
**APLIKASI SIMULASI MONTE CARLO
UNTUK PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI
MENGUNAKAN MICROSOFT PROJECT**

I Nyoman Suardika¹⁾, I Wayan Darya Suparta²⁾

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali,
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia, 80364
email : nsuardika@gmail.com

Abstract

Scheduling plays a very important role for the successful implementation of construction projects. One of the biggest risks to scheduling is in terms of uncertainties of project duration. To anticipate the uncertainty of the duration of the project, a method of scheduling has been developed using probabilistic duration, such as PERT method and Monte Carlo Simulation.

Currently, Microsoft Project is the most widely used software for project scheduling, but does not yet have the feature to analyze the risk of scheduling using the Monte Carlo method. This study aims to develop add-ins tools in Microsoft Project in order to apply Monte Carlo simulations in project scheduling.

The applications was developed using Visual Basic Application (VBA) programming language that can be run directly from Microsoft Project. Furthermore, the simulation results are displayed in Microsoft Excel, for further analysis with descriptive statistics in the form of probability of project completion time. From the probability chart, the user can analyze the risks of the planned project schedule.

Keywords: *Monte Carlo simulation, risk analyses, project scheduling*

Abstrak

Penjadwalan memegang peranan yang sangat penting untuk keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi. Salah satu risiko yang paling besar pada penjadwalan adalah dalam hal ketidakpastian durasi proyek. Untuk mengantisipasi ketidakpastian durasi proyek, telah dikembangkan metode penjadwalan dengan mempergunakan durasi probabilistik, antara lain metode PERT dan Simulasi Monte Carlo.

Saat ini, Microsoft Project merupakan perangkat lunak yang paling banyak digunakan untuk penjadwalan proyek, namun belum memiliki fasilitas untuk menganalisis risiko penjadwalan menggunakan metode Monte Carlo. Penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat bantu pada Microsoft Project agar dapat mengaplikasikan simulasi Monte Carlo dalam penjadwalan proyek.

Aplikasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic Application (VBA)* yang dapat dijalankan langsung dari Microsoft Project. Selanjutnya, hasil simulasi ditampilkan di Microsoft Excel, untuk dianalisis lebih lanjut dengan statistik deskriptif berupa grafik probabilitas waktu penyelesaian proyek. Dari grafik probabilitas tersebut, pemakai dapat menganalisis risiko dari jadwal proyek yang direncanakan.

Kata kunci: simulasi Monte Carlo, analisis risiko, penjadwalan proyek

PENDAHULUAN

Proyek, khususnya proyek konstruksi selalu penuh dengan ketidakpastian (*uncertainty*), misalnya dalam hal ketidakpastian biaya dan waktu penyelesaian, yang dapat menyebabkan risiko kerugian baik bagi kontraktor maupun pemilik proyek (*owner*). Untuk meminimalkan dampak risiko tersebut, perlu alat (*tools*) untuk menganalisisnya. Beberapa metode penjadwalan seperti

CPM dan PDM, belum memasukkan faktor risiko secara eksplisit dalam penentuan durasi masing-masing aktivitas proyek, yang mana masih menggunakan durasi deterministik (angka pasti) yang dianggap paling mungkin terjadi (*most likely*). Padahal kenyataan menunjukkan durasi aktivitas-aktivitas proyek hampir tidak pernah tepat seperti yang dijadwalkan, bahkan cenderung lebih lama dari yang diperkirakan. Hampir selalu ada faktor-faktor lain yang membuat jadwal proyek menjadi terlambat atau *overrun* (KPMG, 2012). Metode PERT mencoba mengakomodasi ketidakpastian waktu ini dengan mempergunakan durasi yang *stochastic*, dengan menganggap distribusi durasi masing-masing kegiatan mengikuti kurva distribusi beta. Namun, metode PERT ini akan memberikan hasil yang bias – dikenal dengan istilah *merge bias* – bilamana terjadi lebih dari satu lintasan kritis (paralel), karena PERT hanya memperhitungkan lintasan kritis yang terjadi terakhir. Kritik lain terhadap metode PERT cenderung menghasilkan durasi proyek yang *underestimate* (PMI, 2013). Salah satu alternatif mengatasi persoalan di atas adalah menggunakan metode simulasi Monte Carlo. Kelebihan paling besar dari penggunaan simulasi Monte Carlo adalah kita dapat menentukan tingkat risiko dari jadwal proyek (Verschoor, 2005).

