

## **ANALISIS RISIKO *DETAIL ENGINEERING* PROYEK KONSTRUKSI FASILITAS INDUSTRI DI LINGKUNGAN MULTI-PROYEK DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK**

**Saut Batara Siahaan<sup>1</sup>, Sofia W. Alisjahbana<sup>1</sup>, Onnyxiforus Gondokusumo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Doktor Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Jakarta

Email: [saut.328211007@stu.untar.ac.id](mailto:saut.328211007@stu.untar.ac.id)

Masuk: 27-07-2023, revisi: 29-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-10-2023

---

### **ABSTRAK**

Terdapat proyek-proyek konstruksi yang berjalan secara bersamaan dan simultan untuk memenuhi tuntutan dan batasan waktu dan biaya. Saat ini proyek-proyek konstruksi semakin rumit dan semakin banyak jumlahnya. Hal ini dilakukan untuk memenuhi tingkat kualitas hidup yang semakin tinggi dan adanya kemajuan teknologi yang semakin canggih. Fenomena pelaksanaan proyek-proyek secara simultan dan bersamaan dikenal dengan istilah multi-proyek dan memerlukan cara pengelolaan yang berbeda dibandingkan dengan proyek tunggal. Demikian halnya dengan proyek konstruksi pada sektor fasilitas industri, dengan komponen utama adalah pekerjaan perancangan (*engineering*), pengadaan (*procurement*), konstruksi dan pemasangan (*construction & installation*) peralatan utilitas dan proses produksi. Pekerjaan *detail engineering* yang dilakukan oleh tenaga ahli *engineering* merupakan produk perencanaan dan harus dilakukan pada tahap perancangan. Permasalahan penelitian adalah bagaimana melakukan pengelolaan dan pengaturan kebutuhan tenaga ahli *engineering* di sepanjang waktu pelaksanaan ketika beberapa proyek berjalan secara simultan atau bersamaan? Dan diperlukan suatu antisipasi ketika kekurangan atau kelebihan tenaga ahli *engineering* tersebut terjadi dengan mempertimbangkan risiko pekerjaan yang ada. Penelitian ini merupakan studi kasus pelaksanaan proyek konstruksi di lingkungan multi-proyek pada fasilitas industri proses produksi berbasis proses kimia yang berlokasi di Jawa Barat. Kesimpulan penelitian ini adalah pendekatan pemodelan Sistem Dinamik memberikan kesempatan untuk memahami dampak risiko terhadap waktu yang tidak dapat dilakukan dengan pendekatan secara konvensional. Kebutuhan tenaga ahli *engineering* dengan mempertimbangkan risiko pekerjaan yang ada dapat diketahui di sepanjang waktu pelaksanaan dan dapat dilakukan antisipasi ketika kekurangan atau kelebihan tenaga ahli *engineering* tersebut terjadi.

**Kata Kunci:** Analisis risiko; *Detail engineering*; Multi-proyek; Fasilitas industri; Sistem Dinamik

### **ABSTRACT**

There are construction projects that run simultaneously and concurrently to meet demands and time and cost constraints. Nowadays, construction projects are increasingly complex and increasing in number. This is done to meet increasingly higher quality of life and sophisticated technological advances. Implementing projects simultaneously and concurrently, known as multi-project, requires different management methods compared to single projects. This is the case with construction projects in the industrial facilities sector, with the main components being design work (*engineering*), procurement, construction, and installation (*construction & installation*) of utility equipment and production processes. Detailed engineering work carried out by engineering experts is a product of planning and must be carried out at the design stage. The research problem is how to manage and regulate the need for engineering experts throughout the implementation period when several projects are running simultaneously. Anticipation is needed when a shortage or excess of engineering experts occurs by considering the existing job risks. This research is a case study of construction project implementation in a multi-project environment at a chemical process-based production process industrial facility in West Java. This research concludes that the Dynamic Systems modeling approach provides an opportunity to understand the impact of risk on time, which cannot be done with conventional methods. The need for engineering experts, taking into account the risks of existing work, can be known throughout the implementation period, and anticipation can be made when a shortage or excess of engineering experts occurs.

**Keywords:** Risk analysis; *Detail engineering*; Multi-project; Industry facility, System Dynamic

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Saat ini terdapat suatu fenomena ketika organisasi atau perusahaan melakukan beberapa proyek secara simultan dan saling berhubungan. Fenomena tersebut dikenal dengan istilah multi-proyek (Kracik dkk., 2013), dan menurut Payne (1995) pengelolaan multi-proyek memerlukan cara yang berbeda dibandingkan dengan pengelolaan proyek tunggal. Permasalahan seperti pembagian kerja, pengaturan beban kerja dan pelacakan tugas pekerja proyek (Engwall, 2003; Elonen dan Artto, 2003) terjadi ketika mengelola multi-proyek. Hedberg dan Högländer (2013), mengatakan terdapat persyaratan pengelolaan multi-proyek yaitu organisasi atau perusahaan harus lebih fokus terkait penggunaan sumberdaya dan personel organisasi.

Hal tersebut juga terjadi pada proyek-proyek konstruksi, dan menurut Abdullah dan Vicridge (1999) dikarenakan tingkat kualitas hidup yang semakin tinggi dan kemajuan teknologi yang semakin canggih, maka proyek-proyek konstruksi menjadi semakin besar dari sisi jumlah dan kerumitannya. Terdapat berbagai permasalahan dalam pengelolaan multi-proyek konstruksi yaitu: 1) Bagaimana multi-proyek mendapatkan perhatian dari manajemen senior; 2) Menetapkan definisi yang tepat dari multi-proyek; 3) Mengelola sumberdaya; 4) Sistem penjadwalan; 5) Struktur manajemen komunikasi dan koordinasi; 6) Mengelola risiko.

