

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

## **BAB 2**

### **TINJUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Penjadwalan**

##### **2.1.1 Pengertian Penjadwalan**

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran, metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan, yang menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan proyek.

Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitannya dengan waktu. Jaringan kerja ini sangat berguna untuk perencanaan dan pengendalian proyek (*Soeharto, 1997: 114*)

Penjadwalan adalah kegiatan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dan urutan kegiatan serta menentukan waktu proyek dapat diselesaikan (*Ervianto, 2002: 154*). Penjadwalan adalah berfikir secara mendalam melalui berbagai persoalan-persoalan, menguji jalur-jalur yang logis, serta menyusun berbagai macam tugas yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap, dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam rangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat (*Luthan dan Syafiriadi, 2006: 8*).

Dalam kenyataannya, prosedur penjadwalan melalui proses estimasi mengandung unsur ketidakpastian. Hal ini sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi, yaitu tingkat risiko yang tinggi terhadap setiap perubahan yang terjadi, baik perubahan sistem politik, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi, ketergantungan pihak lain, dan lain sebagainya.

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

- Cara pertama adalah mengabaikan ketidakpastian durasi, digunakan penjadwalan dengan ekspektasi durasi (*most likely*). Kerugian dari cara ini adalah schedule yang bersifat optimistik, penggunaan durasi tunggal akan menghasilkan schedule yang kaku, sehingga dibutuhkan monitoring dan updating secara kontinyu (terus-menerus) secara ketat.
- Cara kedua adalah dengan memasukan kontingensi (*contingency*) dengan tujuan menghindari schedule yang terlalu optimis. Contohnya durasi yang diharapkan 2 hari, dalam schedule

digunakan durasi 2,2 persen hari (10% kontigensi) (Ervianto, 2004:35).

### 2.1.2 Jenis-Jenis Penjadwalan

Pada umumnya penjadwalan terbagi menjadi 2 bagian yaitu:

- Penjadwalan Deterministik, tugas jaringan saling terhubung dengan dependensi yang menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, masa kerja dan rencana penyelesaian proyek. Setiap tugas memiliki durasi yang direncanakan. Penjadwalan deterministic ini dibagi menjadi dua yaitu:
- CPM (*Critical Path Method*) adalah metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek, merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek (Levin dan Kirkpatrick, 1972). *Critical path* merupakan jalur terpanjang dalam network diagram dan mempunyai kesalahan paling sedikit, yang berupa : *Arrow Diagram*, *Time Scale Diagram*, dan *Precedence Diagram Method* (PDM)
- Non-CPM adalah berbentuk grafik yang digambarkan dengan bar atau batang vertikal, yang berupa Bar/Gantt Chart, Line Diagram
- Penjadwalan Probabilistik, jaringan dengan semua elemen dari rencana deterministik, tetapi jangka waktu tugas adalah variabel-variabel acak. Berikut adalah contoh dari penjadwalan probabilistik:
- PERT (*Program evaluation and review technique*) adalah suatu metode untuk semaksimal mungkin mengurangi adanya penundaan kegiatan proyek, produksi, dan teknik, mengkoordinasikan dan menyesuaikan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan dan mempercepat penyelesaian proyek (Nurhayati, 2010).
- Monte Carlo adalah sebuah teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam penyusunan penjadwalan suatu proyek. Dengan metode Monte Carlo dapat diteliti apakah penyusunan penjadwalan suatu proyek sudah memperkirakan waktu yang aman menurut estimasi waktu dari pihak yang bersangkutan. Pada umumnya, kegiatan monitoring suatu proyek dilakukan dengan menggunakan kurva s yang berisi daftar pekerjaan dan bobot biaya setiap pekerjaan yang memiliki sumbu persentase kumulatif dan waktu pelaksanaan yang nantinya akan dibandingkan antara jadwal dan pelaksanaan di lapangan

berdasarkan laporan proyek akan tetapi dengan penggunaan kurva s tidak dapat mengetahui pengaruh antar aktivitas dan pengaruh keterlambatan suatu aktivitas terhadap keseluruhan proyek (*Fadjar, 2008*).

### **2.1.3 Tujuan dari Perencanaan Penjadwalan**

Sebelum proyek dimulai sebaiknya seorang manager yang baik terlebih dahulu merencanakan jadwal proyek. Tujuan perencanaan jadwal adalah :

- Mempermudah perumusan masalah proyek
- Menentukan metode atau cara yang sesuai
- Kelancaran kegiatan lebih terorganisir
- Mendapatkan hasil yang optimum

Manfaat perencanaan bagi proyek adalah:

- Mengetahui keterkaitan antar kegiatan
- Mengetahui kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis)
- Mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya

## **2.2 Time Schedule**

*Time Schedule* adalah rencana waktu yang telah diterapkan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek, meliputi semua item pekerjaan yang ada. *Time Schedule* ini menerangkan kapan waktu dimulai pekerjaan, lama waktu pekerjaan atau durasi dan waktu selesai pekerjaan yang meliputi pekerjaan pembuatan rumah, gedung, kantor, jalan raya, jembatan, dan semua konstruksi bangunan sipil lainnya. *Time Schedule* biasanya dibuat dalam bentuk *Bar Chart* dan *Network Planning*. Saat ini bentuk *Bar Chart* sangat sering digunakan dalam penyajian data *Time Schedule*. Karena bentuk ini memudahkan kita dalam kegiatan selanjutnya yaitu pembuatan Kurva S. (*M. Taqwa Sitompul, 2018*).

