

## **Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Gedung Puskesmas Padang Matinggi, Kota Padangsidempuan**

Agus Parlindungan<sup>1</sup>, Mhd. Rahman Rambe<sup>2</sup>, Nurkhasanah Rina Puspita<sup>3</sup>  
<sup>1\*2,3</sup> Teknik Sipil, Universitas Graha Nusantara  
Email: [agus.parlindungan12@gmail.com](mailto:agus.parlindungan12@gmail.com)

---

**Abstrak** : Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting. Suatu perencanaan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek sehingga proyek dapat dilaksanakan dengan waktu yang efisien. Tanpa perencanaan yang tepat maka bukanlah tidak mungkin bila suatu proyek akan mengalami kegagalan yang merugikan perusahaan, misalnya pemborosan waktu dan tenaga kerja yang mengakibatkan peningkatan biaya. Solusi yang dapat dilakukan terhadap ketidakpastian adalah dengan menerapkan penjadwalan probabilistik yaitu simulasi Monte Carlo. Pengolahan data pada metode penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif. Pengesahan hasil analisis menggunakan metode statistik deskriptif dan uji anova. Direncanakan durasi penyelesaian proyek dengan cara probabilistik adalah 191 hari dengan kontingensi waktu 1 hari serta dengan prosentasi keberhasilan sebesar 80%. Aktivitas yang mempunyai risiko tertinggi adalah: Pembongkaran dan Pembersihan 7%, Plesteran 1SP:4PP tebal 15mm 6,8%, Plat Lantai fc' 16.9 MPa 6,7%, Balok Sloof 25/45 fc' 16.9 MPa 5,9, Pengecatan bidang Kayu 5,7%, Pemasangan Plat Nama Proyek 5,6%, Dinding Bata Merah, tebal ½ bata camp. 1SP:4PP 5,5%, Pengukuran dan Pemasangan Bouplank 5,5%, Galian Tanah Pondasi 5,5%, Pembuatan Direksi Keet dan Gudang 5,3%, Bekisting Balok Sloof 5,0%, Bekisting Beton Plat Lantai 4,9%, Cor Lantai Tangga Beton fc' 16.9 MPa 4,6%, Kolom 30/30 fc' 16.9 MPa / K1 Lt.1 4,3%, Pengecatan 1 m2 tembok baru (1 lapisan plamur, 1 lapis c 4,2%, Lantai Keramik uk. 40x40 4,2%, Bekisting Tangga 4,1%.

**Kata Kunci:** Crystal Ball, Durasi, Microsoft Project, Monte Carlo, Penjadwalan

### **1. PENDAHULUAN**

Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting. Suatu perencanaan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek sehingga dapat dilaksanakan dengan waktu yang efisien. Tanpa perencanaan yang tepat maka bukanlah tidak mungkin bila suatu proyek akan mengalami kegagalan yang merugikan perusahaan, misalnya pemborosan waktu dan tenaga kerja yang mengakibatkan peningkatan biaya. Secara umum metode yang sering digunakan dalam menentukan penjadwalan antara lain adalah CPM (Critical Path Method) dan PDM (Precedence Diagram Method) yang merupakan metode deterministik.

Penjadwalan deterministik mengasumsikan bahwa durasi pekerjaan diketahui dengan pasti, padahal terdapat banyak ketidakpastian pada proses pelaksanaan suatu proyek, sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi yaitu unik, dinamis dan cenderung kompleks.

Ketidakpastian dalam proyek dapat dikategorikan sebagai risiko dalam pelaksanaan proyek. Solusi yang dapat dilakukan terhadap ketidakpastian adalah dengan menerapkan penjadwalan probabilistik. Salah satu metode probabilistik yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo.

Simulasi Monte Carlo adalah teknik sampling yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif. Simulasi Monte Carlo digunakan untuk mengintegrasikan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas waktu yang mungkin terjadi dengan tujuan menghitung distribusi kemungkinan waktu total dari suatu proyek. Penerapan simulasi Monte Carlo belum mendapat pondasi atau pijakan yang kuat pada dunia manajemen proyek, oleh sebab itu penelitian terhadap simulasi Monte Carlo perlu dilakukan dengan harapan akan menghasilkan alternatif dalam penjadwalan/alokasi durasi yang mungkin dapat dipakai dan membantu dalam pengambilan keputusan dan penanganan risiko.

