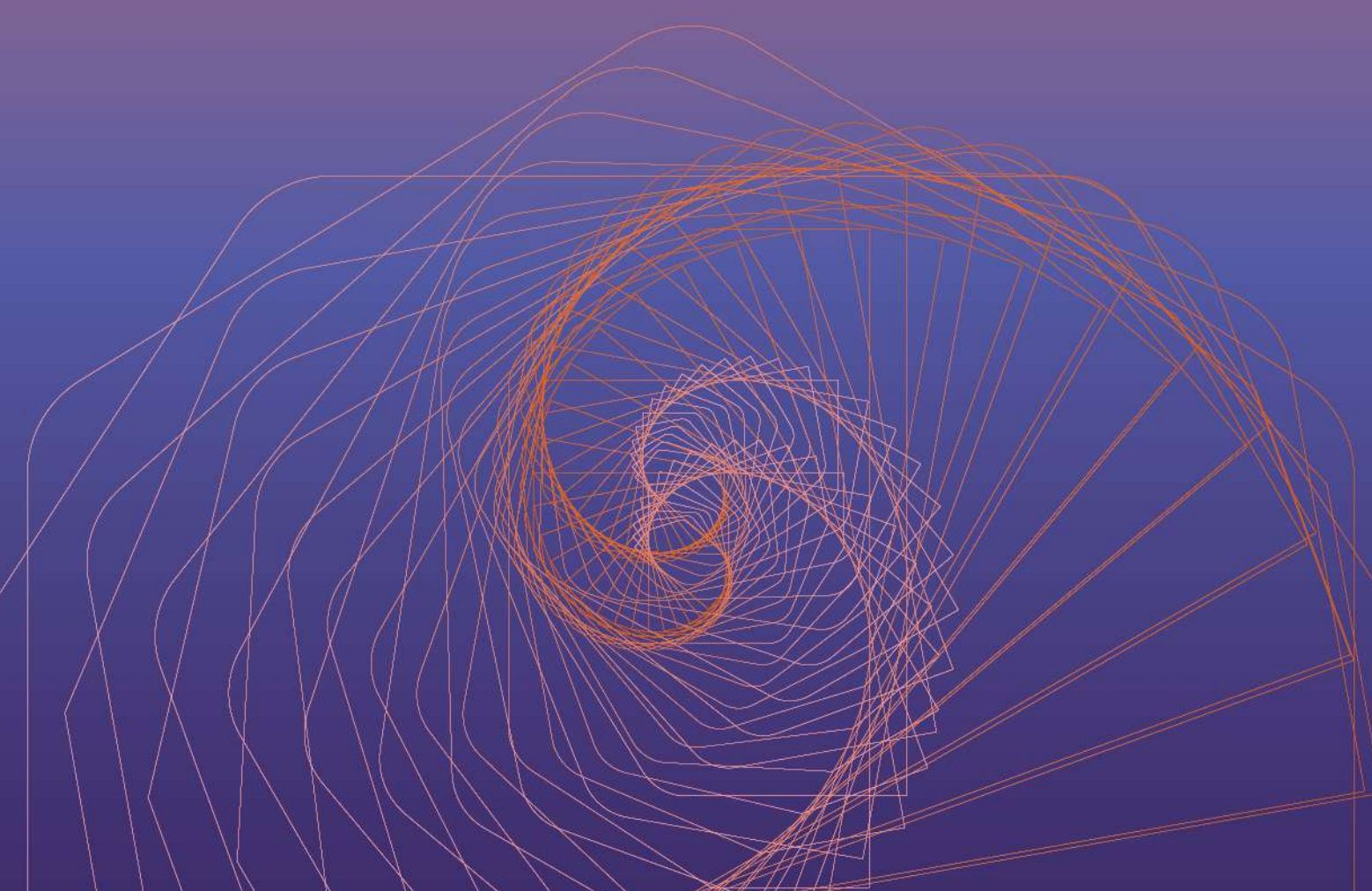


JMTS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 7 No. 3 Agustus 2024



e-ISSN : 2622-545X

Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Vol. 7 No. 3, Agustus 2024

Daftar Isi

<i>PARTIAL STRESSING METHOD EFFECTIVENESS IN POST TENSION PRESTRESSED CONCRETE SYSTEM</i> <i>Satria Wicaksana, Ika Bali, and Binsar Hariandja</i>	785-794
<i>DIGITALISASI METODE KONSTRUKSI PADA PROYEK HIGH-RISE BUILDING</i> <i>Daniel Maranatha Silitonga, Stefanus Yobel Hendrawan, dan Oei Fuk Jin</i>	795-806
<i>IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK PERUMAHAN RAKYAT MELALUI ANALISIS TRIANGULASI</i> <i>Putri Arumsari, Sofia W. Alisjahbana, Ayomi Dita Rarasati, dan Hendrik Sulistio</i>	807-818
<i>PENGARUH KENDARAAN OVERLOAD TERHADAP UMUR RENCANA PADA STRUKTUR FLEXIBLE PAVEMENT JALAN TOLL JORR E JAKARTA</i> <i>Johanson Pardomuan Pardede, Leksmono Suryo Putranto, dan Hendrik Sulistio</i>	819-830
<i>PENILAIAN KONDISI JALAN MENGGUNAKAN METODE SURFACE DISTRESS INDEX DAN INVENTARISASI KONDISI JALAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PADA RUAS JALAN BANDA-NYANGLAN KABUPATEN KLUNGKUNG</i> <i>I Nyoman Sai Santya, Anak Agung Gede, dan Putu Aryastana</i>	831-844
<i>ANALISIS KEY SUCCESS FACTOR KEPEMIMPINAN DALAM MEMAKSIMALKAN KINERJA UNIT KERJA: STUDI KASUS SAMESTA MARGONDA DEPOK</i> <i>Wahyu Indra Sakti dan Monang Wijaya Ramadhan</i>	845-858
<i>ANALISIS PERFORMA BALOK T BETON BERTULANG DENGAN SERAT POLIMER MENGGUNAKAN APLIKASI MIDAS FEA NX</i> <i>Timotius Alfanov dan Sunarjo Leman</i>	859-872
<i>ANALISIS METODE EARNED VALUE UNTUK PREDIKSI PENYELESAIAN PROYEK KONSTRUKSI APARTEMEN X DI TANGERANG</i> <i>Christoper Wilanata dan Mega Waty</i>	873-884
<i>ANALISIS PANJANG PENGANGKURAN TERHADAP KUAT TARIK MAKSIMUM MENGGUNAKAN APLIKASI MIDAS FEA NX</i> <i>Daniel Christianto, Nikita Audrian, Gabriella Victoria, dan Edison Leo</i>	885-898
<i>PERHITUNGAN PREDIKSI DURASI PROYEK GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE EARNED SCHEDULE</i> <i>Codey Erwan, Basuki Anondho, dan Arianti Sutandi</i>	899-906
<i>OPTIMASI PENJADWALAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH TINGGAL DENGAN MEMPERHITUNGKAN ALIRAN KAS</i> <i>Yessy dan Onnyxiforus Gondokusumo</i>	907-914