### **2.2.1 Tujuan Time Schedule**

Tujuan dari pembuatan *Time Schedule* ini adalah sebagai berikut:

- Menentukan urutan pekerjaan, agar sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan yang ada, sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar, dan di capai efisiensi sumber daya dengan mutu pekerjaan yang memenuhi persyaratan teknis.
- Mendeteksi terjadinya keterlambatan pelaksanaan pekerjaan, bila terjadi keterlambatan dapat dicegah sedini mungkin atau diambil kebijakan lain, sehingga tidak terlalu mengganggu kelancaran pekerjaan lain.

- Memperkirakan jumlah sumber daya (material, manusia, peralatan, dan lain- lain), yang harus disediakan pada waktu tertentu.
- Pedoman bagi Kontraktor dan Konsultan Pengawas untuk mengatur kecepatan pelaksanaan proyek.
- Referensi bagi pemilik, Konsultan Pengawas dan Kontraktor untuk mengontrol kemajuan pekerjaan proyek.
- Pedoman bagi Konsultan Pengawas dan Kontraktor untuk mengevakuasi pekerjaan yang telah diselesaikan.

### 2.2.2 **Pembuatan *Time Schedule***

Menyusun *Time Schedule* atau jadwal pelaksanaan proyek yang baik membutuhkan beberapa cara antara lain:

- Gambar kerja proyek.
- Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP).
- *Bill of Quantity* (BOQ).
- Data Lokasi Proyek.
- Data sumber daya meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
- Data sumber daya material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.

## 2.3 **Kurva S**

Kurva S atau *Hanumm curve* adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan suatu kemajuan proyek berdasarkan kegiatan waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi dari kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan antara Kurva S rencana dengan realisasi, untuk membuat Kurva S jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis akan membentuk kurva yang berbentuk huruf S.

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antar nilai kumulatif yang dibuat menjadi sebuah persentase (%) penyelesaiannya, dengan demikian persentase yang ada di kurva S dapat digambarkan juga sebagai volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek tersebut. Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva yang serupa yang

disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena itu kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam suatu pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan Kurva S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek. Pada Kurva S, sumber mendarat menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai kumulatif atau persentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf S tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek yaitu kemajuan pada awal-awalnya bergerak lambat, kemudian diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama, pada akhirnya kegiatan menurun kembali dan berhenti pada suatu titik akhir.

### **2.3.1 Manfaat Penggunaan Kurva S**

Didalam suatu proyek konstruksi Kurva S memiliki beberapa kegunaan, yaitu:

- Sebagai jadwal pelaksanaan kegiatan proyek, disitu akan terlihat kapan proyeknya dimulai dan kapan akan berakhir, serta pekerjaan apa saja yang harus dikerjakan pada tanggal tertentu.
- Sebagai dasar untuk manajemen keuangan proyek, dengan adanya Kurva S maka akan terlihat perkiraan besarnya presentase progress yang akan diraih pada tanggal tertentu, seorang manajer keuangan dapat memperkirakan berapa dana yang akan tersedia serta kapan akan menagih pembayaran ke owner dengan besaran sekian rupiah dihitung dari progress proyek.
- Untuk melihat pekerjaan yang masuk kedalam lintasan kritis, yaitu item yang harus segera selesai agar pekerjaan lain yang berkaitan dapat segera dikerjakan.
- Untuk menghitung prestasi pekerjaan proyek, di Kurva S terdapat rencana progress mingguan proyek, dan ada perhitungan progress realisasi pelaksanaan, dari perbandingan antara rencana dan realisasi akan diketahui seberapa besar prestasi pekerjaan, apakah lebih cepat atau terlambat dari jadwal.
- Sebagai pedoman manajer proyek untuk mengambil kebijakan agar pelaksanaan pekerjaan bisa selesai sesuai batas waktu kontrak, atau lebih cepat lebih baik.
- Sebagai bahan pelaporan proyek dari kontraktor kepada manajemen konstruksi, konsultan pengawas, atau owner sebagai pemilik proyek.

### 2.3.2 Pembuatan Kurva S

Ada beberapa tahapan prosedur dalam pembuatan Kurva S Rencana, yaitu:

- Menuliskan item pekerjaan seperti yang ada di *Time Schedule*.
- Menentukan bobot persen dari tiap item pekerjaan berdasarkan perincian harga pada tiap item pekerjaan terhadap harga total dari semua item pekerjaan.
- Membagi bobot persen pekerjaan dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut sesuai dengan *Time Schedule*.
- Menjumlahkan bobot persen pekerjaan persatuan waktu.
- Membuat table kumulatif dari persen pekerjaan persatuan waktu yang direncanakan sampai dengan waktu dari proyek tersebut.
- Memplot grafik hubungan antara kumulatif dari persen pekerjaan dengan waktu. Grafik inilah yang disebut Kurva S rencana.

