

ANALISIS PENJADWALAN PROBABILISTIK MENGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO (Studi Kasus Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta)

Arco Dwi Erlangga¹ dan Maspul Aini Kambry²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa
Jl. Letjend T.B. Simatupang No. 152 – Tanjung Barat, Jakarta Selatan 12530

E-mail: erlangga_200885@yahoo.com; maspul_aini_kambry@yahoo.com

Abstract

Implementation of probabilistic scheduling with Monte Carlo Simulation on building projects is very rarely used by Project Managers because Monte Carlo Simulation techniques and statistics take a long time. Monte Carlo simulation is a statistical sampling method to assume quantitative problem solving and fix the problem of identification of critical trajectories of a series of activities. Each activity has a distribution curve and its duration chosen randomly to find out the possibility of the total time of the project using the duration of optimistic, most preferred, and pessimistic from the interview results of competent personnel in the Dharmawangsa II Building project, Jakarta, with the help of Oracle Crystal Ball software obtained triangular distribution. Monte Carlo simulations are used for rescheduling. Simulation results in the form of the total duration of the activity and the level of sensitivity of each activity. The schedule comparison between the total duration of the planned activity and the duration of the Monte Carlo Simulation results from 10000 iterations of the same value, which is 870 days. The highest sensitivity level is checklist and completion activity of 31%.

Keywords: Monte Carlo, duration, sensitivity level.

Pendahuluan

Secara garis besar penjadwalan proyek dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu, Penjadwalan Deterministik dan Penjadwalan Probabilistik. Metode-metode Penjadwalan Deterministik, yaitu *Bar Chart* (Diagram Batang), *Hanumm Curve* (Kurva S), *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM). Metode-metode Penjadwalan Probabilistik, antara lain *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), Simulasi

Monte Carlo. Dari masing-masing metode tersebut, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangannya.

Penjadwalan metode-metode deterministik bisa dikatakan durasi kegiatannya pasti, pada kenyataannya banyak kegiatan di lapangan yang sifatnya tidak tentu (*uncertain*), disebabkan karakteristik proyek yang memiliki tingkat risiko yang tinggi, unik, dinamis, kompleks dan penuh ketidakpastian (*uncertainty*). Salah

satu ketidakpastiannya ialah masalah durasi penyelesaian proyek. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, dikembangkan metode penjadwalan probabilistik (*probabilistic scheduling*) dengan memasukkan Simulasi Monte Carlo pada dunia konstruksi bangunan gedung khususnya sangat jarang dipakai oleh para *Project Manager*. Alasan utamanya ialah tidak memahami prosedur teknik Simulasi Monte Carlo dan statistik (Kwak dan Ingall, 2007). *Project Manager* umumnya menganggap penggunaan metode ini memerlukan waktu yang banyak dalam pengerjaannya.

Selain metode PERT, yaitu Simulasi Monte Carlo. Metode sampling statistik dalam mengasumsikan penyelesaian suatu permasalahan kuantitatif dan memperbaiki permasalahan identifikasi lintasan kritis dari rangkaian aktivitas yang mempunyai durasi paling panjang.

Tinjauan Pustaka

Penjadwalan proyek menyediakan rencana terperinci yang mewakili bagaimana dan kapan proyek akan memberikan produk, layanan, dan hasil yang ditetapkan dalam lingkup proyek. Manajemen jadwal proyek berfungsi sebagai alat untuk komunikasi, mengelola harapan pemangku kepentingan, dan sebagai dasar untuk pelaporan kinerja.

Manajemen jadwal proyek mencakup proses yang diperlukan untuk mengelola penyelesaian proyek tepat waktu. Proses manajemen jadwal proyek (*PMBOK sixth edition*, 2017) terdiri dari:

faktor ketidakpastiannya (*uncertainty*).

Dalam praktiknya implementasi penjadwalan probabilistik menggunakan

Tiap-tiap aktivitas mempunyai sebuah kurva distribusi serta durasi aktivitasnya yang dipilih secara *random* dengan tujuan untuk mengetahui kemungkinan waktu total proyek. Prosedur ini dilakukan sebanyak mungkin berulang-ulang dengan iterasi menggunakan komputasi, sampai dipenuhinya suatu kriteria pada jalur kritis. Nilai rata-rata waktu penyelesaian proyek dan deviasi standar yang didapatkan dari simulasi ini lebih rasional bila dikomparasi secara pendekatan formulasi (metode PERT). Metode ini bisa juga dipakai untuk menghitung biaya proyek ketika terjadi ketidakpastian (*uncertainty*) pada proses aktivitas di dalam proyek.