PENGARUH PENGANTIAN TANAH DAN LAPISAN GEOTEKSTIL TERHADAP DEFORMASI DAN STABILITAS LERENG TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK <i>M Batara dan Nurly Gofar</i>	915-924
ANALISIS BIAYA KORBAN KECELAKAAN LALU LINTAS TRANSPORTASI DARAT DI KOTA DENPASAR TAHUN 2021 <i>I Made Kariyana, Tri Hayatining Pamungkas, Ni Putu Suda Nurjani dan I Kadek Doni Artayasa</i>	925-930
ANALISIS PANJANG CFRP KOLOM PADA PERKUATAN <i>EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINT</i> BETON BERTULANG MENGGUNAKAN MIDAS FEA <i>Arif Sandjaya, Muhammad Rafi Fathurrahman, dan Sunarjo Leman</i>	931-936
PREDIKSI DURASI PROYEK BANGUNAN TINGGI DENGAN METODE <i>EARNED SCHEDULE</i> <i>Vincent Theddy, Basuki Anondho, dan Arianti Sutandi</i>	937-948
TINJAUAN KEPUASAN PENGGUNA TERHADAP LAYANAN BUS TRANSJAKARTA KORIDOR 12 (TANJUNG PRIOK - PLUIT) <i>Yenny Untari Liucius, Hokbyan R.S Angkat, Lie JorgeWilliam</i>	949-956
ANALISIS KEPUASAN PENGGUNA ANGKUTAN KOTA F03 TANGERANG DARI SEGI PELAYANAN DAN TARIF <i>Ridwan Ridwan, Leksmono Suryo Putranto</i>	957-968
ANALISIS PENGARUH KUALITAS LAYANAN LRT JABODEBEK RUTE DKI JAKARTA TERHADAP KEPUASAN DAN LOYALITAS <i>Dimas Wahono, Leksmono Suryo Putranto</i>	969-976
ANALISIS COST OVERRUNS PADA PROYEK X <i>Kevin Mathew, Mega</i>	977-986
ANALISIS KAPASITAS DRAINASE TERHADAP BANJIR DI DAERAH TELUK GONG <i>Gina Vanesa, Wati Asriningsih Pranoto</i>	987-996
PENYEBAB SISA MATERIAL PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH TINGGAL X DI SERANG <i>Caesar Dasha Prameswara, Mega Waty</i>	997-1004
STUDI PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL UNTUK BERBAGAI KONSISTENSI TANAH <i>Angga Wijaya, Daniel Christianto, Amelia Yuwono</i>	1004-1020
ANALISIS KEPUASAN PENGGUNA TERHADAP FASILITAS BUS TRANSJAKARTA DI HALTE TANJUNG DUREN <i>Elhando Juwanto, Leksmono Suryo Putranto</i>	1021-1030

EVALUASI DESAIN PERKERASAN LENTUR DI RUAS JALAN SAKETA – DAHEPODO PROVINSI MALUKU UTARA STA 00+000 – STA 10+000 BERDASARKAN MDPJ 2017 DAN MENGGUNAKAN PROGRAM KENPAVE <i>Muhammad Saleh Habib, Aniek Prihatiningsih, Hokbyan R.S. Angkat</i>	1031-1040
PERSEPSI PENGUNJUNG MALL KELAPA GADING 3 TERHADAP FASILITAS GEDUNG PARKIR <i>Najid, Hokbyan R.S. Angkat, Nicolas Liaunardy</i>	1041-1048
PERSEPSI PENUMPANG MRT TERHADAP KEBUTUHAN KERETA KHUSUS PEREMPUAN <i>Najid, Hokbyan R.S. Angkat, Muda Ibrahim Febrian Zhuhri</i>	1049-1054
ANALISIS <i>CHANGE ORDER RATIO</i> PADA PROYEK BENGKEL SPBU <i>Christian Mihadja dan Mega Waty</i>	1055-1062
PERBANDINGAN KELAYAKAN FINANSIAL Gedung <i>GREEN BUILDING</i> DAN NON- <i>GREEN BUILDING</i> MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO <i>Yasmin Ramadian dan Fuk Jin Oei</i>	1063-1072
STUDI KELAYAKAN INVESTASI USAHA PRODUKSI TIANG PANCANG <i>Ronaldo Budiman, Mark Setiadi, dan Wati A. Pranoto</i>	1073-1082
ANALISIS KINERJA PELAYANAN BUS COMMUTER PANTAI INDAH KAPUK 2 <i>Justin Reyhan dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1083-1096
PENILAIAN KERUSAKAN PERKERASAN KAKU MENGGUNAKAN METODE PCI DI RUAS DENAI-MANDALA BYPASS KOTA MEDAN <i>Aldyoki Firmansyah Matondang, Defry Basrin, dan Haikal Fajri</i>	1097-1110
PERILAKU KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH GAMBUT DENGAN TAMBAHAN <i>PORTLAND CEMENT</i> <i>Frederiko dan Aniek Prihatiningsih</i>	1111-1116
PENGARUH SUDUT GESER DALAM TERHADAP PENAMBAHAN PASIR <i>SUB-ROUNDED, SUB-ANGULAR, DAN ANGULAR</i> PADA PASIR <i>ROUNDED</i> <i>Badrul Miswar dan Aniek Prihatiningsih</i>	1117-1122
PERBANDINGAN STABILITAS BERBAGAI TIPE DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK TOWER TURYAPADA DI BALI <i>Johny Five, Hendy Wijaya, dan Ali Iskandar</i>	1123-1130