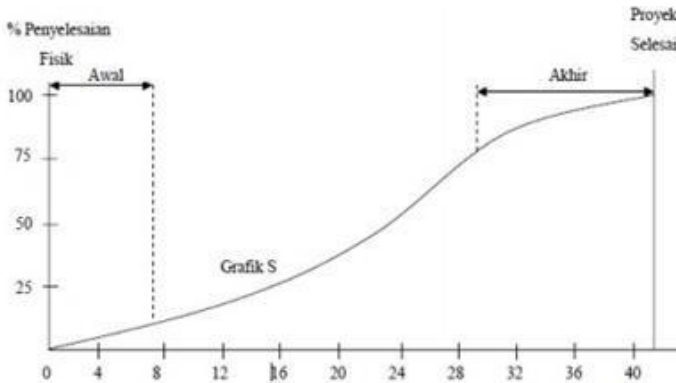
Pembuatan kurva S ini berhubungan dengan prestasi pekerjaan kontraktor yang dicatat dalam *Time Schedule*. Prestasi pekerjaan ini dinilai dari beberapa persen dari tiap item atau jenis pekerjaan yang telah diselesaikan kontraktor di lapangan, sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Adapun tahap-tahap pembuatannya adalah:

- Penilaian prestasi kerja kontraktor diplot dalam *Time Schedule* persatuan waktu tersebut.
- Menjumlahkan prestasi kerja kontraktor untuk seluruh item atau jenis pekerjaan yang dikerjakan persatuan waktu tersebut.
- Membuat table kumulatif dari prestasi kerja yang diselesaikan kontraktor sampai dengan waktu tersebut.
- Memplot grafik hubungan antara kumulatif dari prestasi kerja dengan waktu. Grafik inilah yang disebut *Kurva S* realisasi.

Adapun fungsi kurva S adalah sebagai berikut :

- Menentukan waktu penyelesaian proyek.
- Menentukan waktu penyelesaian bagian proyek.
- Menentukan besarnya biaya pelaksanaan proyek.
- Menentukan waktu untuk mendatangkan alat dan material yang akan dipakai.

Kurva S sangat berguna sebagai laporan kepada pimpinan proyek maupun pimpinan perusahaan karena grafik ini dapat dengan jelas menunjukkan kemajuan proyek dan berikut adalah contoh bentuk dari grafik Kurva S pada gambar 2.1



**Gambar 2.1 Kurva S**  
(Sumber: Khalid, 2008)

## 2.4 Risiko dan Ketidakpastian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (*Balai Pustaka, 2002*) risiko adalah akibat yang kurang menyenangkan, merugikan, membahayakan dari suatu perbuatan atau tindakan. Sedangkan ketidakpastian adalah keadaan yang tidak diketahui atau tidak pasti. Sedangkan menurut beberapa literature risiko (*risk*) didefinisikan sebagai suatu kondisi yang akan menimbulkan kerugian, kerukkan atau kehilangan (*Kerzner, 1995 ;Flanagan and Norman, 1993;Palmer, 1996*). Sedangkan (*Lowe. J, 1996*) mendefinisikan ketidakpastian (*uncertainty*) sebagai peristiwa-peristiwa yang tidak diketahui, yang tidak dapat diramalkan secara meyakinkan.

Risiko dalam pengertian umum di masyarakat dapat diartikan sebagai terjadinya hal-hal yang merupakan dampak negatif dari suatu aktivitas atau tindakan dan selalu merugikan. Beberapa pakar dan penulis memberikan pengertian yang berbeda-beda mengenai arti dari kata risiko ini. Risiko merupakan variasi dalam hal-hal yang mungkin terjadi secara alami di dalam suatu situasi (*Fisk, E.R.1997*). Tak akan ada yang dapat mengetahui kapan risiko akan terjadi. Karena itu risiko dapat diartikan pula sebagai probabilitas kejadian yang muncul selama suatu periode waktu. Dari definisi dan pandangan tersebut maka risiko dapat dikaitkan dengan probabilitas karena risiko tidak pernah diketahui secara pasti keberadaan dan waktu terjadinya, beberapa definisi risiko adalah sebagai berikut:



- *Risk is the chance loss* (Risiko adalah kans kerugian). *Chance loss* biasanya dipergunakan untuk menunjukkan suatu keadaan dimana terdapat suatu keterbukaan (exposure) terhadap kerugian atau suatu kemungkinan kerugian.
- *Risk is the possibility of loss* (Risiko adalah kemungkinan kerugian). Istilah *possibility* berarti bahwa probabilitas suatu peristiwa berada diantara nol dan satu.
- *Risk is the dispersion of actual from expected results* (Risiko merupakan penyebaran hasil aktual dari hasil yang diharapkan). Ahli statistik sudah sejak lama mendefinisikan risiko sebagai derajat penyimpangan sesuatu nilai disekitar satu posisi sentral atau disekitar titik rata-rata
- *Risk is the probability of any outcome different from the one expected* (Risiko adalah probabilitas sesuatu *outcome* berbeda *outcome* yang diharapkan). Variasi lain dari konsep risiko sebagai suatu penyimpangan yaitu risiko merupakan probabilitas obyektif bahwa *outcome* yang aktual dari suatu kejadian akan berbeda dari *outcome* yang diharapkan.
- *Risk is uncertainty* (Risiko adalah ketidakpastian). Risiko berhubungan dengan ketidakpastian, yaitu adanya risiko karena adanya ketidakpastian. Pengertian ketidakpastian secara subjektif merupakan penilaian individu terhadap situasi risiko.