Simulasi Monte Carlo mempergunakan masukan stochastic seperti halnya PERT, namun dengan pilihan beragam kurva distribusi probabilitas. Metode ini melakukan simulasi ratusan hingga ribuan kali terhadap model yang dianalisis, dengan membangkitkan bilangan acak (random) yang kemudian dipetakan sehingga mengikuti distribusi masukan yang telah ditentukan. Tentunya hal ini sangat memakan waktu, namun dengan pesatnya kemajuan dalam bidang teknologi informasi (komputer), hal ini tidak akan menjadi masalah yang berarti.

Penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan analisis risiko pada penjadwalan proyek menggunakan metode Monte Carlo, hampir semuanya menggunakan perangkat lunak komersial, seperti yang dilakukan oleh: Ganame (2015), Loc (2010) dan Nemuth (2008) menggunakan @Risk dari Palisade Corporation, Na (2014) dan Oztas (2005) menggunakan Crystal Ball dari Oracle, McCabe (2003), Kong (2015) dan Hulett (2012) menggunakan Primavera Risk Analysis dari Oracle (sebelumnya bernama Pertmaster Risk Expert).

Penelitian ini dilakukan berangkat dari keinginan untuk menyediakan aplikasi yang dapat menjalankan simulasi Monte Carlo pada penjadwalan proyek, khususnya untuk keperluan pendidikan di kampus. Aplikasi yang dikembangkan merupakan aplikasi bantu (*add-in*) yang dijalankan dari Microsoft Project. Dipilihnya Microsoft Project karena merupakan perangkat lunak komputer untuk penjadwalan proyek yang paling banyak dipakai saat ini namun belum memiliki

fasilitas untuk menjalankan simulasi Monte Carlo (baik bawaan maupun aplikasi add-in dari pihak ketiga). Berbeda dengan Microsoft Excel, Microsoft Project sama sekali tidak menyediakan fungsi-fungsi distribusi frekuensi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan simulasi Monte Carlo, sehingga pengembangan aplikasi simulasi Monte Carlo ini memberikan tantangan tersendiri bagi peneliti.

METODE PENELITIAN

Metodologi pengembangan sistem yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pengembangan berfase (*phased development*). Pengembangan berfase adalah suatu pendekatan untuk mengembangkan sistem informasi yang merupakan gabungan dari sistem-sistem sebelumnya seperti SDLC (*System Development Life Cycle*), *prototyping*, dan RAD (*Rapid Application Development*), dengan mengambil sisi baik (keuntungan) dari masing-masing metode tersebut (McLeod, Raymond dan Schell, George P. 2007). Kelebihan metode pengembangan berfase ini adalah fleksibilitasnya dalam memenuhi kebutuhan pengguna, baik untuk pengembangan sistem dalam skala kecil maupun besar. Pengembangan berfase ini terdiri dari enam tahap, yaitu investigasi awal, analisis, desain, konstruksi awal, konstruksi akhir dan pengujian sistem serta instalasi