PERBANDINGAN KELAYAKAN FINANSIAL GEDUNG *GREEN BUILDING* DAN *NON- GREEN BUILDING* MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO

Yasmin Ramadian¹ dan Fuk Jin Oei²

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: yasminramadian@gmail.com

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: fukjin.untar@gmail.com

Masuk: 05-01-2024, revisi: 17-04-2024, diterima untuk diterbitkan: 08-05-2024

ABSTRACT

Since 2011, Indonesia has been committed to reducing greenhouse gas emissions, one of which is by implementing green buildings in office buildings. The aim of implementing green building is to manage and preserve the environment around the building, reduce building operational costs, ensure the continuity of use of the building, and prevent excessive replacement of building equipment. This study aims to analyze the financial feasibility of four office buildings using the Monte Carlo simulation method which is divided into two categories, namely category 1 (gedung 1 and gedung 3) with grade A building type and category 2 (gedung 2 and gedung 4) with building type grade B. Gedung 1 and gedung 2 have received green building certification issued by GBCI. Gedung 3 and gedung 4 are buildings with a conventional concept. Calculation analysis was carried out using the Monte Carlo method by comparing the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). Based on the results of comparative analysis carried out on four research objects, the risks used are occupancy rates, rental income and inflation. So it is concluded that the NPV of each building is said to be financially feasible with $NPV > 0$, a comparison of NPV of 290.37% (category 1) and 164.42% (category 2). The IRR obtained exceeded the MARR value, with a comparison of 53.53% (category 1) and 20.87% (category 2). So the results of the Monte Carlo analysis of office buildings with the highest and best NPV are Building 1 and Building 3 (category 1).

Keywords: green building; monte carlo; financial feasibility; net present value; internal rate of return

ABSTRAK

Sejak tahun 2011 Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca salah satunya dengan menerapkan *green building* pada gedung perkantoran. Tujuan dalam penerapan *green building* adalah untuk mengelola dan menjaga kelestarian lingkungan disekitar bangunan, mengurangi biaya operasional bangunan, menjamin kelangsungan penggunaan bangunan, serta mencegah penggantian terlalu berlebihan pada peralatan bangunan. Studi ini bertujuan untuk menganalisa kelayakan finansial pada empat gedung perkantoran dengan metode simulasi *Monte Carlo* yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu kategori satu (gedung 1 dan gedung 3) dengan tipe bangunan *grade A* dan kategori dua (gedung 2 dan gedung 4) dengan tipe bangunan *grade B*. Gedung 1 dan gedung 2 telah mendapatkan sertifikasi *green building* yang dikeluarkan oleh GBCI. Gedung 3 dan gedung 4 merupakan gedung dengan konsep konvensional. Analisa perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode *Monte Carlo* dengan membandingkan *Net Present Value* (NPV) dan Internal Rate of Return (IRR). Berdasarkan hasil analisis perbandingan yang telah dilakukan pada empat objek penelitian dengan risiko yang digunakan adalah tingkat *occupancy*, pendapatan sewa, dan inflasi. Maka disimpulkan bahwa NPV masing-masing gedung dikatakan layak secara finansial dengan $NPV > 0$, perbandingan NPV sebesar 290,37% (kategori 1) dan 164,42 % (kategori 2). IRR yang didapatkan melebihi dari nilai MARR, dengan perbandingan sebesar 53,53% (kategori 1) dan 20,87% (kategori 2). Sehingga hasil analisis *Monte Carlo* pada gedung perkantoran dengan NPV tertinggi dan terbaik adalah gedung 1 dan Gedung 3 (kategori 1).

Kata kunci: green building; monte carlo; kelayakan finansial; net present value; internal rate of return

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim meningkatkan kondisi dan perhatian global yang berkaitan dengan gas rumah kaca dan emisi CO₂. Mulai saat ini pelaku industri konstruksi sudah harus memperhatikan dampak dari krisis energi dan emisi CO₂. Sejak tahun 2011 Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, salah satu komitmen tersebut adalah diterbitkannya Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tentang Bangunan Gedung

Hijau (Kementerian PUPR, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kats et al (2008) didapatkan bahwa bangunan hijau dapat mengurangi penggunaan energi sampai dengan 33% dalam kegiatan operasional dan penghematan biaya energi yang dihasilkan selama 20 (dua puluh) tahun lebih besar dari pada biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk membangun gedung hijau (*green building*). Dalam kegiatan operasional gedung selalu saja ada unsur ketidakpastian yang dapat menyebabkan risiko kerugian bagi pemilik. Untuk menghitung ketidakpastian sebuah gedung maka dapat menganalisis biaya menggunakan metode probabilitas salah satunya adalah metode simulasi *Monte Carlo*. Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan masalah dalam penelitian ini adalah menganalisis pengembalian investasi pada gedung perkantoran dengan memperhitungkan variabel risiko menggunakan metode *Monte Carlo* pada bangunan gedung yang menerapkan konsep *green building* dan *non-green building*.