Ketidakpastian (*uncertainty*) sering diartikan dengan keadaan di mana ada beberapa kemungkinan terjadinya dan setiap kejadian akan menyebabkan hasil yang berbeda. Tetapi, tingkat kemungkinan atau probabilitas kejadian itu sendiri tidak diketahui secara kuantitatif (Djohanputro, 2004). Perbandingan risiko dan ketidakpastian menurut Djohanputro dapat kita lihat pada table berikut:

**Tabel 2.1 Perbandingan Resiko dan Ketidakpastian**

(Sumber: Djohanputro, 2004)

RISIKO	KETIDAKPASTIAN
Subyek memiliki ukuran kuantitas	Subyek tidak ada ukuran kuantitas
Diketahui tingkat probabilitas kejadiannya	Tidak dapat diketahui tingkat probabilitas kejadiannya
Ada data pendukung mengenai kemungkinan kejadiannya	Tidak ada data pendukung untuk mengukur kemungkinan kejadiannya

Risiko adalah hal yang tidak akan pernah dapat dihindari pada suatu kegiatan / aktivitas yang dilakukan manusia, termasuk aktivitas proyek pembangunan dan proyek konstruksi. Karena dalam setiap kegiatan, seperti kegiatan konstruksi, pasti ada berbagai ketidakpastian (*uncertainty*). Faktor ketidakpastian inilah yang akhirnya menyebabkan timbulnya risiko pada suatu kegiatan, berikut adalah faktor penyebab ketidakpastian:

- Ketidak cukupan informasi, informasi kualitatif dan informasi kuantitatif yang tidak mencakupi akan menghalangi pembuat keputusan untuk mengenali masalah yang ada dan keputusan delay yang efektif.
- Ketidak jelasan masalah struktur, hal ini dapat mengakibatkan kurang percaya diri dalam membuat keputusan karena ada kesulitan dalam perumusan masalah ke dalam beberapa komponen yang bias dimengerti.
- Ketidak mampuan untuk mengidentifikasi alternative solusi jika ada kesulitan dalam mengidentifikasi komponen masalah dan alternatif solusi, pembuat keputusan mungkin akan membuat keputusan yang salah (*Ritchie dan Marshall, 1993*)

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

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

## **2.5 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 (*Noviandhini, 2013*).

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

### **2.5.1 Sejarah dari Metode Monte Carlo**

Ide pertama dicetuskan Enrico Fermi di tahun 1930-an. Pada saat itu para fisikawan di Laboratorium Sains Los Alamos sedang memeriksa perlindungan radiasi dan jarak yang akan neutron tempuh melalui beberapa macam material. Namun data yang didapatkan tidak dapat membantu untuk memecahkan masalah yang ingin mereka selesaikan karena ternyata masalah tersebut tidak bisa diselesaikan dengan penghitungan analitis. Lalu John von Neumann dan Stanislaw Ulam memberikan ide untuk memecahkan masalah dengan memodelkan eksperimen di komputer. Metode tersebut dilakukan secara untung-untungan. Takut hasil karyanya dicontek orang, metode tersebut diberi kode nama Monte Carlo.

Nama Monte Carlo kemudian akhirnya menjadi populer oleh Enrico Fermi, Stanislaw Ulam, dan rekan-rekan mereka sesama peneliti fisika. Nama Monte Carlo merujuk kepada sebuah kasino terkenal di Monako. Di sanalah paman dari Stanislaw Ulam sering meminjam uang untuk berjudi. Kegunaan dari ketidakteraturan dan proses yang berulang memiliki kesamaan dengan aktivitas di kasino. Hal yang berbeda dari simulasi Monte Carlo adalah ia membalikkan bentuk simulasi yang umum. Metode ini akan mencari kemungkinan terlebih dahulu sebelum memahami

permasalahan yang ada. Sementara umumnya menggunakan simulasi untuk menguji masalah yang sebelumnya telah dipahami. Walaupun pendekatan terbalik ini sudah ada sejak lama, namun baru setelah metode Monte Carlo populer pendekatan ini diakui.

Penggunaan metode paling awal diketahui digunakan oleh Enrico Fermi di tahun 1930. Pada waktu itu beliau menggunakan metode acak untuk menghitung sifat dari neutron yang baru ditemukan. Baru setelah komputer pertama diperkenalkan sekitar tahun 1945 metode Monte Carlo mulai dipelajari lebih lanjut. Metode ini telah digunakan di bidang fisika, kimia fisika, dan lain-lain. *Rand Corporation* dan *U.S. Air Force* merupakan sponsor utama dalam pengembangan metode Monte Carlo pada waktu itu dan metode ini semakin berkembang di berbagai bidang.

