

**ANALISA RISIKO PADA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN
PENDEKATAN SISTEM DINAMIK**

(Studi Kasus: The Palace Apartment & Condotel Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan teknik Industri Fakultas Teknik Industri**



Nama : Muhammad Gandi Wiratama

No. Mahasiswa : 13 522 127

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

PERNYATAAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali referensi dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika di kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 September 2017

Muhammad Gandi V





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

JURUSAN: TEKNIK KIMIA, TEKNIK INDUSTRI, TEKNIK INFORMATIKA, TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kaliurang Km. 14.5 Telp (0274) 895287 / Facs. (0274) 895007 Sleman Yogyakarta 55584
<http://www.uui.ac.id> atau <http://www.fit.uui.ac.id> e-mail: fti@uui.ac.id

Nomor : 2316 /SekProdi/TA-TI/20/IX/2017
Lamp : -
Hal : Permohonan Ijin Penelitian Tugas Akhir

Kepada : **Yth. Bapak/Ibu Pimpinan**
PT. Gedung Megah Jaya (The Palace Apartement & Condotel Yogyakarta)
Jl. Kaliurang KM. 11 , Ngaglik, Sleman
Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Sesuai dengan kurikulum Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta bahwa mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah minimal 130 sks dengan IPK diatas 2.00, diwajibkan untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan melakukan Penelitian.

Berkenaan dengan hal tersebut kami mohon Bapak/Ibu Pimpinan, sudi kiranya menerima mahasiswa kami untuk melaksanakan keperluan tersebut.

Mahasiswa tersebut adalah :

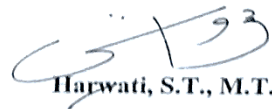
Nama : **MUHAMMAD GANDI W**
No.Mahasiswa : **13522127**

Adapun Penjadwalan kegiatan Penelitian sepenuhnya mengikuti kebijakan yang berlaku pada tempat penelitian.

Besar harapan kami permohonan ini dapat dikabulkan.

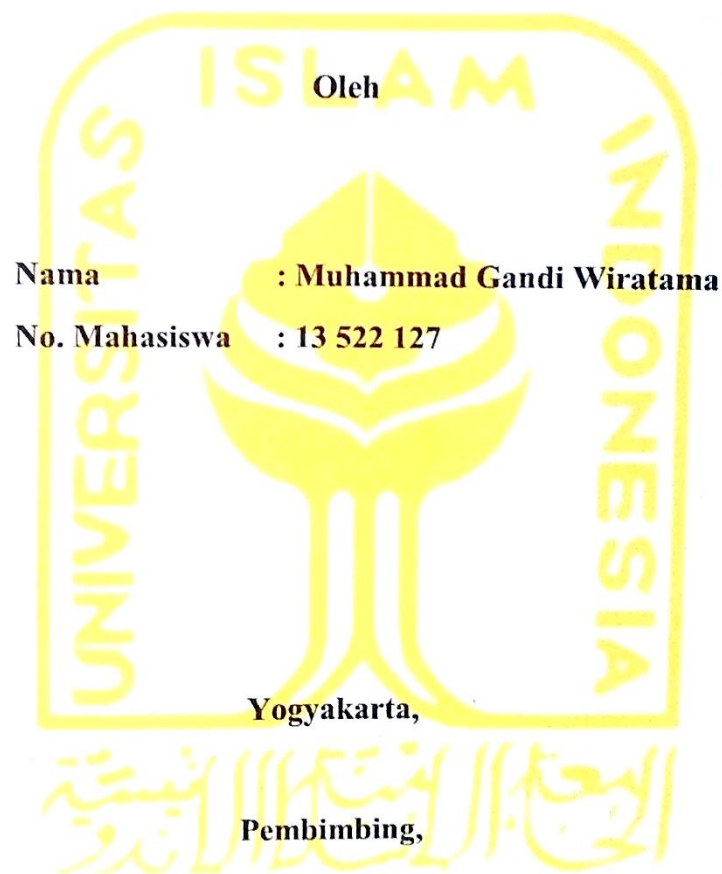
Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 11 September 2017
Sek. Prodi Teknik Industri


Harwati, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
ANALISA RISIKO PADA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN
PENDEKATAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: The Palace Apartment & Condotel Yogyakarta)

TUGAS AKHIR



Dwi Handayani

(Dwi Handayani, S.T., M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
ANALISA RISIKO PADA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN
PENDEKATAN SISTEM DINAMIK
(Studi Kasus: The Palace Apartment & Condotel Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Oleh
Nama : Muhammad Gandhi Wiratama
No. Mahasiswa : 13 522 127

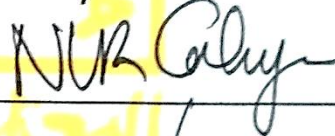
Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik industri
Yogyakarta, Oktober 2017

Tim Penguji

Dwi Handayani, S.T., M.Sc.
Ketua

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.
Anggota I

Suci Miranda, S.T., M.Sc.
Anggota II


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua Orangtua saya yang tercinta, Bapak Bambang Hendrayana dan Ibu Dahlia.
2. Kakak saya tercinta, (Almh) Putri Hijriyanti.
3. Semua Guru-guru saya.
4. Keluarga besar laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri (DELSIM).
5. Keluarga Teknik Industri 2013.

HALAMAN MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ

“Karena sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan.” (QS. Al-Insyirah: 5-6)

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

“niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.” (QS. Al-Mujaadilah: 11)

إِنَّا فَتَحْنَا لَكَ فَتْحًا مُبِينًا

“Sesungguhnya kami telah memberikan kepadamu kemenangan yang nyata.” (QS. Al-Fath:1)

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul penelitian “Analisa Risiko Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamik (Studi Kasus: The Palace Apartment & Condotel Yogyakarta)”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Industri untuk menyelesaikan studi Strata-1 pada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka akhirnya dengan segala kerendahan hati izinkalah penulis untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan motivasi dalam rangka menyelesaikan tugas akhir ini.

Untuk ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman. ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dwi Handayani, S.T., M.Sc selaku pembimbing Tugas Akhir.
Terimakasih atas segala bimbingan pengetahuan dan nasihat yang sangat bermanfaat selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Abdullah Harahap selaku manajer proyek dari The Palace Apartment & Condotel Yogyakarta yang telah mengizinkan melakukan pengambilan data di lokasi.
5. Bapak Juli Fajar Nugroho, Bapak Raden Ragil Bintor, Bapak Condro Wijanarko dan Bapak Haryadi yang telah membantu memberikan data yang dibutuhkan pada penyelesaian Tugas Akhir ini.

Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan ini. Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah Subhana wa Ta’ala. Amin.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Kerja Praktek ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Akhir kata semoga Laporan Kerja Praktek ini dapat digunakan sebagai mana mestinya serta berguna bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Oktober 2017

Muhammad Gandi Wiratama

ABSTRAK

Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Selain itu, risiko juga mengandung sifat ketidakpastian yang perlu direduksi. Komponen risiko ketidakpastian meliputi biaya, waktu, serta mutu. Sistem yang digunakan untuk mengelola risiko agar dampaknya tidak berpengaruh terlalu besar pada tujuan proyek dinamakan sistem manajemen risiko. Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik (SD) dimana semua risiko yang berbeda dapat dimodelkan secara efisien dan disimulasikan dengan menggunakan metode simulasi berorientasi objek yang diimplementasikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko yang berpengaruh terhadap kinerja proyek konstruksi The Palace dan menentukan tindakan mitigasi untuk mengurangi dampak dari risiko tersebut. Identifikasi risiko dilakukan dengan membagi risiko ke dalam 3 variabel, yaitu risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas. Berdasarkan hasil kuesioner yang telah disebar, didapatkan 26 risiko masuk ke dalam risiko rendah, 24 risiko masuk ke dalam risiko sedang dan 4 risiko masuk ke dalam risiko tinggi. Dari model simulasi didapatkan perilaku ketiga variabel risiko cenderung membentuk loop dan selalu meningkat. Dengan melakukan tindakan mitigasi yang tepat yaitu melakukan risk reduction dan risk transfer pada major risk dampak variabel risiko dapat ditekan.

Kata kunci: Proyek konstruksi, risiko, sistem dinamik, risk reduction, risk transfer

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Luaran yang Diharapkan.....	6
1.6 Manfaat	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Kajian Deduktif	2
2.1.1 Manajemen	2
2.1.2 Proyek.....	9
2.1.3 Risiko.....	16
2.1.4 Simulasi	23
2.1.5 System Thinking.....	26
2.1.6 Sistem Dinamik (SD)	27
2.1.7 Validasi dan Verifikasi	33
2.1.8 Kinerja Proyek Konstruksi	35
2.1.9 Penilaian Ahli (Expert Judgement).....	38

2.1.10 Pilot Study	38
2.2 Kajian Induktif.....	39
BAB III METODE PENELITIAN.....	9
3.1 Objek Penelitian.....	9
3.2 Kerangka Pemikiran	48
3.2.1 Tahap Pendahuluan.....	51
3.2.2 Tahap Risk Assesment.....	52
3.2.3 Tahap Pembahasan, Kesimpulan dan Saran	56
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	57
3.3.1 Pengumpulan Data.....	57
3.3.2 Data yang Dibutuhkan	58
3.4 Pengolahan Data	59
3.4.1 Analisa Risiko dengan Model Sistem Dinamik (SD).....	59
3.4.2 Validasi.....	59
3.4.3 Desain Eksperimen (Improvement).....	59
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	60
4.1 Pengumpulan Data.....	60
4.1.1 Identifikasi Risiko	60
4.1.2 Penilaian dan Penerimaan Risiko	79
4.2 Pengolahan Data	89
4.2.1 Identifikasi Masalah dan Definisi Tujuan	89
4.2.2 Membuat Model Konseptual	89
4.2.3 Membangun Model Formal	103
4.2.4 Hasil Simulasi.....	150
4.2.5 Verifikasi dan validasi Model Simulasi.....	159
4.2.6 Design Improvement	166
4.2.7 Pemilihan Alternatif	189
BAB V PEMBAHASAN.....	193
5.1 Identifikasi Risiko Pembangunan The Palace Apartemen	193
5.2 Penilaian dan Pemetaan Risiko Pengerjaan The Palace	194
5.3 Model Sistem Dinamik.....	195
5.3.1 Analisa Model Awal.....	195

5.3.2 Analisa Model Desain Eksperimen	197
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	200
6.1 Kesimpulan.....	200
6.2 Saran	201
6.2.1 Bagi Perusahaan	201
6.2.2 Bagi Penelitian Selanjutnya.....	201
DAFTAR PUSTAKA	203

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel State of The Art.....	41
Tabel 4. 1 Item pertanyaan pilot studi.....	62
Tabel 4. 2 Hasil pilot studi tahap 1	63
Tabel 4. 3 Hasil pilot studi tahap 2	65
Tabel 4. 4 Identifikasi variabel risiko biaya (cost risk).....	70
Tabel 4. 5 Identifikasi variabel risiko penjadwalan (schedule risk).....	73
Tabel 4. 6 Identifikasi variabel risiko kualitas proyek (quality of construction risk) ..	75
Tabel 4. 7 Identifikasi variabel risiko lingkungan (environment risk).....	78
Tabel 4. 8 Kategori penilaian frekuensi	80
Tabel 4. 9 Kategori penilaian dampak	80
Tabel 4. 10 Skala penerimaan risiko	81
Tabel 4. 11 Penilaian dan Penerimaan Risiko Biaya	81
Tabel 4. 12 Penilaian dan Penerimaan Risiko Penjadwalan	83
Tabel 4. 13 Penilaian dan Penerimaan Risiko Lingkungan	85
Tabel 4. 14 Penilaian dan Penerimaan Risiko Kualitas Proyek	86
Tabel 4. 15 Klasifikasi model boundary diagram	105
Tabel 4. 16 Time table risiko biaya.....	151
Tabel 4. 17 Time table risk event pada variabel risiko biaya.....	152
Tabel 4. 18 Time table risiko penjadwalan	154
Tabel 4. 19 Time table risk event yang mempengaruhi indikator unplanned duration	154
Tabel 4. 20 Time table risiko kualitas dilihat dari segi penjadwalan.....	156
Tabel 4. 21 Time table risiko kualitas dilihat dari segi biaya	156
Tabel 4. 22 Time table risk event yang mempengaruhi risiko kualitas (hari).....	157
Tabel 4. 23 Time table risk event yang mempengaruhi risiko kualitas (biaya)	157
Tabel 4. 24 Time table risiko lingkungan	158
Tabel 4. 25 Tindakan mitigasi untuk risiko-risiko prioritas.....	167
Tabel 4. 26 Kondisi risiko biaya DE 1	177
Tabel 4. 27 Kondisi risiko biaya DE 2	181
Tabel 4. 28 Kondisi risiko biaya pada DE 3	186
Tabel 4. 29 Perbandingan model awal dengan model DE	189
Tabel 4. 30 Data input ANOVA	192
Tabel 4. 31 Hasil uji ANOVA.....	192
Tabel 5. 1 Rangkuman mitigasi yang dilakukan pada model	198

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Pertumbuhan konstruksi di Indonesia.....	1
Gambar 2. 1 Fase proyek secara umum.....	10
Gambar 2. 2 Fase Feasibility Study.....	12
Gambar 2. 3 Fase Pemasukan Penawaran Lelang.....	13
Gambar 2. 4 Tahapan fase konstruksi	14
Gambar 2. 5 Klasifikasi tingkat risiko.....	18
Gambar 2. 6 Proses manajemen risiko	20
Gambar 2. 7 Skema sistem risiko	21
Gambar 2. 8 Kerangka berpikir sistemik.....	27
Gambar 2. 9 Causal Loop Diagram	29
Gambar 2. 10 Simbol Level.....	31
Gambar 2. 11 Simbol Rate	31
Gambar 2. 12 Simbol Auxillary	31
Gambar 2. 13 Simbol Constant	32
Gambar 2. 14 Simbol link dan delayed link	32
Gambar 2. 15 Flow diagram.....	33
Gambar 2. 16 Paradigma vlidasi dan verifikasi.....	34
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	50
Gambar 4. 1 Risk breakdown structure (RBS).....	69
Gambar 4. 2 Klasifikasi Risiko.....	87
Gambar 4. 3 Model manajemen risiko secara keseluruhan	91
Gambar 4. 4 Model indikator rework	95
Gambar 4. 5 Model indikator wage variation.....	96
Gambar 4. 6 Model indikator budget change	97
Gambar 4. 7 Model indikator unplanned duration	98
Gambar 4. 8 Model indikator estimed total time.....	99
Gambar 4. 9 Model indikator material konstruksi.....	100
Gambar 4. 10 Model indikator teknologi konstruksi dan efesiensi kerja rendah.....	101
Gambar 4. 11 Model indikator makro ekonomi dan kebijakan.....	102
Gambar 4. 12 Diagram sub sistem model manajemen risiko pada proyek konstruksi The Palace Apartment.....	104
Gambar 4. 13 Model indikator rework	110
Gambar 4. 14 Model indikator wage variation.....	118
Gambar 4. 15 Model indikator Total budget change.....	122
Gambar 4. 16 Model variabel risiko biaya	126
Gambar 4. 17 Model indikator tambahan hari karena rework.....	127
Gambar 4. 18 Model indikator durasi tak terjadwalkan	128
Gambar 4. 19 Model indikator estimasi waktu total	134
Gambar 4. 20 Model risiko penjadwalan secara keseluruhan	137

Gambar 4. 21 Model variabel lingkungan	138
Gambar 4. 22 Model variabel kualitas (cost)	141
Gambar 4. 23 Model variabel kualitas (hari).....	143
Gambar 4. 24 Model variabel benefit.....	147
Gambar 4. 25 Model flow diagram keseluruhan	149
Gambar 4. 26 Grafik perilaku risiko biaya dan indikator yang mempengaruhinya	150
Gambar 4. 27 Grafik perilaku risiko penjadwalan	153
Gambar 4. 28 Grafik perilaku indikator yang mempengaruhi risiko penjadwalan	153
Gambar 4. 29 Grafik perilaku risiko kualitas	155
Gambar 4. 30 Grafik perilaku indikator yang mempengaruhi risiko kualitas	155
Gambar 4. 31 Grafik perilaku risiko lingkungan dan indikator yang mempengaruhinya	158
Gambar 4. 32 Risiko biaya apabila tanpa ada risk event yang terjadi.....	161
Gambar 4. 33 Risiko penjadwalan apabila tanpa ada risk event yang terjadi	161
Gambar 4. 39 Risiko penjadwalan apabila tanpa ada risk event yang terjadi	161
Gambar 4. 35 Risiko kualitas apabila tanpa ada risk event yang terjadi	162
Gambar 4. 36 Grafik risiko biaya berjalan dinamis seiring berjalan waktu	163
Gambar 4. 37 Grafik risiko penjadwalan bergerak dinamis seiring berjalannya waktu.....	163
Gambar 4. 38 Grafik risiko kualitas bergerak dinamis seiring berjalannya waktu	163
Gambar 4. 39 Kondisi risiko biaya setelah perubahan parameter	164
Gambar 4. 40 Kondisi risiko penjadwalan setelah perubahan parameter.....	165
Gambar 4. 41 Kondisi risiko kualitas setelah perubahan parameter	165
Gambar 4. 42 Gambar model eksperimen risiko biaya	171
Gambar 4. 43 Gambar model eksperimen risiko penjadwalan.....	172
Gambar 4. 44 Model eksperimen risiko kualitas (penjadwalan)	173
Gambar 4. 45 Model eksperimen risiko kualitas (biaya)	174
Gambar 4. 46 Nilai variabel risiko biaya pada DE 1	175
Gambar 4. 47 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 1	176
Gambar 4. 48 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 2	176
Gambar 4. 49 Grafik perilaku risiko biaya DE 1.....	177
Gambar 4. 50 Grafik perilaku risiko penjadwalan DE 1	178
Gambar 4. 51 Grafik perilaku risiko kualitas DE1	178
Gambar 4. 52 Grafik perilaku benefit DE1	179
Gambar 4. 53 Nilai variabel risiko biaya pada DE 2.....	180
Gambar 4. 54 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 2	180
Gambar 4. 55 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 2	181
Gambar 4. 56 Grafik perilaku risiko biaya pada DE 2	182
Gambar 4. 57 Grafik perilaku risiko penjadwalan pada DE 2.....	182
Gambar 4. 58 Grafik perilaku risiko kualitas pada DE 2	183
Gambar 4. 59 Grafik perilaku benefit pada DE 2.....	183
Gambar 4. 60 Nilai variabel risiko biaya pada DE 3.....	184
Gambar 4. 61 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 3	185
Gambar 4. 62 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 3	185
Gambar 4. 63 Grafik perilaku risiko biaya pada DE 3	186

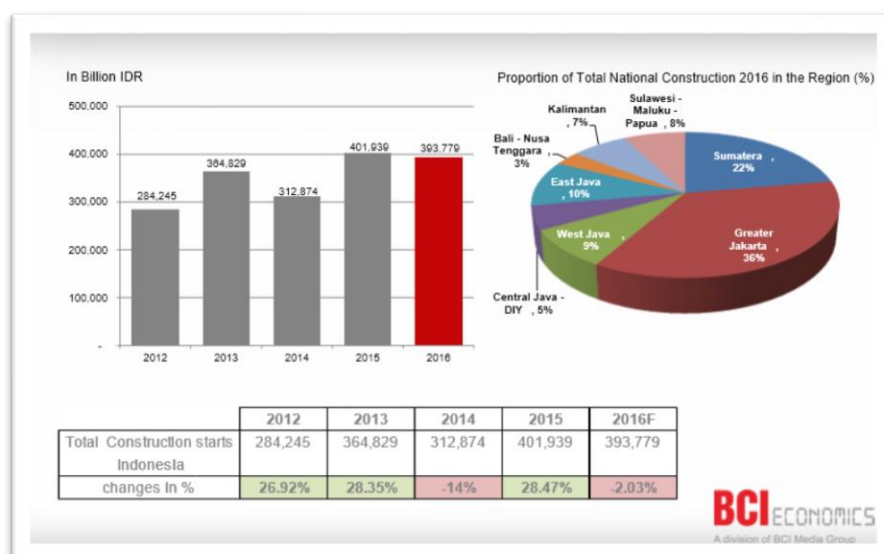
Gambar 4. 64 Grafik perilaku risiko penjadwalan pada DE 3.....	187
Gambar 4. 65 Grafik perilaku risiko kualitas pada DE 3	188
Gambar 4. 66 Grafik perilaku benefit pada DE3.....	188
Gambar 4. 67 Perbandingan nilai risiko biaya keseluruhan model	190
Gambar 4. 68 Perbandingan nilai risiko biaya model alternatif	191

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri jasa konstruksi termasuk jenis jasa industri skala besar yang banyak dibutuhkan di Indonesia. Selama dekade 1980an dan 1990an, pertumbuhan rata-rata permintaan jasa teknik kontraktor bidang konstruksi mencapai 28,42% hingga 31,07% per tahun. Di era 2000an yang masih relatif dipengaruhi krisis ekonomi, permintaan jasa konstruksi masih bisa tumbuh di atas 20% meskipun rata-rata peningkatan angka pertumbuhan masih relatif dari dekade sebelumnya. Keberadaan perusahaan jasa konstruksi pun mengalami pertumbuhan yang cukup pesat selama dekade 1980an dan 1990an, yaitu berada pada angka 24,11% hingga 34,48% per tahun yang tersebar di seluruh daerah di Indonesia (Kaming *et al.*, 2010).