1. Rencana Manajemen Jadwal (*Plan Schedule Management*).
2. Tentukan Kegiatan (*Define Activities*).
3. Urutan Kegiatan (*Sequence Activities*).
4. Estimasi Durasi Kegiatan (*Estimate Activity Duration*).
5. Mengembangkan Jadwal (*Develop Schedule*).
6. Pengendalian Jadwal (*Control Schedule*).

Metode penjadwalan probabilistik adalah cara mengestimasi waktu yang mengandung unsur ketidakpastian melalui pendekatan atau kemungkinan. Ada 2 (dua) cara pendekatan penjadwalan dengan ketidakpastian, yaitu cara pertama

mengabaikan ketidakpastian durasi, dengan menggunakan ekspektasi durasi (*most likely*) dan cara kedua memasukkan ketidakpastian durasi atau kontingensi (*contingency*) untuk menghindari *schedule* yang terlalu optimis. Metode yang termasuk dalam penjadwalan probabilistik yaitu, PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dan Simulasi Monte Carlo.

PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), yaitu teknik penjadwalan proyek yang berdasarkan hubungan dengan memerlukan tiga dugaan durasi pada setiap aktivitas, ketiga durasi tersebut adalah Durasi Optimistik (*Optimistic Duration*), Durasi Pesimistik (*Pessimistic Duration*), dan Durasi Paling Disukai (*Most Likely Duration*). Pengambilan 3 (tiga) perkiraan durasi tersebut diperoleh dari Para Pakar (*Expert Judgement*) yang berpengalaman dalam merencanakan suatu penjadwalan proyek (*project scheduling*).

Simulasi Monte Carlo adalah sebuah metode analisis yang didasarkan dengan nilai data-data acak yang melahirkan sebuah statistik probabilitas yang selanjutnya digunakan untuk memahami dampak dari sebuah ketidakpastian. Simulasi Monte Carlo dikenal dengan istilah *sampling simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Istilah Monte Carlo pertama digunakan selama masa pengembangan bom atom yang merupakan nama kode dari simulasi *nuclear fission*. Simulasi ini menggunakan data *sampling* yang telah ada (*historical data*) dan telah diketahui distribusi datanya.

Dasar dari Simulasi Monte Carlo adalah percobaan elemen kemungkinan dengan menggunakan sampel *random* (acak). Metode ini terbagi dalam 5 tahapan, yaitu:

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk variabel penting.
2. Membangun distribusi kemungkinan kumulatif untuk tiap-tiap variabel di tahap pertama.
3. Menentukan interval angka random untuk tiap variabel.
4. Membuat angka random.
5. Membuat simulasi dari rangkaian percobaan.

Di dalam dunia proyek konstruksi penggunaan Simulasi Monte Carlo terdapat beberapa kelebihan dan kekurangannya dalam penjadwalan proyek yaitu sebagai berikut:

Kelebihan:

1. Dapat memperbaiki masalah identifikasi jalur kritis yang terbentuk dari rangkaian kegiatan yang memiliki kurun waktu terpanjang.
2. Cukup kuat/cermat dalam menganalisa, memahami dan mengukur efek potensial (risiko) dari ketidakpastian dari proyek.
3. Mengetahui kemungkinan waktu total dan biaya yang optimal dari sebuah proyek.
4. Angka rata-rata kurun waktu penyelesaian proyek dan deviasi standar yang diperoleh dari simulasi ini lebih rasional.

Kekurangan:

1. Prosedur ini harus dilakukan sebanyak mungkin berulang-ulang dengan iterasi

menggunakan komputasi, sampai dipenuhinya suatu kriteria pada jalur kritis.

Software Oracle Crystal Ball adalah aplikasi berbasis *spreadsheet* 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 di bawah kondisi pasar yang paling tidak menentu (Taylor, 1996).

Microsoft Excel dengan fasilitas *Ad-Ins* telah memungkinkan program-program lepas seperti *Crystal Ball* berafiliasi dengannya dan menggunakan fasilitas-fasilitas yang telah tersedia sehingga memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi dan menghasilkan informasi yang *microsoft excel* tidak bisa menghasilkannya. *Crystal Ball* hanya bisa dijalankan melalui Excel. Setelah dipasang, maka di submenu *Ad-Ins* akan muncul *check list Crystal Ball*. dengan memberi tanda *checklist Crystal Ball* maka *Crystal Ball* akan muncul pada saat pengguna membuka *Microsoft Excel*.