Penggunaan simulasi Monte Carlo diharapkan memberikan kemudahan dalam menjalankan proyek konstruksi, terutama dalam hal perencanaan dan pengendalian penjadwalan atau time schedule untuk membuktikan antara metode yang sering digunakan dengan metode Monte Carlo, mana yang lebih efektif dan efisien di dalam menentukan penjadwalan atau time schedule. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang penerapan metode Monte Carlo pada penjadwalan proyek gedung puskesmas Padang Matinggi, kota Padangsidimpuan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui durasi yang dihasilkan dari proses simulasi dengan metode Monte Carlo yang dijalankan pada penjadwalan proyek pembangunan gedung Puskesmas Padang Matinggi kota Padangsidimpuan.
2. Mengetahui persentase kemungkinan keberhasilan dan resiko pekerjaan yang paling besar dari proyek yang dihasilkan dari proses simulasi. 1. Simulasi Monte Carlo Monte Carlo adalah algoritma komputasi untuk mensimulasikan berbagai perilaku sistem fisika dan matematika. Penggunaan klasik metode ini adalah untuk mengevaluasi integral definit, terutama integral multidimensi dengan syarat dan batasan yang rumit. Simulasi Monte Carlo sangat penting dalam fisika komputasi dan bidang terapan lainnya dan memiliki aplikasi yang beragam mulai dari penghitungan termodinamika kuantum esoterik hingga perancangan aerodinamika. Metode ini terbukti efisien dalam memecahkan persamaan diferensial integral medan radian, sehingga metode ini digunakan dalam penghitungan iluminasi global yang menghasilkan gambar-gambar fotorealistik model tiga dimensi, dimana diterapkan dalam video games, arsitektur, perancangan, film yang dihasilkan oleh komputer, efek-efek khusus dalam film, bisnis, ekonomi dan bidang lainnya.

Karena algoritma ini memerlukan pengulangan (repetisi) dan penghitungan yang amat kompleks, metode Monte Carlo pada umumnya dilakukan menggunakan komputer dan memakai berbagai teknik simulasi komputer. Algoritma Monte Carlo adalah metode Monte Carlo numerik yang digunakan untuk menemukan solusi matematis (yang dapat terdiri dari banyak variabel) yang sulit dipecahkan, misalnya dengan kalkulus integral atau metode numerik lainnya. 2. Proyek Proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia (Widiasanti I., dan Lenggogeni, 2013).

Dalam proses mencapai tujuan suatu proyek ada beberapa hal yang menjadi kendala suatu proyek, dimana dikenal dengan istilah triple constrain. Adapun kendala pada proyek yang dimaksud meliputi anggaran, jadwal dan mutu.

3. Manajemen Proyek Manajemen adalah kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Untuk itu, tujuan perlu ditetapkan terlebih dahulu, sebelum melibatkan sekelompok orang yang mempunyai

kemampuan atau keahlian dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Dengan kata lain, manajemen berfungsi untuk melaksanakan semua kegiatan yang diperlukan dalam pencapaian tujuan dengan batas-batas tertentu. Menurut George R. Terry fungsi dari manajemen proyek terdiri dari Planning, Organizing, Actuating, Controlling (POAC).

4. Manajemen Waktu Proyek Manajemen waktu proyek adalah tahapan mendefinisikan proses-proses yang perlu dilakukan selama proyek berlangsung berkaitan dengan penjaminan agar proyek dapat berjalan tepat waktu dengan tetap memperhatikan keterbatasan biaya serta penjagaan kualitas produk / servis / hasil unik dari proyek. Manajemen waktu proyek mencakup segala proses yang diperlukan untuk memastikan proyek selesai tepat pada waktunya. Sistem manajemen waktu berpusat pada berjalan atau tidaknya perencanaan dan penjadwalan proyek, dimana dalam perencanaan dan penjadwalan tersebut telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien. Sumber daya dalam proyek konstruksi biasa disebut dengan istilah 5 M, yang terdiri dari: 1. Men (manusia) 2. Material (bahan-bahan untuk pengerjaan konstruksi) 3. Machines (mesin / peralatan) 4. Money (uang) 5. Methods (method / cara / teknologi) 5. Metode Penjadwalan Proyek Dalam penjadwalan proyek metode yang sering digunakan adalah Metode Jalur Kritis (CPM), Preseden Diagram Method (PDM), Project Evaluation and Review Technique (PERT).
5. Dua metode penjadwalan pertama merupakan metode deterministik, yang memperkirakan suatu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (uncertainty) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan situasi ini misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan, sampai menjadi produk yang sama sekali baru. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (range), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter yang mencoba “mengukur” ketidakpastian tersebut secara kuantitatif, seperti deviasi standart dan varian. Dengan demikian metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hamper selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan. Perhatikan Tabel dibawah ini:

Tabel 1. Perbandingan PERT Dan CPM Untuk Beberapa Fenomena.