Gambar 1. 1 **Pertumbuhan konstruksi di Indonesia**

Sumber: (bciasia.com)

Sektor konstruksi menempati posisi ketiga sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia sepanjang 2016, dengan kontribusi 0,51 persen setelah sektor industri pengolahan dan sektor perdagangan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2016), ekonomi Indonesia pada tahun 2016 tumbuh sebesar 5,02 persen, lebih tinggi dibandingkan tahun 2015 yang mencapai 4,88 persen. Kontribusi sektor konstruksi bagi pembentukan produk domestik bruto (PDB) pun cukup signifikan, yakni 10,38 persen. Angka ini menjadikannya di urutan ke-4 setelah sektor industri, pertanian, dan perdagangan. Fokus pemerintah untuk mempercepat pembangunan infrastruktur di seluruh wilayah Indonesia sebagaimana yang dicanangkan oleh Presiden Joko Widodo, memberikan dampak yang besar bagi pertumbuhan sektor konstruksi. Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (2016), sektor konstruksi diharapkan tumbuh sebesar 8,1% pada tahun 2017 seiring dengan peningkatan proyek-proyek infrastruktur pemerintah dan swasta. Dengan meningkatnya tingkat kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumberdaya maka dibutuhkan juga peningkatan sistem pengelolaan proyek yang lebih baik dan terintegrasi.

Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Selain itu, risiko juga mengandung sifat ketidakpastian yang perlu direduksi. Komponen risiko ketidakpastian meliputi biaya, waktu, serta mutu. Ketiga hal ini sangat berkaitan satu dengan yang lain. Risiko dapat memberikan pengaruh terhadap pengeluaran biaya, lamanya waktu proyek serta kualitas dan mutu dari manajemen proyek (Soeharto, 1995). Flanagan dan Norman (1993) berpendapat proyek konstruksi memiliki risiko dan ketidakpastian lebih tinggi dari apa yang terjadi pada kegiatan lainnya. Meski pendapat ini tidak sepenuhnya disepakati namun diyakini memang ada persoalan dengan manajemen risiko proyek konstruksi. Persoalan yang terjadi selama ini bukan karena alasan karakteristik yang unik (e.g. lingkungan dinamis) melainkan bersumber pada kesulitan dalam mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola risiko yang dihadapi pada setiap proyek konstruksi (Loosemore *et al.*, 2006).

The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta adalah konsep hunian futuristik yang mana terdiri dari apartemen dan kondotel (kondominium hotel) yang dikembangkan oleh PT Funaru Berkah di kawasan wisata Kaliurang, Sleman, Yogyakarta. The Palace dikembangkan di area seluas 31.226 m² di Jalan Raya Kaliurang Km 11 tidak jauh dari kampus pusat Universitas Islam Indonesia (UII). Bangunannya terdiri dari dua Menara setinggi 12 lantai masing-masing untuk apartemen dan kondotel. Apartemen (320 unit) terdiri dari tiga tipe, studio 24.5 m² (*semigross*), 1BR 37.5 m², 2BR 54.4 m², mulai seharga

Rp 280 juta. Sementara kondotel (256 unit) dipasarkan *fully furnished* mencakup dua tipe, 22.4 m² (*Deluxe*) dan *Superior* (30.8 m²) seharga mulai Rp 400 jutaan. Melihat begitu besarnya cakupan (*scope*) dari proyek konstruksi yang ada, bukan tidak mungkin banyak sekali risiko yang akan dihadapi berkaitan dengan kinerja proyek konstruksi tersebut. Maka dari itu diperlukan manajemen risiko yang tepat.

Risiko dapat dikatakan sebagai akibat yang mungkin terjadi secara tak terduga. Walaupun suatu kegiatan telah direncanakan sebaik mungkin, namun tetap mengandung ketidakpastian bahwa nanti akan berjalan sepenuhnya sesuai rencana (Kangari, 1995). Risiko pada proyek konstruksi sangat sulit untuk dihilangkan secara keseluruhan tetapi dapat dikurangi atau ditransfer dari satu pihak ke pihak lainnya (Kangari, 1995). Bila risiko terjadi akan berdampak pada terganggunya kinerja proyek secara keseluruhan sehingga dapat menimbulkan kerugian terhadap biaya, waktu dan kualitas pekerjaan.

Saat ini, para pelaku dalam industri konstruksi semakin menyadari akan pentingnya memperhatikan permasalahan risiko pada proyek-proyek yang ditangani. Karena kesalahan dalam memperkirakan dan menangani risiko akan menimbulkan dampak negatif, baik langsung maupun tidak langsung pada proyek konstruksi. Risiko dapat menyebabkan pertambahan biaya dan keterlambatan jadwal penyelesaian proyek.

Risiko adalah suatu kegagalan atau kerusakan yang mungkin terjadi dalam suatu aktifitas yang dilakukan pada masa lampau (Flanagan dan Norman, 1996). Risiko proyek merupakan suatu kejadian atau kondisi yang tidak terduga di luar apa yang telah direncanakan (Mills, 2001) dan dapat memberikan pengaruh positif ataupun negatif pada tujuan proyek, atau suatu kesempatan keterbukaan terjadinya peristiwa baik yang tidak diinginkan maupun yang menguntungkan dan mempengaruhi tujuan proyek (Bahar dan Crandal, 1990).

Sistem yang digunakan untuk mengelola risiko agar dampaknya tidak berpengaruh terlalu besar pada tujuan proyek dinamakan sistem manajemen risiko. Tujuan dari manajemen risiko adalah mengurangi risiko yang berpotensi mengakibatkan kerugian, sehingga dengan berkurangnya risiko diharapkan dapat meningkatkan keuntungan.

Pada tahap analisa risiko, sebagai fase terpenting dalam proses manajemen risiko, konsekuensi dari risiko yang berbeda terhadap tujuan proyek akan dinilai. Analisa konsekuensi juga dapat membantu untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling penting dalam mempengaruhi kinerja proyek untuk mengambil respon yang tepat. Dalam beberapa literatur, telah disebutkan beberapa pendekatan dalam menganalisa risiko, namun semuanya

masih memiliki kekurangan, yaitu pendekatan analisa risiko konvensional tidak mempertimbangkan sifat dinamis dari risiko selama siklus hidup proyek, serta memperhitungkan *loop* umpan balik yang mempengaruhi keseluruhan dampak risiko. Karena sifat risiko sistemik (APM Publishing, 2004) yang dihasilkan dari *loop* umpan balik sebab dan akibat, sebagian besar metode yang dipraktikkan secara umum terbukti tidak efisien untuk menilai dampak sebenarnya dari risiko karena tidak memperhitungkan sifat sistemik semacam itu. Kemudian teknik analisa risiko konvensional tidak memiliki kemampuan untuk mengukur dampak penuh dari risiko yang berbeda, karena mereka tidak mempertimbangkan dampak tidak langsung dari risiko. Meskipun kejadian risiko potensial mungkin memiliki pengaruh besar terhadap biaya, waktu dan kualitas proyek, teknik analisis risiko konvensional hanya dapat menilai konsekuensi risiko berdasarkan dampaknya baik pada biaya proyek atau waktu proyek. Sebagian besar teknik manajemen risiko tradisional menangani proses analisa risiko dari sudut pandang kualitatif (Nasirzadeh dan Monirabbasi, 2004).

Pada penelitian ini, akan menyajikan pendekatan analisa baru yang secara eksplisit menjelaskan semua kekurangan yang terkait dengan pendekatan yang umum dilakukan. Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik (SD) dimana semua risiko yang berbeda dapat dimodelkan secara efisien dan disimulasikan dengan menggunakan metode simulasi berorientasi objek yang diimplementasikan. Dengan menggunakan metode ini, semua sifat risiko sistemik dapat dipertimbangkan secara eksplisit. Dalam metode ini, risiko yang berbeda dapat dimodelkan sebagai *loop* umpan balik dan dampaknya terhadap tujuan proyek dapat diukur dari segi waktu, biaya dan kualitas secara efisien. Dibandingkan dengan pendekatan analisa risiko konvensional, pendekatan SD memiliki kemampuan untuk mengukur penuh dari risiko yang berbeda dengan mempertimbangkan efek langsung dan tidak langsung dari setiap risiko melalui analisis *loop* umpan balik. Model simulasi SD yang diusulkan memiliki kelebihan, dimana dampak berbagai risiko terhadap tujuan proyek dapat diukur sebelum terjadiannya dengan menciptakan laboratorium pembelajaran dan dampaknya dapat dipertimbangkan secara efektif, sehingga kemudian dapat memberikan alternatif solusi dalam memetakan dan mengurangi kemungkinan terjadinya risiko yang mungkin terjadi pada proyek konstruksi, khususnya pada proyek konstruksi The Palace and Condotel Yogyakarta yang menjadi objek penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan fenomena yang terjadi saat ini, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dijadikan dasar penelitian adalah sebagai berikut:

1. Apa saja risiko yang mempengaruhi kinerja proyek konstruksi?
2. Bagaimana pola risiko mempengaruhi kinerja proyek konstruksi dengan menggunakan model simulasi sistem dinamik?
3. Bagaimana skenario terbaik untuk mengurangi dampak dari risiko pada proyek konstruksi menggunakan pendekatan sistem dinamik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi risiko-risiko yang berpengaruh terhadap kinerja proyek konstruksi.
2. Mengetahui pola risiko dalam mempengaruhi kinerja proyek konstruksi menggunakan model simulasi sistem dinamik.
3. Mengetahui skenario terbaik yang dapat mengurangi dampak dari risiko pada proyek konstruksi menggunakan pendekatan sistem dinamik.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan topik yang dibahas tidak meluas, maka perlu adanya pembatasan lingkup penelitian, dimana batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut :

- 1 Penelitian dilakukan pada proyek yang memiliki nilai $\geq$ Rp 50 Miliar.
- 2 Proyek konstruksi yang diteliti adalah hanya 1 kasus saja, yaitu proyek konstruksi The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta.
- 3 Risiko proyek konstruksi yang diidentifikasi hanya pada tahap pelaksanaan konstruksi saja.

- 4 Manajemen risiko ditinjau dari kinerja proyek, yaitu biaya, waktu penyelesaian proyek (penjadwalan) dan juga kualitas proyek.

1.5 Luaran yang Diharapkan

Dari latar belakang di atas, penulis mengharapkan luaran sebagai berikut :

1. Didapatkan model sistem dinamik yang mampu menggambarkan sistem kompleks proyek konstruksi, sehingga didapatkan analisa secara keseluruhan.
2. Mengetahui analisa lebih lanjut terkait manajemen risiko pada proyek konstruksi menggunakan pendekatan baru yang jarang dilakukan sebelumnya, yaitu dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik.

1.6 Manfaat

Berikut adalah manfaat dalam penelitian ini :

1. Membantu menyelesaikan permasalahan dunia industri, khususnya permasalahan akibat risiko pada proyek konstruksi The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta.
2. Dapat digunakan oleh pelaku utama proyek konstruksi dalam memanajemen risiko dan menjadikannya sebagai laboratorium pembelajaran yang mungkin dapat digunakan untuk proyek-proyek konstruksi sejenis lainnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini adalah gambaran mengenai isi yang dibahas pada laporan Tugas Akhir ini, yang mana dibagi menjadi enam pokok bahasan yaitu sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

BAB I ini menjelaskan tentang gambaran umum mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, luaran yang diharapkan dan manfaat penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

BAB II ini berisikan tentang kajian dari penelitian terdahulu (induktif) dan kajian deduktif. Dimana kajian deduktif berisikan dasar teori yang berfungsi sebagai materi yang dapat membantu memecahkan masalah ataupun sebagai informasi pendukung serta untuk memberikan pemahaman akan permasalahan yang akan diteliti.

BAB III: METODE PENELITIAN

BAB III ini berisikan tentang objek penelitian yang akan digunakan di penelitian ini, teknik pengumpulan data dan *flowchart* penelitian.

BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

BAB IV berisikan tentang data-data yang sudah diperoleh dan akan diolah menggunakan metode yang sudah ditentukan. Dimana data yang diolah akan dianalisis juga dari hasil yang diperoleh.

BAB V: PEMBAHASAN

BAB V berisikan tentang analisa dari hasil penelitian yang diperoleh dimana analisa itu menjawab pertanyaan dari rumusan masalah.

BAB VI: PENDAHULUAN

BAB VI memuat kesimpulan dan saran. Dimana kesimpulan merupakan ringkasan singkat mengenai hasil penelitian yang sudah dianalisa, sedangkan pembahasan merupakan jawaban rumusan masalah. Untuk saran berisikan tentang ide penulis untuk lebih mengembangkan penelitian yang serupa dari penelitian-penelitian sebelumnya agar menjadi lebih baik lagi

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Deduktif

Dalam membuat penelitian ini, terdapat beberapa istilah-istilah yang akan dijelaskan maksud dan pengertiannya berdasarkan teori-teori dan rujukan pustaka yang relevan.

2.1.1 Manajemen

Pengertian Manajemen menurut para ahli dalam Komunitas & Perpustakaan Online Indonesia (2006) adalah sebagai berikut (1) manajemen adalah suatu proses perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, dan pengendalian upaya dari anggota organisasi serta penggunaan semua sumber daya yang ada pada organisasi untuk mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan sebelumnya. (2) manajemen adalah suatu seni, karena untuk melakukan suatu pekerjaan melalui orang lain dibutuhkan keterampilan khusus. (3) manajemen adalah usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu melalui kegiatan orang lain.

Menurut Lewis *et al.* (2004), manajemen dirumuskan sebagai proses administrasi dan mengkoordinasi sumber daya-sumber daya secara efektif, efisien untuk mencapai tujuan organisasi. Sedangkan pengertian manajemen menurut James AF Stoner (2006) adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan usaha-usaha para anggota organisasi dan penggunaan sumber daya-sumber daya organisasi lainnya agar mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan usah-usaha aktivitas para anggota organisasi dan koordinasi sumber daya-sumber daya secara efektif dan efisien secara bersama ataupun melalui organisasi lainnya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

2.1.2 Proyek

Dalam buku *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* disebutkan bahwa proyek adalah pekerjaan temporer yang dikerjakan untuk menciptakan suatu produk atau pelayanan yang memiliki keunikan. Proyek disebut unik karena atau layanan yang dihasilkan nantinya memiliki kekhususan tersendiri dibandingkan dengan yang lain. Jadi proyek secara umum adalah suatu kegiatan atau aktivitas melaksanakan pekerjaan yang sifatnya temporer untuk menghasilkan produk yang khas atau khusus.

2.1.2.1 Siklus Kegiatan Proyek (*Project Life Cycle*)

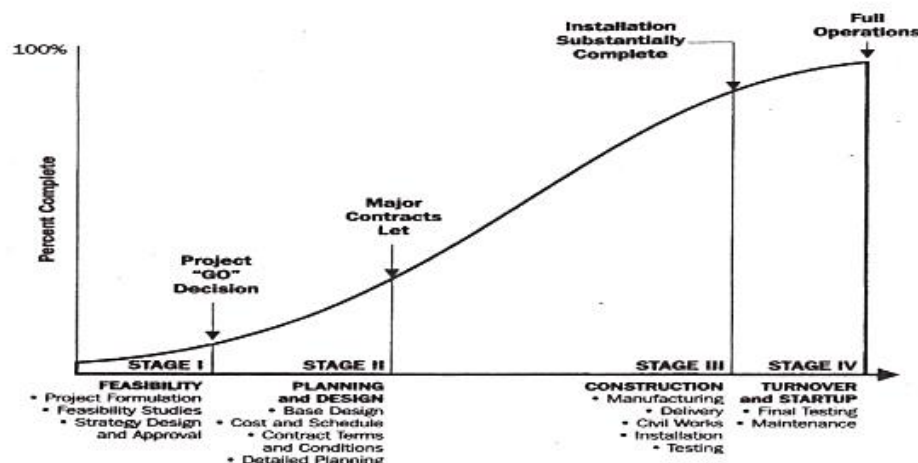
Karena pekerjaan pada proyek bersifat temporer, maka setiap proyek selalu memiliki siklus yang disebut sebagai siklus kegiatan proyek (*Project life cycle*). Siklus ini berlangsung mulai dari pra proyek hingga pasca proyek. Secara umum siklus ini memiliki fase yang tipikal untuk segala macam proyek yaitu fase awal, fase tengah dan fase akhir. Yang membedakan siklus proyek satu dengan yang lain adalah detail pelaksanaan proyek itu sendiri.

Siklus kegiatan proyek (*Project life cycle*) ini digunakan untuk menjabarkan tahap mulainya proyek hingga tahap selesainya proyek. *Project life cycle* ini secara umum menjabarkan tentang pekerjaan teknis apa yang harus dilakukan pada tiap fase dan siapa yang seharusnya terlibat pada tiap fase.

Deskripsi kegiatan dalam fase-fase proyek bisa sangat sederhana sampai sangat detil. Namun karakteristik umum yang biasanya ada dalam deskripsi kegiatan pada tiap fase proyek adalah (a) biaya dan jumlah pekerja umumnya sedikit pada awal kegiatan dan terus meningkat hingga akhir kegiatan, dan kemudian menukik tajam seiring selesainya proyek tersebut; (b) pada awalnya persentase kemungkinan menyelesaikan proyek berada pada titik

terendah karena pada tahap awal ini segala kemungkinan yang dapat menghambat berjalannya proyek banyak dan mungkin terjadi. Sedangkan tingkat risiko dan ketidakpastian berada pada titik yang paling tinggi pada awal proyek karena pada risiko dan ketidakpastian akan terus bermunculan seiring berjalannya proyek. Kemungkinan keberhasilan proyek meningkat seiring dengan progress pelaksanaan proyek; (c) Kemampuan pemegang saham untuk mempengaruhi hasil akhir dari proyek sangat tinggi pada awal proyek dan kemudian menurun seiring berjalannya proyek. Penyebab hal ini biasanya adalah biaya terhadap perubahan dan koreksi terhadap kesalahan yang berkembang seiring berjalannya proyek.

Menurut Morris pada buku PMBOK, siklus hidup proyek konstruksi adalah seperti yang digambarkan gambar di bawah ini.



Gambar 2. 1 Fase proyek secara umum

Sumber: (PMBOK, 2004)

Tahap I adalah tahap *Feasibility* dimana suatu proyek direncanakan kemudian diadakan studi kelayakan serta mematangkan strategi desain dan mendapatkan persetujuan dari yang berwenang. Layak tidaknya suatu proyek akan ditentukan pada tahap ini.

Tahap II adalah tahap desain dan perencanaan dimana desain dasar, biaya dan penjadwalan, dokumen kontrak kerja dan perencanaan yang lebih mendetail dibuat.

Tahap III adalah tahap konstruksi dimana pada tahap ini bahan-bahan untuk proyek dibuat, diantarkan ke lokasi, dikerjakan oleh kontraktor, instalasi jaringan dan pengetesan. Pada akhir tahap ini fasilitas yang dikerjakan sudah harus selesai dan dapat dipergunakan dengan baik.

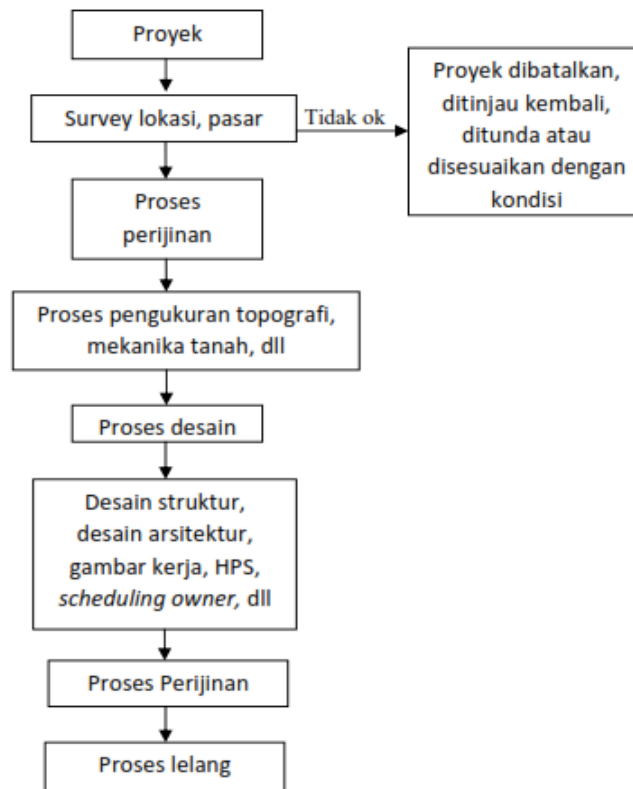
Tahap IV adalah tahap serah terima dan pengoperasian dimana pada tahap ini dilakukan tes akhir dan pemeliharaan. Pada tahap ini fasilitas yang dibangun sudah dioperasikan secara penuh.