Green building

Green building merupakan bangunan berkelanjutan untuk menyinergikan lingkungan dengan memperlihatkan aspek-aspek dalam melindungi, menghemat, serta mengurangi penggunaan sumber daya, menjaga mutu dari kualitas udara di ruangan, dan memperhatikan kesehatan penghuninya (Widyawati, 2018). Tujuan dalam penerapan *green building* adalah untuk mengelola dan menjaga kelestarian lingkungan disekitar bangunan, mengurangi biaya operasional bangunan, menjamin kelangsungan penggunaan bangunan, serta mencegah penggantian terlalu berlebihan pada peralatan bangunan (Supriyanto, 2023). Yudelson (2008) menulis bahwa terdapat banyak manfaat pada penerapan konsep *green building* diantaranya penghematan energi dan air sebesar 30-50%, pengurangan biaya pemeliharaan, peningkatan nilai properti, peningkatan produktivitas pekerja sebesar 3-5%. Indonesia memiliki lembaga tersendiri untuk menyelenggarakan kegiatan sertifikasi atau penilaian bangunan hijau yaitu *Green Building Council* Indonesia (GBCI) atau Lembaga Konsil Bangunan Hijau Indonesia. Salah satu program GBCI adalah menyelenggarakan kegiatan sertifikasi bangunan hijau di Indonesia berdasarkan peringkat penilaian khas Indonesia yang disebut *GREENSHIP* (Erizal et al 2019).

Simulasi Monte Carlo

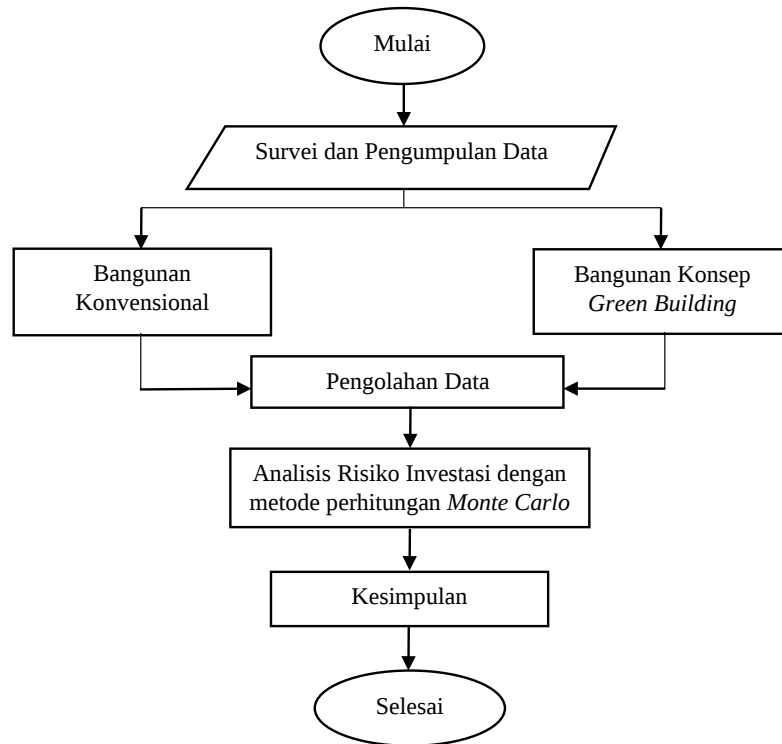
Simulasi *Monte Carlo* sering digunakan oleh manajer proyek dalam proses analisis risiko. Simulasi *Monte Carlo* didefinisikan sebagai semua teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif (Fadjar, 2009). Kwak & Ingall (2007) berpendapat bahwa alasan utama simulasi *Monte Carlo* jarang digunakan oleh kebanyakan manajer proyek adalah kurangnya pemahaman terhadap metode *Monte Carlo* dan statistik, alih-alih sebagai manfaat, manajer proyek umumnya menganggap penggunaan metode ini lebih sebagai beban terhadap organisasi atau perusahaannya. Simulasi *Monte Carlo* dapat dihitung dengan menambahkan fitur *crystal ball* pada *Microsoft Excel*. Langkah-langkah melakukan simulasi *Monte Carlo* secara umum menurut Hamali (2017) adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan variabel yang akan disimulasikan
Pada tahapan awal harus ditentukan variabel yaitu rangkaian proses atau aktivitas yang akan ditinjau.
2. Membuat distribusi probabilitas setiap variabel
Mengubah distribusi probabilitas biasa menjadi sebuah distribusi probabilitas kumulatif.
3. Menetapkan angka acak bagi setiap variabel
Menghitung nilai acak digunakan alat bantu *spreadsheet* atau *software* tertentu untuk mempermudah perhitungan.
4. Menetapkan jumlah iterasi yang akan disimulasikan
Teknik simulasi *Monte Carlo* melakukan simulasi variabel secara berulang. Pengulangan atau iterasi dapat dilakukan dalam ratusan bahkan ribuan kali tergantung variabel yang sedang ditinjau. Penentuan jumlah iterasi dilakukan menggunakan asumsi logis dari pakar terkait atau bahasa pemrograman dari alat bantu / *software* yang digunakan, misalnya untuk memperoleh validitas sampai dengan 99% maka diperlukan iterasi sebanyak 10000 kali untuk masing-masing variabel. Bisa juga menggunakan formula nilai kesalahan yaitu (ϵ).
5. Membuat analisis hasil simulasi.
Analisis hasil simulasi berupa nilai *mean* (μ) dan standar deviasi (σ).