Crystal Ball adalah program untuk simulasi data yang menyediakan dua pilihan metoda samping yaitu Monte Carlo dan Latin Hypercube. Seperti halnya *user friendly program* pada umumnya, *Crystal Ball* pada dasarnya mudah dioperasikan dan dipahami karena fasilitas *online tutorial* yang menyertai di samping fasilitas *help*

pada setiap operasi atau menu. Dengan demikian, pengguna bisa melakukan *learning by doing* dengan mengandalkan fasilitas *online tutorial* dan *help*. Namun demikian, karena program ini adalah program simulasi maka dibutuhkan pemahaman dasar mengenai statistika dan metode-metode yang berkaitan dengan topik utama atau pendukung-pendukungnya. *Central Limit Theorem* sebagai misal adalah dasar yang harus dipahami lebih dahulu. Kemudian, beberapa pilihan tes yang digunakan oleh *Crystal Ball* seperti Kologorov-Smirnov, Anderson-Darling, dan Chi Square juga perlu diketahui. Juga berbagai karakteristik distribusi yang menjadi *knowledge base program* ini hendak diketahui agar memudahkan untuk beradaptasi pada saat penggunaan atau membaca hasil analisis.

Pemahaman awal mengenai *Crystal Ball* diawali dengan pemahaman terhadap tiga macam karakteristik sel, yaitu:

1. *Assumption cells* atau sel-sel asumsi.
2. *Decision cells* atau sel-sel keputusan.
3. *Forecast cells* atau sel-sel peramalan.

Referensi karakteristik dari ketiga jenis sel tersebut menjadi dasar bagi operasi *Crystal Ball*. *Assumption cell* dan *Forecast cell* selalu harus didefinisikan, sedang *Decision Variabel cell* tergantung kepada kasus yang dianalisis atau diobservasi. Dalam hal ini, *Forecast cell* adalah *output* analisis berdasar simulasi terhadap asumsi-asumsi. Itulah sebabnya, *Forecast cell* harus berupa

formulasi yang berhubungan dengan *Assumption cells*. Oleh karena itu, pemahaman karakteristik masing-masing sel referensi serta logika hubungannya harus dipahami, terutama pada saat akan mendefinisikan referensi sel dalam sebuah kasus.

Risiko jadwal adalah ancaman dan peluang keberhasilan proyek. Ancaman cenderung mengurangi keberhasilan untuk memenuhi tujuan dan peluang proyek cenderung meningkatkan keberhasilan. Manajemen risiko adalah proses untuk mengidentifikasi, menganalisis, kualifikasi dan kuantifikasi risiko, dan mengembangkan rencana untuk menghadapinya secara rutin dilakukan selama pengembangan acuan dasar jadwal (*baseline schedule*) serta selama pembaruan jadwal (*update schedule*) (Mubarak, 2010).

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.

Ketidakpastian (*uncertainty*) sering diartikan dengan keadaan di mana ada beberapa kemungkinan kejadian dan setiap kejadian akan menyebabkan hasil yang berbeda. Tetapi, tingkat kemungkinan atau probabilitas kejadian itu sendiri tidak diketahui secara kuantitatif (Djohanputro, 2008). Komparasi risiko dan ketidakpastian menurut Djohanputro pada tabel berikut di bawah ini.

Tabel 1. Komparasi risiko dan ketidakpastian

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

Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di proyek *Dharmawangsa Towers II* yang berlokasi di Jl. Dharmawangsa Raya No. 7 Melawai, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia 12160. Penelitian ini menggunakan metode *analitis* dan *deskriptif korelasional*. *Analitis* berarti data yang sudah ada diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan hasil akhir yang dapat

disimpulkan, sedangkan metode *deskriptif korelasional* menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mendeskripsikan mengenai pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya dalam model matematis, yakni dalam penelitian ini mengenai hubungan risiko dan ketidakpastian terhadap durasi proyek konstruksi. Untuk membandingkan durasi yang sudah direncanakan oleh kontraktor

pelaksana maka metode simulasi Monte Carlo ini dilakukan.