Smith (1999) menggambarkan fase-fase proyek yang terjadi dalam proyek tidak hanya dari proyek konstruksi namun juga pada proyek-proyek yang lain yang dipandang dari berbagai pihak yang terlibat dalam suatu proyek, fase proyek juga meliputi proyek konstruksi, IT, Organisasi dan Keuangan dari berbagai sudut pandang misalnya dari sudut pandang kontraktor maupun klien

Dibawah ini akan dijelaskan fase-fase dalam siklus kegiatan proyek konstruksi yaitu fase *feasibility study* dan desain, fase lelang, fase konstruksi dan fase serah terima.

2.1.2.2 Fase *Feasibility Study* dan Desain

Pada tahap ini proyek direncanakan dan dikaji secara mendalam apakah proyek ini layak untuk dilaksanakan atau tidak, seberapa besar pengaruh, manfaat dan keuntungan yang dapat diambil jika proyek ini dilaksanakan. Pada tahap ini juga terjadi proses perijinan dari pihak *owner* kepada instansi yang terkait misalnya pengecekan status lokasi lahan proyek di dinas perencanaan tata kota, pengecekan dan pengurusan status tanah di BPN dan masih banyak lainnya. Adapun tahapannya kurang lebih adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 2 **Fase *Feasibility Study***

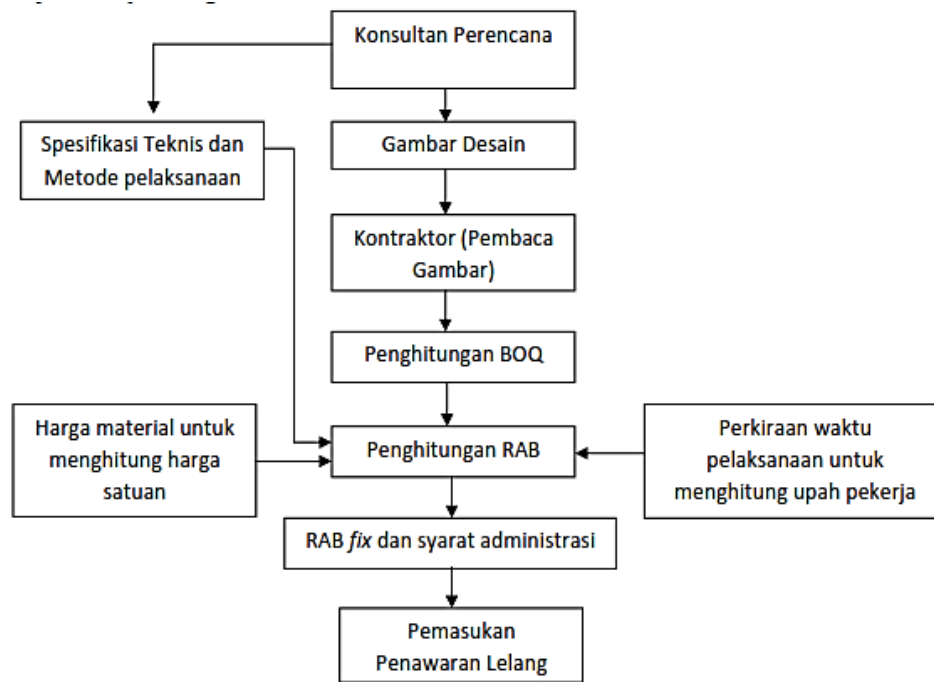
Sumber: (PMBOK, 2004)

Dari proses pengukuran topografi dan mekanika tanah, jika kondisi tanah memungkinkan untuk suatu proyek maka prosesnya dilanjutkan ke proses desain. Tetapi jika kondisi tanah tidak memungkinkan misalnya karena daya dukung tanah sangat rendah yang dapat mengakibatkan pondasi pancang selalu ambles, adanya sungai purba di bawah lokasi proyek yang nantinya dapat membahayakan konstruksi yang sudah terbangun, maka hal ini dapat mengakibatkan batalnya proyek.

Pada proses desain, *output* yang dihasilkan berupa desain struktur, desain arsitektur, gambar kerja, HPS, *scheduling owner*, dan sebagainya. Setelah desain ini selesai, maka dilakukan kembali proses perijinan pada instansi terkait salah satunya Dinas Tata Kota, Badan Pertanahan Nasional. Apabila desain sesuai dengan tata ruang kota dan persyaratan dari instansi terkait sudah dipenuhi maka dapat langsung dilanjutkan ke proses lelang.

2.1.2.3 Fase Lelang

Pada proyek konstruksi, terjadi proses lelang yang tahapannya akan dijelaskan pada bagan dibawah ini.



Gambar 2. 3 **Fase Pemasukan Penawaran Lelang**

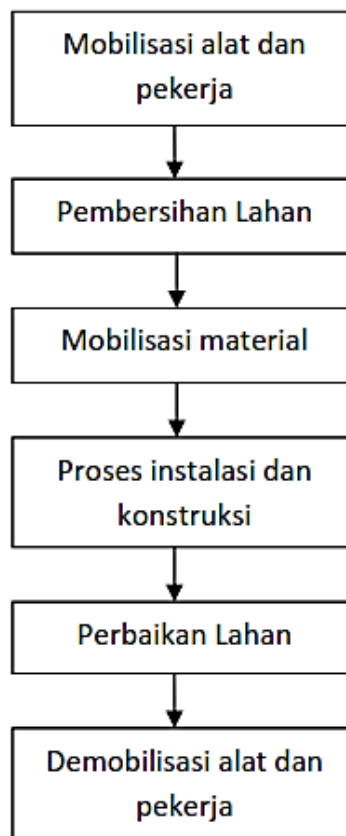
Sumber: (PMBOK, 2004)

Pada gambar diatas dijelaskan bahwa konsultan perencana memberikan gambar desain, spesifikasi teknis dan metode pelaksanaan pada kotraktor sebagai bahan acuan dalam menghitung RAB. Oleh kontraktor bahan tersebut diserahkan pada staf pembaca gambar untuk menghitung BOQ dan RAB. Dalam menghitung RAB selain bahan yang diberikan oleh konsultan perencana, kontraktor juga memperkirakan harga material dan perkiraan waktu pelaksanaan untuk menghitung harga satuan pekerja. Setelah RAB sudah dianggap akurat maka kontraktor menggunakan RAB tersebut beserta syarat-syarat administratif lainnya untuk melakukan penawaran pekerjaan. Sesudah itu, dilakukan pembukaan penawaran dan pemeriksaan syarat-syarat administratif untuk menentukan pemenang lelang. Sesudah penentuan pemenang lelang, maka tahap selanjutnya dilakukan klarifikasi terhadap syarat-syarat administratif yang disertakan seperti kepemilikan alat, dukungan bahan

material, serta syarat lainnya. Jika kontraktor pemenang lelang mampu melalui tahap ini maka kemudian dilakukan penetapan pemenang lelang dimana selanjutnya terdapat proses legal yang termasuk di dalamnya adalah kontrak kerja.

2.1.2.4 Fase Konstruksi

Setelah fase lelang selesai dan ditetapkan pemenang lelang maka tahap selanjutnya adalah fase konstruksi dimana tahapannya akan dijelaskan pada bagan dibawah ini.



Gambar 2. 4 Tahapan fase konstruksi
Sumber: (PMBOK, 2004)

Pada tahap awal proses ini, hal yang dilakukan adalah mobilisasi alat dan pekerja yaitu mendatangkan alat berat, peralatan serta pekerja yang diperlukan dalam proyek ini. Pada proses mobilisasi ini tidak semua peralatan dan pekerja didatangkan ke lokasi proyek pada

fase awal konstruksi namun dilakukan bertahap sesuai kebutuhan proyek. Biasanya kebutuhan pekerja pada fase awal hanya sedikit kemudian meningkat seiring proses konstruksi dan kemudian menurun lagi pada fase akhir proyek. Jadi sebenarnya mobilisasi alat dan pekerja berlangsung terus menerus selama proyek tersebut berjalan.

Fase selanjutnya dalam proses konstruksi ini adalah pembersihan lahan. Pada fase ini lokasi proyek dibersihkan dari tanaman, sampah, batu yang dapat mengganggu proses konstruksi. Jika tidak dilakukan pembersihan lahan maka hal tersebut akan menyulitkan proses konstruksi dan dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

Setelah lahan dibersihkan dari kotoran dan sampah serta dianggap sudah dapat digunakan untuk menumpuk dan menyimpan material yang dibutuhkan, maka proses mobilisasi material dapat dilakukan. Proses ini dilakukan bertahap sampai proyek selesai, karena tidak mungkin mendatangkan seluruh material ke lokasi pada tahap awal proyek karena keterbatasan tempat. Setelah material yang dibutuhkan sampai ke lokasi proyek maka tahap selanjutnya adalah tahap instalasi dan konstruksi. Dimana pada tahap ini material yang tersedia dibangun dan dirakit membentuk sarana dan prasarana yang dibutuhkan. Ketika proses konstruksi sudah selesai dikerjakan, maka selanjutnya adalah perbaikan lahan. Hal ini dimaksudkan supaya bangunan atau sarana dan prasarana yang selesai dibangun bersih dari segala sampah sisa konstruksi sehingga *owner* bisa langsung menggunakannya.

Fase selanjutnya setelah perbaikan lahan selesai dilakukan adalah demobilisasi alat berat dan peralatan proyek dari lokasi proyek. Pada tahap ini semua alat berat dan alat-alat yang digunakan dalam proses konstruksi dikeluarkan dari lokasi proyek.

2.1.2.5 Fase Serah Terima (*Turn Over*)

Fase serah terima dilakukan ketika fase konstruksi sudah selesai dilakukan. Biasanya fase ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Serah terima I dilakukan setelah fase konstruksi selesai dilakukan, serah terima II dilakukan setelah masa pemeliharaan selesai.

2.1.2.6 Lingkup Manajemen Proyek

Berdasarkan buku *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* menyebutkan bahwa yang termasuk dalam lingkup manajemen proyek adalah (a) manajemen integrasi proyek, yang termasuk didalamnya adalah semua proses yang diperlukan untuk memastikan bermacam macam elemen di dalam proyek berintegasi atau berpadu dengan baik. (b) manajemen lingkup proyek, yang termasuk dalam sistem manajemen ini adalah semua proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa di dalam proyek sudah terdapat semua bagian pekerjaan yang di perlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut. (c) manajemen waktu proyek, yang termasuk didalam sistem manajemen waktu ini adalah semua proses yang memastikan waktu penyelesaian proyek selesai tepat waktu. (d) manajemen biaya proyek, yang termasuk didalam sistem manajemen biaya ini adalah semua proses yang memastikan bahwa proyek diselesaikan sesuai anggaran yang disetujui. (e) manajemen kualitas proyek, yang termasuk dalam sistem manajemen kualitas ini adalah semua proses yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek tersebut dapat memuaskan kebutuhan penggunaanya. (f) manajemen sumber daya manusia, yang termasuk dalam sistem manajemen ini adalah semua proses yang diperluka untuk memastikan bahwa proyek tersebut ditangani oleh orang yang tepat. (g) manajemen komunikasi proyek, yang termasuk didalamnya adalah semua proses mengenai pengelompokan, pengumpulan, penyimpanan, serta pengaturan data proyek secara tepat. (h) manajemen risiko Proyek, sistem manajemen ini adalah suatu proses yang sistematis dari identifikasi, analisa dan merespon risiko proyek. Yang termasuk didalamnya adalah memaksimalkan kemungkinan yang menguntungkan serta meminimalkan kemungkinan yang mengakibatkan kerugian. (i) manajemen pengadaan barang, alat, material proyek adalah kumpulan dari proses yang bertanggung jawab untuk menyediakan kebutuhan proyek baik dalam bentuk barang ataupun jasa sehingga proyek dapat berjalan dengan lancar.

2.1.3 Risiko

Menurut Loosermore *et al.* (2006), Risiko merupakan fenomena yang kompleks yang meliputi dimensi fisik, keuangan, budaya dan sosial dan bagi kebanyakan manager menganggap risiko lebih pada suatu kejadian yang tidak dapat diprediksi yang mungkin

terjadi dikemudian hari dan hasilnya dapat berpengaruh pada keuntungan dan tujuan awal. Menurut Raftery (1994), Risiko merupakan fenomena yang kompleks dan tidak dapat diprediksi namun tidak selalu merupakan kerugian tetapi juga mengandung kesempatan yang lebih baik.

Ada 3 hal utama dalam mengkategorikan sebuah risiko, yaitu adanya (a) ketidakpastian (*uncertainty*) ketiadaan informasi yang diperlukan yang membuat sebuah risiko tidak dapat diprediksi (b) peristiwa (*events*): jika mengkategorikan penambahan biaya atau keterlambatan sebagai risiko adalah keliru karena hal tersebut bukan peristiwa melainkan dampak atau konsekuensi dari risiko peristiwa (c) masa depan (*future*) kejadian masa lampau bukanlah sebuah risiko tetapi problem actual dan krisis yang perlu penyelesaian kembali adalah risiko.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Asiyanto (2005) menyimpulkan bahwa peristiwa risiko yang sering muncul dalam berbagai proyek adalah sebagai berikut: (a) perbedaan kondisi site lapangan dengan yang tercantum dalam kontrak. (b) pengadaan pekerjaan tambah kurang (*change order*). (c) lingkup kerja yang tidak lengkap, tidak sesuai dengan gambar dan spesifikasi, misalnya batas-batas lingkup kerja yang kurang jelas dalam hal material. (d) sifat proyek dalam lingkup kerja yang masih baru atau belum pernah dilaksanakan sebelumnya, dengan tingkat kesulitan konstruksi tertentu. (e) perubahan, penundaan *schedule* pekerjaan atas permintaan atau interupsi *owner*. (f) kelemahan dalam pengendalian penerimaan pembayaran, misalnya pembayaran pekerjaan yang tidak tepat pada waktunya.

2.1.3.1 Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan perkembangan dari hasil pengalaman dengan menggunakan metodologi untuk memperoleh penilaian yang lebih baik pada prioritas risiko sebagai pertimbangan dalam pengambilan komitmen proyek (Midoro & Pitto, 2000). Manajemen risiko menurut Noshworthy (2000), adalah identifikasi dari ancaman dan implementasi dari pengukuran yang ditujukan pada mengurangi kejadian ancaman tersebut dan menimalisasi setiap kerusakan. Analisa risiko dan pengontrolan risiko membentuk dasar manajemen risiko dimana pengontrolan risiko adalah aplikasi dari pengelolaan yang cocok untuk memperoleh keseimbangan antara keamanan, penggunaan dan biaya.

Sejalan dengan Noshworthy, *National Institute of Standards and Technology* (Stoneburner *et al.*, 2001) mengatakan manajemen risiko adalah proses dari mengidentifikasi, mengontrol dan mendistribusikan informasi yang terkait risiko melalui suatu sistem dan melingkupi pengkajian risiko, analisa manfaat biaya, dan pemilihan, implementasi, pengetesan dan evaluasi keamanan dari usaha perlindungan. Kajian sistem ini harus memperhatikan efektifitas dan efisiensi keduanya, baik dampak pada misi dan batasan terkait dengan kebijakan, peraturan dan hukum.

Jadi manajemen risiko merupakan suatu sistem pengawasan risiko. Dan perlindungan atas harta benda, keuntungan, serta keuangan suatu badan usaha atau perorangan atas kemungkinan timbulnya suatu kerugian karena adanya risiko tersebut.

Dalam manajemen risiko diperlukan beberapa tipe pengambilan keputusan. Berikut ini adalah klasifikasi tingkat risiko menurut Smith (1999).



Gambar 2. 5 **Klasifikasi tingkat risiko**

Sumber: (Smith, 1999)

Dampak rendah/kemungkinan rendah – Risiko yang berada pada pojok kiri atas merupakan risiko yang tingkat risikonya rendah, sehingga dapat diabaikan.

Dampak rendah/kemungkinan tinggi – Risiko yang berada pada pojok kanan atas memiliki tingkat risiko sedang. Jika risiko ini terjadi, anda dapat dengan mudah mengatasinya dan meneruskan proyek. Tetapi, bagaimanapun harus mencari cara agar kemungkinan terjadinya risiko ini dapat ditekan.

Dampak tinggi/kemungkinan rendah – Risiko yang berada pada pojok kiri bawah memiliki dampak yang besar jika terjadi, namun risiko ini jarang terjadi. Untuk mengantisipasi hal ini anda harus melakukan hal-hal yang dapat mengurangi dampak yang diakibatkan jika risiko ini terjadi serta memiliki rencana cadangan jika risiko ini tidak dapat diatasi.

Dampak tinggi/kemungkinan tinggi – Risiko yang berada pada pojok kanan bawah ini merupakan risiko yang harus paling diwaspadai. Risiko ini merupakan prioritas utama yang harus ditangani. Biasanya untuk menanggulangi risiko ini digunakan sistem manajemen risiko dimana didalamnya terdapat proses mengidentifikasi, menganalisis dan mengendalikan peristiwa yang memiliki dampak yang besar dan kemungkinan untuk terjadi sering.

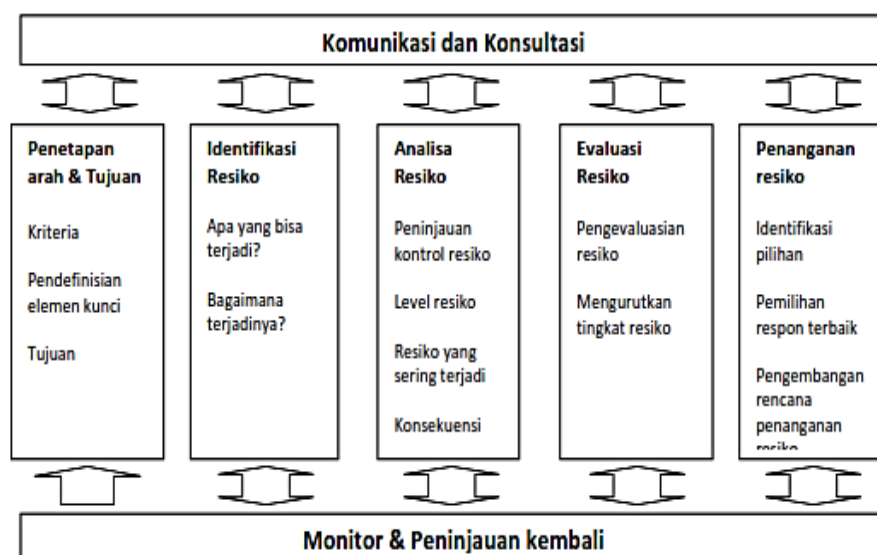
Manajemen risiko proyek adalah suatu seni dan ilmu pengetahuan dalam mengidentifikasi, memberikan penilaian, serta memberikan tanggapan dari risiko proyek serta merupakan hal yang sangat esensial untuk tujuan proyek. Tujuan dari manajemen risiko adalah untuk mengidentifikasi risiko proyek dan mengembangkan strategi secara signifikan dapat mengurangi risiko ataupun mengambil langkah menghindari risiko. Pada beberapa proyek, risiko sering kali diabaikan oleh pihak yang terkait dengan cara menetapkan asumsi optimistik (Wideman, 1992).