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan simulasi probabilitas kedalam *crystal ball* dan mendapatkan hasil *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) dengan memasukan unsur risiko ketidakpastian. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, pertama adalah tahap pengumpulan data melalui survei langsung pada masing-masing gedung yang akan diteliti. Kedua adalah pengolahan data dengan tahap awal melakukan studi literatur mengenai studi kelayakan finansial dan peramalan. Untuk menghitung peramalan pendapatan dan pengeluaran (*cashflow*) tahun pertama menggunakan data *real* dan untuk dua puluh tahun mendatang menggunakan metode *forecasting*. Komponen *cashflow* ini memperhatikan biaya investasi, biaya operasional, dan pendapatan sewa per tahun. Setelah mendapatkan seluruh hasil perhitungan *cashflow* pada masing-masing gedung maka dilakukan analisis

dengan perhitungan NPV dan IRR. Diagram alir penelitian perhitungan masing-masing gedung digambarkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan gedung dilakukan menjadi 2 (dua) kategori (*grade*), pertama adalah gedung 1 (*green building*) dan gedung 3 (*non-green building*). Kedua adalah gedung 2 (*green building*) dan gedung 4 (*non-green building*). Kategori dipilih berdasarkan jenis perkantoran dengan *grade* A (kategori 1) dan *grade* B (kategori 2), serta berada di wilayah DKI Jakarta. Data terkait masing-masing gedung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Gedung

Jenis Properti	Luas Lahan (m ²)	Luas Bangunan (m ²)	Jumlah Lantai	Biaya Sewa (Rp)	Service Charge (Rp)
Gedung 1 (<i>Green Building</i>)	5.391	26.672	30	240.000	72.000
Gedung 2 (<i>Green Building</i>)	7.009	16.367	16	215.000	61.000
Gedung 3 (<i>Non-Green Building</i>)	7.879	24.045	26	170.000	63.000
Gedung 4 (<i>Non-Green Building</i>)	10.770	12.942	13	200.000	54.000

Biaya investasi

Biaya investasi pada penelitian ini terdiri dari biaya yang dikeluarkan dari perencanaan dan konstruksi fisik dan tidak termasuk biaya pengadaan tanah. Biaya investasi bersumber dari dana investasi (deposito) masing-masing perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan, biaya investasi pada masing-masing gedung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Investasi

Jenis Properti	Biaya Investasi (Rp)
Gedung 1	453.491.854.788
Gedung 2	300.665.572.000
Gedung 3	359.454.832.484
Gedung 4	232.431.236.361

Pendapatan

Pendapatan untuk masing-masing gedung berasal dari biaya sewa serta *service charge*. Besar nilai pendapatan dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Pendapatan

No.	Tahun	Gedung 1	Gedung 2	Gedung 3	Gedung 4
1	2023	72.142.425.600	37.945.252.800	47.060.913.144	27.613.051.200
2	2024	77.295.456.000	40.655.628.000	50.422.406.940	29.585.412.000
3	2025	82.448.486.400	43.366.003.200	53.783.900.736	31.557.772.800
4	2026	87.601.516.800	46.076.378.400	57.145.394.532	33.530.133.600
5	2027	92.754.547.200	48.786.753.600	60.506.888.328	35.502.494.400
6	2028	97.907.577.600	51.497.128.800	63.868.382.124	37.474.855.200
7	2029	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
8	2030	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
9	2031	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
10	2032	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
11	2033	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
12	2034	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
13	2035	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
14	2036	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
15	2037	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
16	2038	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
17	2039	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
18	2040	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
19	2041	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000
20	2042	103.060.608.000	54.207.504.000	67.229.875.920	39.447.216.000

Biaya operasional

Biaya operasional masing-masing gedung selama satu tahun berasal dari dua komponen. Pertama adalah biaya penggunaan listrik, air, biaya pemeliharaan, biaya perbaikan, biaya *replacement*, pajak, asuransi, dan retribusi sampah. Kedua adalah biaya gaji pegawai dan *outsourcing*. Besaran biaya pengeluaran dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Biaya Operasional

No.	Tahun	Inflasi	Gedung 1	Gedung 2	Gedung 3	Gedung 4
1	2023	3,263%	14.251.234.852	9.211.636.020	14.691.131.439	8.029.307.959
2	2024	3,830%	14.900.874.461	9.631.982.235	15.413.368.647	8.422.111.156
3	2025	3,705%	15.552.372.731	10.053.527.642	16.137.256.720	8.815.826.355
4	2026	3,599%	16.207.061.038	10.477.131.235	16.863.978.184	9.211.106.827
5	2027	3,712%	17.053.494.435	10.986.292.766	17.889.272.649	9.770.925.495
6	2028	3,672%	17.587.288.290	11.370.050.661	18.380.350.683	10.036.432.484
7	2029	3,661%	18.299.273.294	11.830.621.604	19.157.963.099	10.459.827.073
8	2030	3,681%	18.808.189.049	12.158.969.800	19.609.982.303	10.709.539.838
9	2031	3,671%	19.334.404.633	12.498.479.700	20.077.367.222	10.967.741.214
10	2032	3,671%	20.042.169.790	12.916.984.281	20.834.219.712	11.385.450.754
11	2033	3,675%	20.445.984.566	13.215.661.791	21.064.673.021	11.513.166.849
12	2034	3,673%	21.032.497.165	13.594.074.822	21.585.613.777	11.800.954.526
13	2035	3,673%	21.640.606.801	13.986.422.080	22.125.737.029	12.099.339.351
14	2036	3,673%	22.271.140.252	14.393.236.998	22.685.777.126	12.408.727.005
15	2037	3,673%	23.087.010.815	14.881.489.691	23.538.650.877	12.879.482.370
16	2038	3,673%	23.602.398.412	15.252.153.645	23.868.201.225	13.061.943.481
17	2039	3,673%	24.304.945.631	15.705.431.244	24.492.203.982	13.406.666.566
18	2040	3,673%	25.033.280.855	16.175.347.048	25.139.111.657	13.764.043.206
19	2041	3,673%	25.788.375.595	16.662.527.869	25.809.787.146	14.134.550.099
20	2042	3,673%	26.733.463.812	17.234.150.658	26.777.432.264	14.668.709.574

Discounted Cash Flow

Analisis kelayakan ini menggunakan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR) yang diperoleh dari rumus *safe*

$rate \pm$ risiko dikali rata-rata suku bunga deposito dan risiko diasumsikan sebesar 1,5. Nilai rata-rata suku bunga deposito menggunakan lima bank besar di Indonesia (Putri & Prabowo, 2023).