Penggunaan metode Monte Carlo membutuhkan sejumlah besar angka acak sehingga seiring dengan berkembangnya metode ini, berkembang pula pseudorandom number generator yang ternyata lebih efektif digunakan daripada tabel angka acak yang terlah sebelumnya sering digunakan untuk pengambilan sampel statistik. Metode Monte Carlo memiliki banyak penerapan di berbagai bidang.

Penerapan metode Monte Carlo antara lain dalam bidang:

- Grafis  
Digunakan untuk penjejukan sinar.
- Biologi  
Mempelajari jaringan biologi.
- Keuangan  
Dalam bidang ini Monte Carlo digunakan untuk menilai dan menganalisa model-model finansial.
- Fisika  
Cabang-cabang fisika yang menggunakan antara lain fisika statistik dan partikel, dalam fisika partikel digunakan untuk eksperimen, dalam ilmu nuklir metode ini juga banyak diterapkan.
- Ilmu probabilitas dan statistic  
Digunakan untuk mensimulasikan dan memahami efek keberagaman.
- Ilmu Komputer  
Misalnya Algoritma Las Vegas dan berbagai permainan komputer.
- Kimia  
Digunakan untuk simulasi yang melibatkan kluster-kluster atomic.

- Ilmu lingkungan

Metode ini digunakan untuk memahami perilaku kontaminan.

Definisi simulasi Monte Carlo menurut Monte Carlo Method yang ditulis dalam jurnal yang ditulis (*Fadjar, 2008*) adalah semua teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif. Pada jurnal yang sama, *Project Management Institute 2004* menjelaskan bahwa dalam bidang manajemen proyek, simulasi Monte Carlo digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek.

Sehingga dengan adanya keragaman waktu atau durasi yang tidak menentu, penjadwalan dengan menggunakan *software Microsoft Project Professional* akan memiliki indikator lebih dalam keuntungan dan kerugian proyek jika menggunakan metode Monte Carlo. Oleh karena itu, salah satu metode digunakan dalam proses analisis risiko untuk menentukan estimasi durasi proyek, yaitu metode simulasi Monte Carlo.

Metode ini merupakan metode yang umum digunakan untuk simulasi perhitungan probabilitas membahas aspek risiko dalam manajemen proyek. Dengan meninjau latar belakang di atas, pada kasus pekerjaan rekonstruksi Apron B di terminal Bandar Udara Juanda Surabaya maka perlu adanya suatu penelitian untuk mencari indikator lebih dalam menganalisis pekerjaan rekonstruksi tersebut sehingga mendapat perkiraan waktu yang optimal. Untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan analisis proyek pekerjaan rekonstruksi dengan metode Monte Carlo.

Fokus penelitian yang diambil mengenai penerapan teknologi perangkat lunak untuk mencapai kemudahan dalam menjalankan proyek konstruksi pada sub bidang manajemen konstruksi, khususnya dalam hal perencanaan dan pengendalian jadwal. Istilah Monte Carlo sering dianggap sama dengan simulasi probabilistik. Namun Monte Carlo Sampling secara lebih tegas berarti teknik memilih angka secara acak dari distribusi probabilitas untuk menjalankan simulasi. Dasar dari simulasi Monte Carlo adalah percobaan elemen kemungkinan dengan menggunakan sampel random (acak). Metode ini terbagi dalam 5 tahapan yaitu:

- Membuat distribusi kemungkinan untuk variable penting.
- Membangun distribusi kemungkinan kumulatif untuk tiap-tiap variable ditahap pertama.

- Menentukan interval angka random untuk tiap variable.
- Membuat angka random.
- Membuat simulasi dari rangkaian percobaan.

Untuk dapat benar-benar mencerminkan system yang disimulasi, angka acak buatan yang dihasilkan harus memiliki karakteristik-karakteristik berikut ini:

- Angka-angka acak tersebut harus didistribusikan secara seragam. Hal ini berarti bahwa setiap angka acak yang ada dalam suatu interval (yaitu antara 0 sampai 1 atau 0 sampai 100) memiliki kesempatan yang sama untuk dapat dipilih. Jika kondisi ini tidak tercapai, maka hasil simulasi akan menjadi bias dengan adanya angka acak yang memiliki kesempatan lebih besar untuk dipilih.
- Teknik numeric untuk menentukan angka acak tersebut harus efisien. Hal ini berarti bahwa angka-angka acak tersebut jangan sampai berubah nilainya menjadi konstan atau terlalu sering kembali. Sebagai tambahan, teknik tersebut tidak boleh menyita waktu dan biaya.
- Urutan angka-angka acak tersebut tidak boleh mencerminkan adanya suatu pola, misalnya 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 dan seterusnya. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun terdistribusi secara seragam, tetapi tidak menunjukkan perilaku acak.

Dalam manajemen proyek, simulasi Monte Carlo dapat mengukur akibat dari risiko dan ketidakpastian dari jadwal dan pembiayaan proyek, dengan memberikan manajemen proyek sebuah indikator statistik dari kinerja proyek, seperti target waktu penyelesaian dan anggaran penyelesaian proyek (*Kwak Y dan Ingall L, 2007*).