Fenomena	CPM	PERT
Estimasi kurun waktu	Deterministik, 1 angka	Probabilistik, 3 angka
Arah orientasi	Ke kegiatan	Keperistiwa atau kejadian
Identifikasi jalur kritis	Dengan dihitung maju atau mundur	Dengan hitungan maju atau mundur
Kurun waktu penyelesaian milestone atau proyek	Ditandai dengan suatu angka tertentu	Angka tertentu ditambah suatu varian
Kemungkinan (probability) mencapai target jadwal	Hitungan/analisis untuk maksud tertentu tidak ada	Dilengkapi cara khusus
Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedur jelas	Mungkin perlu dikonverikan ke CPM dahulu

(sumber: Mahayu, 2011)

## 6. Metode Penjadwalan Secara Probabilistik

Pada prosedur penjadwalan dengan metode CPM dan PDM diasumsikan bahwa durasi kegiatan dianggap diketahui dengan pasti. Dalam kenyataannya, prosedur penjadwalan melalui proses dinamakan estimasi (estimasi durasi maupun estimasi biaya). Ciri utama dari estimasi adalah mengandung unsur ketidakpastian. Hal ini sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi, yaitu tingkat resiko yang tinggi terhadap setiap perubahan yang terjadi, baik perubahan system politik, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi, ketergantungan pihak lain dan lain sebagainya.

Untuk mengantisipasi ketidakpastian dari durasi konstruksi dalam penjadwalan, dikembangkan metode penjadwalan dengan mempertimbangkan ketidakpastian tersebut. Ada dua cara pendekatan penjadwalan dengan ketidakpastian, yaitu:

1. Mengabaikan ketidakpastian durasi, digunakan penjadwalan dengan eksekusi durasi (most likely). Kerugian dari cara ini adalah schedule yang dihasilkan bersifat optimistic, penggunaan durasi tunggal akan menghasilkan schedule yang kaku (inflexible schedule), sehingga dibutuhkan monitoring dan updating secara kontinu (terus menerus) secara ketat.
2. Dengan memasukkan kontingensi (contingency) dengan tujuan menghindari schedule yang terlalu optimis. Contohnya durasi yang diharapkan 2 hari, dalam schedule digunakan durasi 2,2 hari, yakni digunakan 10% kontingensi.

## 7. Analisis Statistik Diskriptif

Analisis statistik diskriptif memberikan gambaran atau deskripsi suatu data yang dilihat dari nilai rata-rata (mean), modus, median, persentil, deviasi standar, variasi, skewness, kurtosis.

## 8. Uji Anova

Anova digunakan untuk menguji lebih dari dua sampel. Tujuannya adalah untuk menguji rata-rata atau mean dari populasi yang diambil dari sampel adalah sama atau beda. Microsoft excel telah menyediakan menu untuk melakukan uji anova.

Analisa varian adalah sebuah metode untuk memeriksa apakah ada hubungan antara dua atau lebih set data. Anda dapat menentukan apakah ada hubungan antara set data dengan melakukan analisis varians, atau dikenal sebagai anova. Analisis varian kadang-kadang disebut sebagai F-Test setelah statistic british RA Finisher. Sebenarnya ada tiga tipe berbeda anova yang tersedia melalui Analisis Toolpak pada Microsoft excel.

1. Factor tunggal/single factor merupakan analisis sederhana dari varians antar dua set data
2. Dua factor tanpa replica /two factor without replication, melakukan analisis varians antar dua atau lebih set data. Ini harus digunakan bila anda hanya memilih satu sampel dari setiap data
3. Dua factor dengan replica/two factor with replication, melakukan analisis varian antar dua orang lebih banyak set data. Ini harus digunakan bila anda memilih lebih dari satu sampel dari setiap data.