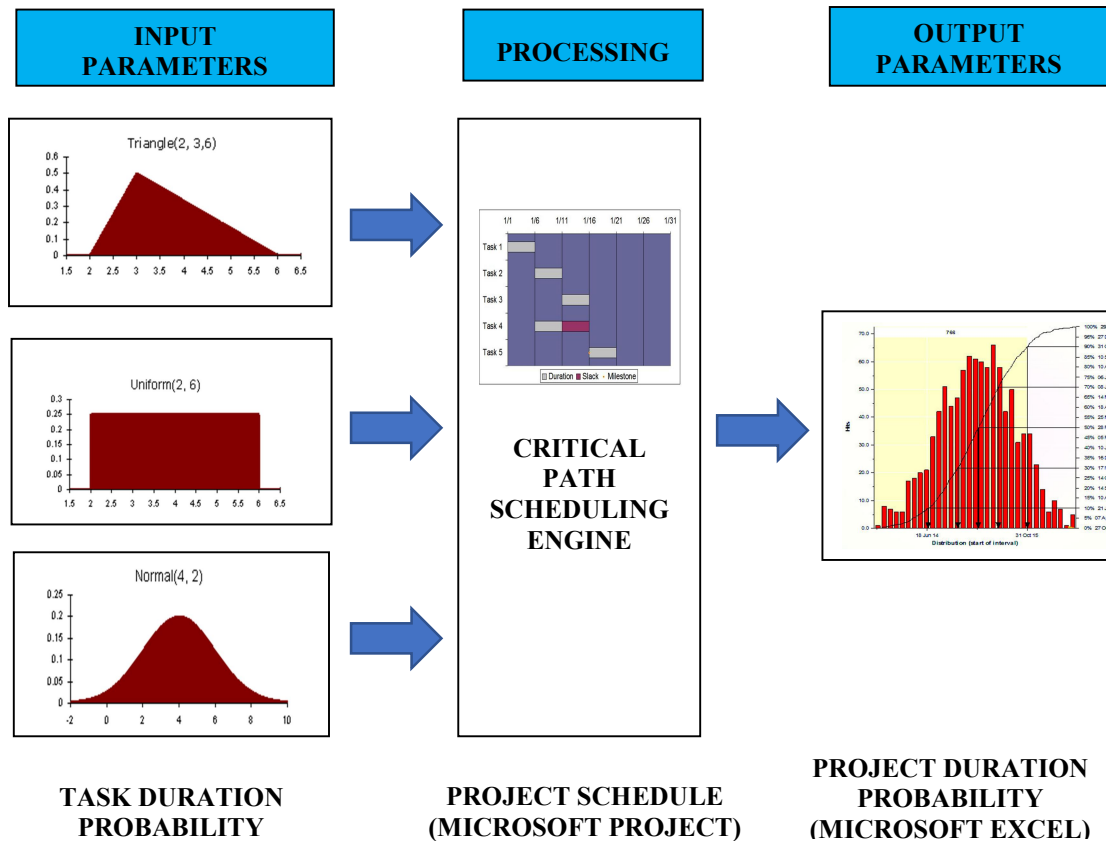
Bahasa pemrograman untuk membuat aplikasi simulasi Monte Carlo ini adalah Visual Basic Application (VBA) yang merupakan bahasa pemrograman yang sudah terintegrasi dalam produk Microsoft Office, seperti halnya Microsoft Project.

Aplikasi yang dikembangkan merupakan aplikasi bantu (*add in*) dalam Microsoft Project, jadi dapat dijalankan langsung dari Microsoft Project.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Model Sistem

Secara garis besar desain model sistem dari aplikasi simulasi Monte Carlo yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Desain Model Sistem Simulasi Monte Carlo pada Penjadwalan Proyek

Sebagai masukan adalah parameter-parameter distribusi probabilitas masing-masing durasi pekerjaan. Sistem yang dikembangkan hanya mendukung distribusi triangular, dengan memasukkan 3 parameter durasi, yaitu: durasi paling cepat (*optimistic*), durasi yang paling mungkin (*most likely*), dan durasi paling lambat (*pessimistic*). Dipilihnya distribusi triangular karena distribusi ini menggunakan 3 titik estimasi, yang dapat mewakili ketidakpastian dalam penentuan durasi proyek (Hulett,2012). Distribusi triangular dengan nilai ambang batas *Minimum*, *Mean* dan *Maximum* sangat berguna dan praktis untuk kasus yang umum (Nemuth, 2008).

Aplikasi simulasi yang dikembangkan, akan membangkitkan bilangan acak yang mewakili durasi dari masing-masing pekerjaan, sesuai dengan parameter distribusi yang dimasukkan sebelumnya. Untuk perhitungan durasi proyek, menggunakan fasilitas penjadwalan yang sudah disediakan oleh Microsoft Project, dengan menggunakan metode lintasan kritis (*Critical Path Method*)

Selanjutnya hasil dari simulasi, berupa data-data durasi proyek sebanyak jumlah iterasi simulasi yang dilakukan, akan diekspor langsung ke Microsoft Excel untuk diolah lebih lanjut menjadi grafik PDF (*Probability Density Function*) dan CDF (*Cumulative Distribution Function*) dari durasi proyek. Dari grafik CDF ini, dapat dianalisis tingkat probabilitas keberhasilan dari durasi proyek (atau sebaliknya risiko kegagalan pencapaian durasi proyek)

Desain Antar Muka (*Interface*)