Keuntungan utama dari penggunaan simulasi Monte Carlo di proyek adalah simulasi Monte Carlo merupakan sebuah perangkat yang cukup kuat atau cermat dalam menganalisa, memahami dan mengukur efek potensial dari ketidakpastian dari proyek. Tanpa menggunakan bahan pertimbangan dari ketidakpastian pada jadwal proyek dan anggaran keuangan, manajer proyek menempatkan dirinya pada risiko yang melebihi target proyek.

Simulasi Monte Carlo membantu manajer proyek dalam penjumlahan dan membenaran proyek sesuai kesepakatan, dengan peristiwa risiko itu akan terjadi selama proyek, bahwa keuntungan dari Simulasi Monte Carlo digunakan sebagai cara lain dalam menganalisa proyek dengan menggabungkan ketidakpastian.

## 2.6 *Crystal Ball*

*Oracle Crystal Ball* adalah suatu lembar kerja untuk pemodelan prediksi, peramalan, simulasi, dan optimasi. *Crystal Ball* memberi 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 (M. Taqwa Sitompul, 2018).

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 (Adytia, 2013). Keuntungan penggunaan aplikasi *Crystal Ball* antara lain:

- Meningkatkan data berbasis prediksi  
Meningkatkan kualitas dan akurasi prakiraan kritis EPM keuangan dan operasional.
- Mengidentifikasi risiko lebih awal dan mengurangi risiko yang sangat dominan dengan membuat langkah antisipasi
- Mengkomunikasikan risiko  
Menampilkan hasil simulasi melalui grafik, barchart dan laporan statistic untuk mendukung keputusan.
- Mengurangi waktu peramalan  
Mudah dalam penggunaannya, sehingga menghemat waktu yang dibutuhkan.

Secara umum, Tahapan untuk menjalankan *Crystall Ball*, sebagai berikut:

- Mendefinisikan dugaan (*Entering Assumptions*), ramalan (*Defining Forecasts*), dan variable keputusan yang sesuai (*Defining Decision Variable*).
- Menyesuaikan penampilan dari masing-masing sel.
- Mengatur setelan dalam menjalankan simulasi, seperti jumlah interasidan sebagainya.

- Mengunci input data dalam simulasi, dengan “Freezing”
- Menjalankan simulasi

Simulasi Monte Carlo dapat dilakukan dengan program *Crystal Ball*. *Crystal Ball* dalam program untuk simulasi data yang menyediakan dua pilihan metode sampling, yaitu Monte Carlo dan *Latin Hypercube*. Program ini adalah program simulasi, maka dibutuhkan pemahaman dasar mengenai statistika dan metode-metode yang berkaitan dengan topik utama atau pendukung-pendukungnya. Pemahaman awal mengenai *Crystal Ball* diawali dengan pemahaman terhadap karakter sel-sel yang ada pada *Crystal Ball*, yaitu (Siswanto, 2007)

- *Assumption cells* atau sel-sel asumsi, berisi nilai yang kita tidak yakin atau variabel yang kita tidak tahu pasti di dalam masalah yang akan diselesaikan
- *Decision cells* atau sel-sel keputusan, berisi nilai numeric atau angka dan bukan formula atau teks serta menjelaskan variabel yang memiliki interval nilai tertentu di mana kita bisa mengontrolnya untuk memperoleh putusan maksimal
- *Forecast cells* atau sel-sel peramalan, berisi formula yang berkaitan dengan

*Assumption cell* adalah nilai atau variabel yang tidak diketahui pasti masalah yang akan diselesaikan. Sel ini harus berupa nilai numerik dan bukan formula atau teks dan didefinisikan sebuah distribusi probabilitas yang dapat dipilih, seperti; normal, *uniform*, *exponential*, *geometric*, *weibull*, *beta*, *hyper geometric*, *gamma*, *logistic*, *pareto*, *extreme*, *value*, *negative*, *binomial*, dan *costum*. *Decision cell* berisi nilai numerik atau angka bukan formula atau teks atau menjelaskan variabel yang memiliki interval nilai tertentu sehingga didapat nilai optimal. Sedangkan *forecast cell* merupakan sel formula dari *assumption cell*. Angka yang dihasilkan merupakan suatu variabel random. Variabel random merupakan variabel yang nilainya ditentukan oleh kesempatan atau peluang. Istilah random disebabkan tidak ada cara untuk memperkirakan angka yang akan muncul.

Terdapat dua macam variabel random, yaitu diskrit dan kontinu. Variabel random diskrit hanya mengisi nilai-nilai tertentu yang terpisah dalam suatu interval. Jika digambarkan di atas garis interval, variabel random diskrit akan berupa sederetan titik-titik yang terpisah. Variabel random kontinu akan berupa sederetan titik yang tersambung membentuk garis lurus (Mulyono, 2007).

Kemunculan nilai variabel random diasumsikan sebagai suatu probabilitas, sehingga kemungkinan kemunculan random variabel yang



bersifat discrete dan continue diartikan sebagai discrete probability dan continuous probability. *Discrete probability* distribution menggambarkan perbedaan, nilai tak hingga, dan nilai integer. Distribusi ini terlihat berbeda untuk setiap tinggi kolom. *Continuous probability* distribution mengasumsikan semua nilai berada pada kisaran yang mungkin, termasuk range nilai yang tak hingga. Distribusi ini memiliki kurva yang solid dan halus.