2.1.3.2 Tujuan Manajemen Risiko

Selain pengertian dari risiko dan manajemen risiko itu sendiri, ada pula tujuan dari dilakukannya manajemen risiko. Menurut Suh dan Han (2003), tujuan manajemen risiko adalah meminimalisir kerugian. Sedangkan menurut Jacobson *et al.* (2002) tujuan akhir manajemen risiko adalah memilih pengukuran peringanan risiko, pemindahan risiko dan pemulihan risiko untuk mengoptimalkan kinerja organisasi. Sedangkan menurut Darmawi (2006) manajemen risiko dilaksanakan untuk mengurangi, menghindari, mengakomodasi suatu risiko melalui sejumlah kegiatan yang berurutan yaitu (a) identifikasi risiko, mengidentifikasi risiko apa saja yang mungkin terjadi, menerapkan *initial screening* terhadap *risk events* dan *potential risk status* dan mengembangkannya menjadi *preliminary risk status*, (b) analisa risiko, menganalisa atau mengukur risiko yang mungkin terjadi untuk menentukan prioritas risiko mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu dan metode yang

digunakan untuk menyelesaikan atau mengurangnya, (c) pengendalian risiko, setelah dua langkah diatas dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah mengendalikan risiko tersebut dimana ada dua pendekatan dasar dalam pengendalian risiko yaitu pengendalian risiko (*risk control*) dengan cara menghindari risiko, mengendalikan kerugian, memisahkan kegiatan yang berisiko dan kombinasi dari ketiga cara diatas serta pembiayaan risiko (*risk financing*). Dari pendapat para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa tujuan manajemen risiko adalah untuk memperkecil kemungkinan terjadinya risiko.

Menurut *The Australian and New Zealand Standard on Risk Management, AS/NZS 4360:2004* proses manajemen risiko terdiri lebih dari 5 tahap sebagaimana dijelaskan dalam gambar berikut ini.



Gambar 2. 6 **Proses manajemen risiko**

Sumber: (AS/NZS, 2004)

Sedangkan menurut *A Guide to The Project Management Body of Knowledge 3rd edition*, disitu digambarkan secara lebih jelas proses manajemen risiko terdiri lebih dari lima tahap, yaitu perencanaan manajemen risiko, identifikasi risiko, analisis yang dibagi menjadi dua macam yaitu analisa kuantitatif dan analisa kualitatif, perencanaan tindakan penanggulangan risiko serta pengawasan dan kontrol. Dari kedua versi tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa manajemen risiko memiliki tiga tahapan pokok yaitu identifikasi risiko, analisa risiko dan penanganan risiko. Ketiga langkah pokok tersebut harus ditunjang

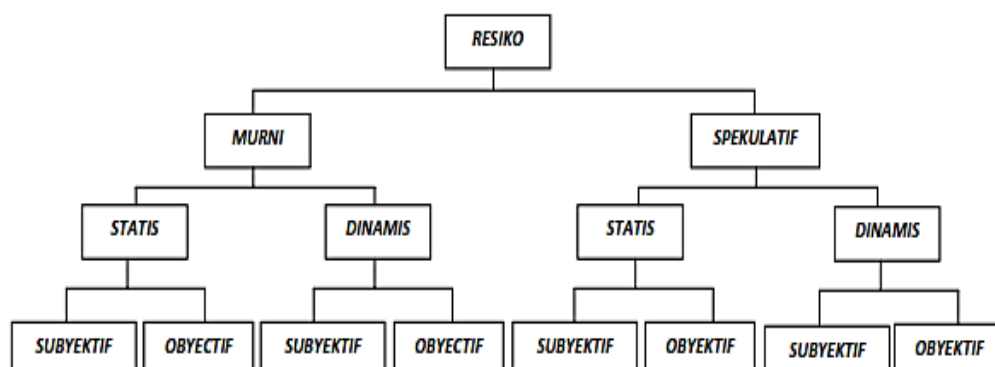
oleh data-data yang valid serta komunikasi yang baik antara pimpinan tertinggi sampai pekerja di level terendah dalam struktur organisasi agar sistem manajemen risiko dapat berjalan dengan baik sehingga risiko yang dianggap merugikan dapat dikurangi.

2.1.3.3 Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko merupakan suatu sistem yang berlangsung secara berkesinambungan, pengelompokan asumsi besarnya risiko awal yang akan terjadi dalam proyek konstruksi (Kerzner, 1995).

Pada umumnya dalam pelaksanaan manajemen risiko, identifikasi risiko merupakan tahap yang pertama kali dilakukan. Pada tahap ini sumber-sumber risiko diklasifikasikan sesuai dengan sumbernya dan dampaknya terhadap proyek atau kemungkinan terjadi.

Menurut Trieschmann dan Gustavson (1995) risiko dapat di buat sebagai sebuah skema seperti di bawah ini dimana secara garis besar risiko terdiri atas risiko murni dan spekulatif.



Gambar 2. 7 Skema sistem risiko

Sumber: (Trieschmann & Gustavson, 1995)

Risiko Murni (*pure risk*) adalah risiko yang akibatnya hanya terdiri atas dua pilihan saja yaitu rugi (*loss*) atau tidak rugi (*no loss*), contoh: risiko kebakaran, risiko kecelakaan. Risiko Spekulatif adalah risiko yang akibatnya hanya terdiri atas tiga pilihan saja yaitu rugi (*loss*) atau tidak rugi (*no loss*) dan menguntungkan (*gain*), contoh: Risiko Moneter.

Kedua cabang risiko tersebut masing masing dibagi lagi menjadi risiko statik dan risiko dinamik dimana Risiko Statik adalah risiko yang berasal dari keadaan masyarakat yang

tidak mengalami perubahan atau stabil. Risiko Dinamik adalah risiko yang timbul akibat perubahan dalam masyarakat, contoh: Risiko akibat adanya perubahan pemimpin, risiko akibat kerusakan. Masing masing dari risiko statik dan dinamik tersebut dibagi lagi menjadi risiko subyektif dan risiko obyektif.

Risiko Subyektif adalah risiko yang timbul akibat ketidakpastian sikap mental individu yang menyebabkan individu tersebut mengalami keraguan akan akibat yang akan diterima, contoh: Risiko Bangkrut. Risiko obyektif adalah risiko yang mungkin terjadi dari pengalaman terdahulu, contoh: Risiko Investasi.

Setelah melakukan identifikasi risiko, maka diperoleh hasil yang berupa daftar risiko, yang termasuk didalamnya adalah penyebab risiko serta asumsi ketidakpastian pada proyek, daftar cara penanggulangan yang mungkin dilakukan, akar permasalahan risiko yang mungkin terjadi pada proyek tersebut, kategori risiko yang terbaru.

2.1.3.4 Analisa Risiko

Langkah selanjutnya setelah melakukan identifikasi risiko. Analisis risiko adalah mengestimasi dan mengevaluasi konsekuensi sehubungan dengan dampak dari risiko, atau kombinasi dari tiap-tiap risiko dengan menggunakan teknik analisis, kemudian menilai dampak dari risiko tersebut dengan menggunakan beberapa macam teknik pengukuran (Bahar dan Crandall, 1990).

Menurut Smith (1999). Secara garis besar ada dua macam cara untuk melakukan analisis risiko, yaitu secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis secara kuantitatif digunakan pada hal-hal yang dapat dihitung secara matematis misalnya kerugian materi yang disebabkan adanya proyek, sedangkan analisis secara kualitatif digunakan kepada hal-hal yang tidak dapat dihitung secara materi contohnya adalah gangguan kenyamanan pada masyarakat disekitar proyek analisis risiko dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, analisis secara kualitatif dan kuantitatif.

2.1.3.5 Penanganan Risiko

Setelah melaksanakan identifikasi risiko dan analisa risiko, langkah selanjutnya adalah memberikan tindak lanjut dari risiko yang mungkin terjadi. Strategi untuk menangani risiko diformulasikan berdasarkan sumber dan dampak yang terjadi. Tujuan dari strategi risiko adalah untuk menghilangkan kemungkinan dampak potensial dan meningkatkan kontrol terhadap risiko yang terjadi hal ini dikemukakan oleh Bahar dan Crandall (1990).

Secara umum ada tiga tipe pengendalian risiko yaitu pengabaian/pengurangan risiko (*risk avoidance/reduction*), transfer risiko (*risk transfer*) dan mitigasi risiko, sedangkan untuk risiko yang dipandang dari sisi positif dalam hal ini adalah kesempatan, maka strategi yang diterapkan adalah dengan mengexploitasi, *share* dan meningkatkannya (*enhance*). Ada kalanya strategi penerimaan dijalankan terhadap risiko yang disadari nantinya akan timbul ketika proyek berjalan. Hal ini dilakukan karena memang tidak semua risiko dapat dikurangi ataupun dihindari.

2.1.4 Simulasi

Simulasi merupakan salah satu cara untuk memecahkan berbagai persoalan yang dihadapi di dunia nyata (*real world*). Menurut Subagyo *et al.* (1995), simulasi adalah duplikasi atau abstraksi dari persoalan dalam kehidupan nyata ke dalam model matematika.

Pemecahan masalah dengan model simulasi biasanya dilakukan dengan memakai komputer, sebab banyak hal-hal atau perhitungan-perhitungan yang terlalu rumit dihitung dengan tangan. Namun untuk masalah yang sangat sederhana bisa juga diselesaikan tanpa komputer.

2.1.4.1 Model-model Simulasi

Menurut Subagyo *et al.* (1995), model-model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggolongan, antara lain adalah model stokastik atau probabilistik, model deterministik, model statik, model dinamik, dan model heuristik. Model stokastik adalah kebalikan dari model deterministik, dan model statik adalah kebalikan dari model dinamik.

1. Model Simulasi Stokastik

Model ini disebut juga sebagai model simulasi Monte Carlo. Di dalam proses stokastik sifat-sifat keluaran (*output*) dari proses ditentukan berdasarkan, dan merupakan hasil dari konsep random (acak). Meskipun *output* yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata-rata, namun kadang-kadang ditunjukkan pula pola penyimpangannya.

2. Model Simulasi Deterministik

Model ini tidak memperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana. Contoh aplikasi dari model ini adalah dalam *dispatching*, *line balancing*, *sequencing*, dan *plant layout*.

3. Model Simulasi Dinamik dan Statik

Model simulasi dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada jika terjadi pada waktu yang berbeda. Tetapi model statik tidak memperhatikan perubahan-perubahan ini. Contoh dari model simulasi yang statik ini adalah *line balancing* dan *plant layout*. Dalam perencanaan *layout* tentu saja diperlukan syarat keadaan- keadaan lain bersifat statik. Sedang contoh dari model dinamik adalah sistem persediaan, *job shop model*, dan sebagainya.

4. Model Simulasi Heuristik

Model simulasi heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba-coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal.

Model stokastik adalah kebalikan dari model deterministik, sehingga keduanya bersifat saling meniadakan. Demikian pula hubungan antara model dinamik dengan model statik juga bersifat saling meniadakan. Tetapi salah satu model stokastik atau model deterministik bisa digunakan bersama-sama dengan model dinamik atau dengan model statik.

Model simulasi digunakan karena model analitik mempunyai beberapa keterbatasan, yaitu sebagai berikut:

1. Model analitik tidak mampu menelusuri perangai suatu sistem pada masa lalu dan masa mendatang melalui pembagian waktu. Model analitik hanya memberikan penyelesaian secara menyeluruh, suatu jawab yang mungkin tunggal dan optimal tetapi tidak menggambarkan suatu prosedur operasional untuk masa lebih singkat dari masa

perencanaan. Misalnya, penyelesaian persoalan program linier dengan masa perencanaan satu tahun, tidak menggambarkan prosedur operasional untuk masa bulan demi bulan, minggu demi minggu, atau hari demi hari.

2. Model matematika yang konvensional sering tidak mampu menyajikan sistem nyata yang lebih besar dan rumit (kompleks). Sehingga sukar untuk membangun model analitik untuk sistem nyata yang demikian. Kalaupun model matematika mampu menyajikan sistem nyata yang kompleks demikian, tetapi bisa jadi tidak mungkin diselesaikan dengan hanya menggunakan teknik analitis yang sudah ada. Seperti sistem pedesaan yang dikaitkan dengan faktor ekonomi, sosial, politik, dan lain-lain.

Model analitik terbatas pemakaiannya dalam hal-hal yang tidak pasti dan aspek dinamis (faktor waktu) dari persoalan manajemen.

2.1.4.2 Keuntungan Simulasi

Ada berbagai keuntungan yang diperoleh dengan memanfaatkan simulasi yaitu sebagai berikut:

1. Simulasi dapat memberi solusi kalau model analitik gagal melakukannya.
2. Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit. Misalnya, tenggang waktu dalam model persediaan tidak perlu harus deterministik.
3. Perubahan konfigurasi dan struktur dapat dilaksanakan lebih mudah untuk menjawab pertanyaan: *what happen if...* Misalnya, banyak aturan dapat dicoba untuk mengubah jumlah langganan dalam sistem antrian.
4. Dalam banyak hal, simulasi lebih murah dari percobaannya sendiri.
5. Simulasi dapat digunakan untuk maksud pendidikan.
6. Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelidikan yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.

2.1.4.3 Kekurangan Simulasi

Model simulasi juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

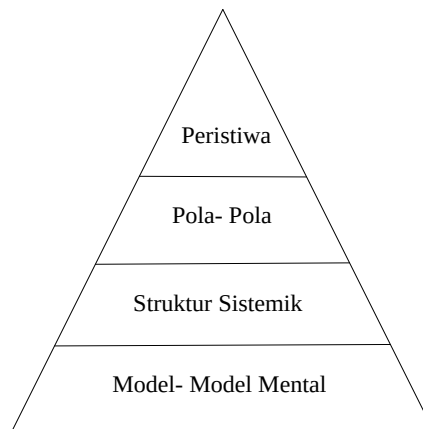
1. Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimisasi. Simulasi tidak menghasilkan solusi, tetapi menghasilkan cara untuk menilai solusi termasuk solusi optimal.
2. Model simulasi yang baik dan efektif sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik.
3. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian.
4. Tidak kebal terhadap GIGO (*garbage in-garbage out*), jadi model simulasi kita tergantung dari data input yang kita masukkan, jika data yang dimasukan tidak benar, maka hasilnya pun akan tidak optimal.

2.1.5 System Thinking

System thinking adalah sebuah konsep untuk memahami permasalahan- permasalahan yang kompleks dan perubahan- perubahan yang terjadi didalamnya. Terdapat beberapa poin penting yang dapat dirangkum dari berbagai definisi *system thinking* (Wirjatmi, 2008) yaitu:

1. *System thinking* adalah suatu kerangka kerja untuk melihat hubungan saling keterkaitan dan pola- pola daripada potret kejadian sesaat.
2. *System thinking* dapat merupakan suatu cara pandang baru yang digunakan untuk membantu orang dalam memandang dan memahami kompleksitas realitas saat ini.
3. *System thinking* suatu disiplin untuk melihat hubungan saling keterkaitan dan pola- pola dari pada potret sesaat.
4. *System thinking* suatu kerangka kerja untuk melihat hubungan saling keterkaitan daln pola- pola dari pada potret sesaat.
5. *System thinking* berisi sekumpulan prinsip, perangkat dan teknik yang memungkinkan kita dapat memahami permasalahan- permasalahan sistem dengan baik.

System thinking mempunyai tiga dimensi yaitu paradigma, bahasa dan metodologi. kejadian apapun, baik fisik maupun non fisik dipandang sebagai bentuk kerja atau dapat berkaitan dengan keseluruhan interaksi antar unsur dalam batas lingkungan tertentu (Forrester, 1961).



Gambar 2. 8 **Kerangka berpikir sistemik**

Sumber: (Maani & Cavana, 2000)

Berdasarkan gambar 2.8 permasalahan sistem dapat dipandang melalui empat tingkatan perspektif yaitu secara berurutan mulai dari peristiwa (*event*), pola (*pattern*), struktur sistemik (*systemic structure*) dan model mental (*mentals model*) (Maani & Cavana, 2000).

2.1.6 Sistem Dinamik (SD)

Dinamika hubungan yang terjadi dapat dimodelkan dalam sebuah pemodelan sistem dinamik. Sistem dinamik merupakan pendekatan yang mampu membantu manajemen puncak dalam memecahkan permasalahan kecil dan dianggap sukar untuk dipecahkan. Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk mempelajari permasalahan di sekitar yang melihat permasalahan secara keseluruhan (*holistik*). Metodologi ini tidak seperti metodologi lain yang mengkaji permasalahan dengan memilahnya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan saling membatasi. Konsep utama sistem dinamik adalah pemahaman tentang bagaimana semua objek dalam suatu sistem berinteraksi satu sama lain.

Sistem dinamik (SD) adalah suatu metodologi untuk mempelajari dan mengelola umpan balik dari variabel-variabel yang terdapat pada sistem yang bersifat kompleks. SD dapat membantu menyelesaikan permasalahan hingga *level top management* yang bersifat makro,

dinamis dan kontinyu. SD melihat sistem dari sisi alirannya, baik aliran material maupun aliran informasi (Daalen & Thissen, 2001).

Metode SD mempelajari masalah dengan sudut pandang sistematis, dimana elemen-elemen sistem tersebut saling berinteraksi tertentu dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model matematis yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulasikan untuk memperoleh perilaku historisnya. Metodologi SD berdiri atas 3 dasar latar belakang disiplin yaitu manajemen tradisional dari sistem sosial, teori umpan balik atau *cybernetics* dan simulasi komputer (Hoover & Perry, 1989).

Pertimbangan menggunakan model SD dikarenakan mempunyai beberapa keunggulan yaitu:

1. SD mampu untuk memenuhi serangkaian syarat dari sistem dan permasalahan manajerial untuk membentuk *framework* pemodelan.
2. SD mampu menggabungkan antara manajemen tradisional dengan ilmu manajemen untuk memperoleh informasi lebih banyak dan melakukan pendekatan keilmuan dan mengatasi permasalahan secara lebih efektif.
3. SD menggunakan kekuatan pikir manusia dan mengatasi kelemahannya dengan membagi kerja antara manajer dan teknologi. Pembangkitan struktur input dilakukan oleh manajer sedang simulasi dilakukan oleh komputer.
4. SD menggunakan beberapa sumber informasi yang berbeda: mental, tertulis dan data numeris agar model lebih berisi dan representatif.

Model SD dapat membuat *feedback* untuk para pengambil keputusan tentang mungkin tidaknya terjadi benturan dari serangkaian kebijaksanaan dengan mensimulasikan dan menganalisa perilaku sistem pada asumsi yang berbeda (Laboratorium Delsim, 2005).

2.1.6.1 Diagram Sebab Akibat (*Causal Loop Diagram*)

Causal loop diagram (CLD) atau biasa disebut dengan diagram sebab akibat atau juga *influence diagram*, digunakan untuk membantu pemodel memahami sistem dengan memberikan gambaran umum melalui hubungan sebab dan akibat dalam sistem tersebut

(konseptualisasi sistem). Dengan menggunakan *Causal Loop Diagram* pemodel dapat dengan cepat menyusun struktur model berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan.

Dalam *causal loop* terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Variabel

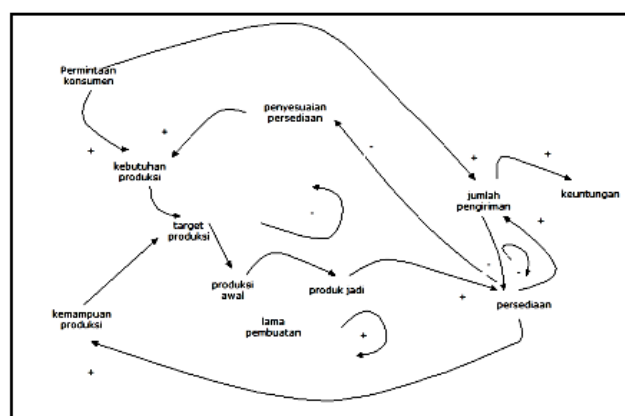
Merupakan hal-hal yang akan diteliti dan berpengaruh terhadap sistem yang ada.

2. Hubungan/interaksi

Ciri khas dalam sistem dinamik adalah ada hubungan sebab akibat dari satu variabel ke variabel lainnya. Yang direpresentasikan dengan tanda panah. Hubungan yang terjadi dapat bernilai plus (+) atau minus (-). Hubungan positif terjadi jika variabel yang satu memberikan efek yang sama dengan variabel lainnya, sedangkan hubungan negatif adalah sebaliknya.

Menurut Sterman (2000), *Causal Loop Diagram* sangat cocok digunakan untuk:

1. Memberikan hipotesis yang lebih cepat terhadap sebab akibat dalam permasalahan yang dinamis.
2. Mendapatkan model mental yang lebih baik dari individu maupun tim.
3. Sarana komunikasi untuk mendapatkan *feedback* dari permasalahan yang terjadi.



Gambar 2. 9 *Causal Loop Diagram*

Sumber: (Sterman, 2000)

2.1.6.2 Flow Diagram

Flow Diagram merupakan representasi dari suatu bentuk rinci penggambaran sistem. Dalam *flow diagram* ditunjukkan jenis variabel dan jenis hubungan antar variabel yang didalam sistem tersebut. Tujuan utama dari *flow diagram* adalah untuk merepresentasikan aliran dan struktur sistem secara merinci agar dapat memfasilitasi pemodelan matematis.