Tampilan antar muka (*interface*) dari aplikasi simulasi Monte Carlo yang dikembangkan, dapat dilihat seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tampilan Antar Muka (*Interface*) Aplikasi Simulasi Monte Carlo

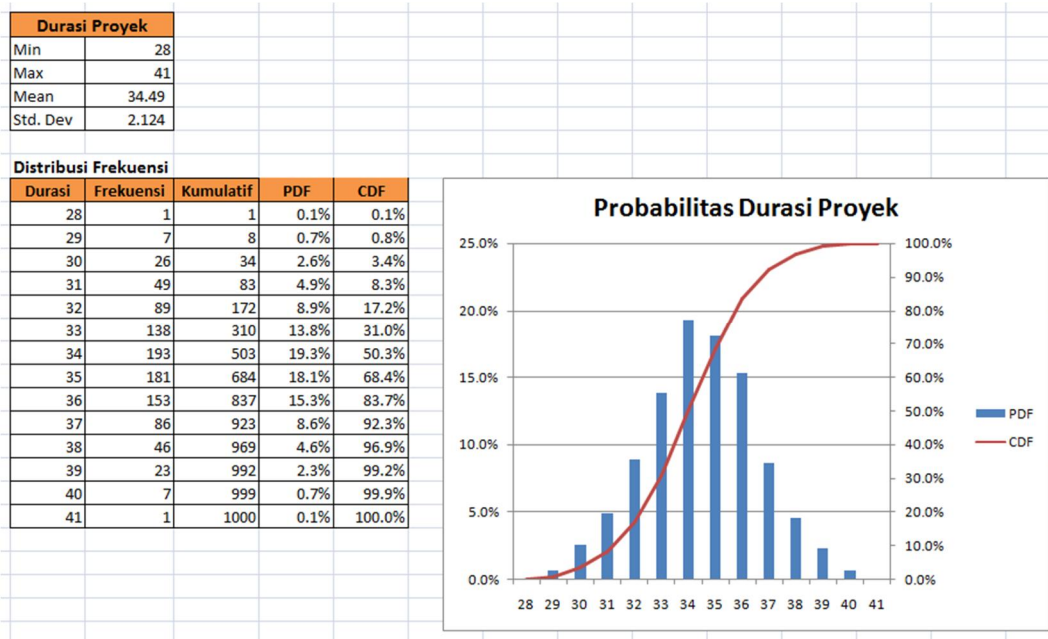
Keluaran (*output*) ada dua pilihan, yaitu durasi proyek dalam satuan hari, atau berupa tanggal selesainya proyek. Parameter masukan berupa jumlah iterasi, semakin banyak jumlah iterasi, hasilnya akan semakin valid, dengan konsekuensi waktu simulasi akan semakin lama. Disarankan iterasi minimal 1000 kali.

Setelah pilihan output dan jumlah iterasi ditentukan, selanjutnya dengan mengklik tombol “Proses”, proses simulasi akan segera dimulai. Hasil simulasi akan ditampilkan di lembar kerja (*sheet*) Microsoft Excel.

Prosedur Simulasi

Langkah-langkah untuk melakukan simulasi Monte Carlo pada penjadwalan proyek, adalah sebagai berikut:

1. Masukkan nama-nama pekerjaan dari proyek pada kolom *Task Name* di Microsoft Project.
2. Masukkan 3 parameter durasi masing-masing pekerjaan, yaitu waktu paling cepat (*optimistic duration*), waktu paling mungkin (*most likely duration*), dan waktu paling lama (*pessimistic duration*).
3. Tentukan hubungan antar pekerjaan pada kolom *Predecessors*.
4. Tentukan pekerjaan mana saja yang hasil simulasinya akan diekspor ke Microsoft Excel, dengan memilih “Yes” pada kolom “Export to Excel”.
5. Jalankan aplikasi simulasi, dengan menentukan pilihan output (berupa tanggal atau jumlah hari penyelesaian proyek)
6. Buka hasil simulasi pada Microsoft Excel, lakukan analisis statistik deskriptif, berupa tabel distribusi frekuensi dan grafik kombinasi PDF (*Probability Density Function*) dengan CDF (*Cummulative Distribution Function*)
7. Dari grafik CDF pada langkah ke-6, pemakai dapat mengambil keputusan tentang tingkat risiko dari jadwal proyek yang akan dilaksanakan., seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Statistik Deskriptif pada Data Hasil Simulasi

Sumber: Data primer yang diolah, 2017

Dari Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa durasi minimum proyek adalah 28 hari, maksimum 41 hari, dan rata-rata durasi (durasi yang paling mungkin) adalah 34,49 hari (probabilitas 50%). Standar deviasinya dari durasi proyek adalah 2,124 hari.