## 9. Perangkat Lunak Yang Digunakan Untuk Simulasi Monte Carlo

Perangkat lunak yang digunakan untuk membantu simulasi Monte Carlo pada skripsi ini antara lain:

1. Oracle Crystal Ball adalah suatu lembar kerja untuk pemodelan prediksi, peramalan, simulasi dan optimasi. Crystal Ball member wawasan tak tertandingi tentang faktor-faktor kritis yang mempengaruhi risiko. Dengan Crystal Ball , dapat membuat keputusan

taktis yang tepat untuk mencapai tujuan dan meningkatkan daya saing, bahkan kondisi pasar yang paling tidak menentu. Dengan lebih dari 4.000 pengguna di seluruh dunia, Crystal Ball digunakan oleh pengguna dari berbagai industri, seperti aerospace, layanan keuangan, manufaktur, minyak dan gas, farmasi dan utilitas. Crystal Ball digunakan di lebih dari 800 universitas dan sekolah-sekolah di seluruh dunia untuk mengajar konsep-konsep analisis risiko. Aplikasi Crystall Ball meliputi analisis risiko keuangan, penelitian, teknik, six sigma, alokasi, portofolio, estimasi biaya dan manajemen proyek. Crystall Ball dengan Oracle Enterprise Performance Management dan Business Intelligence (BI) merupakan aplikasi untuk meningkatkan proses pengambilan keputusan strategis.

2. Microsoft Project adalah aplikasi untuk mengelola suatu proyek. Microsoft Project merupakan sistem yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (scheduling) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. Microsoft Project juga dapat membantu pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya alat dan manusia. Yang dapat dikerjakan oleh Microsoft Project antara lain: mencatat jam kerja tenaga kerja, jam lembur dan menghitung biaya upah pekerja, memasukkan biaya, mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor menghitung total kebutuhan biaya proyek, serta membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari overallocation (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja).

## 10. Resiko Dan Ketidakpastian

Dalam proyek konstruksi terdapat beberapa tipikal risiko yang mungkin terjadi, antara lain:

1. Gagal menyelesaikan jadwal yang telah ditetapkan untuk pekerjaan perancangan (design) dan konstruksi.
2. Gagal memperoleh persetujuan (approval) mengenai detail kode bangunan, garis besar perencanaan dalam kurun waktu yang direncanakan selama program perencana.
3. Bencana alam (force majeure) seperti banjir, gempa bumi, tanah longsor.
4. Klaim kerugian dari kontraktor akibat keterlambatan produksi rancangan detil dari tim perencana.
5. Kenaikan harga material dan tenaga kerja yang tidak diharapkan.
6. Gagal menyelesaikan proyek dalam koridor anggaran pemilik.
7. Kecelakaan kerja di lokasi proyek (on site) selama konstruksi yang mengakibatkan luka fisik (physical injury).
8. Keadaan cuaca yang dapat mengakibatkan keterlambatan proyek.
9. Keterlambatan pembayaran dan/atau ketidakmampuan pemilik membayar kontraktor. (Sitompul, 2018)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengolahan data pada metode penelitian yang digunakan adalah data kuantitatif dengan metode analitis dan deskriptif korelasional. Metode analitis berarti data yang sudah ada diolah sedemikian rupa sehingga menyajikan hasil akhir yang dapat disimpulkan.