Dalam melakukan metode simulasi Monte Carlo ini diperlukan 3 (tiga) parameter durasi yaitu durasi *optimistic*, *most likely*, dan *pessimistic*. Ketiga parameter durasi tersebut didapatkan dengan cara pengisian kuesioner dan kegiatan wawancara kepada orang-orang yang terlibat dalam proyek Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta. Kuesioner dan hasil wawancara tersebut dianalisis dengan statistik deskriptif dari jawabankuesione yang berupa hari. Setelah didapatkan parameter yang dibutuhkan, dilakukan simulasi *Monte Carlo* dengan bantuan *software Crystal Ball*. Adapun tahapan simulasi sebagai berikut:

1. Menginput item-item pekerjaan kedalam excel.
2. Menjadikan *cell* durasi sebagai *cell assumption* dengan memasukan nilai durasi yang paling disukai (*most likely*) didalam *cell* tersebut lalu mengklik *define assumption* pada *toolbar software Oracle Crystal Ball* lalu pilih *Triangular*. Setelah itu masukan durasi optimis/ minimum durasi, *most likely*, dan pesimis/ maksimum pada kotak yang tersedia. Jika berhasil maka secara otomatis *cell* tersebut akan berwarna hijau. Lakukan langkah ini pada setiap durasi masing-masing pekerjaan.
3. Menentukan jumlah iterasi yang digunakan dalam metode *Monte Carlo* ini. Klik menu

run preferences lalu mengganti angka pada kotak yang tersedia. Dalam tesis ini digunakan iterasi sebanyak 10000 kali.

4. Menjadikan *cell* titik akhir/*finish* sebagai *cell Forecast*. Dengan mengklik *cell* yang akan dijadikan *cell Forecast* lalu mengklik *Define Forecast* pada *toolbar software Oracle Crystal Ball*. Jika berhasil maka secara otomatis *cell* tersebut akan berwarna biru muda.

Hasil Dan Pembahasan

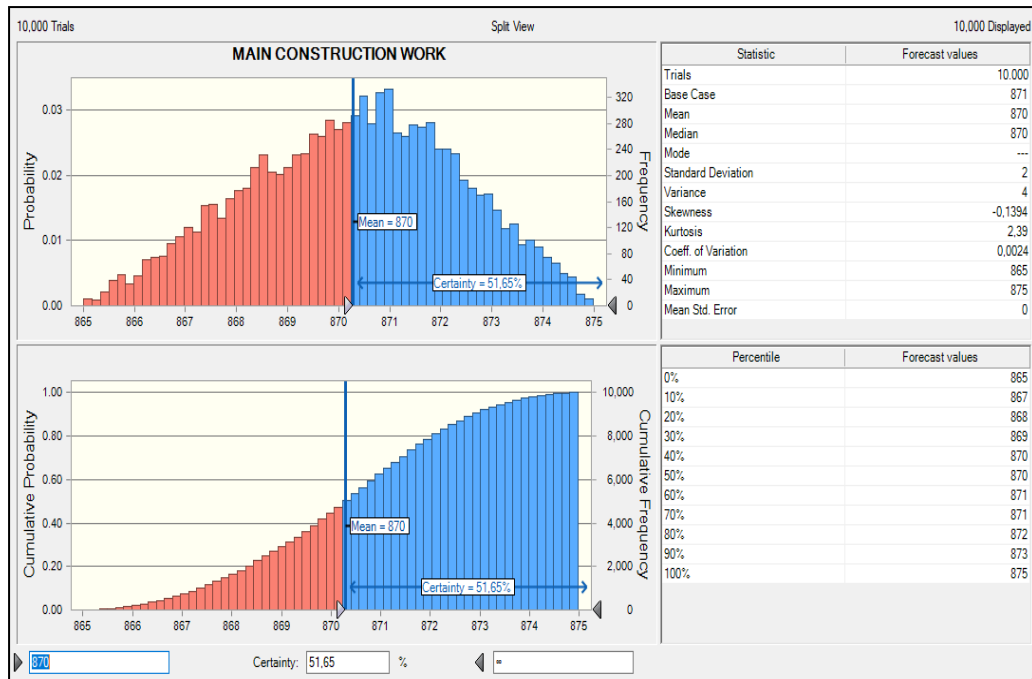
Pada tabel 2, menunjukkan hasil simulasi Monte Carlo dengan bantuan *software Oracle Crystal Ball* pada masing-masing pekerjaan yaitu durasi dan prosentase ketidakpastian (*uncertainty*). Pada pekerjaan keseluruhan proyek (*Main Contruction Work*) durasi penyelesaian proyek 870 hari dan prosentase ketidakpastian (*uncertainty*) 48,35%. Jadi prosentase kepastian (*certainty*) untuk durasi penyelesaian proyek sebesar 51,65%.