Survei yang dilakukan Abdullah dan Vicridge (1999) terhadap definisi dan implementasi pengelolaan multi-proyek pada industri konstruksi di Inggris mengungkapkan bahwa terdapat tiga belas elemen yang perlu diperhatikan pada tahap perencanaan multi-proyek dan manajemen risiko merupakan salah satu elemen dari tiga belas elemen manajemen multi-proyek tersebut.

Menurut *Construction Industry Institute* (2014) bentuk atau sektor proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu: 1) *Infrastructure*; 2) *Building*; 3) *Industrial*. Pada sektor *Industrial* atau fasilitas industri komponen pekerjaan utama adalah pekerjaan pengadaan peralatan proses produksi, pekerjaan mekanikal, perpipaan, elektrik dan instrumentasi atau kontrol sistem proses produksi dan pemasangan peralatan tersebut. Meskipun demikian pada fasilitas industri seperti pada pabrik berbasis proses kimia, pabrik petrokimia, kilang minyak, membutuhkan berbagai jenis pekerjaan bangunan untuk mendukung operasi dan pemeliharaan. seperti gedung administrasi, gedung kantor, gedung kontrol, fasilitas pemeliharaan, laboratorium, fasilitas keamanan, dan pusat pelatihan.

Risiko merupakan peristiwa atau kondisi yang tidak pasti, yang jika terjadi, memiliki efek positif atau negatif pada tujuan proyek (Chapman, 2014). Risiko proyek adalah risiko yang berkaitan dengan pengelolaan produk atau layanan, yang biasanya terdapat kendala pada waktu, biaya dan kualitas (BS 31100, 2011). Analisis risiko adalah kegiatan untuk menentukan tingkat kemungkinan terjadi suatu risiko dan tingkat dampak risiko terhadap tujuan atau sasaran proyek, dan untuk itu perlu dilakukan suatu aktivitas pengendalian. Analisis risiko dapat dilakukan dengan melakukan pemodelan dan simulasi menggunakan pendekatan Sistem Dinamik.

Sistem Dinamik adalah suatu metodologi untuk mempelajari dan mengelola suatu sistem kompleks yang dinamis dengan cara membangun dan menerapkan suatu simulasi model. Metodologi ini mulai dikembangkan pada akhir tahun 1950-an untuk analisis suatu sistem industri (Forrester, 1961). Pemodelan Sistem Dinamik dapat diterapkan pada permasalahan konstruksi dan manajemen proyek dimana terdapat kondisi seperti: 1) Sistem kompleks dan terdiri dari banyak atau beberapa komponen yang saling bergantung; 2) Sistem dinamis yang melibatkan beberapa proses dengan umpan balik (Sterman, 2000).

## Rumusan Masalah

Sumberdaya merupakan komponen terbesar dari total biaya proyek konstruksi (PMI, 2016). Manajemen sumberdaya proyek mencakup proses mengidentifikasi, memperoleh, dan mengelola sumberdaya yang dibutuhkan untuk keberhasilan penyelesaian proyek. Proses ini membantu memastikan bahwa sumberdaya yang tepat tersedia pada waktu dan tempat yang tepat. Ketersediaan sumberdaya yang cepat dan tepat sangat mempengaruhi waktu dan biaya proyek. Salah satu sumberdaya tersebut adalah sumberdaya manusia, yaitu personel yang mengelola dan melakukan pekerjaan proyek. Pada tahap perancangan, personel proyek yaitu tenaga ahli *engineering* melakukan pekerjaan *detail engineering*.

Proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang dipengaruhi oleh bagaimana cara mengelola sumberdaya manusia. Pada kondisi keterbatasan sumberdaya manusia di lingkungan multi-proyek diperlukan cara pengelolaan sumberdaya manusia secara efektif sesuai dengan kebutuhan organisasi. Diperlukan suatu analisis risiko yang dapat dilakukan dengan pemodelan menggunakan pendekatan Sistem Dinamik. Pendekatan Sistem Dinamik dilakukan dengan maksud untuk dapat mensimulasikan konsekuensi dari permasalahan secara virtual (*virtual world*) sebelum kejadian sebenarnya terjadi di dunia nyata (*real world*).

Berdasarkan perumusan permasalahan tersebut, maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu pemodelan analisis risiko pekerjaan *detail engineering* proyek konstruksi pada kondisi lingkungan multi-proyek dengan menggunakan pendekatan Sistem Dinamik. Pekerjaan *detail engineering* dilakukan oleh pemilik proyek dengan bantuan konsultan perencana. Kebijakan-kebijakan yang dihasilkan pada perencanaan pelaksanaan *detail engineering* di lingkungan multi-proyek merupakan hasil dari pemodelan tersebut. Maksud dari kebijakan tersebut untuk mengetahui kebutuhan tenaga ahli *engineering* di sepanjang waktu pelaksanaan pekerjaan *detail engineering*, dan dapat dilakukan antisipasi ketika kekurangan atau kelebihan tenaga ahli *engineering* tersebut terjadi.