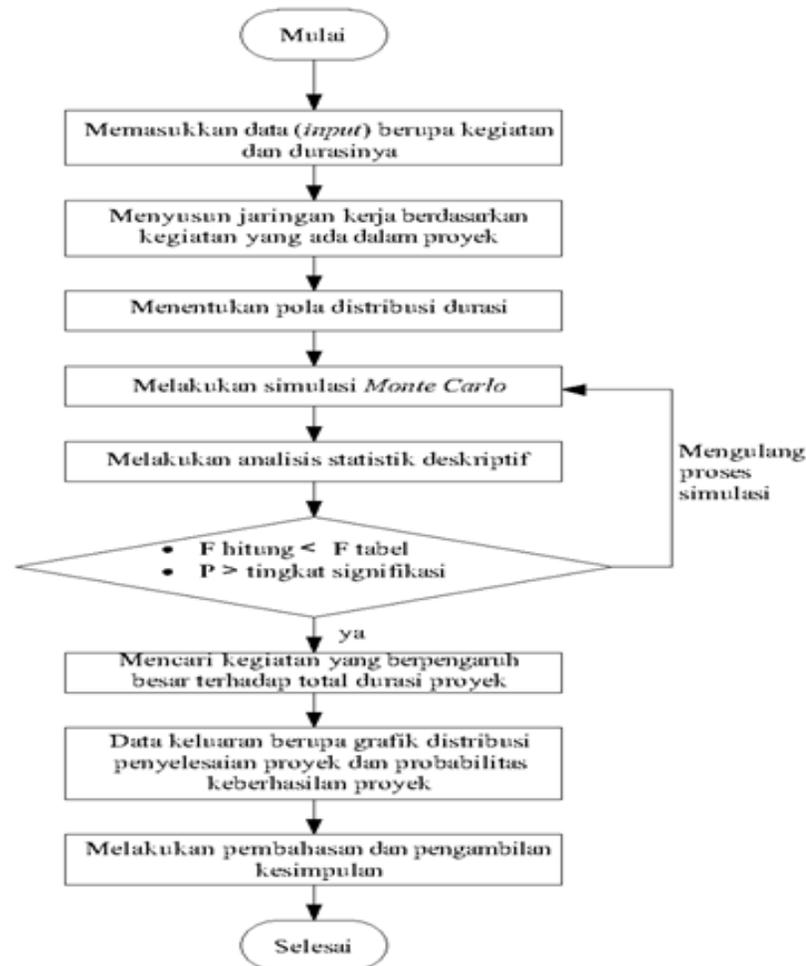
Sedangkan metode deskriptif korelasional menggunakan pendekatan kuantitatif dengan cara mendeskripsikan dengan maksud untuk menentukan unsur-unsurnya, kemudian dianalisis bahkan juga diperbandingkan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya dalam model matematis.

Adapun data yang akan digunakan sebagai pedoman dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Data kontrak proyek;
2. Gambar kerja; dan
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam melakukan analisis data dilakukan dengan sistematis analisis durasi proyek sebagai berikut :

1. Membuat waktu penyelesaian proyek aktual menggunakan metode Program Evaluation Review and Technique melalui (PERT). Langkah-langkahnya sebagai berikut:
  1. Mengelompokkan tiap-tiap aktivitas sesuai dengan urutan pengerjaannya, banyaknya aktivitas tiap sub pengerjaannya serta hubungan antar kegiatan data rancangan anggaran biaya (RAB) proyek.
  2. Membuat jaringan kerja (network planning) berdasarkan waktu aktual proyek.
  3. Mencari jalur kritis dengan konsep  $te$ , dimana  $slack = 0$ . Mencari nilai standard deviasi, yang hasilnya akan digunakan untuk menghitung waktu optimis dan waktu pesimis.
  4. Menghitung nilai waktu optimis.
2. Menghitung waktu percepatan penjadwalan proyek menggunakan metode Program Evaluation Review and Technique (PERT). Langkah-langkahnya sebagai berikut:
  3. Menghitung nilai ekspektasi waktu (waktu yang diharapkan).
  4. Menentukan nilai variansi.
  5. Menghitung lama percepatan waktu.
  6. Menghitung nilai slope biaya dari tiap aktivitas berdasarkan percepatan waktu.
  7. Mengurutkan nilai slope biaya, dari yang terkecil ke terbesar.
  8. Membuat titik proyek dipercepat (TPD) berdasarkan urutan nilai slope biaya.
  9. Membuat kurva biaya proyek berdasarkan nilai titik proyek dipercepat (TPD).
  10. Menentukan nilai presentase kemungkinan proyek dapat selesai.
3. Melakukan tahapan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan software crystal ball dengan kesalahan mutlak maksimal sebesar 2%.
4. Melakukan analisis statistik deskriptif dan uji Anova.
5. Melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui kegiatan yang mempunyai besar terhadap durasi total proyek.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian  
(sumber: Dokumentasi pribadi)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek yang menjadi studi kasus pada penelitian ini telah selesai terlaksana pada tahun anggaran 2020. Dalam pengerjaannya dibutuhkan beberapa data proyek yang menjadi data sekunder pada penelitian ini.

#### 1. Gambar Kerja

Gambar kerja pada proyek Penambahan Gedung/Ruang Baru Puskesmas Padangmatinggi sangat diperlukan dalam memvisualisasikan situasi dan kondisi bangunan. Gambar ini nantinya akan dibutuhkan dalam melakukan breakdown pekerjaan, dimana dapat diketahui apakah pekerjaan tersebut berada di satu lokasi atau tidak dan apakah diperlukan pembagian pekerjaan.