Flow diagram merupakan gambaran lanjutan dari CLD, dimana dalam model ini telah berisi rumus dan angka-angka yang diperlukan dalam sebuah simulasi. Secara lebih sederhana perbedaan CLD dengan *flow diagram* adalah jika *causal loop diagram* hanya memberikan hubungan secara kualitatif dengan memberikan berbagai perpektif sebab akibat sehingga menghasilkan model konseptual. Sedangkan *Flow Diagram* akan memberikan solusi yang bersifat kuantitatif sehingga dapat memberikan solusi riil sesuai dengan keinginan pemodel.

Flow diagram mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Membedakan antara subsistem fisik dan subsistem informasi
2. Membedakan antara tipe-tipe variabel seperti, *level*, *rate* dan *auxiliary*
3. Mempunyai korespondensi satu-satu dengan persamaan matematis
4. Menunjukkan berbagai *delay*/penundaan dalam sistem
5. Menunjukkan rata-rata/pemulusan dari variabel
6. Menunjukkan secara jelas fungsi-fungsi khusus yang digunakan dalam rumus persamaan matematis
7. Membedakan simbol yang digunakan dalam penggambaran tiap variabel yang berbeda (Laboratorium Delsim, 2005).

Variabel dalam *flow diagram* secara dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Level (stocks)*

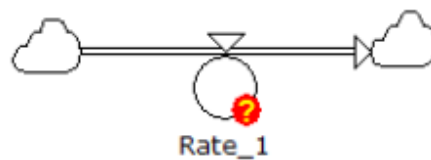
Variabel ini merupakan akumulasi dari variabel lainnya. Variabel ini akan dipengaruhi oleh *in rate* maupun *out rate*. Variabel *level* kerap menjadi titik fokus dalam menyelesaikan masalah.

Gambar 2. 10 **Simbol Level**

Sumber: (Steerman, 2000)

2. *Rate (Flow)*

Tipe variabel yang akan mempengaruhi variabel *level* secara langsung. Disini bisa berisi perhitungan matematis maupun variabel konstan.

Gambar 2. 11 **Simbol Rate**

Sumber: (Steerman, 2000)

3. *Auxillary*

Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variabel lain.

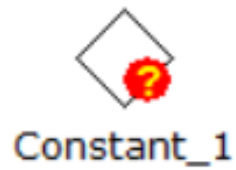
Dalam variabel ini berisi perhitungan matematis sehingga mempunyai nilai yang berubah ubah.

Gambar 2. 12 **Simbol Auxillary**

Sumber: (Steerman, 2000)

4. *Constant*

Tipe variabel yang mana memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variabel *auxillary* atau variabel *flow*.

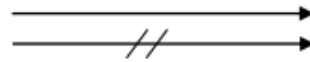


Gambar 2. 13 **Simbol Constant**

Sumber: (Steerman, 2000)

5. *Link*

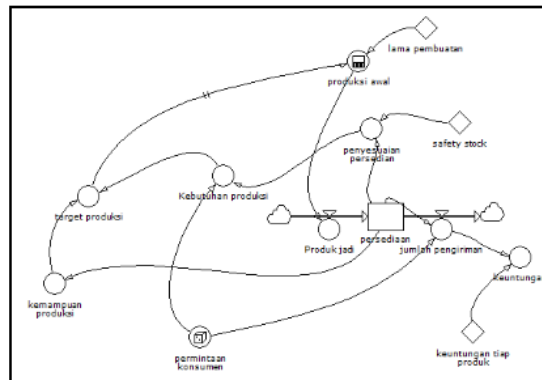
Sebuah alat yang menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. *Link* dapat dibedakan menjadi *link* dan *delayed link*.



Gambar 2. 14 **Simbol link dan delayed link**

Sumber: (Steerman, 2000)

Berikut ini adalah contoh dari *flow diagram* secara keseluruhan:



Gambar 2. 15 **Flow diagram**

Sumber: (Steerman, 2000)

2.1.7 Validasi dan Verifikasi

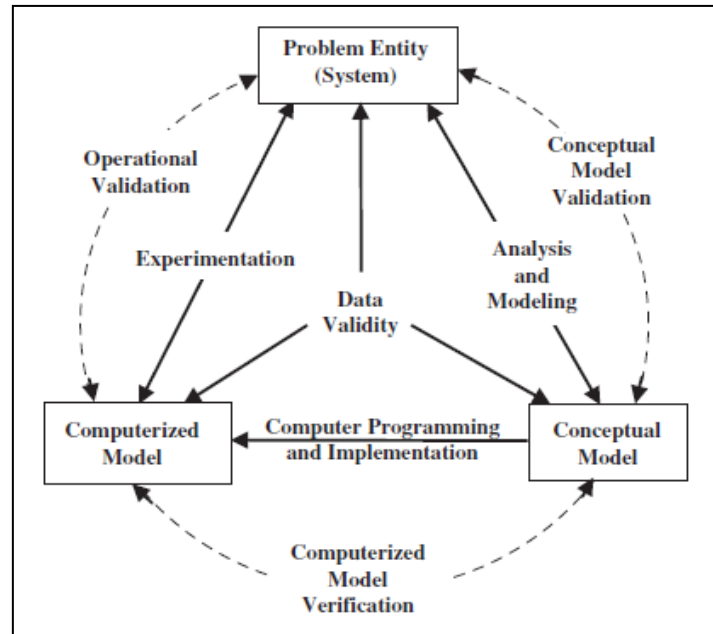
Verifikasi adalah kegiatan untuk memastikan bahwa program komputer dari model komputerisasi telah dilakukan dengan benar (Sargent, 2011). Dengan kata lain verifikasi merupakan suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model-model berkelakuan/bersifat seperti yang dikehendaki pemodel dan bisa dijalankan di komputer.

Validasi merupakan upaya pembuktian bahwa model komputerisasi dalam domainnya yang merupakan penerapan dari sistem nyata memiliki akurasi yang tepat terhadap aplikasi yang dimaksud dari model (Sargent, 2011). Dengan suatu pendekatan paling nyata dalam suatu validasi adalah membandingkan model dengan *output* dari sistem nyatanya.

Adapun tujuan validasi adalah sebagai berikut:

Menghasilkan model yang representatif terhadap perilaku sistem nyatanya untuk dapat digunakan sebagai substitusi dari sistem nyata dalam melakukan eksperimen terhadap suatu kebijakan tertentu.

1. Meningkatkan kredibilitas model, sehingga model dapat digunakan oleh para manajer dan para pengambil keputusan lainnya.



Gambar 2. 16 **Paradigma vlidasi dan verifikasi**

Sumber: (Barlas, 2002)

Conceptual model validation didefinisikan sebagai penentu bahwa teori-teori dan asumsi yang mendasari model konseptual adalah tepat dan bahwa model representasi dari masalah di sistem nyata masuk akal untuk tujuan yang ingin dicapai. *Computerized model verification* didefinisikan untuk memastikan bahwa pemrograman komputer dan pelaksanaan model konseptual telah berjalan sesuai dengan harapan pemodel. *Data validity* didefinisikan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan untuk membangun model, mengevaluasi model dan pengujian, serta melakukan desain eksperimen dalam menyelesaikan permasalahan telah memadai dan benar (Barlas, 2002).

Menurut (Forrester & Senge, 1980) validasi adalah proses membangun keyakinan dari sebuah model. Model dikatakan valid apabila ketika orang yang akan menggunakan model yang telah dibangun yakin bahwa model dapat digunakan. Validasi dalam sistem dinamik sangatlah kompleks dan memiliki beberapa jenis validasi sesuai dengan pandangan pemodel dan tujuan dari pembuatan model yang dilakukan melalui pendekatan sebagai berikut:

1. Uji Struktur Model

Penguji model pada jenis ini bertujuan untuk menilai struktur dan parameter model secara langsung tanpa memperhatikan hubungan antara struktur dan perilaku model.

2. Uji Perilaku Model

Pengujian pada perilaku model dilakukan dengan mengevaluasi kecukupan struktur model melalui analisis perilaku model yang dihasilkan dari struktur yang telah dibuat.

3. Uji Implikasi Kebijakan

Pengujian dilakukan dengan membangun kepercayaan dengan mengimplikasikan model pada suatu kebijakan. Pengujian berdasar penerapan kebijakan pada model ini bertujuan untuk menverifikasi respon sistem nyata terhadap suatu kebijakan, apakah memiliki korespondensi dengan respon yang diprediksi pada model.

2.1.8 Kinerja Proyek Konstruksi

Kinerja memiliki banyak pengertian yang beraneka ragam berkaitan dengan aspek ekonomi, kesejahteraan, teknologi dan sumber daya. Pembahasan mengenai kinerja lebih banyak difokuskan pada aspek keluaran atau *output* sejumlah tertentu (Situmorang, 2009). Kinerja dikatakan semakin tinggi apabila pertambahan *output* lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan sumber daya sebagai faktor *input*. Ukuran atas kinerja dapat dilihat berdasarkan aspek biaya, waktu dan kualitas dimana ketiganya inilah yang selanjutnya menurut Alinaitwe, *et al.* (2008) dikatakan sebagai dimensi kinerja (*performance*). Seperti pengertian kinerja secara umum, komponen-komponen kinerja untuk proyek konstruksi masih bertumpu pada aspek sumber daya yang meliputi sumber daya manusia (SDM) dan teknologi. Keduanya ini dikenal dengan istilah input dimana nantinya akan dikaitkan dengan dimensi-dimensi kinerja. Pekerja proyek konstruksi memiliki peran atau tugas utama untuk mengkombinasikan berbagai input dengan teknik atau keahlian tertentu melalui suatu perencanaan proyek baik perencanaan strategis maupun operasional untuk selanjutnya menghasilkan suatu proyek konstruksi (Soeharto, 1995). Adapun mengenai komponen-komponen di dalam proyek konstruksi adalah sebagai berikut ini.

2.1.8.1 Komponen Input Teknologi

Pada prinsipnya, pengertian teknologi memiliki konotasi pada cara berpikir, termasuk pula suatu bentuk keahlian untuk merubah, memodifikasi, ataupun menciptakan segala sesuatu

yang menjadi suatu solusi atas segala bentuk permasalahan manusia (Soeharto, 1995). Teknologi dapat dikatakan pula sebagai upaya atau jawaban untuk mempertahankan kelangsungan hidup dan meningkatkan kesejahteraan umat manusia. Dalam pengertian produktivitas, unsur atau komponen teknologi dipisahkan dari komponen input lainnya seperti sumber daya manusia. Hal ini dimaksudkan untuk tidak membiaskan aspek penting teknologi sebagai salah satu input di dalam produktivitas terutama produktivitas proyek konstruksi.

2.1.8.2 Komponen Sumber Daya Manusia

Komponen sumber daya manusia masih menjadi komponen yang paling penting di dalam pembahasan produktivitas proyek konstruksi secara umum. Allinaitwe, *et al.* (2008) menerangkan apabila tidak semua proyek konstruksi diberbagai negara memiliki karakteristik input yang relatif sama. Di Asia misalnya, karakteristik input di dalam proyek konstruksi masih difokuskan permasalahannya pada aspek input sumber daya manusia. Hal ini terutama masih sering ditemukan di negara-negara Asia yang tergolong negara-negara berkembang seperti Indonesia. Unsurunsur yang terdapat di dalam komponen input sumber daya manusia adalah semua pihak (karyawan), termasuk pekerja proyek yang terlibat di dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Alinaitwe, *et al.* (2008) mengidentifikasi dua aspek dari komponen sumber daya manusia berkaitan dengan produktivitas, yaitu aspek internal dan eksternal. Aspek internal dijelaskan berupa kualifikasi atas keahlian secara teknis dari seluruh individu yang terlibat dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Kualifikasi sumber daya manusia yang semakin baik akan semakin mendukung meningkatnya kinerja berdasarkan dimensi biaya, waktu, dan kualitas.

2.1.8.3 Dimensi Biaya

Biaya proyek konstruksi dikenal dengan istilah *construction cost engineering* adalah area dari kegiatan teknik (*engineering*) di mana pengalaman dan pertimbangan teknik dipakai pada aplikasi prinsip-prinsip teknik dan ilmu pengetahuan di dalam masalah perkiraan dan pengendalian biaya (Soeharto, 1995). Berdasarkan pengertian tersebut, maka kebutuhan

akan penguasaan aspek ilmu pengetahuan dan teknik merupakan syarat mutlak untuk menyusun perencanaan biaya dan sekaligus menentukan biaya yang sesungguhnya dikeluarkan ketika penyelesaian proyek konstruksi. Keseluruhan komponen biaya total yang akan diuraikan berikut ini juga termasuk ke dalam unsur-unsur yang membentuk biaya dalam proyek konstruksi. Keperluan total biaya proyek konstruksi disusun dalam perencanaan yang menjadi kebutuhan biaya untuk keperluan pengkajian pendanaan. Biaya-biaya ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu (Soeharto, 1995) Modal Tetap yaitu a) Biaya Langsung, terdiri atas: Penyiapan lahan (*site preparation*; dan 2) Modal Kerja (*Working Capital*). Biaya untuk modal kerja diperlukan untuk menutupi kebutuhan pada tahap awal operasi pelaksanaan proyek konstruksi.

2.1.8.4 Dimensi Waktu

Dimensi waktu yang dimaksudkan dalam pengertian kinerja bidang konstruksi adalah perencanaan dalam penyusunan suatu jaringan kerja yang dapat menunjukkan waktu penyelesaian paling cepat yang disertai dengan toleransi *float* yang mengidentifikasi pengaturan keterlambatan tanpa mengganggu jadwal proyek secara keseluruhan (Soeharto, 1995). Dari pengertian ini, maka dimensi waktu lebih menitikberatkan pada: 1) penyusunan suatu jadwal pelaksanaan proyek dengan biaya yang relatif ekonomis; 2) penyusunan jadwal dengan keterbatasan sumber daya; dan 3) penyusunan jadwal yang dapat meratakan kombinasi penggunaan atau pemakaian sumber daya. Dimensi waktu berdasarkan pengertian di atas memiliki keterkaitan kuat dengan tujuan untuk meminimalisasikan resiko biaya. Ada dua pengertian jadwal sehubungan dengan konteks produktivitas, yaitu jadwal yang ekonomis dan jadwal yang optimal.

2.1.8.5 Dimensi Waktu

Pada penjelasan sebelumnya telah disinggung mengenai aspek yang berhubungan dengan risiko biaya dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Secara umum, proses perencanaan proyek konstruksi memberikan andil paling penting terhadap kinerja dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Dari inilah perkiraan biaya dan realisasi biaya dapat diminimalkan yang

kemudian disebut dengan dimensi kualitas dalam pelaksanaan proyek konstruksi, yaitu kualitas suatu perkiraan biaya yang berkaitan dengan akurasi dan kelengkapan unsur-unsur yang membentuknya. Adapun unsur-unsur yang menentukan dimensi kualitas terdiri atas (Soeharto, 1995) tersedianya data dan informasi; 2) teknik dan metode yang digunakan; 3) kecakapan dan pengalaman dari estimator; dan 4) tujuan pemakaian perkiraan biaya.

2.1.9 Penilaian Ahli (*Expert Judgement*)

Dalam pengumpulan data dan informasi untuk menunjang penelitian ini, dibutuhkan beberapa responden yang dipilih untuk diperoleh keterangan mengenai identifikasi, penilaian probabilitas dan dampak risiko serta tindakan mitigasi dari risiko dominan yang akan terjadi pada proyek konstruksi, responden yang dimaksud pada penelitian ini adalah ahli (*expert*) pada proyek konstruksi yang menjadi objek penelitian. Menurut Patrickson, *et al.* (2012) responden yang masuk kepada *expert* pada proyek konstruksi adalah manajer proyek dan *site operational manager* dengan minimal pengalaman lebih dari 10 tahun di proyek yang sejenis. Kemudian *site engineering manager*, unit K3LM dan staf teknik dengan pengalaman kerja lebih dari atau sama dengan 1 tahun di proyek yang sejenis. Sedangkan menurut Dei, *et al.* (2017) *expert* yang dimaksud pada proyek konstruksi adalah tenaga ahli dengan pendidikan lebih dari atau sama dengan S1 dengan syarat minimal pengalaman proyek 5 tahun atau pernah menangani minimal 5 proyek konstruksi sejenis dan tenaga ahli dengan pendidikan dibawah S1 & minimal SMA/setara dengan syarat minimal pengalaman proyek 10 tahun atau pernah menangani minimal 10 proyek konstruksi yang sejenis.

2.1.10 Pilot Study

Pilot study merupakan landasan dari desain penelitian yang baik. Sebenarnya, *pilot study* merupakan langkah awal yang penting dalam sebuah penelitian dan ini berlaku untuk semua jenis penelitian. Istilah *pilot study*, bagaimanapun, didefinisikan sebagai tes skala kecil dari metode dan prosedur yang akan digunakan dalam skala besar (Porta, 2008). Pentingnya *pilot study* terletak pada membuktikan kualitas dan efisiensi dari penelitian. Dengan kata

lain, sebuah *pilot study* dapat digunakan untuk mengungkapkan beberapa masalah sebelum memulai penelitian, dimana hasil *pilot study* dapat menginformasikan kelayakan dan mengidentifikasi modifikasi yang diperlukan dalam penelitian. Ada juga alasan lain untuk melakukan *pilot study*, misalnya memeriksa kata-kata dan pernyataan skala yang digunakan, memperbaiki item skala, menyusun item skala dan rencana penelitian, dan mengumpulkan data awal (Hazzi & Maldaon, 2015).

2.2 Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan salah satu sub bab yang menyajikan penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini. Penelitian-penelitian yang sejenis inilah yang akan dijadikan referensi dalam menyusun laporan ini.

Risiko adalah variasi dalam hal-hal yang mungkin terjadi secara alami atau kemungkinan terjadinya peristiwa diluar yang diharapkan yang merupakan ancaman terhadap properti dan keuntungan finansial akibat bahaya yang terjadi. Manajemen risiko merupakan Pendekatan yang dilakukan terhadap risiko yaitu dengan memahami, mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko suatu proyek. manajemen risiko sangat penting dilakukan bagi setiap proyek konstruksi untuk menghindari kerugian atas biaya, mutu dan jadwal penyelesaian proyek. Melakukan tindakan penanganan yang dilakukan terhadap risiko yang mungkin terjadi (respon risiko) dengan cara: menahan risiko (*risk retention*), mengurangi risiko (*risk reduction*), mengalihkan risiko (*risk transfer*), menghindari risiko (*risk avoidance*) (Labombang, 2011).

Dalam penelitian Banaitiene dan Banaitis (2012), biaya risiko adalah konsep yang belum pernah dipikirkan oleh banyak perusahaan konstruksi terlepas dari fakta bahwa ini adalah salah satu item pengeluaran terbesar. Manajemen risiko membantu peserta proyek utama, yaitu klien, kontraktor atau pengembang, konsultan, dan pemasok, untuk memenuhi komitmen mereka dan meminimalkan dampak negatif pada kinerja proyek konstruksi terkait dengan sasaran biaya, waktu dan kualitas. Secara tradisional, para praktisi cenderung mengasosiasikan keberhasilan proyek konstruksi dengan tiga aspek waktu, biaya dan hasil kualitas.

Adanya risiko dan ketidakpastian yang melekat dalam pengembangan dan pelaksanaan proyek menyebabkan kinerja proyek menjadi buruk. Dengan demikian, ada kebutuhan yang

besar untuk melakukan analisis risiko yang efektif untuk menilai dampak dari risiko yang berbeda terhadap tujuan proyek. Pendekatan analisis risiko yang kuat dapat mempertimbangkan sifat dinamis dari risiko sepanjang siklus hidup proyek, serta memperhitungkan *loop* umpan balik yang mempengaruhi keseluruhan dampak risiko (Nasirzadeh *et al.*, 2008).

State of The Art merupakan penelitian- penelitian terdahulu yang mengacu pada upaya untuk menidentifikasi dan menganalisa risiko-risiko yang berpotensi terjadi pada pengerjaan proyek konstruksi. Sehingga penelitian-penelitian inilah yang akan dijadikan referensi dalam menyusun instrumen penelitian (kuesioner). Berikut penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini.