Sedangkan untuk mengetahui tingkat kepastian (*certainty*) durasi penyelesaian proyek pada durasi optimis (*optimistic duration*), durasi paling disukai (*most likely*) dan durasi pesimis (*pessimistic duration*) dapat dilihat di gambar 1.

Agar memudahkan dalam pembacaan semua hasil durasi penyelesaian dibuatkan dalam bentuk tabulasi probabilitas sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil simulasi monte carlo.

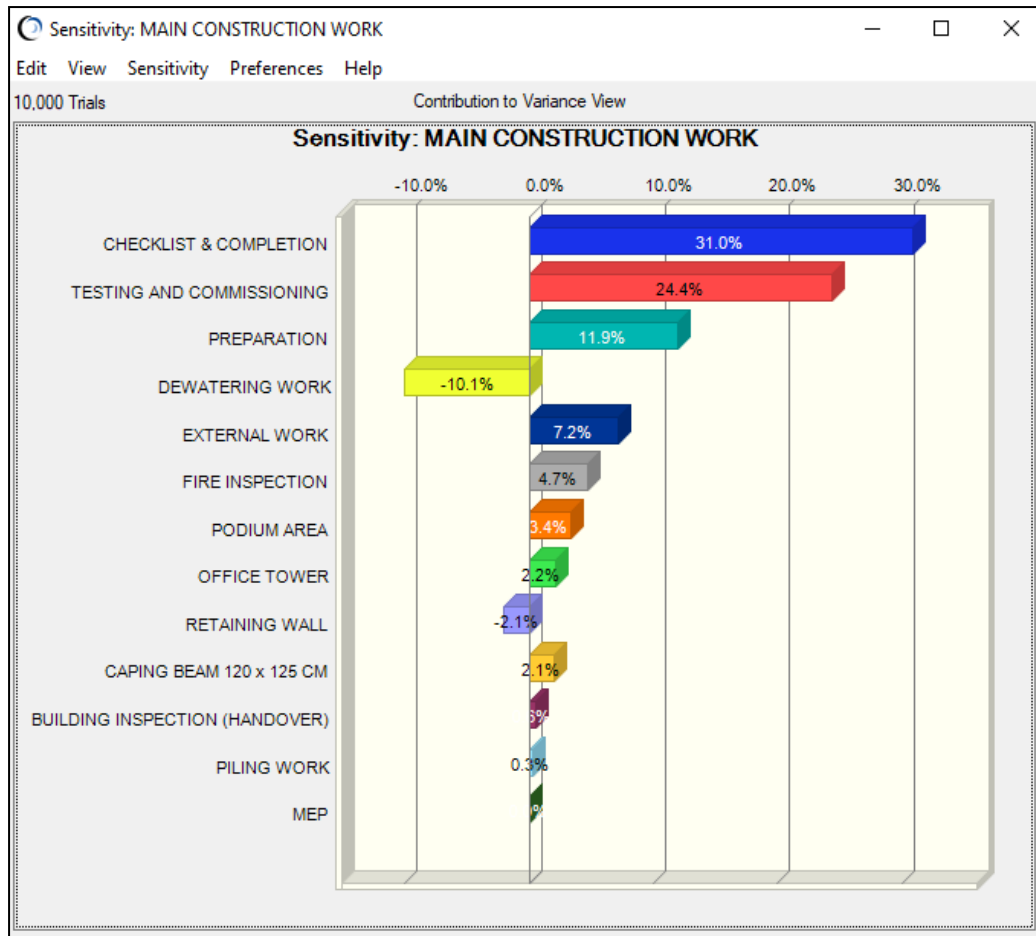
WBS	Task Name	Plan Duration	Simulation Duration	Certainty	Uncertainty
		Day	Day	%	%
	DHARMAWANGSA TOWERS PROJECT				
	MAIN CONSTRUCTION WORK	870	870	51.65	48.35
I	PREPARATION	21	21	44.62	55.38
II	PILING WORK	139	139	47.10	52.90
III	CAPING BEAM 120 x 125 CM	102	100	50.56	49.44
IV	DEWATERING WORK	327	329	49.34	50.66
V	RETAINING WALL	459	453	53.00	47.00
VI	OFFICE TOWER	630	629	54.17	45.83
VII	PODIUM AREA	451	427	55.47	44.53
VIII	MEP	230	231	49.87	50.13
IX	EXTERNAL WORK	418	416	54.76	45.24
X	TESTING AND COMMISSIONING	100	97	43.72	56.28
XI	CHECKLIST & COMPLETION	286	255	46.26	53.74
XII	FIRE INSPECTION	1	2	51.09	48.91
XIII	BUILDING INSPECTION (HANDOVER)	1	2	49.54	50.46