Tabel 5. Rata-rata Suku Bunga Deposito Pertiga Bulan Tahun 2023

No.	Nama Bank	Suku Bunga (%)
1	Bank Mandiri	2,25
2	BCA	3,50
3	BNI	2,50
4	CIMB Niaga	3,25
5	BTN	2,50
Rata-rata		2,80

*Diperoleh pada bulan November tahun 2023, dengan suku bunga pertiga bulan

Perhitungan MARR

= $Safe\ rate \pm$ risiko x rata-rata suku bunga deposito

= $2,75 \pm (1,5 \times 2,80)$

= 6,950%

1. *Net Present Value* (NPV)

NPV = *benefit* – *cost*

Tabel 6. Analisis NPV

Jenis Properti	<i>Benefit</i> (Rp)	<i>Cost</i> (Rp)
Gedung 1 (<i>Green Building</i>)	350.313.785.015	453.491.854.788
Gedung 2 (<i>Green Building</i>)	97.947.381.146	300.665.572.000
Gedung 3 (<i>Non-Green Building</i>)	88.832.347.171	359.454.832.484
Gedung 4 (<i>Non-Green Building</i>)	37.383.882.724	232.431.236.361

2. *Internal Rate of Return* (IRR)

Dalam perhitungan IRR terdapat hubungan antara IRR dan NPV. Hubungan ini diperoleh dari jumlah *cashflow* dengan asumsi 20 tahun. Hubungan antara NPV dan IRR dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Analisis IRR

Jenis Properti	i (%)	NPV (Rp)
Gedung 1 (<i>Green Building</i>)	15,181	350.313.785.015
Gedung 2 (<i>Green Building</i>)	10,696	97.947.381.146
Gedung 3 (<i>Non-Green Building</i>)	9,846	88.832.347.171
Gedung 4 (<i>Non-Green Building</i>)	8,855	37.383.882.724

Distribusi probabilitas

Untuk membandingkan NPV dan IRR yang sudah dihitung menggunakan metode *Discounted Cash Flow* (DCF) maka metode *Monte Carlo* ini dilakukan. Dalam mengasumsikan metode *Monte Carlo* diperlukan 3 (tiga) parameter yaitu nilai minimum, *most likely*, dan maksimum. Ketiga parameter ini didapat dengan mempertimbangkan analisis risiko yang paling berpengaruh terhadap *cashflow* masing-masing gedung. Analisis risiko tersebut dapat digambarkan pada *input factor* Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. *Input Factor* Simulasi *Monte Carlo*

No.	Properti	Minimum	<i>Most Likely</i>	Maksimum	<i>Mean</i>	St. Deviasi
A.	Gedung 1					
1.	<i>Occupancy</i>	40%	70%	100%		
2.	Pendapatan Sewa	32.006.400.000	56.011.200.000	80.016.000.000		
3.	Inflasi				5,6485%	3,003%
B.	Gedung 2					
1.	<i>Occupancy</i>	40%	70%	100%		
2.	Pendapatan Sewa	16.890.744.000	29.558.802.000	42.226.860.000		

Tabel 8. Input Factor Simulasi Monte Carlo (lanjutan)

No.	Properti	Minimum	<i>Most Likely</i>	Maksimum	<i>Mean</i>	St. Deviasi
3.	Inflasi				5,6485%	3,003%
C.	Gedung 3					
1.	Occupancy	40%	70%	100%		
2.	Pendapatan Sewa	19.620.736.320	34.336.288.560	49.051.840.800		
3.	Inflasi				5,6485%	3,003%
D.	Gedung 4					
1.	Occupancy	40%	70%	100%		
2.	Pendapatan Sewa	12.424.320.000	21.742.560.000	31.060.800.000		
3.	Inflasi				5,6485%	3,003%

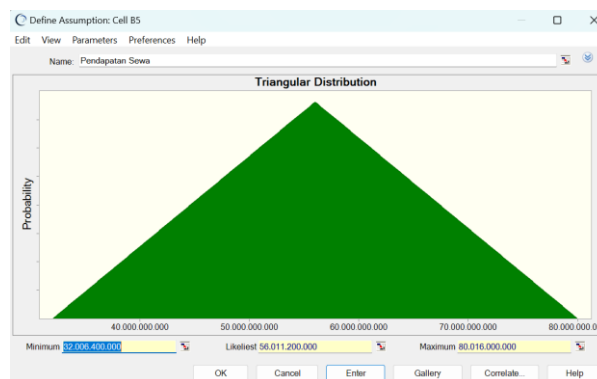
Simulasi *Monte Carlo*

Setelah didapat parameter yang dibutuhkan, dilakukan simulasi *Monte Carlo* dengan bantuan *crystal ball*. Adapun tahapan simulasi sebagai berikut:

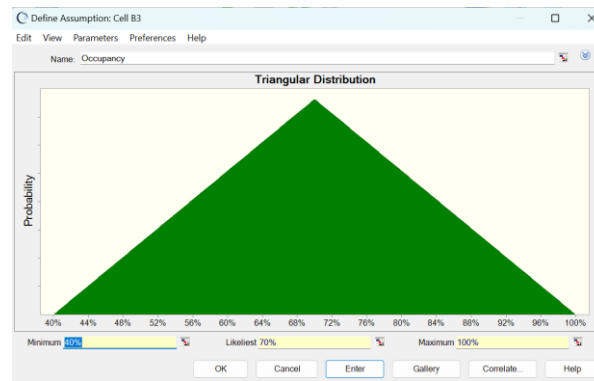
1. Menginput item-item pekerjaan kedalam *Microsoft Excel*.
2. Menjadikan *cell* tingkat *occupancy*, pendapatan sewa, dan inflasi sebagai *cell assumption* dengan menuliskan biaya yang paling disukai didalam *cell* tersebut lalu mengklik *define assumption* pada toolbar software *Crystal Ball* lalu pilih *Triangular*. Setelah itu masukan biaya optimis/minimum durasi, *most likely*, dan minimum/maksimum pada kotak yang tersedia. Jika berhasil maka secara otomatis *cell* tersebut akan berwarna hijau. Lakukan ini pada setiap asumsi risiko masing-masing gedung. Simulasi dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.
3. Menentukan jumlah iterasi yang digunakan dalam metode *Monte Carlo* ini. Klik menu *run preferences* lalu mengganti angka pada kotak yang tersedia. Dalam penelitian ini digunakan iterasi sebanyak 10.000 kali.
4. Menjadikan *cell* NPV dan IRR perhitungan DCF sebagai *cell Forecast*. Dengan mengklik *cell* yang akan dijadikan *cell Forecast* lalu mengklik *Define Forecast* pada toolbar software *Crystal Ball*. Jika berhasil maka secara otomatis *cell* tersebut akan berwarna biru muda dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.

<i>Input Factor</i>	<i>Most likely value</i>
Occupancy	70%
Inflasi	3,263%
Pendapatan Sewa	56.011.200.000
NPV	350.313.785.015
IRR	15,17%

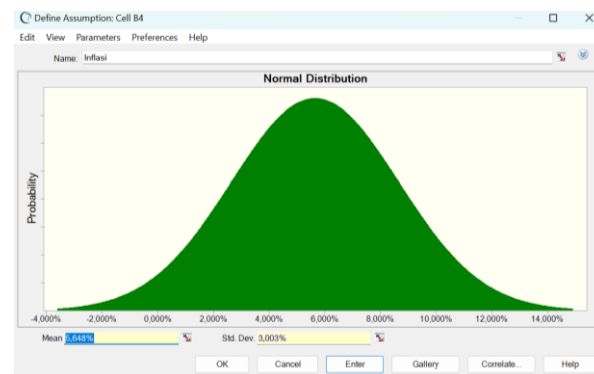
Gambar 2. Input Factor Gedung 1



Gambar 3. Distribusi Triangular untuk Pendapatan Sewa Gedung 1



Gambar 4. Distribusi Triangular untuk Tingkat Occupancy Gedung 1

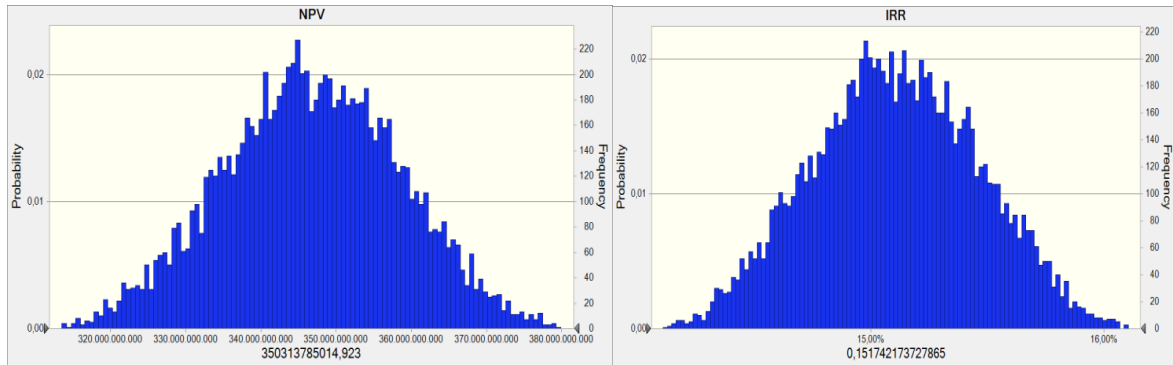


Gambar 5. Distribusi Normal untuk Tingkat Inflasi Gedung 1

Setelah melakukan tahapan simulasi, maka didapatkan hasil berupa data yang akan digunakan pada perhitungan metode *Monte Carlo* pada Tabel 9 dan juga grafik probabilitas/kemungkinan risiko tersebut dapat terjadi (Gambar 6). Dari simulasi *Monte Carlo* didapatkan hasil yakni NPV dan IRR masing-masing gedung.

Tabel 9. Hasil Simulasi *Monte Carlo* terhadap NPV dan IRR Gedung 1

NPV		IRR	
Statistics	Forecast values	Statistics	Forecast values
<i>Trials</i>	10.000	<i>Trials</i>	10.000
<i>Base Case</i>	350.313.785.015	<i>Base Case</i>	15,17%
<i>Mean</i>	346.712.149.930	<i>Mean</i>	15,11%
<i>Median</i>	346.649.259.629	<i>Median</i>	15,10%
<i>Mode</i>	---	<i>Mode</i>	---
<i>Standard Deviation</i>	11.842.039.311	<i>Standard Deviation</i>	0,36%
<i>Variance</i>	140233895046388000000	<i>Variance</i>	0,00%
<i>Skewness</i>	-0,0227	<i>Skewness</i>	0,0197
<i>Kurtosis</i>	2,74	<i>Kurtosis</i>	2,59
<i>Coeff. of Variation</i>	0,0342	<i>Coeff. of Variation</i>	0,0236
<i>Minimum</i>	307.972.470.919	<i>Minimum</i>	14,06%
<i>Maximum</i>	388.004.172.573	<i>Maximum</i>	16,30%
<i>Range Width</i>	80.031.701.654	<i>Range Width</i>	2,24%
<i>Mean Std. Error</i>	118.420.393	<i>Mean Std. Error</i>	0,00%