Tabel 2. 1 Tabel *State of The Art*

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
1.	Kajian Manajemen Risiko Pada Proyek Dengan Sistem Kontrak Unit Price (Studi kasus pada proyek jalan dan jembatan, gedung, bangunan air)	Putri Anggi Permata Suwandi (2010)	Dua jenis kontrak yang secara garis besar digunakan dalam proyek adalah Kontrak Harga Tetap (<i>Lump Sum</i>) dan Kontrak Harga Satuan (<i>Unit Price</i>). Masing-masing tipe kontrak memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dijadikan bahan pertimbangan oleh kontraktor untuk menentukan tindakan dalam mengatasi risiko. Analisis risiko dilakukan dengan mestrukturisasi risiko menggunakan metode RBS (<i>Risk Breakdown Structure</i>) dan mengalikan nilai dampak dan frekuensi untuk mendapatkan nilai tingkat risiko pada tiap faktor risiko. Hasil analisis yang didapat dari RBS, dianalisa lebih lanjut berdasarkan pengalaman empiris manajer proyek untuk mengetahui tindakannya dalam mengatasi risiko, kemudian dianalisa dan dibahas lagi menggunakan diagram alir untuk mengetahui hubungan antar faktor risiko, tabel perbandingan jumlah risiko, perbandingan tingkat kepentingan risiko (<i>importance level</i>), perbandingan tingkat risiko berdasarkan pemilik proyek dan tingkat risiko berdasarkan sistem pembayaran.
2.	Analisis Bibliometrik Manajemen Risiko Konstruksi: 2005-2015	Andreas Wibowo (2016)	Penelitian ini memaparkan tinjauan kritis perkembangan riset manajemen risiko konstruksi berdasarkan analisis bibliometrik atas 243 artikel yang dipublikasikan dalam enam jurnal-international konstruksi terkemuka selama kurun waktu 2005–2015. Analisis menunjukkan riset manajemen risiko konstruksi masih didominasi beberapa negara tertentu

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
			saja. Area spesifik riset memiliki spektrum dari decision support system sampai kontrak dengan pemodelan risiko menjadi area yang paling kerap dikaji. Pendekatan kuantitatif dan hibrid kualitatif-kuantitatif menjadi metodologi pilihan utama. Pendekatan statistik digunakan satu dari tiga artikel yang menjadikannya metode yang paling sering diterapkan dalam ranah ini. Kombinasi lebih dari satu metode juga merupakan hal yang jamak ditemukan. Di samping analisis statistik, tulisan ini juga mendiskusikan dua metode kuantitatif populer lainnya yaitu fuzzy set theory dan simulasi Monte Carlo. Tulisan ini juga menawarkan beberapa ranah riset ke depan, termasuk aplikasi manajemen risiko lebih lanjut dalam kontrak <i>public-private-partnership/build-operate transfer</i> , relasi matematis antara tingkat risiko dan biayareduksi risiko, enterprise risk management, dan perilaku terhadap risiko.
3.	A System Approach for Modelling Supply Chain Risks	A. Ghadge, S. Dani, M. Chester dan R. Kalawsky (2013)	Kerangka kerja untuk <i>Supply Chain Risk Management</i> (SCRM) dikembangkan dan diuji dengan menggunakan studi kasus industri. Desain penelitian yang dikembangkan secara sistematis digunakan untuk mengetahui perilaku risiko dinamis. Selain itu, model risiko rantai pasokan berbasis sistem dikonseptualisasikan untuk pemodelan risiko. Hasil pemodelan sensitivitas digabungkan untuk memvalidasi model risiko rantai pasokan. Pendekatan sistem untuk memodelkan risiko rantai pasokan memprediksi titik kegagalan beserta dampak keseluruhan risikonya dalam jaringan rantai pasokan. Pemodelan risiko berbasis sistem memberikan gambaran holistik tentang perilaku perilaku berisiko yang sulit direalisasikan melalui metodologi

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
4.	System Dynamics Approach for Construction Risk Analysis	Farnad Nasirzadeh, Abbas Afshar dan Mostafa Khanzadi (2008)	penelitian lain yang biasanya lebih disukai dalam penelitian SCRM. Adanya risiko dan ketidakpastian yang melekat dalam pengembangan dan pelaksanaan proyek menyebabkan kinerja proyek menjadi buruk. Dengan demikian, ada kebutuhan yang besar untuk melakukan analisis risiko yang efektif untuk menilai dampak dari risiko yang berbeda terhadap tujuan proyek. Pendekatan analisis risiko yang kuat dapat mempertimbangkan sifat dinamis dari risiko sepanjang siklus hidup proyek, serta memperhitungkan <i>loop</i> umpan balik yang mempengaruhi keseluruhan dampak risiko. Penelitian ini menyajikan pendekatan baru untuk analisis risiko konstruksi dimana pengaruh utama ini dipertimbangkan dan diukur secara eksplisit. Metodologi yang diusulkan adalah pendekatan berbasis sistem dinamik dimana risiko yang berbeda dapat dimodelkan secara efisien, disimulasikan dan diukur dari segi waktu, biaya dan kualitas dengan menggunakan metodologi simulasi berorientasi objek yang diterapkan. Untuk mengevaluasi kinerja metodologi yang diusulkan, proyek ini telah digunakan dalam proyek konstruksi jembatan. Karena keterbatasan ruang, proses pemodelan dan kuantifikasi untuk salah satu risiko yang diidentifikasi yaitu tekanan terhadap durasi proyek dijelaskan secara rinci.
5.	Risk Management in Construction Project	Nerija Banaitiene dan Audrius Banaitis (2012)	Biaya risiko adalah konsep yang belum pernah dipikirkan oleh banyak perusahaan konstruksi terlepas dari fakta bahwa ini adalah salah satu item pengeluaran terbesar. Manajemen risiko membantu peserta proyek utama, yaitu klien, kontraktor atau pengembang, konsultan, dan pemasok, untuk memenuhi komitmen mereka dan meminimalkan dampak negatif pada kinerja proyek konstruksi terkait dengan sasaran biaya, waktu dan kualitas. Secara tradisional, para praktisi cenderung

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
			mengasosiasikan keberhasilan proyek konstruksi dengan tiga aspek waktu, biaya dan hasil kualitas. Penurunan ekonomi dan tantangan saat ini di sektor konstruksi Lithuania yang sangat kompetitif mengharuskan kontraktor untuk mengelola risiko dengan sendirinya. Makalah ini melaporkan penelitian yang bertujuan untuk menguji analisis risiko dan praktik manajemen risiko di perusahaan konstruksi Lithuania.
6.	Manajemen Risiko Dalam Proyek Konstruksi	Mastura Labombang (2011)	Risiko adalah variasi dalam hal-hal yang mungkin terjadi secara alami atau kemungkinan terjadinya peristiwa diluar yang diharapkan yang merupakan ancaman terhadap properti dan keuntungan finansial akibat bahaya yang terjadi. Manajemen risiko merupakan Pendekatan yang dilakukan terhadap risiko yaitu dengan memahami, mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko suatu proyek. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui tentang manajemen risiko pada proyek konstruksi. Metode yang digunakan adalah studi literatur tentang manajemen risiko pada proyek konstruksi dengan mengacu kepada teori-teori yang relevan. Hasil studi menunjukkan bahwa manajemen risiko sangat penting dilakukan bagi setiap proyek konstruksi untuk menghindari kerugian atas biaya, mutu dan jadwal penyelesaian proyek. Melakukan tindakan penanganan yang dilakukan terhadap risiko yang mungkin terjadi (respon risiko) dengan cara : menahan risiko (<i>risk retention</i>), mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>), mengalihkan risiko (<i>risk transfer</i>), menghindari risiko (<i>risk avoidance</i>).
7.	<i>Risk Management in Complex Projects</i>	Henry Birdseye Weil dan William J. Dalton (2014)	Penelitian ini menggambarkan penggunaan model sistem dinamik untuk mengelola risiko yang sangat substansial terkait dengan proyek desain, pengembangan dan produksi yang kompleks. Penulis menyajikan pendekatan sistematis untuk mengendalikan risiko yang terkait

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
8.	A System Dynamics Approach to Risks Description in Megaproject Development	Price Boateng, Zhen Chen, Stephen Ogunlana dan Dubem Ikediashi (2012)	dengan biaya, jadwal dan kinerja teknis proyek. Langkah-langkah dalam proses ini meliputi: simulasi proyek yang untuk menjelaskan sumber ketidakpastian kinerja dan varians, penetapan proyeksi awal untuk proyek saat ini, analisis simulasi untuk mengidentifikasi kepekaan kinerja proyek terhadap berbagai kontinjensi (Misalnya perubahan desain, kekurangan sumber daya, perubahan peraturan pemerintah, berbagai masalah teknis, masalah dengan subkontraktor, penundaan proyek independen lainnya, analisis berbagai strategi "hedging" dan "insurance" untuk mengurangi kerentanan dan perencanaan proyek terhadap kontinjensi yang berisiko. Meskipun standar manajemen risiko telah direkomendasikan pendekatan terbaik, masih ada pendekatan sistematis untuk menggambarkan interaksi antara risiko sosial, teknis, ekonomi, lingkungan dan politik (STEEP) sehubungan dengan semua kondisi kompleks dan megaprojek konstruksi yang kompleks dan dinamis. Pemahaman yang lebih baik dan manajemen mekanisme manajemen yang efektif dalam hal risiko alam, termasuk interaksi dinamis dan dampaknya dalam pengembangan megaprojek. Setelah tinjauan literatur komprehensif, data kualitatif dikumpulkan dari studi kasus melalui wawancara yang dilakukan di Tram Network Project di Edinburgh. Siklus sebab akibat dari evolusi khas dari indikator risiko kunci kemudian dikembangkan dan model hipotesa risiko sosial dan lingkungan (SE) diturunkan dengan menggunakan teknik pemodelan sistem dinamik (SD). Model ini kemudian dibuat sesuai dengan British Standards mengenai manajemen risiko untuk menyediakan alat generik untuk manajemen risiko dalam pengembangan megaprojek.

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
			Studi ini menunjukkan bahwa <i>overruns</i> biaya dan waktu pada tahap perkembangan proyek kasus disebabkan terutama oleh ketidakefektifan teknik penilaian risiko tradisional yang digunakan dalam menilai risiko secara tepat waktu dan informasi yang akurat dari tahap awal proyek. Bukti yang dikumpulkan digunakan untuk menjelaskan sifat risiko STEEP pada khususnya, SE berisiko pada tahap terakhir pengembangan proyek. Penelitian lebih lanjut juga dibahas untuk menerapkan metodologi SD dalam manajemen risiko dalam pengembangan megaprojek.
9.	<i>Risk Analysis and Management in Construction</i>	Akintola S Akintoye dan Malcolm J macLeod (1997)	Penelitian ini menjelaskan, berdasarkan survei kuesioner mengenai kontraktor umum dan praktik manajemen proyek, persepsi industri konstruksi tentang risiko yang terkait dengan aktivitasnya dan sejauh mana industri menggunakan analisis risiko dan teknik manajemen. Disimpulkan bahwa manajemen risiko sangat penting untuk kegiatan konstruksi dalam meminimalkan kerugian dan peningkatan Profitabilitas Risiko konstruksi umumnya dianggap sebagai peristiwa yang mempengaruhi tujuan proyek dari biaya, waktu dan kualitas. Analisis dan manajemen risiko dalam konstruksi bergantung terutama pada intuisi, penilaian dan pengalaman. Teknik analisis dan manajemen formal jarang digunakan karena kurangnya pengetahuan dan keraguan akan kesesuaian teknik-teknik ini untuk kegiatan industri konstruksi.
10.	<i>A System Dynamics Model for Risk Analysis during Project Construction Process</i>	Jiangping Wan dan Yaqiong Liu (2014)	Analisis risiko merupakan bagian penting bagi banyak proyek konstruksi besar dan menengah, Sementara itu, analisis risiko proyek yang benar dan wajar dapat kondusif bagi manajemen risiko. Berdasarkan hasil studi kasus yang dilengkapi dengan penelitian literatur, penelitian ini menyajikan sebuah pendekatan untuk mengembangkan model sistem dinamik untuk analisis risiko selama proses konstruksi proyek. Pada

No.	Judul	Pengarang	Deskripsi
11.	Analisa dan Manajemen Risiko dengan Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamik (Studi kasus:	M Gandi Wiratama (2017)	awalnya, penelitian ini memberikan gambaran singkat tentang faktor risiko konstruksi proyek dan dinamika sistem. Risiko serta diagram hubungan kausal antara keduanya ditentukan untuk menggambarkan interaksi risiko dari konstruksi proyek dengan model dinamika sistem. Rekapitulasi temuan dan prospek penelitian di masa depan dapat menyempurnakan penelitian ini. Pada penelitian ini, akan menyajikan pendekatan analisa baru yang secara eksplisit menjelaskan semua kekurangan yang terkait dengan pendekatan yang umum dilakukan. Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik (SD) dimana semua risiko yang berbeda dapat dimodelkan secara efisien dan disimulasikan dengan menggunakan metode simulasi berorientasi objek yang diimplementasikan. Dibandingkan dengan pendekatan analisa risiko konvensional, pendekatan SD memiliki kemampuan untuk mengukur penuh dari risiko yang berbeda dengan mempertimbangkan efek langsung dan tidak langsung dari setiap risiko melalui analisis <i>loop</i> umpan balik. Sehingga kemudian dapat memberikan alternatif solusi dalam memetakan dan mengurangi kemungkinan terjadinya risiko yang mungkin terjadi pada proyek konstruksi yang menjadi objek penelitian ini.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Dengan meningkatnya tingkat kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumberdaya maka dibutuhkan juga peningkatan sistem pengelolaan proyek yang lebih baik dan terintegrasi. Masalah utama pada proyek konstruksi adalah sifatnya yang dinamis dan mengandung risiko. Selain itu, risiko juga mengandung sifat ketidakpastian yang perlu direduksi. Komponen risiko ketidakpastian meliputi biaya, waktu, serta mutu. Ketiga hal ini sangat berkaitan satu dengan yang lain. Risiko dapat memberikan pengaruh terhadap pengeluaran biaya, lamanya waktu proyek serta kualitas dan mutu dari manajemen proyek.

Pada penelitian ini, objek yang akan diteliti adalah proyek konstruksi The Palace and Condotel Yogyakarta. Ini adalah proyek pembangunan hunian futuristik yang mana terdiri dari apartemen dan kondotel (kondominium hotel) yang dikembangkan oleh PT Funaru Berkah di kawasan wisata Kaliurang, Sleman, Yogyakarta. The Palace dikembangkan di area seluas 31.226 m² di Jalan Raya Kaliurang Km 11 tidak jauh dari kampus pusat Universitas Islam Indonesia (UII). Bangunannya terdiri dari dua Menara setinggi 12 lantai masing-masing untuk apartemen dan kondotel. Melihat begitu besarnya cakupan proyek, maka sangat mungkin banyak risiko yang ada disana. Data yang akan digunakan adalah daftar risiko yang terjadi pada proyek konstruksi, kemudian variabel-variabel yang berhubungan menyebabkan risiko tersebut terjadi serta dibutuhkan penilaian (*assessment*) kualitatif dari *expert* mengenai risiko dan nilai hubungan terhadap variabel-variabel yang ada. Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik (SD) dimana semua risiko yang berbeda dapat dimodelkan secara efisien dan disimulasikan dengan menggunakan metode simulasi berorientasi objek yang diimplementasikan.

Dibandingkan dengan pendekatan analisa risiko konvensional, pendekatan SD memiliki kemampuan untuk mengukur penuh dari risiko yang berbeda dengan mempertimbangkan efek langsung dan tidak langsung dari setiap risiko melalui analisis *loop* umpan balik.

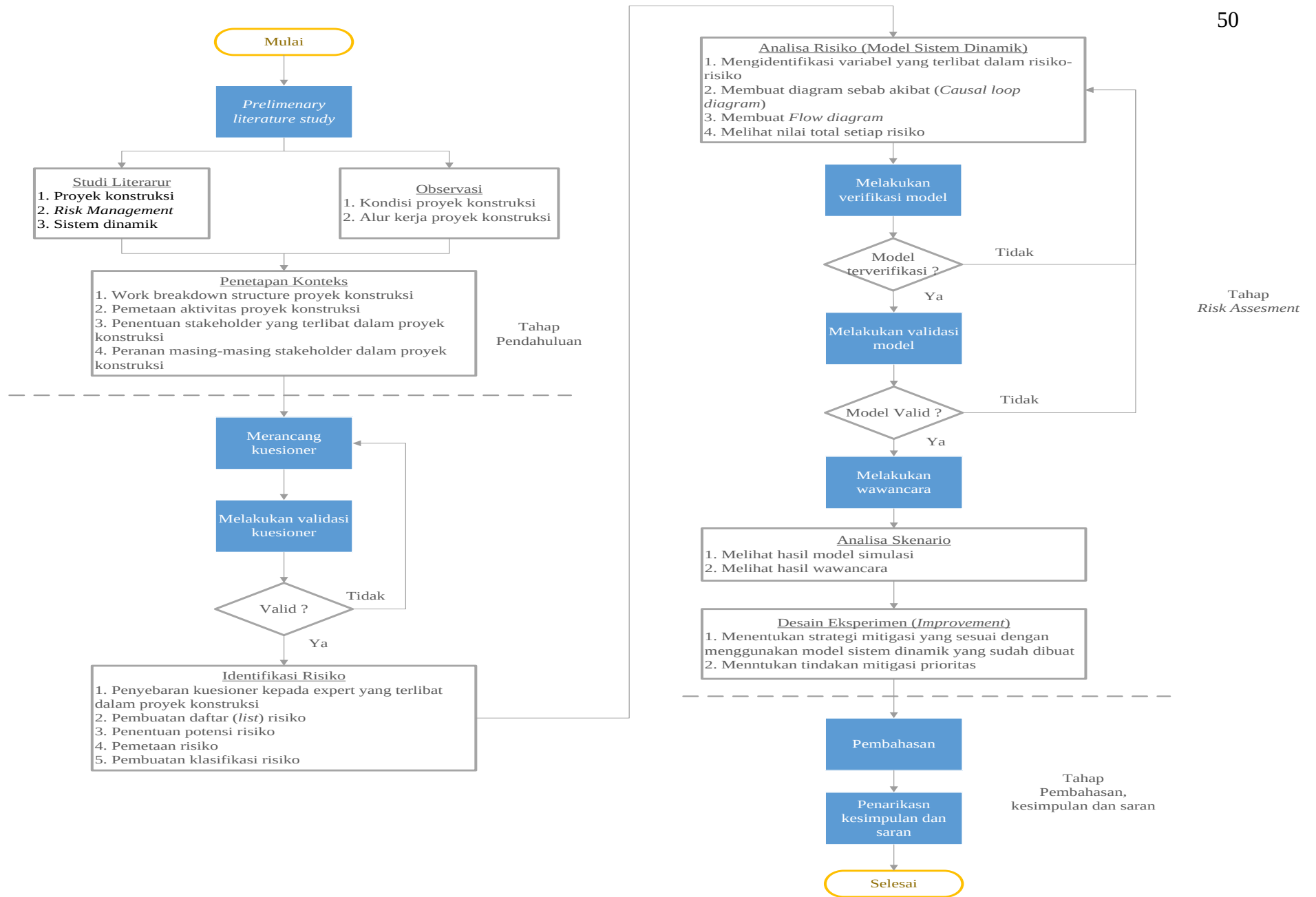
3.2 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), ekonomi Indonesia pada tahun 2016 tumbuh sebesar 5,02 persen, lebih tinggi dibandingkan tahun 2015 yang mencapai 4,88 persen. Kontribusi sektor konstruksi bagi pembentukan produk domestik bruto (PDB) pun cukup signifikan, yakni 10,38 persen. Angka ini menjadikannya di urutan ke-4 setelah sektor industri, pertanian, dan perdagangan. Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), sektor konstruksi diharapkan tumbuh sebesar 8,1% pada tahun 2017 seiring dengan peningkatan proyek-proyek infrastruktur pemerintah dan swasta. Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Selain itu, risiko juga mengandung sifat ketidakpastian yang perlu direduksi. Komponen risiko ketidakpastian meliputi biaya, waktu, serta mutu. Ketiga hal ini sangat berkaitan satu dengan yang lain.

Dalam beberapa literatur, telah disebutkan beberapa pendekatan dalam menganalisa risiko, namun semuanya masih memiliki kekurangan, yaitu pendekatan analisa risiko konvensional tidak mempertimbangkan sifat dinamis dari risiko selama siklus hidup proyek, serta memperhitungkan *loop* umpan balik yang mempengaruhi keseluruhan dampak risiko. Karena sifat risiko sistemik (APM Publishing, 2004) yang dihasilkan dari *loop* umpan balik sebab dan akibat, sebagian besar metode yang dipraktikkan secara umum terbukti tidak efisien untuk menilai dampak sebenarnya dari risiko karena tidak memperhitungkan sifat sistemik semacam itu. Kemudian teknik analisis risiko konvensional tidak memiliki kemampuan untuk mengukur dampak penuh dari risiko yang berbeda, karena mereka tidak mempertimbangkan dampak tidak langsung dari risiko, Meskipun kejadian risiko potensial mungkin memiliki pengaruh besar terhadap biaya, waktu dan kualitas proyek, teknik analisis risiko konvensional hanya dapat menilai konsekuensi risiko berdasarkan dampaknya baik pada biaya proyek atau waktu proyek, Sebagian besar teknik manajemen risiko tradisional menangani proses analisa risiko dari sudut pandang kualitatif (Nasirzadeh dan Monirabbasi, 2004).