## **2.7 Microsoft Project**

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 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) (*Adi Kusrianto, 2008*).

Program *Microsoft Project Professional 2016* suatu solusi dalam dunia manajemen konstruksi yang semakin berkembang dan penuh kompleksitas dalam membangun sebuah proyek konstruksi. Dalam pelaksanaannya sebuah proyek konstruksi mengalami fluktuasi, baik dalam pelaksanaan rencana kerja maupun sumber daya penyokong kehidupan konstruksi.

*Microsoft Project Professional 2016* merupakan software administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudahan penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan software ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

*Microsoft Project 2016* memberikan unsur-unsur manajemen proyek yang sempurna dengan memadukan kemudahan penggunaan, kemampuan, dan fleksibilitas sehingga penggunaannya dapat mengatur proyek secara lebih efisien dan efektif, kita akan mendapatkan informasi, mengendalikan pekerjaan proyek, jadwal, laporan keuangan, serta mengendalikan kekompakan tim proyek. Kita juga akan lebih produktif dengan mengintegrasikan program-program *Microsoft Office* yang familiar, membuat pelaporan yang kuat, perencanaan yang terkendali dan sarana yang *fleksibel*.

Pengelolaan proyek konstruksi membutuhkan waktu yang panjang dan ketelitian yang tinggi. *Microsoft Project 2016* dapat menunjang dan membantu tugas pengelolaan sebuah proyek konstruksi sehingga menghasilkan suatu data yang akurat. Keunggulan *Microsoft Project 2016* adalah kemampuannya menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian dan pengendalian waktu serta biaya yang mengubah input data menjadi sebuah output data sesuai tujuannya. Pengelolaan proyek konstruksi bangunan gedung dengan *Microsoft Project 2016* secara khusus ditujukan bagi para perencana dan praktisi yang ingin menerapkan *Microsoft Project 2016* secara praktis, cepat dan aplikatif untuk mengelola proyek konstruksi bangunan gedung.

*Microsoft Project 2016* merupakan software yang dapat digunakan untuk membuat rancangan proyek serta melakukan manajemen dalam proyek tersebut. kelengkapan fasilitas dan kemampuannya yang luar biasa dalam pengolah data-data proyek menjadikan software ini paling banyak dipakai oleh operator komputer. ini karena keberadaannya benar-benar mampu membantu dan memudahkan pemakai dalam menyelesaikan pekerjaan, terutama pekerjaan yang berhubungan dengan olah data proyek.

### **2.7.1 Tahapan Proses Pengerjaan *Microsoft Project***

Tahap selanjutnya setelah didapatkan data hasil simulasi Monte Carlo untuk setiap pekerjaan, dilakukan penyusunan penjadwalan dengan menggunakan software *Microsoft Project*. Sehingga akan didapatkan 4 buah jadwal yaitu jadwal optimis, jadwal pesimis, jadwal paling disukai dan jadwal hasil simulasi Monte Carlo. Langkah pertama adalah membuat jadwal *project* dengan durasi paling disukai dengan acuan urutan pekerjaan berdasarkan kurva S rencana proyek, sehingga durasi total pekerjaan tidak jauh berbeda dengan durasi pada kurva S rencana proyek. Setelah didapatkan susunan pekerjaan pada *Microsoft Project*, maka dibuat jadwal pekerjaan dengan durasi optimis, pesimis paling disukai dan hasil simulasi Monte Carlo.

Berikut langkah-langkah pejadwalan dengan *Microsoft Project*:

- Mulai *Microsoft Project* dengan memilih *blank project*.
- Masukkan data setiap item pekerjaan dari hasil simulasi Monte Carlo. Tentukan waktu pekerjaan proyek yang akan dimulai dengan *tollbar project, project information, start date*
- Gunakan *automatically task mode* untuk mempermudah penjadwalan di *Microsoft Project*.
- Setelah itu memasukkan durasi setiap pekerjaan pada *Microsoft Project*

- Tentukan waktu kerja proyek pada *tollbars project, change working time, work weeks*, detail. Agar proyek dikerjakan pada hari senin sampai dengan sabtu dengan durasi 8 jam kerja.
- Kemudian membuat jadwal proyek dan *predecessor* sesuai dengan kurva S rencana sebagai acuan.

Keunggulan penggunaan Microsoft Project 2016:

- Dapat melakukan penjadwalan produksi secara efektif dan *efisien*, karena ditunjang dengan informasi alokasi waktu yang dibutuhkan untuk tiap proses, serta kebutuhan sumber daya untuk setiap proses sepanjang waktu.
- Dapat diperoleh secara langsung informasi aliran biaya selama periode.
- Mudah dilakukan modifikasi, jika ingin dilakukan rescheduling.
- Penyusunan jadwal produksi yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

## 2.8 Teknik Sampling

Teknik sampling merupakan teknik pengambilan sampel yang secara umum terbagi dua yaitu probability sampling dan non probability sampling. Dalam pengambilan sampel cara probabilitas besarnya peluang atau probabilitas elemen populasi untuk terpilih sebagai subjek diketahui. Sedangkan dalam pengambilan sampel dengan cara nonprobability besarnya peluang elemen untuk ditentukan sebagai sampel tidak diketahui. Desain pengambilan sampel dengan cara probabilitas jika representasi sampel adalah penting dalam rangka generalisasi lebih luas. Bila waktu atau faktor lainnya, dan masalah generalisasi tidak diperlukan, maka cara nonprobability biasanya yang digunakan.