## 2. METODE PENELITIAN

Dasar pemikiran penelitian ini adalah hasil observasi keadaan pembangunan atau pengembangan proyek konstruksi pada fasilitas industri yang dilakukan dengan tujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan tingkat operasional produksi. Kumpulan proyek-proyek fasilitas industri tersebut membutuhkan sumberdaya, khususnya sumberdaya manusia. Dengan adanya tuntutan dalam hal batasan waktu dan biaya, maka proyek-proyek tersebut berjalan secara simultan atau bersamaan dari waktu ke waktu.

Metodologi penelitian ini berbasis hasil penelitian sebelumnya, yang dianalisis dan dikaji menjadi penelitian lanjutan. Konteks manajemen multi-proyek pada penelitian sebelumnya mencakup berbagai permasalahan, seperti permasalahan alokasi sumber daya, manajemen risiko, dan tantangan lingkungan kerja (Hedberg dan Högländer, 2013; Patanakul, 2013). Metode penelitian ini adalah kualitatif dan kuantitatif dengan pendekatan studi kasus (Creswell, 2012). Studi kasus pada penelitian ini adalah pelaksanaan proyek konstruksi di lingkungan multi-proyek pada fasilitas industri berbasis proses kimia yang berlokasi di Jawa Barat. Variabel dan komponen penelitian berasal dari penelitian sebelumnya yang terkait dan relevan. Desain yang salah tidak terdeteksi oleh kontraktor dalam proses tender (Nasirzadeh dkk., 2008), perubahan desain yang mengakibatkan perubahan pekerjaan konstruksi (Wan dan Liu, 2014), perubahan teknologi (Wan

dan Liu, 2014), permintaan kontribusi untuk masyarakat sekitar atau lokal (Nasirzadeh dkk., 2008), kondisi lingkungan proyek (Leon dkk., 2018), perubahan UU ketenagakerjaan yang berpengaruh terhadap biaya atau upah tenaga kerja (Nasirzadeh dkk., 2008; Almashaqbeh dkk., 2019; Wan dan Liu, 2014; Kim dkk., 2020), pengawasan pekerjaan yang tidak efisien dari pemilik proyek (Nasirzadeh dkk., 2008) merupakan variabel risiko di sepanjang waktu pelaksanaan yang mempengaruhi kebutuhan tenaga kerja ahli pekerjaan *detail engineering*. Verifikasi variabel penelitian dilakukan dengan cara melakukan wawancara pada beberapa responden terpilih. Observasi lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data penelitian yang berasal pemilik proyek dan konsultan perencana.

Dengan pendekatan Sistem Dinamik, hubungan sebab akibat (*causal loop*) antar komponen dan variabel penelitian dapat dikembangkan, diolah dan dianalisis. Pengamatan dilakukan untuk melihat kecenderungan dan perilaku sistem. Pembangunan *Stock Flow Diagram* dan pembentukan formasi sistem berupa aliran, laju, persamaan variabel, pemilahan variabel (*stock, flow, auxiliary* dan konstanta), serta kemungkinan penambahan variabel. *Stock* adalah sebuah kuantitas yang terakumulasi dari waktu ke waktu yang mengubah nilainya dengan akumulasi *flow*. *Flow* adalah aliran yang mengubah nilai *stock*. *Auxiliary* merepresentasikan formulasi yang dapat mempengaruhi *flow* atau variabel lainnya. Konstanta adalah nilai yang diberikan kepada sistem sebagai suatu *input* atau masukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan penelitian mengenai kebijakan yang diperlukan dalam pemenuhan kebutuhan tenaga ahli *engineering* di sepanjang waktu pelaksanaan pekerjaan *detail engineering* proyek konstruksi pada fasilitas industri dengan mempertimbangkan risiko yang ada maka dilakukan pemodelan dengan pendekatan Sistem Dinamik.

*Detail Engineering* atau disebut *Detail Engineering Design (DED)* merupakan tahap pekerjaan konstruksi pengembangan fasilitas industri dan merupakan produk perencanaan yang dilakukan dan dikonsultasikan dengan pemilik proyek. Terdapat potensi risiko kebutuhan tenaga kerja pekerjaan *Detail Engineering* yang mencakup bidang ilmu sipil dan struktur, bangunan pabrik untuk produksi, peralatan utilitas dan proses produksi, cara pengujian peralatan dan operasi fasilitas produksi.

Observasi lapangan dilakukan dengan tujuan mendapatkan informasi pekerjaan *detail engineering* proyek konstruksi fasilitas industri berbasis proses kimia yang berlokasi di Jawa Barat. Data dikumpulkan pada tahun 2023 berasal dari 3 proyek konstruksi yang berada di lokasi area yang sama di lingkungan satu perusahaan di Jawa Barat. Pekerjaan *detail engineering* proyek-proyek tersebut sudah selesai dilakukan. Analisis data dilakukan untuk melihat lingkup pekerjaan proyek pada fasilitas industri tersebut.

Pada Proyek A pekerjaan *detail engineering* dilakukan oleh Konsultan A. Pekerjaan dimulai di bulan Februari 2021 dan direncanakan selesai di bulan Januari 2022. Durasi pekerjaan adalah 12 bulan dan membutuhkan 60 ribu jam kerja. Proyek B pekerjaan *detail engineering* dilakukan oleh Konsultan B. Pekerjaan dimulai 6 bulan setelah Proyek A, yaitu di bulan Juli 2021 dan direncanakan selesai di bulan Juni 2022. Proyek B membutuhkan 35 ribu jam kerja. Proyek C pekerjaan *detail engineering* dilakukan oleh Konsultan C. Pekerjaan dimulai 3 bulan setelah Proyek B, yaitu di bulan Oktober 2021 dan direncanakan selesai di bulan Desember 2022. Proyek C membutuhkan