Dalam pendekatan sistem dinamik, risiko yang berbeda dapat dimodelkan sebagai *loop* umpan balik dan dampaknya terhadap tujuan proyek dapat diukur dari segi waktu, biaya dan kualitas secara efisien. Dibandingkan dengan pendekatan analisa risiko konvensional, pendekatan SD memiliki kemampuan untuk mengukur penuh dari risiko yang berbeda dengan mempertimbangkan efek langsung dan tidak langsung dari setiap risiko melalui analisis *loop* umpan balik.

Dalam penelitian ini beberapa langkah kerja yang dibutuhkan adalah mengidentifikasi dan membuat daftar risiko pada proyek konstruksi studi kasus, memberikan penilaian (*assessment*) terhadap risiko-risiko yang sudah diidentifikasi, membuat pemetaan risiko serta keterkaitannya dalam segala aspek untuk proses pengambilan keputusan yang lebih baik dan mengklasifikasikan risiko sesuai dengan penilaian dari *expert*. Untuk itu, peneliti menggunakan pendekatan sistem dinamik dengan membuat hubungan sebab akibat beserta model sistem dinamik agar dapat mengetahui keterkaitan aspek-aspek dalam manajemen risiko pada kasus proyek konstruksi ini. Berikut di bawah ini adalah tahap-tahap penelitian yang ditampilkan dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2.1 Tahap Pendahuluan

Tahapan ini merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian yang meliputi *preliminary literature study* dan penetapan konteks penelitian.

3.2.1.1 Preliminary Study

Pada *preliminary study* terdapat dua langkah yang dilakukan yaitu studi literatur dan observasi objek penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan (*research question*) dalam penelitian ini. Studi literatur merupakan tahap pencarian referensi yang mendukung diadakannya penelitian. Referensi yang digunakan berjumlah 68 yang didapat dari *text book*, *e-book*, penelitian tugas akhir dan jurnal internasional yang relevan dengan topik penelitian. Dari membaca beberapa literatur studi, kemudian diperoleh suatu permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini. Studi literatur yang ada berhubungan dengan manajemen risiko, manajemen risiko proyek konstruksi, dan pendekatan sistem dinamik (SD). Berikutnya adalah observasi objek penelitian yang meliputi kondisi proyek konstruksi dan alur kerja proyek konstruksi.

3.2.1.2 Penetapan Konteks

Tahap selanjutnya yaitu penetapan konteks penelitian yang meliputi penetapan ruang lingkup penelitian dan penetapan *expert* sebagai sumber informasi untuk mendapatkan data penelitian. Penetapan ruang lingkup penelitian bertujuan untuk membatasi permasalahan yang diselesaikan agar tidak meluas dalam penelitian. Dalam penetapan konteks penelitian ini meliputi *work breakdown structure* (WBS) dari proyek konstruksi, pemetaan aktivitas pada proyek konstruksi, *stakeholder* yang terlibat dalam proyek konstruksi dan peranan masing-masing *stakeholder*. Menurut Parenreng (2016), pemetaan aktivitas proyek konstruksi dilakukan untuk mendapatkan gambaran proses dan pelaku yang terlibat pada sebuah proyek konstruksi. Pemetaan ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi *stakeholder* yang terlibat, termasuk peran dan kontribusinya masing-masing. *Stakeholder* proyek konstruksi terdiri dari dua macam *stakeholder*, yaitu *stakeholder* utama dan *stakeholder*

sekunder. *Stakeholder* utama adalah pelaku inti dalam sebuah proyek konstruksi, sedangkan *stakeholder* sekunder adalah *stakeholder* yang mendukung proyek konstruksi secara tidak langsung. Hasil dari pemetaan ini memberikan peta proses, pelaku dan *stakeholder* dalam proyek konstruksi. Penelitian ini dilakukan di Proyek The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta yang merupakan salah satu proyek konstruksi. Secara umum dalam proses proyek konstruksi ada banyak *stakeholder* yang terlibat, baik *stakeholder* utama ataupun sekunder.

3.2.2 Tahap *Risk Assessment*

Tahapan *risk assessment* merupakan tahap lanjutan dari tahap pendahuluan. Tahapan ini terdiri dari tiga tahap yaitu identifikasi risiko, analisa risiko dan desain eksperimen (*improvement*).

3.2.2.1 Merancang Kuesioner

Sebelum melakukan identifikasi risiko pada sistem proyek konstruksi, sebelumnya diperlukan sebuah kuesioner untuk mengetahui lebih dalam bagaimana sistem tersebut berjalan, target dari kuesioner ini adalah *expert* yang mencakup keseluruhan level manajemen pengerjaan proyek konstruksi yang diamati, yaitu manajer proyek, divisi SHE, divisi QC, *Chief engineer* dan operator lapangan.

3.2.2.2 Melakukan Validasi Kuesioner

Validasi kuesioner dilakukan untuk menguji kelayakan kuesioner dalam mengukur informasi yang diinginkan oleh peneliti. Validasi kuesioner pada penelitian ini menggunakan *pilot study*. *Pilot study* merupakan landasan dari desain penelitian yang baik. Sebenarnya, *pilot study* merupakan langkah awal yang penting dalam sebuah penelitian dan ini berlaku untuk semua jenis penelitian. Pentingnya *pilot study* terletak pada membuktikan

kualitas dan efisiensi dari penelitian. Dengan kata lain, sebuah *pilot study* dapat digunakan untuk mengungkapkan beberapa masalah sebelum memulai penelitian, dimana hasil *pilot study* dapat menginformasikan kelayakan dan mengidentifikasi modifikasi yang diperlukan dalam penelitian.

3.2.2.3 Identifikasi Risiko

Dalam identifikasi risiko, definisi risiko yang akan digunakan merupakan definisi risiko oleh Alijoyo (2006), yakni faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan, sehingga terjadi konsekuensi yang tidak diinginkan. Metode yang digunakan adalah menggunakan penyebaran kuesioner kepada *expert*. Risiko yang diidentifikasi perlu dibuat daftar (*list*) untuk kemudian ditentukan nilai potensi dan pemetaan risikonya serta klasifikasi risiko tersebut menurut pendapat *expert*. Risiko juga perlu diidentifikasi mana yang menjadi *risk event* (even risiko) dan *risk agent* (penyebab risiko).

3.2.2.4 Analisa Risiko (Model Sistem Dinamik)

Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi *risk event* dan *risk agent* serta korelasi antara *risk event* dan *risk agent* dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik (SD). Perancangan model konseptual dibentuk oleh komponen- komponen atau variabel- variabel yang memengaruhi perilaku sistem yang membentuk suatu model. Dalam sistem dinamik, deskripsi lisan dan diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) lebih kualitatif, sedangkan *stock & flow diagram* dan persamaan model adalah cara yang lebih kuantitatif untuk menggambarkan situasi yang dinamis. Sebagai sistem dinamik, sebagian besar didasarkan pada pemikiran sistem yang lunak (paradigma pembelajaran), sangat cocok diterapkan pada masalah manajerial yang ambigu dan memerlukan konseptualisasi dan wawasan yang lebih baik (Sushil 1993) daripada metode konvensional seperti PERT/CPM yang biasa digunakan. Sistem dinamik telah berhasil digunakan dalam penelitian terkait proyek konstruksi (Nasirzadeh *et al.*, 2008).

Dalam sistem dinamik dikembangkan suatu hipotesis yang menjelaskan penyebab yang melatarbelakangi permasalahan dinamis. kemudian dijadikan model simulasi dan pengujian

validitas hipotesis (model konseptual). Langkah yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami masalah pada sistem yang diteliti berdasarkan observasi langsung maupun informasi teoritis yang relevan.
2. Mengidentifikasi semua variabel memiliki peran penting dalam sistem. Pada tahapan ini diperlukan analisis dari berbagai bidang disiplin keilmuan sesuai dengan permasalahan yang akan diselesaikan.
3. Mengidentifikasi *causal loop* dan *feed back* antar variabel.
4. Membangun *causal loop diagram* (CLD).
5. Mengidentifikasi variabel *stock* and *flow* untuk membangun *flow diagram*.
6. Membangun *flow diagram* dan melihat nilai total setiap risiko (*risk event*).

3.2.2.5 Melakukan Verifikasi Model

Verifikasi adalah kegiatan untuk memastikan bahwa program komputer dari model komputerisasi telah dilakukan dengan benar (Sargent, 2011). Dengan kata lain verifikasi merupakan suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model-model berkelakuan/bersifat seperti yang dikehendaki pemodel dan bisa dijalankan di komputer.

3.2.2.6 Melakukan Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk memastikan model yang sudah dibuat merepresentasikan masalah pada sistem nyata sehubungan dengan tujuan penelitian. Kredibilitas model yang dibangun meliputi: Struktural: adalah struktur model deskripsi yang berarti hubungan-hubungan yang sesungguhnya yang ada pada sistem yang diteliti. *Behaviour* : adalah pola dinamis yang dihasilkan oleh model cukup dekat dengan pola dinamis kepentingan yang nyata (Barlas, 2002).

Sargent (2011) merekomendasikan delapan step dalam melakukan validasi dan verifikasi. Berikut delapan langkah tersebut.

1. Membuat sebuah kesepakatan sebelum mengembangkan model antara 1) pengembang mode; 2) sponsor model; 3) *user* model simulasi yang menentukan validitas model (jika memungkinkan) dan menentukan satu set teknik validasi khusus yang digunakan untuk menentukan validitas model yang di bangun.
2. Tentukan rentang akurasi sebuah variabel yang dijadikan tolak ukur validitas model sebelum membangun model.
3. Pengujian sedapat mungkin asumsi dan teori-teori yang mendasari model simulasi.
4. Dalam setiap iterasi dari model, setidaknya melakukan *face validity* pada model konseptual.
5. Dalam setiap iterasi dari model, setidaknya mengeksplorasi perilaku model simulasi dengan menggunakan model komputerisasi.
6. Setidaknya pada iterasi terakhir membuat perbandingan antara output model simulasi dengan perilaku sistem nyata untuk beberapa set kondisi eksperimental (jika memungkinkan).
7. Siapkan dokumentasi verifikasi dan validasi untuk dimasukkan dalam dokumentasi model simulasi.

Jika model simulasi dijalankan untuk jangka panjang, maka buatlah jadwal untuk melakukan validasi secara berkala. Validasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *extreme condition test*, *operational graphics*, *parameter variability-sensitivity analysis*, dan *face validity*. Keempat teknik validasi ini termasuk ke dalam uji struktur secara langsung dan uji struktur tingkah laku model. Pemilihan teknik validasi ini dikarenakan pada model yang dibangun untuk manajemen risiko pembangunan The Palace apartemen tidak menggunakan data historis yang disimpan (*direcord*) secara rapi dalam pembukuan khusus, melainkan data-data terkait *risk event* dan *risk agent* yang didapatkan dan dipakai hanya sebatas pengalaman dari para *expert* selama mengerjakan proyek-proyek konstruksi sejenisnya.

3.2.2.7 Melakukan Wawancara

Salah satu metode pengumpulan data adalah dengan menggunakan teknik wawancara, yaitu untuk mendapatkan informasi dengan bertanya langsung kepada responden. Dalam

penelitian ini, wawancara yang dimaksud kali ini adalah untuk mendapatkan informasi terkait solusi apa yang tepat untuk diterapkan pada penanganan risiko proyek konstruksi. Hasil dari wawancara ini akan digunakan untuk menyusun atau menentukan skenario perbaikan yang akan coba untuk diterapkan pada model sistem dinamik.

3.2.2.8 Analisa Skenario

Setelah model yang dibuat sudah dipastikan merepresentasikan sistem yang ada melalui uji verifikasi dan validasi serta wawancara kepada *expert* telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa skenario perbaikan apa yang perlu dilakukan berdasarkan hasil dari model yang telah dibuat dan hasil wawancara. Kedua data yang telah didapatkan kemudian disinkronkan agar dapat menampung masukan dari *expert* namun masih masuk juga pada cakupan model yang ada.

3.2.2.9 Desain Eksperimen (*Improvement*)

Setelah melakukan analisa skenario, langkah selanjutnya adalah menentukan strategi mitigasi yang sesuai dengan menggunakan model sistem dinamik dan menentukan tindakan mitigasi prioritas yang mungkin untuk diimplementasikan pada manajemen risiko proyek konstruksi. Pengujian untuk memilih skenario (desain eksperimen) terbaik akan menggunakan uji *analysis of variance* (ANOVA).

3.2.3 Tahap Pembahasan, Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap data-data yang telah diperoleh sebelumnya dan dilakukan interpretasi hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode pendekatan sistem dinamik (SD).

3.2.3.1 Pembahasan

Dalam tahap ini, dilakukan pembahasan mengenai rekomendasi mitigasi risiko yang akan membantu dalam memetakan prioritas risiko untuk dilakukan penanganan risiko (*preventive action*). Penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap rekomendasi mitigasi risiko yang sesuai untuk *risk management* pada proyek konstruksi dengan memperhatikan kepentingan beberapa *stakeholder*.

3.2.3.2 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap pengambilan kesimpulan bertujuan untuk menarik suatu kesimpulan dalam menjawab tujuan penelitian yang dilakukan. Adapun pemberian saran dan rekomendasi diharapkan dapat dijadikan bahan masukan/pertimbangan yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui:

1. Observasi, yaitu pengamatan secara langsung pada aktivitas proyek konstruksi.
2. Studi kepustakaan, yaitu penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang akan digunakan sebagai referensi untuk landasan teori, sistematika penulisan, dan kerangka berfikir ilmiah yang diambil dari literatur- literatur baik dari internet maupun dari buku- buku serta dari laporan penelitian terdahulu.
3. Kuesioner, yaitu pengumpulan data dengan menyebarkan lembar pertanyaan kepada responden yang terpilih dan sudah ditentukan sebelumnya yang memenuhi ketentuan tertentu untuk menjadi responden.
4. Wawancara, yaitu pengumpulan data dengan cara tanya jawab langsung mengenai masalah terkait dengan penelitian kepada pihak- pihak terkait. Objek wawancara dalam

penelitian ini adalah *expert* atau *stakeholder* terkait pada aktivitas proyek konstruksi di proyek konstruksi The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta.

3.3.2 Data yang Dibutuhkan

Data-data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan dan diolah sendiri oleh peneliti dari sumbernya melalui kuesioner dan wawancara, yaitu kepada manajer proyek, divisi SHE, divisi QC, *chief engineering*, dan juga operator lapangan Data primer yang dibutuhkan adalah:

1. Data mengenai profil responden.
2. Profil perusahaan kontraktor.
3. Risiko-risiko yang relevan pada proyek konstruksi The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta.
4. Frekuensi risiko yang terjadi.
5. Dampak risiko tersebut terhadap biaya dan waktu.
6. Respon yang dilakukan terhadap risiko-risiko yang dominan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dalam bentuk jadi yang didapatkan dari studi literatur seperti buku, referensi, jurnal serta hasil penelitian lainnya yang bertujuan untuk menemukan identifikasi awal variabel penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan adalah:

1. Risiko-risiko yang relevan pada proyek konstruksi umumnya.
2. Diagram sebab akibat dari sistem proyek konstruksi yang sudah dimodelkan pada kasus-kasus lainnya.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Analisa Risiko dengan Model Sistem Dinamik (SD)

Dalam pendekatan sistem dinamik, risiko yang berbeda dapat dimodelkan sebagai *loop* umpan balik dan dampaknya terhadap tujuan proyek dapat diukur dari segi waktu, biaya dan kualitas secara efisien. Model konseptual dibangun oleh variabel-variabel yang menjadi aktor utama dan mempengaruhi sistem. Dalam pengembangan model, masih dimungkinkan untuk penambahan jenis data lain selain yang sudah disebutkan. Dalam penelitian ini akan dibangun menggunakan *software* Powersim Studio 9.

3.4.2 Validasi

Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model telah memiliki perilaku yang sama (representatif) dengan sistem nyatanya. Apabila model diyakini belum mewakili perilaku sistem maka langkah yang dilakukan adalah kembali membuat model sampai cukup representatif. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan perilaku antara sistem nyata dan model yang dibangun. Pada penelitian ini yaitu menggunakan *extreme condition test*, *operational graphics*, *parameter variability-sensitivity analysis*, dan *face validity*.

3.4.3 Desain Eksperimen (*Improvement*)

Jerry Banks *et al.* (1996), desain eksperimen adalah “*a class of linear statistical model for comparison and evaluation of alternative system design*”. Desain eksperimen adalah suatu analisis alternatif himpunan variabel sistem dengan metode simulasi untuk mendapatkan alternatif yang memenuhi keinginan pemodel. Desain eksperimen diharapkan dapat memperbaiki sistem yang ada menjadi lebih baik sesuai dengan target yang ingin dicapai peneliti.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Identifikasi Risiko

Risiko merupakan kemungkinan atau ketidakpastian terjadinya peristiwa di luar yang diharapkan dalam setiap kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif. Ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek konstruksi perlu dihindari agar dapat meminimasi dampak yang timbul. Dalam banyak kasus dampak dari proyek konstruksi lebih mempengaruhi dalam hal anggaran biaya. Semakin besar peluang risiko terjadi maka semakin besar pula biaya yang dikeluarkan. Oleh karena itu, risiko konstruksi yang mungkin terjadi perlu dilakukan identifikasi sumber penyebabnya agar dapat mengurangi dampak yang akan timbul terhadap biaya proyek.

Demikian halnya dalam pembangunan The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta merupakan proyek konstruksi yang cukup besar. Terdapat banyak sumber risiko yang dapat diidentifikasi dan memiliki kemungkinan akan menghambat pencapaian sasaran proyek dan kinerja dari proyek konstruksi yang dilihat dari segi biaya, waktu pengerjaan dan juga kualitas proyek. Untuk mengetahui identifikasi risiko dari tiga aspek tersebut, diperlukan studi literatur terlebih dahulu terhadap penelitian terdahulu untuk membuat daftar risiko dari masing-masing aspek kinerja proyek, yaitu aspek biaya, aspek waktu dan aspek kualitas.

Hal ini dilakukan untuk mengetahui risiko-risiko yang relevan dengan proyek pembangunan The Palace Apartment dan Condotel ini, kemudian berikutnya digunakan dalam kuesioner untuk mengetahui risiko-risiko yang mungkin terjadi.

Dalam pengumpulan informasi untuk menunjang penelitian ini, dibutuhkan beberapa responden yang dipilih untuk diperoleh keterangan mengenai identifikasi, penilaian probabilitas dan dampak risiko serta tindak mitigasi dari risiko yang dominan akan terjadi pada proyek The Palace Apartmen and Condotel Yogyakarta. Responden tersebut merupakan *expert* dari pelaksanaan proyek, yaitu *project manager*, divisi SHE (K3), divisi kualiti kontrol (QC), *chief engineer*, dan juga operator lapangan yang sesuai dengan kriteria yang ditetapkan untuk mendapatkan penilaian terhadap variabel-variabel penelitian. Berikut ini adalah profil dari masing-masing responden.

1. Manajer Proyek, Bapak Abdullah Harahap dengan pengalaman menangani proyek >10 tahun.
2. Divisi *Safety Health & Environment* (SHE), Bapak Juli Fajar Nugroho dengan pengalaman menangani proyek >5 tahun.
3. Divisi *Quality Control* (QC), Bapak R. Ragil Bintoro dengan pengalaman menangani proyek >5 tahun.
4. *Chief Engineer*, Bapak Condro Wijanarko dengan pengalaman menangani proyek >5 tahun.
5. Operator lapangan, Bapak Haryadi dengan pengalaman menangani proyek 10 tahun.

Menurut Patrickson *et al.* (2012) dalam pengambilan keputusan relevan atau tidaknya suatu variabel ditentukan dengan perbandingan 3:2. Dari lima responden yang terlibat, apabila dalam satu variabel risiko terdapat tiga pendapat relevan, maka variabel tersebut dinyatakan relevan dan sebaliknya apabila terdapat tiga pendapat yang tidak relevan dan dua pendapat yang relevan maka variabel tersebut dinyatakan tidak relevan dan akan dieleminasi dari daftar risiko.