### 2.8.1 Probability Sampling

Probability sampling adalah teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang yang sama kepada setiap anggota populasi untuk menjadi sampel. Teknik ini meliputi simple random sampling, sistematis sampling, proportionate stratified random sampling, disproportionate stratified random sampling, dan cluster sampling.

### 2.8.2 Non Probability Sampel

Non Probability artinya setiap anggota populasi tidak memiliki kesempatan atau peluang yang sama sebagai sampel. Teknik-teknik yang termasuk ke dalam Non Probability ini antara lain : Sampling Sistematis, Sampling Kuota, Sampling Insidental, Sampling Purposive, Sampling Jenuh, dan Snowball Sampling.

## **2.9 Kuisisioner**

Kuisisioner adalah suatu teknik pengumpulan informasi yang memungkinkan analisis mempelajari sikap-sikap, keyakinan, perilaku, dan karakteristik beberapa orang utama di dalam organisasi yang bisa terpengaruh oleh sistem yang diajukan atau oleh sistem yang sudah ada. Dengan menggunakan kuisisioner, analisis berupaya mengukur apa yang ditemukan dalam wawancara, selain itu juga untuk menentukan seberapa luas atau terbatasnya sentiment yang diekspresikan dalam suatu wawancara, berikut adalah penggunaan kuisisioner yang tepat bila:

1. Responden (orang yang merespon atau menjawab pertanyaan) saling berjauhan.
2. Melibatkan sejumlah orang di dalam proyek sistem, dan berguna bila mengetahui berapa proporsi suatu kelompok tertentu yang menyetujui atau tidak menyetujui suatu fitur khusus dari sistem yang diajukan
3. Melakukan studi untuk mengetahui sesuatu dan ingin mencari seluruh pendapat sebelum proyek sistem diberi petunjuk-petunjuk tertentu
4. Ingin yakin bahwa masalah-masalah dalam sistem yang ada bisa diidentifikasi dan dibicarakan dalam wawancara tidak lanjut.

### **2.9.1 Jenis Kuisisioner**

Perbedaan pertanyaan dalam wawancara dengan pertanyaan dalam kuisisioner adalah dalam wawancara memungkinkan adanya interaksi antara pertanyaan dan artinya. Dalam wawancara analisis memiliki peluang untuk menyaring suatu pertanyaan, menetapkan istilah-istilah yang belum jelas, mengubah arus pertanyaan, member respons terhadap pandangan yang rumit dan umumnya bisa mengontrol agar sesuai dengan konteksnya. Beberapa diantara peluang-peluang di atas juga dimungkinkan dalam kuisisioner. Jadi bagi penganalisis pertanyaan-pertanyaan harus benar-benar jelas, arus pertanyaan masuk akal, pertanyaan-pertanyaan dari responden diantisipasi dan susunan pertanyaan direncanakan secara mendetail, berikut adalah jenis-jenis pertanyaan dalam kuisisioner:

- Pertanyaan terbuka: pertanyaan-pertanyaan yang member pilihan-pilihan respon terbuka kepada responden. Pada pertanyaan terbuka antispasilah jenis respons yang muncul. Respons yang diterima harus tetap bisa diterjemahkan dengan benar.
- Pertanyaan tertutup: pertanyaan-pertanyaan yang membatasi atau menutup pilihan-pilihan respons yang tersedia bagi responden.
- Pertanyaan terbuka dan tertutup: pertanyaan-pertanyaan model ini merupakan percampuran dari kedua macam pertanyaan sebelumnya. Dalam kuisisioner ini, disamping adanya pertanyaan

terbuka juga dapat terdapat pertanyaan yang tertutup. Kuesioner jenis ini menggunakan kuesioner tertutup, artinya kuesioner diberikan langsung kepada responden kemudian responden tinggal memilih alternative jawaban yang sudah disediakan di dalam kuesioner itu. Jadi jawaban telah terikat, responden tidak dapat memberikan jawabannya secara bebas yang mungkin dikehendaki oleh responden yang bersangkutan, (*Bimo Walgito, 2010*)

### **2.9.2 Tujuan Kuisisioner**

Beberapa tujuan pokok dalam pembuatan kuesioner antara lain sebagai berikut:

- Memperoleh data yang relevan dengan tujuan penelitian.
- Memperoleh data dengan reliabilitas dan validitas setinggi mungkin.
- Untuk mengumpulkan informasi sebagai bahan dasar dalam penyusunan catatan secara permanen.
- Untuk menjamin validitas informasi yang diperoleh dengan metode lain.
- Untuk mengambil sampling pendapat dari responden.