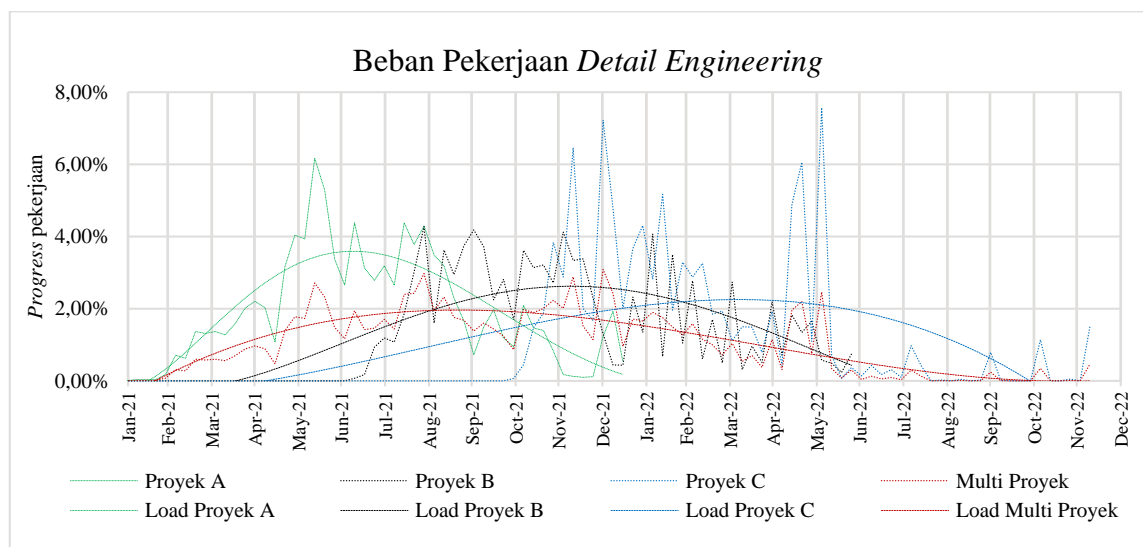
42 ribu jam kerja. Jumlah keseluruhan jam kerja dari Proyek A, Proyek B dan Proyek C adalah 137 ribu jam kerja dan total durasi pekerjaan adalah 23 bulan, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Pekerjaan *Detail Engineering*

Sampel Proyek	Rencana Jam Kerja	Pelaksana	Rencana Durasi	Rencana Mulai	Rencana Selesai	Mulai (Minggu ke-)	Selesai (Minggu ke-)
Proyek A	60.000	Konsultan A	12 Bulan	Feb 2021	Jan 2022	W1	W51
Proyek B	35.000	Konsultan B	12 Bulan	Jul 2021	Jun 2022	W23	W74
Proyek C	42.000	Konsultan C	14 Bulan	Okt 2021	Des 2022	W39	W98
Multi- Proyek		Pemilik Proyek	23 Bulan	Feb 2021	Des 2022	W1	W98

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2023

Untuk kecenderungan (*trend*) beban pekerjaan (*load*) *detail engineering* terlihat pada grafik pada Gambar 1. Kecenderungan puncak beban pekerjaan Proyek A terjadi di bulan Juli 2021, Proyek B di bulan Desember 2021, dan Proyek C di bulan April 2022. Rencana kemajuan (*progress*) per-waktu pekerjaan tiap proyek mempunyai nilai bervariasi. Gabungan kecenderungan (*trend*) pekerjaan Proyek A, Proyek B dan Proyek C digambarkan dengan kurva kemajuan pekerjaan multi-proyek.



Gambar 1. Beban Pekerjaan *Detail Engineering*

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2023

Identifikasi risiko Proyek A, Proyek B, dan Proyek C didapat dari hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pelaku Proyek A, Proyek B, dan Proyek C. Kualitas *basic engineering* sebagai dasar dan acuan pekerjaan *detail engineering* merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan pekerjaan *detail engineering*. Selain faktor tersebut, integrasi antar disiplin atau departemen *engineering*, keterlambatan alokasi tenaga ahli *engineering* merupakan faktor penting dalam penyelesaian pekerjaan *detail engineering*. Hal tersebut sesuai dengan studi literatur dari penelitian terdahulu dan rujukan dari Project Management Institute (PMI, 2016), seperti dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor dan Variabel Risiko *Detail Engineering* Proyek A, Proyek B, dan Proyek C

Penelitian Sebelumnya	<i>Construction Extension PMBOK</i> (2016)	Observasi dan Wawancara pada Proyek A, Proyek B, Proyek C
Desain yang salah tidak terdeteksi oleh kontraktor dalam proses tender (Nasirzadeh dkk., 2008)	Desain yang tidak memadai dan tidak lengkap	Kualitas <i>basic engineering</i> pemilik proyek yang buruk
Perubahan desain mengakibatkan perubahan pekerjaan konstruksi (Wan dan Liu, 2014)	Adanya perubahan berkelanjutan pada ruang lingkup proyek	Volume pekerjaan bertambah karena perubahan desain
Perubahan teknologi (Wan dan Liu, 2014)	Asumsi teknis yang tidak akurat	Data proyek tidak akurat
Permintaan kontribusi untuk masyarakat sekitar atau lokal (Nasirzadeh dkk., 2008)	Pengetahuan yang tidak lengkap tentang kondisi <i>site</i>	Integrasi pekerjaan desain antar disiplin <i>engineering</i> tidak akurat
Kondisi lingkungan proyek (Leon dkk., 2018)	Estimasi geoteknik dan pondasi serta desain struktur yang salah	Fasilitas bawah tanah atau <i>underground</i> tidak teridentifikasi dengan jelas
Perubahan UU ketenagakerjaan yang berpengaruh terhadap biaya atau upah tenaga kerja (Nasirzadeh dkk., 2008; Almashaqbeh dkk., 2019; Wan dan Liu, 2014; Kim dkk., 2020)	Latar belakang dan pengalaman teknis yang tidak memadai pada jenis proyek tertentu dan karakteristik <i>site</i>	Keterlambatan alokasi tenaga ahli dari konsultan perencana
Pengawasan pekerjaan yang tidak efisien dari pemilik proyek (Nasirzadeh dkk., 2008)	Keterlambatan dalam mendapatkan persetujuan dari pemilik proyek	Keterlambatan desain karena waktu persetujuan dokumen dari pemilik proyek