Gambar 1. Output program oracle crystal ball (main construction work).

Tabel 3. Probabilitas durasi penyelesaian proyek.

No	Task Name	Duration	Probability
		Day	%
	DHARMAWANGSA TOWERS PROJECT		
	MAIN CONSTRUCTION WORK		
I	PLAN SCHEDULE	870	50
II	OPTIMISTIC SCHEDULE	865	0
III	MOST LIKELY SCHEDULE	871	60
IV	PESSIMISTIC SCHEDULE	875	100
V	SIMULATION SCHEDULE	870	51.65



Gambar 3. Grafik tingkat sensitivitas aktivitas.

Berdasarkan pada gambar 3, pada pekerjaan konstruksi utama (*Main Construction Work*) yang memiliki angka sensitivitas tinggi berpotensi besar pada durasi penyelesaian proyek. Di bawah ini diurutkan mulai dari pekerjaan yang mempunyai angka sensitivitas tinggi sampai rendah dalam prosentase adalah:

1. *Checklist and Completion* = 31%.
2. *Testing and Commissioning* = 24,4%.
3. *Preparation* = 11,9%.
4. *Dewatering Work* = 10,1%.
5. *External Work* = 7,2%.
6. *Fire Inspection* = 4,7%.

7. *Podium Area* = 3,4%.
8. *Office Tower* = 2,2%.
9. *Retaining Wall* = 2,1%.
10. *Caping Beam 120 x 125 cm* = 2,1%.
11. *Building Inspection* = 0,6%.
12. *Piling Work* = 0,3%.
13. *M.E.P* = 0,0%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, peneliti membuat kesimpulan yang sesuai dengan 3 tujuan penelitian yang dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan penjadwalan probabilistik dengan menggunakan metode Simulasi Monte Carlo dapat dikerjakan dengan waktu yang singkat dari bantuan *software Oracle Crystal Ball*. Dalam melakukan proses metode simulasi dengan *software Oracle Crystal Ball* ada 3 tahapan utama yang harus diterapkan yaitu:
 - a. Membuat 3 durasi yang didapatkan dari para pakar (*expert judgement*) yaitu personil yang langsung terlibat dalam pelaksanaan proyek dikarenakan akan lebih tepat dalam mengasumsikan/ menentukan 3 durasi dengan cara peneliti membuat form kuesioner dan wawancara yang didalam isi formnya terdapat 4 kolom durasi. Kolom 1 adalah Durasi Rencana (*Plan Duration*) sebagai acuan (*baseline*) didapatkan dari *Master Schedule* yang sudah disetujui oleh Pemilik Proyek (*Owner*). Kolom 2, 3, dan 4 masing-masing adalah Durasi Optimis (*Optimistic Duration*), Paling Disukai (*Most Likely Duration*) dan Durasi Pesimis (*Pessimistic Duration*) yang diisi oleh para pakar (*expert judgement*).
 - b. Menginput ketiga durasi yang sudah didapat ke dalam *software Oracle Crystal Ball*, dibuatkan distribusinya pada masing-masing durasi pekerjaan, setelah itu masukkan nilai iterasi atau jumlah percobaan kemudian lakukan proses analisisnya dengan mengklik *Start* pada *toolbar software* tersebut.
 - c. *Output* dari analisis dilihat pada grafik perkiraan (*Forecast Chart*) pada *toolbar software*. Dari grafik tersebut dapat dilihat nilai durasi simulasinya yaitu nilai *mean* dan prosentase ketidakpastian (*Uncertainty*).
2. Dari hasil (*output*) metode Simulasi Monte Carlo dapat diketahui durasi aktivitas dan prosentase ketidakpastian (*uncertainty*) masing-masing pekerjaan di proyek Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta adalah sebagai berikut:
 - a. *Preparation* (Persiapan) *Uncertainty* (ketidakpastian) = 55,38 %.
Certainty (kepastian) = 44,62 % dengan durasi 21 hari.
 - b. *Piling Work* (Pekerjaan Pondasi Tiang) *Uncertainty* (ketidakpastian) = 52,90 %.
Certainty (kepastian) = 47,10 % dengan durasi 139 hari.
 - c. *Caping Beam 120 x 125 cm*