#### 2. Item pekerjaan

Pada proyek Penambahan Gedung / Ruang Baru Puskesmas Padang Matinggi, ada beberapa item pekerjaan yang meliputi dari awal persiapan sampai pekerjaan akhir. Berikut item-item pekerjaan pada proyek Penambahan Gedung / Ruang Baru Puskesmas Padang Matinggi.

Tabel 2. Item &amp; Sub-Item Pekerjaan

NO	KEGIATAN
<b>I. PEKERJAAN PERSIAPAN</b>	
1	Pemasangan Plank Nama Proyek
2	Pembuatan Direksi Keet dan Gudang
3	Pembongkaran dan Pembersihan
4	Pengukuran dan Pemasangan Bouplank
5	Photo Dokumentasi
6	APD (Sepatu, Helm, Rompi, Sarung Tangan)
7	P3K
8	APAR (Alat Pemadam Api Ringan) 3kg
<b>II. PEKERJAAN TANAH</b>	
1	Galian Tanah Pondasi
2	Pengurugan kembali Galian Pondasi

(sumber : Kontrak Proyek Dinas Kesehatan Daerah Kota Padangsidempuan)

### 3. Analisis Data

Adapun untuk analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1. WBS (Work Breakdown Structure)

Untuk keperluan penelitian, maka sub pekerjaan pada RAB harus dilakukan breakdown dengan tujuan agar dapat melakukan analisa, khususnya pada analisa logika ketergantungan dan perhitungan durasi yang lebih akurat.

Dalam melakukan breakdown diperlukan memilah dengan mengeluarkan kegiatan yang tidak mencirikan suatu aktivitas dan menggabungkan beberapa kegiatan menjadi satu kesatuan sesuai kebutuhan dalam penentuan predecessor.

Setelah dilakukannya pemilahan tahapan selanjutnya adalah penentuan kode kegiatan dari setiap sub pekerjaan yang telah dipecah secara rinci agar memudahkan saat melakukan analisa. Dalam hal ini penulis menggunakan penomoran kolom tabel pada Task Sheet Microsoft Project sebagai kode agar sesuai dengan tampilan predecessor Microsoft Project nantinya.

#### 2. Durasi Kegiatan dan Jumlah Pekerjaan

Durasi yang digunakan merupakan durasi yang dibuat sendiri dengan menggunakan data-data dari proyek Puskesmas Padang Matinggi kota Padangsidempuan. Untuk mendapatkan durasi perlu diperhatikan man power.

#### 3. Network Diagram

Network diagram disusun dengan menggunakan bantuan aplikasi proyek. Jenis-jenis kegiatan dan hubungan ketergantungan antar kegiatan ditentukan lebih dahulu. Contoh penyusunan hubungan ketergantungan dalam aplikasi proyek adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan

ID	WBS	Task Name	Predecessors
1	1	PENAMBAHAN GEDUNG	
2	1.1	PEKERJAAN PERSIAPAN	
3	1.1.1	Pemasangan Plank Nama Proyek	
4	1.1.2	Pembuatan Direksi Keet dan Gudang	3 SS
5	1.1.3	Pembongkaran dan Pembersihan	4SS+1 day
6	1.1.4	Pengukuran dan Pemasangan	5
7	1.1.5	Photo Dokumentasi	6;21
8	1.1.6	APD (Sepatu, Helm, Rompi, Sarung)	3SS
9	1.1.7	P3K	3SS
10	1.1.8	APAR (Alat Pemadam Api)	3SS