Sumber: Data diolah, 2023

Matriks risiko digunakan untuk dapat melakukan penilaian dan menentukan tingkat risiko proyek konstruksi. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kemungkinan terjadi dan tingkat dampak konsekuensi dari risiko. Terdapat lima tingkat kemungkinan terjadi dan lima tingkat dampak konsekuensi risiko dari tingkat terkecil atau *Very Low (VL)* sampai tingkat yang terbesar atau *Very High (VH)*, seperti terlihat pada Gambar 2.

			Dampak Risiko					
			<i>Very low (VL)</i>	<i>Low (L)</i>	<i>Moderate (M)</i>	<i>High (H)</i>	<i>Very High (VH)</i>	
Kemungkinan	Peluang Risiko		Score	1	2	3	4	5
	>90%	<i>Very High (VH)</i>	5	M	MH	H	VH	VH
	70%-90%	<i>High (H)</i>	4	ML	M	MH	H	VH
	30%-70%	<i>Moderate (M)</i>	3	L	ML	M	MH	H
	10%-30%	<i>Low (L)</i>	2	VL	L	ML	M	MH
	<10%	<i>Very Low (VL)</i>	1	VL	VL	L	ML	M

Gambar 2. Matriks Risiko Pekerjaan *Detail Engineering*

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2023

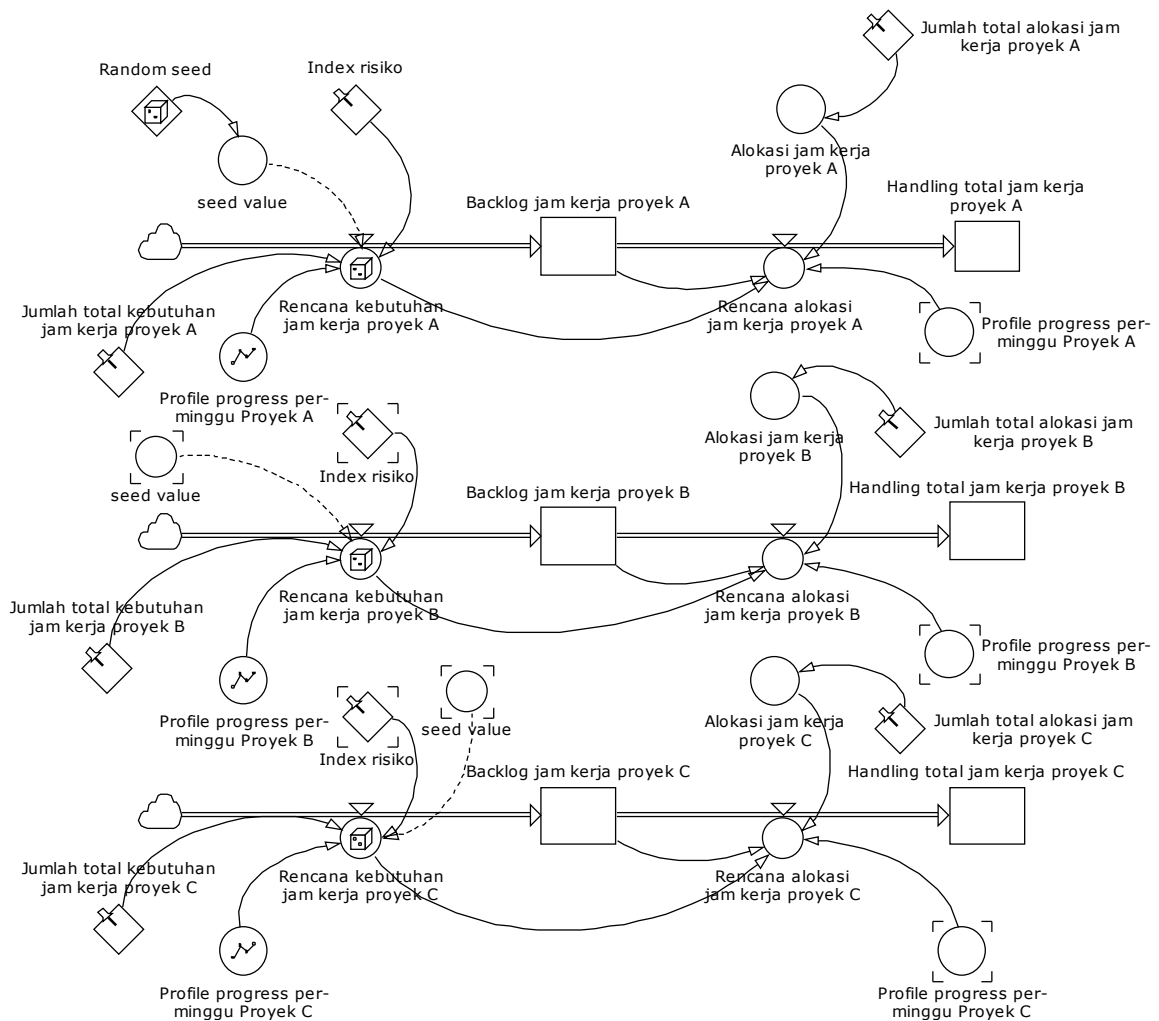
Dari hasil identifikasi dan penilaian risiko pekerjaan *detail engineering* didapat bahwa: 1) Fasilitas bawah tanah atau *underground* yang tidak teridentifikasi dengan jelas, keterlambatan persetujuan dokumen desain dari pemilik proyek mempunyai nilai risiko yang paling tinggi; 2) Data proyek yang tidak akurat dan keterlambatan alokasi tenaga ahli dari konsultan perencana mempunyai nilai risiko tertinggi kedua; 3) Kualitas *basic engineering* yang buruk, volume pekerjaan bertambah karena perubahan desain dan integrasi pekerjaan desain antar disiplin departemen *engineering* mempunyai nilai risiko terendah, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Risiko *Detail Engineering*