- Uncertainty*
(ketidakpastian) = 49,44 %.
Certainty (kepastian) = 50,56 % dengan durasi 100 hari.
- b. *Dewatering Work* (Pekerjaan Dewatering)
Uncertainty
(ketidakpastian) = 50,66 %.
Certainty (kepastian) = 49,34 % dengan durasi 329 hari.
- c. *Retaining Wall* (Dinding Penahan Tanah)
Uncertainty
(ketidakpastian) = 47,00 %.
Certainty (kepastian) = 53,00 % dengan durasi 453 hari.
- d. *Office Tower*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 45,83 %.
Certainty (kepastian) = 54,17 % dengan durasi 629 hari.
- e. *Podium Area*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 44,53 %.
Certainty (kepastian) = 55,47 % dengan durasi 427 hari.
- f. *Mechanical, Electrical, Plumbing (M.E.P)*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 50,13 %.
Certainty (kepastian) = 49,87 % dengan durasi 231 hari.
- g. *External Work* (Pekerjaan Area Luar Tower)
Uncertainty
(ketidakpastian) = 45,24 %.
Certainty (kepastian) = 54,76 % dengan durasi 416 hari.
- h. *Testing and Commissioning*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 56,28 %.
Certainty (kepastian) = 43,72 % dengan durasi 97 hari.
- i. *Checklist and Completion*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 53,74 %.
Certainty (kepastian) = 46,26 % dengan durasi 255 hari.
- j. *Fire Inspection*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 48,91 %.
Certainty (kepastian) = 51,09 % dengan durasi 2 hari.
- k. *Building Inspection (Handover)*
Uncertainty
(ketidakpastian) = 50,46 %.
Certainty (kepastian) = 49,54 % dengan durasi 2 hari.
- l. *Main Construction Work* (Pekerjaan Konstruksi Utama)
Uncertainty
(ketidakpastian) = 48,35 %.
Certainty (kepastian) = 51,65 % dengan durasi 870 hari.

3. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas aktivitas dari metode Simulasi Monte Carlo dapat ditentukan aktivitas yang berisiko besar (kritis) yang perlu mendapatkan prioritas dalam penyelesaiannya pada proyek Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta. Berikut di bawah ini pekerjaan-pekerjaan yang berisiko besar (kritis) dengan nilai prosentase riskonya:
 - a. *Checklist and Completion* = 31%.
 - b. *Testing and Commissioning* = 24,4%.
 - c. *Preparation* = 11,9%.
 - d. *Dewatering Work* = 10,1%.

Saran

Kesimpulan pada penelitian ini menciptakan/ menghasilkan beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam penjadwalan dengan cara probabilistik dari para pakar (*expert judgement*) pada proyek Pembangunan Gedung Dharmawangsa II, Jakarta, yaitu sebagai berikut:

1. Dalam membuat penjadwalan secara probabilistik perlu dibiasakan dan diterapkan oleh pihak kontraktor pada saat mengajukan *Master Schedule* agar dapat memberikan gambaran/ perkiraan durasi penyelesaian proyek ke pihak *Owner* yang realistis.
2. Penjadwalan secara probabilistik akan lebih baik jika memakai data teknis dengan lengkap dari pihak yang terlibat dalam proyek

sehingga hasilnya akan lebih akurat.

3. Agar didapatkan hasil yang lebih baik, sebaiknya sampel penelitian diperbanyak dan Para Pakar (*Expert Judgement*) yang menjadi responden diharapkan mempunyai pengalaman dalam bidang pekerjaan atau proyek yang sejenis dengan penelitian.