#### 4. Proses Simulasi

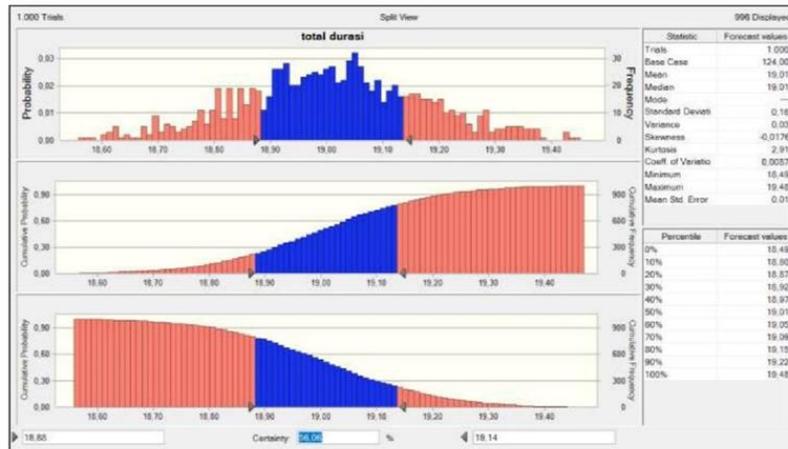
Proses simulasi menggunakan aplikasi tambahan pada aplikasi proyek. Tahap-tahap dalam menjalankan proses simulasi adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan jenis-jenis pekerjaan, beserta durasinya.  
Setiap sub item pekerjaan diinput lama pengerjaannya (durasi).
2. Mengasumsikan setiap pekerjaan memiliki kurva distribusi.  
Dalam hal ini semua sub pekerjaan diasumsikan memiliki kurva ditribusi segitiga.
3. Menghitung EF (*Early Finish*) berdasarkan hubungan ketergantungan.  
Menghitung EF (*Early Finish*) setiap pekerjaan sehingga didapatkan batas tanggal selesai lambat setiap pekerjaan.
4. Mengatur *Run preference*.  
Pada bagian trials diisikan jumlah percobaan yang akan dilakukan. Dalam hal ini percobaan yang akan dilakukan sebanyak 1000x. Pada bagian sampling, dipilih simulasi *monte carlo* yang digunakan untuk menganalisa probabilitiknya.
5. Menjalankan proses simulasi.  
Setelah semua selesai dimasukkan data, maka simulasi siap untuk dijalankan.
6. Mengatur data keluar simulasi pada analisis.  
Dalam *option* ini dipilih *Forecast chart* dan *Sensitivity chart* untuk mendapatkan hasil dari simulasi *monte carlo*.

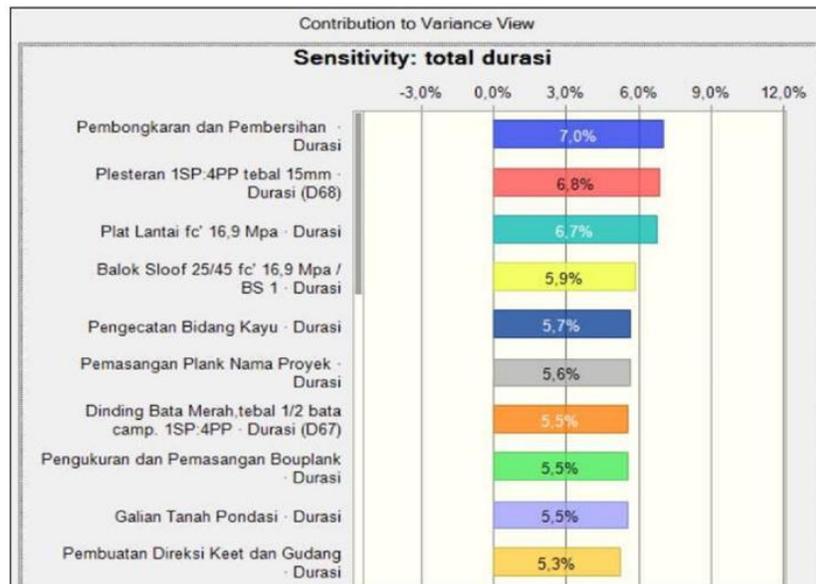
#### Hasil simulasi diperoleh:

- a. Nilai minimum dari total durasi proyek adalah 184,9 hari
- b. Nilai maksimum dari total durasi proyek adalah 194,8 hari
- c. Nilai mean dari total durasi proyek adalah 190,1 hari
- d. Variasi
  1. Varians dari populasi total durasi proyek adalah 0,3
  2. Standar deviasi dari durasi proyek adalah 1,6
- e. *Skewness* dari total durasi proyek adalah 0,176
- f. *Kurtosis* dari total durasi proyek adalah 2,91
- g. *Median* dari total durasi proyek adalah 190,1 hari
- h. *Persentil*

1. P 10% = 188hari
  2. P 90% = 192,2 hari
- i. *Kontingensi* waktu merupakan rencana waktu cadangan yang dipakai mengatasi keadaan yang tidak tentu.
1. P 50% = 190,1 hari  $\approx$  191 hari
  2. P 80% = 191,5 hari  $\approx$  192 hari



Gambar 3. Tampilan Hasil *Forecast Chart*  
(Sumber Hasil Penelitian 2022)



Gambar 4. Tampilan hasil Sensitivity Chart  
(Sumber Hasil Penelitian 2022)

Jadi, kontingensi waktu = 192-191 = 1 hari

### 5. Uji Anova

Analisis Varian adalah sebuah metode untuk memeriksa apakah ada hubungan antar dua atau lebih set data.