Deskripsi	Kemungkinan (K)	Dampak (D)	Penilaian (K*D)	Strategi Risiko
Kualitas <i>basic engineering</i> pemilik proyek yang buruk	<i>Low (L)</i>	<i>Moderate (M)</i>	6 (ML)	Mitigasi
Volume pekerjaan bertambah karena perubahan desain	<i>Low (L)</i>	<i>Moderate (M)</i>	6 (ML)	Mitigasi
Data proyek tidak akurat	<i>Low (L)</i>	<i>High (H)</i>	8 (M)	Mitigasi
Integrasi antar disiplin <i>engineering</i> tidak akurat	<i>Low (L)</i>	<i>Moderate (M)</i>	6 (ML)	Mitigasi
Fasilitas bawah tanah atau <i>underground</i> tidak jelas	<i>Moderate (M)</i>	<i>Moderate (M)</i>	9 (M)	Mitigasi
Keterlambatan alokasi tenaga ahli dari konsultan perencana	<i>Low (L)</i>	<i>High (H)</i>	8 (M)	Mitigasi
Keterlambatan persetujuan dokumen dari pemilik proyek	<i>Moderate (M)</i>	<i>Moderate (M)</i>	9 (M)	Mitigasi

Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2023

Perilaku variabel utama penelitian dapat dipahami dengan mengamati *Stock Flow Diagram* (Gambar 3). *Backlog* jam kerja proyek (*Stock*) adalah selisih akumulasi rencana alokasi jam kerja dengan rencana kebutuhan jam kerja proyek. *Flow input* adalah formulasi rencana kebutuhan jam kerja Proyek A berdasarkan profil kemajuan pekerjaan (*progress*) rencana per waktu, jumlah total rencana kebutuhan jam kerja, dan indeks risiko pekerjaan *detail engineering*. *Flow out* adalah formulasi rencana alokasi jam kerja proyek berdasarkan profil kemajuan pekerjaan (*progress*) rencana per waktu, dan jumlah total rencana alokasi jam kerja. Jumlah total rencana kebutuhan jam kerja dan jumlah total rencana alokasi jam kerja adalah konstanta berupa nilai yang diberikan kepada sistem. Indeks risiko adalah nilai akumulasi risiko berdasarkan pengamatan yang diberikan kepada sistem.



Gambar 3. *Stock Flow Diagram Pekerjaan Detail Engineering*  
 Sumber: Data diolah, 2023

Penyelesaian permasalahan penelitian dilakukan melalui analisis dengan pendekatan Sistem Dinamik dan pemodelan berdasarkan data dari observasi lapangan dan hasil wawancara. Dua skenario diberikan kepada masing-masing proyek, dengan tujuan untuk mendapatkan kebijakan yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan.

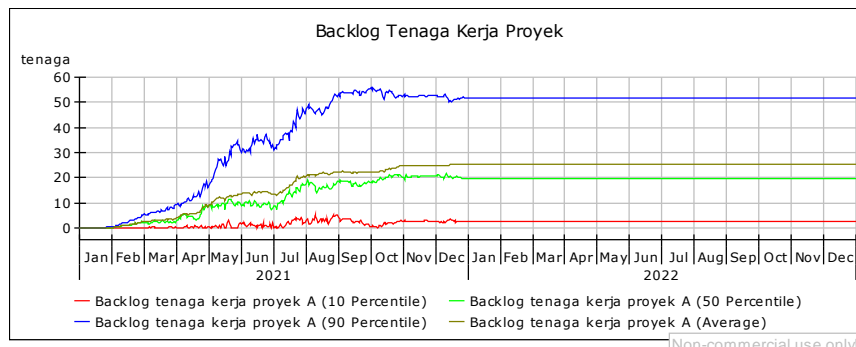
*Stock Flow Diagram* pada Gambar 3, pada dasarnya adalah sebagian dari lingkup besar pekerjaan proyek konstruksi yang juga melibatkan pekerjaan *Procurement*, *Construction* dan *Installation*. Pada kondisi utuh tersebut dapat terlihat proses dengan umpan balik antara *Detail engineering*, *Procurement*, *Construction* dan *Installation*, yang akan dilanjutkan di penelitian selanjutnya.