Daftar Pustaka

- Asad, M., Rusdi., Rosmariyani., Suharman., Evi., dan Rakhmat. (2018) : *Penjadwalan Probabilistik Pada Proyek Pembangunan Makassar New Port*. Jurnal Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains Dan Teknologi Ke 4. Vol. 4, 506-510.
- Aulabih, R., Unas, E. S., Negara, P. K., (2016) : *Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Gedung Dinas Sosial Kota Blitar*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, 1-11.
- Bramantyo, D. (2008) : *Manajemen Resiko Korporat*. Jakarta : Penerbit PPM Manajemen.
- C.R., Taylor. (1996) : *Ekonomi Produksi*. Yogyakarta : Penerbit UGM Press.
- Fadjar, A. (2008) : *Aplikasi Simulasi Monte Carlo Dalam Estimasi Biaya Proyek*. Jurnal SMARTek.Vol. 6 No.4, 222-227.
- Ganame, P. dan Chaudhari, P. (2015) : *Construction Building Schedule Risk Analysis Using Monte Carlo Simulation*. *International Research Journal*

- of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume : 02, 1402-1406.
- Hulett, D.T. dan Nosbich, M.R. (2012) : *Integrated Cost and Schedule using Monte Carlo Simulation of a CPM Model. WM2012 Conference, Phoenix, Arizona, USA*, 1-15.
- Husen, A. (2010) : *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta. Penerbit Andi, 1-5.
- Kong, Z., Zhang, J., Li, C., Zheng, X., dan Guan, Q. (2015) : *Risk Assesment of Plan Schedule by Monte Carlo Simulation. International Conference on Information Technology and Management Innovation (ICITMI 2015)*, 509-513.
- Kusnanto. (2010) : *Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode PERT*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, 41-42.
- Kwak, Y. H., dan Ingall, L. (2007) : *Exploring Monte Carlo Simulation Applications For Project Management. Risk Management*, 9, 44-57.
- Loc, N.T. (2010) : *Integrated Schedule and Cost Risk Analysis using Monte Carlo Simulation Contruction Projects in Vietnam. Thesis. Royal Institute of Technology. Stockholm*.
- McCabe, B. (2003) : *Monte Carlo Simulation for Schedule Risks. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 1561-1565.
- Mubarak, S. (2010) : *Construction Project Scheduling and Control Second Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc*, 344-345.
- Nasir, D. (2000) : *Probabilistic Analysis of Schedule Risks for Building Construction. Thesis. Departement of Civil Engineering University of Toronto*.
- Nasrudin. (2017) : *Penerapan Penjadwalan Probabilistik Menggunakan Simulasi Monte Carlo Pada Pembangunan Giant Extra Pettarani. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil*.
- Nemuth, T. (2008) : *Practical Use of Monte Carlo Simulation for Risk Management within the International Construction Industry. Proceedings of the 6th International Probabilistic Workshop. Darmstadt 2008*, 1-12.
- Nudja, S. I. Ketut. (2017) : *Rencana Waktu Yang Paling Mungkin Pada Proyek Konstruksi Dengan Bantuan Program@Risk. Jurnal Paduraksa. Vol. 4 No. 2*, 13-21.
- Prajoko, A. dan Manurung, E. (2018) : *Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus Pembangunan Gedung Di Bintaro, Jakarta. Seminar Nasional Cendekiawan ke 4. Buku 1 : "Teknik, Kedokteran Hewan, Kesehatan, Lingkungan dan Lanskap"*, 27-32.
- Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2005 Tentang Peraturan Pelaksanaan UU No. 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung Pasal 5 Ayat (7).

- Project Management Institute. (2017) : A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) Sixth Edition. Published by Project Management Institute, Inc, 173-176.*
- Rachman, T. (2016) : *Pemeliharaan dan Rekayasa Keandalan, Materi 12, Universitas Esa Unggul, 1-6.*
- Suardika, I. Nyoman dan Suparta, D. I. Wayan. (2017) : *Aplikasi Simulasi Monte Carlo untuk Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Microsoft Project. Jurnal Prosiding Sentrinov. Vol. 3, 194-202.*
- Sirait, Normaria Mustiana. (2016) : *Analisis Risiko Operasional Berdasarkan Pendekatan Enterprise Risk Management (ERM) Pada Perusahaan Pembuatan Kardus Di CV Mitra Dunia Palletindo. Jurnal, Universitas Diponegoro, 1-10.*
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung Bab I Ketentuan Umum Pasal 1.
- Wiguna, S. (2007) : *Pengaruh Kemasan Produk Terhadap Keputusan Konsumen dalam Membeli Produk Jajan Khas Kota Gresik, Skripsi, Universitas Islam Negeri Malang.*