Hasil perhitungan Uji Anova:

F hitung = 0,0059

Nilai P = 0,9388

F tabel = 3,8893

Tingkat signifikansi = 100% - tingkat kepercayaan sebesar 95% = 100% - 95% = 5%

Apabila nilai-nilai tersebut dibandingkan maka dapat dilihat bahwa:

1. F hitung (0,0059) < F tabel (3,8893)
2. Nilai P (0,9388) > Tingkat signifikansi (0,05)

Dari hasil perbandingan F hitung dengan F tabel, dimana F hitungnya lebih rendah dari F tabel, maka  $H_0$  diterima. Begitu juga dengan nilai P lebih besar dari pada Tingkat signifikansi yang berarti nilai  $H_0$  nya juga diterima.

## 4. PENUTUP

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil peneliti dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Adapun durasi penyelesaian proyek dengan cara probabilistik adalah 191 hari dengan kontingensi waktu 1 hari serta dengan prosentasi keberhasilan sebesar 80%.
2. Adapun persentase kemungkinan keberhasilan dan resiko pekerjaan yang mempunyai risiko tertinggi adalah:

### 2. Saran

Dari hasil analisis yang diperoleh dari penyusunan skripsi ini, diberikan saran-saran sebagai berikut:

3. Pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam aplikasi proyek sebaiknya dilakukan secara cermat agar diperoleh hasil analisis yang akurat.
4. Sebaiknya perlu diadakan penelitian yang lebih lanjut mengenai identifikasi risiko dan akibatnya terhadap keuangan.
5. Sebaiknya perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pola distribusi setiap aktivitas.
6. Alternatif respon yang bisa diambil untuk semua risiko keterlambatan adalah dengan membuat kontrak forward dengan penyedia tenaga kerja, dengan batasan waktu tertentu. Dengan adanya kontrak tersebut, pekerja harus bisa menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan batasan waktu yang telah disetujui sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Alwendi, A., & Aldo, D. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Toko Handphone Terbaik Di Kota Padangsidempuan Menggunakan Metode Oreste. *JURSIMA (Jurnal Sistem Informasi dan Manajemen)*, 8(1), 10-17.

- Alwendi, A. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Kenaikan Jabatan menggunakan Metode Profile Matching (Studi Kasus PT. Beyf Bersaudara). *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 9(2), 99-104.
- Alwendi, A., & Samosir, K. (2023). PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI UNTUK PENILAIAN KINERJA PENELITIAN DOSEN. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 8(1), 24-30.
- Fadjar, A., 2008, Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek, *Jurnal SMARTek* 6(4), Universitas Tadulako, Palu.
- Husen, A., 2011, *Manajemen Proyek*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Kwak, Y. H., 2009, *Exploring Monte Carlo Simulation Applications for Project Management*, *IEEE Engineering Management Review* 37(2), The George Washington University, Washington.
- Mahayu, L. A., 2011, Penjadwalan Probabilistik Dengan Simulasi Monte Carlo, *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Santony, J., 2020, Simulasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung dengan Metode Monte Carlo, *Jurnal Informasi & Teknologi* 2(1), Universtas Putra Indonesia YPTK Padang, Padang.
- Shofa, W. N., Soejanto, I., Ristyowati, T, 2017, Penjadwalan Proyek Dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo Pada Metode *Program Evaluation Review And Technique* (PERT), *Jurnal OPSI* 10(2), Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sitompul, M. T., 2018, Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi, *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Stanno, 2021, *Online Training*. Project Schedule Review Process. Indonesia Construction Academy (ICA), Tangerang.
- Samosir, K. (2022). PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI UNTUK PENILAIAN KINERJA PENELITIAN DOSEN. *Jurnal Tekinkom (Teknik Informasi dan Komputer)*, 5(2), 333-340.
- Widiasanti I., dan Lenggogeni, 2013, *Manajemen Konstruksi*, Remaja Rosdakarya, Bandung.