### Simulasi Risiko Proyek A

Pada Proyek A terdapat jumlah total kebutuhan jam kerja sebesar 60 ribu jam kerja, durasi pekerjaan 12 bulan. Pada skenario pertama rencana kebutuhan 60 ribu jam kerja dan didapatkan alokasi 60 ribu jam kerja. Indeks risiko sebesar 0,3 (*moderate*) yang berasal dari pengamatan. Hasil analisis menunjukkan nilai *backlog* atau nilai besaran kekurangan tenaga kerja pada waktu pelaksanaan sebagai berikut: 1) Pada tingkat kemungkinan terjadi 50% nilai maksimum kekurangan tenaga kerja sebesar 20 tenaga kerja (total jam kerja per tenaga kerja per minggu adalah 40 jam). Pada tingkat kemungkinan terjadi 90% terdapat kekurangan tenaga kerja maksimum

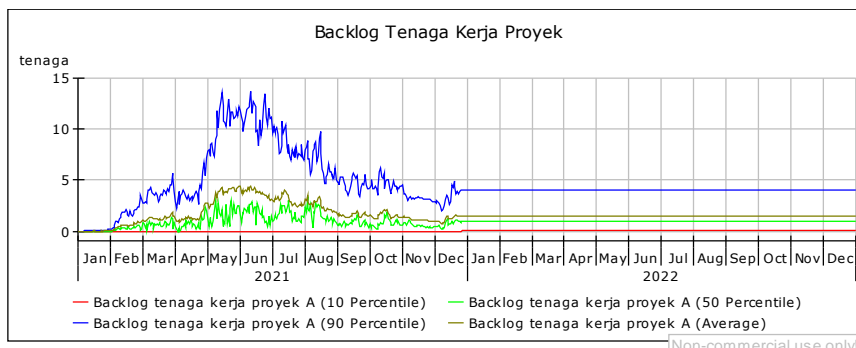


sebesar 55 tenaga kerja. dan pada tingkat kemungkinan terjadi 10% terdapat kekurangan maksimum sebesar 5 tenaga kerja, terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skenario 1: Simulasi Risiko Pekerjaan *Detail Engineering* Proyek A  
Sumber: Data diolah, 2023

Pada skenario kedua rencana kebutuhan 60 ribu jam kerja dan didapatkan alokasi 65 ribu jam kerja. Indeks risiko sebesar 0,3 yang berasal dari pengamatan. Hasil analisis menunjukkan nilai *backlog* atau nilai besaran kekurangan tenaga kerja pada waktu pelaksanaan sebagai berikut: 1) Pada tingkat kemungkinan terjadi 50% nilai maksimum kekurangan tenaga kerja sebesar 3 tenaga kerja (total jam kerja per tenaga kerja perminggu adalah 40 jam). Pada tingkat kemungkinan terjadi 90% terdapat kekurangan tenaga kerja maksimum sebesar 13 tenaga kerja. dan pada tingkat kemungkinan terjadi 10% terdapat kekurangan maksimum sebesar 1 tenaga kerja, terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skenario 2: Simulasi Risiko Pekerjaan *Detail Engineering* Proyek A  
Sumber: Data diolah, 2023

### Hasil Simulasi Risiko Proyek

Dari hasil pemodelan risiko dengan pendekatan Sistem Dinamik terlihat nilai kebutuhan dan nilai alokasi jam kerja (tenaga kerja) yang dibutuhkan. Terdapat 2 skenario yang diberikan pada Proyek A, Proyek B, dan Proyek C, yaitu: 1) Skenario pertama, meskipun terdapat risiko pelaksanaan, jumlah total kebutuhan dan jumlah total alokasi jam kerja mempunyai nilai yang sama; 2) Skenario kedua, memberikan cadangan (*allowance*) jam kerja (tenaga kerja) dengan tujuanantisipasi risiko kekurangan jam kerja (tenaga kerja) ketika pelaksanaan pekerjaan *detail engineering*. Hasil analisis menunjukkan pada skenario pertama terdapat *backlog* atau kekurangan tenaga kerja yang cukup tinggi. Pada skenario kedua, setelah ditambahkan cadangan (*allowance*) dengan suatu nilai tertentu maka kekurangan tenaga kerja selama pelaksanaan pekerjaan dapat diminimalkan. Untuk mengatasi *backlog* tenaga kerja yang masih terjadi pada skenario kedua, maka tenaga kerja cadangan (*pool resources*) dapat dipersiapkan dan nilai kebutuhan tenaga kerja per waktu sudah dapat diprediksi dan di estimasi.

Tabel 4, adalah data yang didapat dari hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pelaku proyek dalam penelitian ini. Data tersebut menunjukkan prediksi akan kebutuhan tenaga kerja mempunyai nilai besaran yang sama di tingkat kemungkinan terjadi antara 50% dan 90%. Kebutuhan jam kerja (tenaga kerja) bersifat dinamis dan dapat berubah disepanjang waktu pelaksanaan, dan nilai kebutuhan jam kerja (tenaga kerja) dapat diprediksi pada tahap perencanaan.