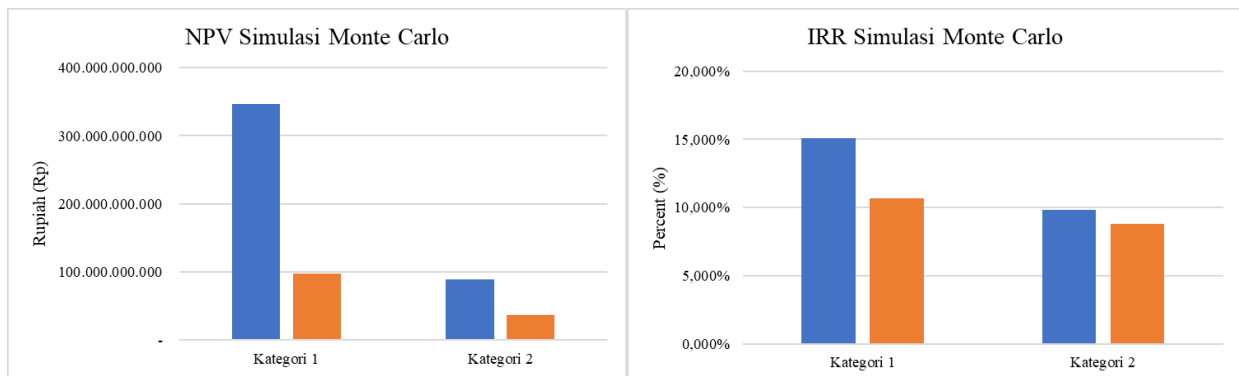
Gambar 6. Hasil Frekuensi Simulasi *Monte Carlo* Terhadap NPV dan IRR Gedung 1

Setelah dilakukan simulasi *Monte Carlo* pada masing-masing gedung maka didapat NPV dan IRR yang dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Analisis NPV dan IRR Simulasi *Monte Carlo*

Kelayakan Finansial	Kategori 1		Kategori 2	
	Gedung 1	Gedung 3	Gedung 2	Gedung 4
NPV (Rp)	346.712.149.930	88.815.154.529	97.186.521.458	36.755.148.844
IRR (%)	15,107%	9,839%	10,659%	8,819%

Grafik kategori 1 (gedung *grade A*: gedung 1 dan gedung 3) dan kategori 2 (gedung *grade B*: gedung 2 dan gedung 4) digambarkan pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Grafik NPV dan IRR Simulasi *Monte Carlo*

Perbandingan konsep gedung *green building* dan *non-green building* pada kategori 1 dan kategori 2 digambarkan melalui Tabel 11 dibawah ini:

Tabel 11. Perbandingan Analisis Simulasi *Monte Carlo*

Kategori	NPV (%)	IRR (%)
Kategori 1	290,37	53,53
Kategori 2	164,42	20,87

Perbandingan NPV sebesar 290,37% diperoleh dari hasil perbandingan NPV antara gedung 1 dan gedung 3 untuk kategori 1 dan 164,42 % perbandingan NPV antara gedung 2 dan gedung 4 untuk kategori 2. Untuk perbandingan IRR sebesar 53,53% diperoleh dari hasil perbandingan IRR antara gedung 1 dan gedung 3 untuk kategori 1 dan 20,87% perbandingan IRR antara gedung 2 dan gedung 4 untuk kategori 2.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan *monte carlo* yang telah dilakukan pada empat objek penelitian dan dibagi menjadi dua kategori, maka dapat disimpulkan bahwa NPV masing-masing gedung dikatakan layak secara finansial dengan $NPV > 0$, perbandingan NPV sebesar 290,37% (kategori 1) dan 164,42 % (kategori 2). IRR yang didapatkan melebihi dari nilai MARR, dengan perbandingan sebesar 53,53% (kategori 1) dan 20,87% (kategori 2) sehingga hasil analisis *Monte Carlo* pada gedung perkantoran dengan NPV tertinggi dan terbaik dan lebih menguntungkan adalah gedung 1 dan gedung 3 (kategori 1). Variabel risiko yang dipertimbangkan dalam analisis adalah tingkat *occupancy*, pendapatan sewa, dan inflasi. Keseluruhan variabel risiko tersebut memiliki pengaruh negatif terhadap NPV dan IRR.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian diharapkan memasukan faktor risiko dan probabilitas lain yang dapat mempengaruhi perhitungan kelayakan investasi properti gedung perkantoran. Hasil perhitungan metode *Monte Carlo* juga dapat menjadi alternatif dalam merencanakan investasi properti dikarenakan metode ini sudah memperkirakan kemungkinan besar biaya yang dibutuhkan pada suatu gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Erizal, Chadirin, Y., & Furi, I. M. (2019). Evaluasi aspek green building pada gedung Andi Hakim Nasoetion Rektorat IPB. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas*, 3(2), 131-152.
- Fadjar, A. (2009). Aplikasi simulasi monte carlo dalam estimasi biaya proyek. *Jurnal SMARTek*, 6(4), 222-227.
- Hamali, S. (2017, Desember 29). *Simulasi Monte Carlo*. Diambil kembali dari Binus Management: <https://bbs.binus.ac.id/management/2017/12/simulasi-monte-carlo/>
- International Organization for Standardization. (2018). *Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>.
- Kats, G. H., James, M., Apfelbaumt, S., Darden, T., Farr, D., & Fox, R. (2008). *Greening buildings and communities: costs and benefits, A Capital E Report*. Westborough, MA.: U.S. Green Building Council.
- Kementerian PUPR. (2015). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau*. Jakarta.
- Kwak, Y., & Ingall, L. (2007). Exploring monte carlo simulation applications for project management. *Risk Management*, 9, 44-57.
- Putri, C. A., & Prabowo, A. W. (2023). Simulasi monte carlo dan real option valuation pada perhitungan kelayakan finansial Dormitory Politeknik Astra. *Technologic*, 14(1), 59-66.
- Widyawati, R. (2018). Green building dalam pembangunan berkelanjutan konsep hemat energi. *Jurnal Kalibrasi*, 3, 43-59.
- Yudelson, J. (2008). *The Green Building Revolution*. Washington, D.C.: Island Press.