Dengan bantuan grafik CDF ini, pihak kontraktor dapat mengetahui tingkat risiko dari jadwal yang akan dilaksanakan. Sebagai contoh, jika proyek dilaksanakan dalam 38 hari, maka probabilitas suksesnya adalah sekitar 97% (atau dengan kata lain, risiko gagalnya 3%). Sebaliknya, jika proyek harus diselesaikan dalam 33 hari, maka probabilitas suksesnya hanya 31% (risiko gagal 69%). Dengan mengetahui tingkat risiko dari jadwal tersebut sebelum proyek dilaksanakan, tentunya dapat diambil langkah-langkah antisipatif untuk mengatasinya, sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu sesuai dengan rencana.

SIMPULAN

Simulasi Monte Carlo sangat bermanfaat untuk melakukan analisis risiko pada penjadwalan proyek. Hasil dari simulasi Monte Carlo dapat membantu pihak kontraktor melakukan langkah-langkah antisipatif agar dapat melaksanakan proyek tepat waktu sesuai jadwal yang sudah direncanakan.

Aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini, dapat digunakan untuk melakukan simulasi Monte Carlo pada penjadwalan proyek, dengan hasil yang tidak jauh berbeda dengan luaran dari aplikasi komersial. Namun aplikasi ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut agar memiliki fitur yang lebih lengkap, seperti:

- Kemampuan untuk menampilkan grafik probabilitas waktu penyelesaian proyek langsung dari dalam aplikasi, tanpa perlu mengolahnya lagi dengan Microsoft Excel
- Adanya pilihan distribusi probabilitas selain distribusi triangular.
- Perbaiki algoritma agar catatan waktu untuk menyelesaikan simulasi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Construction Industry Institute. (2012). *Applying Probabilistic Risk Management in Design and Construction Projects*. Construction Industry Institute.
- Du, J.; Hatipkarasulu, Y. & Liu, R. (2014). Interactive Probabilistic Risk Analysis for Construction Engineering and Management. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*. American Society for Engineering Education.
- Flanagan, R. & Norman, G. (1993). *Risk Management and Construction*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Ganame, P. & Chaudhari, P. (2015). Construction Building Schedule Risk Analysis Using Monte Carlo Simulation. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume:02, 1402-1406.
- Hendrickson, C. (2003). *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders*. Pittsburgh: Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University.
- Hulett, D.T. & Nosbich, M.R. (2012). Integrated Cost and Schedule using Monte Carlo Simulation of a CPM Model. *WM2012 Conference*, Phoenix, Arizona, USA.
- Kezner, H. (1995). *Project Management, A System Approach in Planning, Scheduling, and Controlling*. Fifth edition. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kong, Z. et al. (2015). Risk Assessment of Plan Schedule by Monte Carlo Simulation. *International Conference on Information Technology and Management Innovation (ICITMI 2015)*. 509-513
- KPMG & PMI. (2012). *Study on Project Schedule and Cost Overruns: Expedite Infrastructure Projects*. KPMG in India.
- Loc, N.T. (2010). *Integrated Schedule and Cost Risk Analysis using Risk Drivers in Construction Projects in Vietnam*. Master thesis. Royal Institute of Technology. Stockholm.
- McCabe, B. (2003). Monte Carlo Simulation for Schedule Risks. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. 1561-1565.
- Na, W.; Wuliang, P. & Hua, G. (2014). A Robustness Simulation Method of Project Schedule on the Monte Carlo Method. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 2014, 8, 254-258.
- 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.

- Oztas, A. & Okmen, O. (2005). Judgement Risk Analysis Process Development in Construction Projects. *Journal of Building and Environment*, 40. 1244-1254.
- PMI. (2013). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Fifth Edition*. Project Management Institute Inc. Pennsylvania.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Vershoor, J. 2005. The Benefits of Monte Carlo Schedule Analysis. AACE International Transactions.