Tabel 4. Kondisi Pelaksanaan Pekerjaan *Detail Engineering*

Deskripsi	Proyek A	Proyek B	Proyek C
Durasi proyek (bulan)	12	12	14
Total rencana kebutuhan jam kerja (jam)	60.000	35.000	42.000
Total rencana alokasi jam kerja (jam)	65.000	38.000	45.000
Nilai maksimum kekurangan tenaga kerja, pada tingkat kemungkinan 90% (tenaga kerja)	< 13	< 7	< 18
Nilai maksimum kekurangan tenaga kerja, pada tingkat kemungkinan 50% (tenaga kerja)	< 3	< 2	< 5
Nilai maksimum kekurangan tenaga kerja, pada tingkat kemungkinan 10% (tenaga kerja)	< 1	< 1	< 1
Nilai aktual kekurangan tenaga kerja (tenaga kerja)	< 6	< 4	< 6
Bulan puncak kekurangan tenaga kerja (bulan ke-)	3 - 7	3 - 7	3 - 7

Sumber: Hasil Olah Data, 2023

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah: 1) Manajemen risiko sangat penting untuk keberhasilan proyek dan harus diterapkan di seluruh siklus hidup proyek. Analisis risiko merupakan bagian dari proses manajemen risiko dan proses pengambilan keputusan di tingkat proyek atau multi-proyek; 2) Dengan pendekatan pemodelan Sistem Dinamik memberikan kesempatan untuk memahami dampak risiko terhadap waktu yang tidak dapat dilakukan dengan pendekatan secara konvensional; 3) Simulasi dua skenario memperlihatkan bahwa nilai kebutuhan tenaga kerja sepanjang waktu pelaksanaan dapat diketahui danantisipasi kebutuhan tenaga kerja tersebut dapat diprediksi dan diestimasi. Kekurangan tenaga kerja dapat dikelola dengan menyediakan tenaga kerja cadangan (*pool resources*). 4) Alokasi tenaga kerja, beban kerja antar proyek dapat diketahui sepanjang waktu pelaksanaan dan memberikan kesempatan untuk melakukan pembagian (*sharing*) tenaga kerja antar proyek secara optimal di lingkungan multi proyek.; 5) Kebutuhan jam kerja (tenaga kerja) bersifat dinamis dan dapat berubah disepanjang waktu pelaksanaan, dan nilai kebutuhan jam kerja (tenaga kerja) dapat diprediksi pada tahap perencanaan.

#### REFERENSI

- Abdullah, A.M., Vickridge, I. G. (1999). Best practice for multi-project management in the construction industry. Centre for Research into the Management of Projects (CRMP), Department of Civil and Structural Engineering, UMIST, UK. <https://www.researchgate.net/publication/266094857>.
- Almashaqbeh, S., Munive-Hernandez, J. E., Khan, M. K. (2019). "A System Dynamics Model for Risk Assessment of Strategic Customer Performance Perspective in Power Plants". Proceedings of the 3rd European International Conference on Industrial, Engineering and Operations Management IEOM, Pilsen, Czech Republic, Jul 23-26. <http://ieomsociety.org/pilsen2019/>

- BS 31100. (2011). Risk management – Code of practice and guidance for the implementation of BS ISO 31000. BSI, UK.
- Chapman, R. J. (2014). *The Rules of Project Risk Management: Implementation Guideline for Major Projects*. Gower Publishing Limited, London, UK.
- CII (Construction Industry Institute). (1994). Project Definition Rating Index – Industrial projects: Version 4.1, CCI, The University of Texas, Austin. <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/pdri-overview>.
- Creswell, J. W. (2012). *Research design: pendekatan metode kualitatif, kuantitatif, dan campuran*. Edisi-3. Terjemahan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Engwall, M. & Jerbrant, A. (2003). “The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management?” *International Journal of Project Management*, 21(6), 403-409. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00113-8).
- Elonen, S. & Artto, K.A. (2003). “Problems in managing internal development projects in multi-project environments.” *International Journal of Project Management*, 21(6), 395-402. [http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00097-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00097-2)
- Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- Hedberg, M., Högländer, A. *Handling Multi-Projects: An empirical study of challenges faced in management*. Master thesis (2013). <https://www.diva-portal.org/smash/search.jsf?dswid=-1329>.
- Kim, S., Chang, S., Lacouture, D. C. (2020). “Dynamic Modeling for Analyzing Impacts of Skilled Labor Shortage on Construction Project Management”. *Journal of Management in Engineering.*, 36(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000720](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000720).
- Kracík, L., Vacík, E., Plevný, M. (2013). “Application of the multi-project management in companies”. Conference: Liberec Economic Forum, Liberec, 2013.
- Leon, H., Osman, H., Georgy, M, Elsaid, M. (2018). “System Dynamics Approach for Forecasting Performance of Construction Projects,” *Journal of Management in Engineering.* 34(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000).
- Nasirzadeh, F., Afshar, A., Khanzadi, M. (2008). “System Dynamics Approach for Construction Risk Analysis. *International Journal of Civil Engineering.* 6(2). <http://ijce.iust.ac.ir/article-1-200-en.html>.
- Patanakul, P. Key drivers to the effectiveness in managing multiple projects. *IEEE Transactions on Engineering Management.* Vol. 60, No. 1, (2013) 4-17. <https://doi.org/10.1109/TEM.2012.2199993>.
- Payne, J. H. (1995). “Management of multiple simultaneous Projects: a state-of-art review.” *International Journal of Project Management*, 13(3), 163-168. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)00019-9](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)00019-9).
- PMI (Project Management Institute). (2016). *Construction Extension to the PMBOK Guide, 2nd Edition*. Project Management Institute, Inc., Newton Square, Pennsylvania, US.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics, System Thinking and Modeling for a Complex World*”. MIT Sloan School of Management. Cambridge.
- Wan, J. & Liu, Y. (2014). “A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process. *Open Journal of Social Sciences,* 2, 451-454. <https://doi.org/10.4236/jss.2014.26052>.