Selanjutnya, sebelum menyebar kuesioner tersebut kepada *expert*, akan dilakukan pilot studi terhadap beberapa responden yang terdiri dari kalangan mahasiswa, dosen dan praktisi yang terlibat langsung dalam manajemen risiko dan proyek konstruksi untuk pengecekan validitas dan reliabilitas awal, jika sudah valid dan reliabel maka kuesioner baru akan disebar kepada responden yang sudah dipilih sebelumnya. Pada tahap pilot studi ini, peneliti

akan mengajukan sebuah kuesioner yang berisi beberapa pertanyaan yang mana pertanyaan ini ditujukan untuk menguji validitas dan reliabilitas kuesioner inti yang berisi data informasi yang sifatnya kualitatif dan tidak dapat divalidasikan secara matematis. Item pertanyaan yang ditanyakan dalam pilot studi menurut Hartono (2010) adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Item pertanyaan pilot studi

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah anda menemukan terminologi yang tidak familiar?	Jawaban: Keterangan:
2.	Apakah Instruksi cukup jelas?	Jawaban: Keterangan:
3.	Apakah pertanyaan cukup jelas untuk diikuti?	Jawaban: Keterangan:
4.	Apakah format survei memiliki alur yang baik?	Jawaban: Keterangan:
5.	Apakah survei terlalu panjang? Apakah jumlah pertanyaan masih masuk akal?	Jawaban: Keterangan:
6.	Berapa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan keseluruhan survei?	Jawaban: Keterangan:
7.	Apakah anda menemukan <i>item</i> tertentu yang terlalu sensitif untuk dipertanyakan?	Jawaban: Keterangan:
8.	Apakah instrumen menggunakan cara yang wajar untuk mendapatkan informasi yang diinginkan?	Jawaban: Keterangan:
9.	Secara keseluruhan, apakah pertanyaan-pertanyaan yang diajukan sudah sesuai dan relevan untuk mengukur konsep yang ingin diukur oleh peneliti?	Jawaban: Keterangan:
10.	Menurut anda, apakah menyediakan sebuah <i>internet based survey</i> akan membantu meningkatkan kesempatan dalam mendapatkan lebih banyak respon?	Jawaban: Keterangan:

No.	Pertanyaan	Jawaban
11.	Apakah ada komentar lain untuk meningkatkan kualitas dari <i>draft</i> instrumen?	Jawaban: Keterangan:
Sumber: (Hartono, 2010)		

Dalam pilot studi ini, akan dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama diberikan kepada kalangan mahasiswa dan praktisi. Hasil dari studi tahap pertama adalah perbaikan mengenai apa saja yang perlu diperbaiki, baik dari segi konten, tata Bahasa dan sebagainya. Kemudian studi tahap dua adalah mengecek ulang kuesioner yang sudah diperbaiki dari tahap 1 apakah masih terdapat kekurangan atau tidak yang diberikan kepada kalangan dosen dan praktisi, apabila dirasa kuesioner sudah baik maka selanjutnya adalah menyebarkan kuesioner kepada *expert*. Berikut ini adalah hasil dari pilot studi yang telah dilakukan.

Tabel 4. 2 Hasil pilot studi tahap 1

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
1	Ragil (Praktisi/kontraktor)	1.	Tidak , saya tidak menemukan kata-kata yang tidak familiar
		2.	Ya , instruksi yang disampaikan jelas
		3.	Ya , cukup jelas untuk dipahami
		4.	Ya , format cukup mudah dipahami dan diikuti
		5.	Tidak , karena sudah mencakup semua inti permasalahan
		6.	Waktu yang dibutuhkan 1 hari
		7.	Tidak , karena tidak mencantumkan nilai dari proyek
		8.	Ya , cukup wajar

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
2.	Ganda (Mahasiswa)	9.	Ya , cukup sesuai dan relevan untuk suatu penelitian
		10.	Ya , cukup membantu
		11.	Tidak , sudah cukup
		1.	Ya , saya tidak mengerti maksud dari estimator, tolong diberi penjelasan
		2.	Ya , petunjuk pengisian kuesioner sudah diberikan dengan sangat jelas
		3.	Ya , sudah ada penjelasan di awal
		4.	Ya , sudah cukup baik
		5.	Ya , Total lampiran pertanyaan terlalu banyak
		6.	Sepertinya 1 hari karena banyaknya pertanyaan
		7.	Tidak , seluruh pertanyaan masih dalam konteks dan konten penelitian
		8.	Ya , masih dalam tahapan wajar
3.	Dana (Praktisi/operator)	9.	Ya , sepertinya seluruh pertanyaan sudah mampu mengukur keseluruhan konsep yang diinginkan peneliti
		10.	Ya , karena tidak terbatas ruang dan waktu
		11.	Tidak , sudah cukup lengkap
		1.	Tidak , semua cukup jelas
		2.	Ya , instruksi sudah ada
		3.	Ya , pertanyaan jelas

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
		4.	Ya , alur sudah baik
		5.	Ya , survei terlalu panjang tetapi masih masuk akal
		6.	Paling tidak 1 hari
		7.	Tidak ada
		8.	Ya , instrumen yang digunakan wajar
		9.	Ya , sudah relevan dengan bidang saya
		10.	Ya , sepertinya cukup membantu
		11.	Mungkin dikurangi lagi pertanyaannya karena dirasa terlalu banyak

Dari studi tahap pertama, didapatkan ada perubahan sedikit yang perlu dilakukan pada kuesioner, terutama pada bagian instruksi dan mekanisme pengisian kuesioner, selain itu juga penambahan pengertian istilah-istilah yang dianggap masih tidak familiar untuk membantu dalam pengisian kuesioner.

Kemudian setelah dilakukan perbaikan pada kuesioner inti berdasarkan hasil kuesioner pilot studi tahap 1, berikut ini adalah hasil dari kuesioner pilot studi tahap 2.

Tabel 4. 3 Hasil pilot studi tahap 2

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
1	Sugiharto (Praktisi/logistik proyek)	1.	Tidak , karena kata-kata yang digunakan pada umumnya merupakan yang sering dipakai pada aktivitas proyek
		2.	Ya , instruksi yang disampaikan sudah jelas

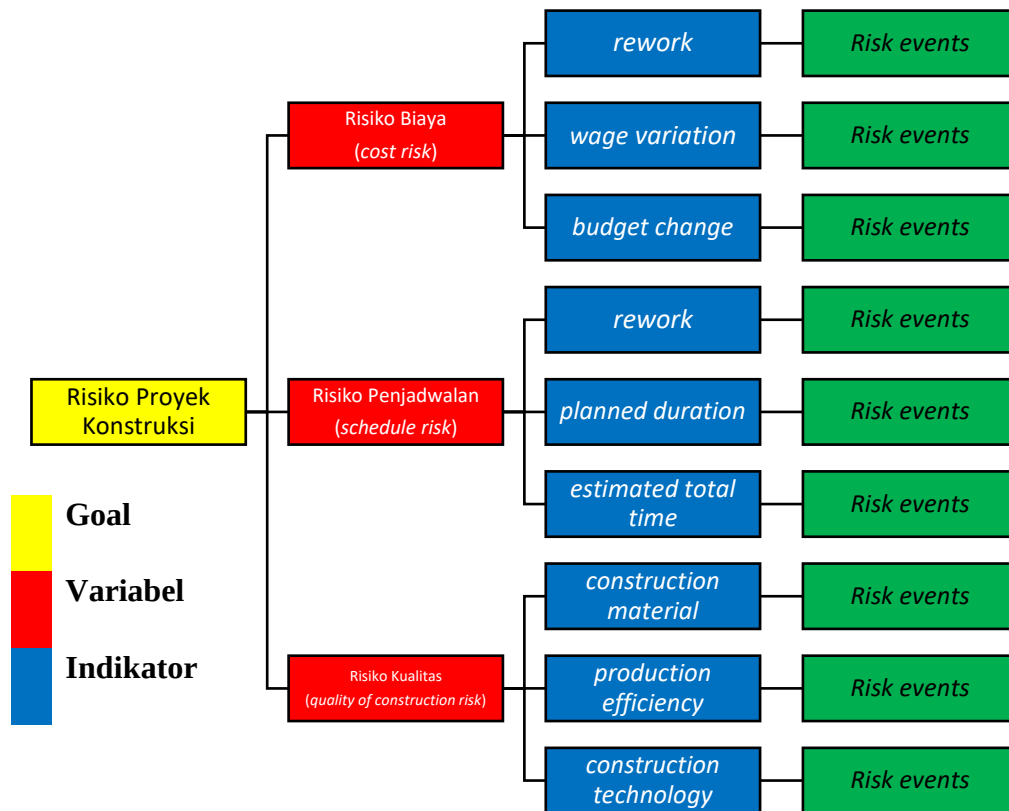
No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
		3.	Ya , cukup jelas untuk diikuti berdasarkan intruksi yang diberikan
		4.	Ya , formatnya cukup baik untuk diikuti
		5.	Ya , terlalu panjang karena selian itu juga banyak pekerjaan yang harus diselesaikan tiap hari
		6.	Waktu yang dibutuhkan 3 hari
		7.	Tidak , karena tidak ada nilai-nilai biaya dan sebagainya dalam proyek
		8.	Ya , wajar digunakan dalam penelitian
		9.	Ya , sudah cukup sesuai untuk ranah penelitian mahasiswa
		10.	Ya , cukup membantu untuk orang-orang yang sulit ditemui secara langsung
		11.	Tidak , sudah cukup baik
		1.	Tidak , sudah ada penjelasan di awal
		2.	Ya , sudah ada penjelasan di awal
2.	Prima (Praktisi/surveyor)	3.	Ya , untuk saat ini masih cukup jelas
		4.	Ya , sudah cukup baik
		5.	Ya , pertanyaan yang diberikan terlalu panjang

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
		6.	Kalau bagi saya pribadi saya butuh waktu setidaknya 2 hari .
		7.	Tidak ada karena hanya sebatas penelitian
		8.	Ya , cukup wajar
		9.	Ya , cukup relevan dan sesuai
		10.	Ya , sangat membantu karena pengisian kuesioner dapat ditinggal dan diisi kapanpun
		11.	Ya , pertanyaannya jangan terlalu panjang.
		1.	Tidak , karena Bahasa yang digunakan cukup umum bagi orang awam
		2.	Ya , instruksi sudah ada dan cukup jelas untuk dipahami
		3.	Ya , pertanyaan jelas sesuai dengan instruksi yang diberikan
		4.	Ya , alurnya sudah baik dan cukup jelas
		5.	Ya , pertanyaannya banyak tetapi masih masuk akal dan wajar bagi penelitian setingkat skripsi
3.	Rifqi Arighi (Mahasiswa)	6.	3 hari
		7.	Tidak ada
		8.	Ya , metode kuesioner cukup wajar bagi penelitian mahasiswa

No.	Nama Responden (Pekerjaan)	No.	Jawaban
		9.	Ya , sudah cukup sesuai untuk mengukur sesuatu yang diinginkan oleh peneliti
		10.	Ya , sangat membantu untuk mendapatkan banyak responden
		11.	Tidak ada , cukup baik

Dari studi tahap kedua didapatkan tidak ada lagi perubahan yang perlu dilakukan pada kuesioner, hanya saja jumlah pertanyaan dianggap masih terlalu banyak. Namun pada penelitian ini masih dianggap wajar diakrenakan merupakan penelitian tugas akhir sehingga untuk mengatasi pertnyaan yang terlalu panjang, responden diberi waktu pengerjaan kuesioner selama 3 hari.

Dari hasil validitas dan reliabilitas awal ini didapatkan bahwa kuesioner dapat digunakan untuk mendapatkan penilaian terhadap variabel-variabel penelitian. Dalam melakukan identifikasi risiko, untuk mempermudah proses strukturisasi risiko pada tahap ini penulis akan mengelompokkan risiko dengan menggunakan RBS (*Risk Breakdown Structure*) berdasarkan penelitian Wan & Liu (2014) variabel atau aspek risiko utama pada proyek konstruksi dibagi menjadi tiga, yaitu risiko biaya (*cost risk*), risiko penjadwalan (*schedule risk*) dan risiko kualitas (*qulity of contruction risk*) yang masing-masing dari variabel tersebut terdiri dari beberapa indikator lagi. Berikut ini adalah identifikasi risiko awal yang telah dilakukan.



Gambar 4. 1 *Risk breakdown structure (RBS)*

Setelah selesai melakukan pengkategorian risiko, berikut adalah hasil identifikasi risiko pada proyek konstruksi berdasarkan studi literatur pada jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya.

1. Variabel Risiko Biaya (*Cost Risk*)

Variabel risiko biaya adalah segala sesuatu yang berpotensi menimbulkan peningkatan pengeluaran biaya pada proyek konstruksi. Berikut ini adalah identifikasi risiko pada variabel risiko biaya.

Tabel 4. 4 Identifikasi variabel risiko biaya (*cost risk*)

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
1.	Rework	X1. Kurangnya informasi dalam gambar desain (Sutowijoyo, 2011) X2. Ketidakjelasan mengenai informasi pekerjaan tambahan dari <i>owner</i> (Praboyo, 1999) X3. Keinginan <i>owner</i> yang suka berubah sehingga informasi mengenai proyek menjadi tidak pasti (Vrijhoef <i>et al.</i>, 2001) X4. <i>Owner</i> meminta perubahan terhadap pekerjaan yang sudah selesai (Praboyo, 1999) X5. Hasil pekerjaan subkontraktor yang tidak memenuhi standar (Sutowijoyo, 2011) X6. Kesalahan desain yang tidak terdeteksi oleh kontraktor saat proses tender (Nasirzadeh <i>et al.</i>, 2017) X7. Kesalahan konstruksi dikarenakan kesalahan desain tetapi tidak diperiksa oleh	- Ketelitian yang kurang dari drafter (<i>owner</i>) - Level kematangan desain tidak tersedia lengkap - Keterlambatan administrasi informasi - Tidak terjadinya <i>schedule of rate</i> untuk mengantisipasi pekerjaan tambahan - Adanya keperluan atau kepentingan lain yang berkaitan dengan seluruh <i>stakeholder</i> proyek tersebut - Desain tidak cocok pada saat pelaksanaan - Spesifikasi yang kurang detail & akurat - Terjadinya kesalahan dalam menyebutkan spesifikasi dalam kontrak - Kinerja karyawan dalam hal kualitas sangat buruk - Tidak ada pengalaman dengan proyek sebelumnya - Tidak lengkap dan komplitnya gambar saat tender - Desain yang belum komplit - Keterlambatan dalam persetujuan review desain

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
		kontraktor dengan cepat (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2017)	
2.	Perbedaan gaji (<i>wage variation</i>)	X8. Waktu kerja/lembur yang berlebihan (Wan & Liu, 2014)	- Keterbatasan waktu untuk penyelesaian proyek/pencapaian target
		X9. Jumlah pekerja yang terlalu banyak (Wan & Liu 2014)	- Kurangnya pengalaman pemberi kerja - Kurangnya tenaga ahli, karena waktu yang disediakan terbatas
3.	Perubahan anggaran (<i>budget change</i>)	X10. Ketidakjelasan/kesalahan mendapatkan informasi lingkup pekerjaan dari <i>owner</i> dan <i>designer</i> (Vrijhoef <i>et al.</i> , 2001)	- Terlambat dalam memproses permintaan data atau informasi yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek - Kurangnya akses informasi ke site
		X11. Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi mengenai spesifikasi bahan/pekerjaan antara kontraktor dengan sub kontraktor/ <i>supplier</i> (Sutowijoyo, 2011)	- Spesifikasi yang kurang detail & akurat - Terjadinya kesalahan dalam menyebutkan spesifikasi dalam kontrak
		X12. Buruknya manajemen keuangan <i>owner</i> hingga kehabisan modal (Nugraheni, 2012)	- Tidak akuratnya perhitungan serta kurangnya kompetensi dan pengalaman dari <i>owner</i>
		X13. Manajemen keuangan sub kontraktor yang buruk sehingga sub kontraktor mengalami kebangkrutan (Nugraheni, 2012)	- Tidak akuratnya perhitungan serta kurangnya kompetensi dan pengalaman dari sub kontraktor

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
	X14.	Kesalahan kebijakan dalam sistem pembayaran (Sutowijoyo, 2011)	- <i>Estimator</i> kurang memahami <i>scope of work</i> - Tidak adanya penjelasan tentang sistem pembayaran dalam kontrak - Kurangnya pengalaman dan kompetensi
	X15.	Kesalahan informasi harga dari sub kontraktor/ <i>supplier</i> dengan yang ada di kontrak (Sutowijoyo, 2011)	- <i>Estimator</i> kurang paham dalam membaca spesifikasi material maupun pekerjaan - <i>Estimator</i> tidak menghitung kembali seluruh <i>quantity</i> berdasarkan gambar tender - <i>Estimator</i> tidak menganalisa harga satuan setiap pekerjaan
	X16.	Kehilangan/kerusakan material dan peralatan dalam perjalanan (Labombang, 2011)	- <i>Estimator</i> tidak melakukan site visit untuk memahami kondisi lokasi - Tidak dilakukan identifikasi risiko yang akan dihadapi selama masa pelaksanaan konstruksi
	X17.	Terjadinya peningkatan tarif pajak / BBM (Sutowijoyo, 2011)	- Perubahan kebijakan dan arus keuangan pemerintah dan dunia

2. Variabel Risiko Penjadwalan (*Schedule Risk*)

Variabel risiko biaya adalah segala sesuatu yang berpotensi menimbulkan peningkatan durasi dari pengerjaan proyek.

Tabel 4. 5 Identifikasi variabel risiko penjadwalan (*schedule risk*)

No.	Indikator	Risk Event		Penyebab
1.	Durasi yang tak terjadwalkan (<i>unplanned duration</i>)	X18.	Susahnya mendapatkan <i>approval</i> material izin kerja dan gambar kerja dari <i>owner</i> (Vrijhoef <i>et al.</i> , 2001)	- Spesifikasi kurang detail & akurat - Desain tidak cocok - Tidak lengkap dan komplitnya gambar - Perubahan perintah dari <i>owner</i>
		X19.	Lambatnya <i>owner</i> dalam mensuplai material (Sudarsono <i>et al.</i> , 2014)	- Kegagalan dalam order material dan peralatan tepat waktu untuk memenuhi kebutuhan <i>schedule</i> pekerjaan - Perubahan pendanaan dari <i>owner</i>
		X20.	Adanya penundaan pekerjaan dari <i>owner</i> (Nugraheni, 2012)	- Perintah penangguhan pekerjaan - Perubahan perintah dari <i>owner</i>
		X21.	Sub kontraktor terlambat dalam menyelesaikan pekerjaan (Sutowijoyo, 2011)	- Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup - Produktivitas kerja rendah - Perencanaan, koordinasi atau manajemen pekerjaan yang tidak cukup
		X22.	Mobilisasi sumber daya (bahan baku, perlatan, tenaga kerja) yang lambat dari <i>supplier</i> /sub kontraktor (Sutowijoyo, 2011)	- <i>Estimator</i> tidak melakukan <i>site visit</i> untuk memahami kondisi lokasi
		X23.	Susahnya mendapatkan jenis bahan baku yang diinginkan <i>owner</i> (Dei, 2017)	- Kualitas dan kelangkaan produk - Produk berasal dari luar negeri (impor)
		X24.	Lokasi proyek yang sulit sehingga susah dalam	- <i>Estimator</i> tidak melakukan <i>site visit</i> untuk memahami kondisi lokasi

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
		mensuplai material / membawa peralatan berat (Sutowijoyo, 2011)	- Kondisi fisik di lapangan tidak sesuai dengan yang ada dalam kontrak
		X25. Terjadinya bencana alam/cuaca ekstrim (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2007)	- Faktor eksternal bumi yang tidak dapat diprediksikan
		X26. Terjadinya kecelakaan kerja (Sudarsono <i>et al.</i> , 2014)	- Kurangnya pengawasan terhadap alat pelindung diri saat bekerja
		X27. Penundaan karena penolakan material yang tidak sesuai spesifikasi (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2007)	- Kesadaran akan keselamatan kerja dari pegawai rendah
		X28. Kerusakan alat/mesin yang mengganggu aktivitas proyek (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2007)	- Keterlambatan dalam persetujuan review desain
2.	Estimasi waktu total (<i>estimated total time</i>)	X29. Penambahan jumlah karyawan dan pekerja di luar kontrak (Wan & Liu, 2014)	- Manajemen pekerjaan yang buruk
			- Kualitas mesin/alat yang di bawah standar
			- <i>Estimator</i> tidak membuat review tentang sumber daya yang diperlukan
			- Kondisi sebenarnya yang ada di lapangan baru diketahui setelah pekerjaan berlangsung
			- Kurangnya pengalaman manajer dalam pengaturan jadwal dan perencanaan
			- <i>Job meeting</i> yang tidak teratur sehingga pekerjaan tidak terkoordinir dengan baik

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
		X30. Penambahan waktu kerja dan <i>training</i> pekerja (Wan & Liu, 2014)	- Kinerja karyawan dalam hal kualitas sangat buruk - Kurangnya pengalaman dengan proyek sejenis sebelumnya
		X31. Pertumbuhan progress dari pengerjaan proyek yang lambat (Wan & Liu, 2014)	- Tidak ada pengalaman dengan proyek sebelumnya - Produktivitas kerja yang rendah

3. Variabel Risiko Kualitas Proyek (*Quality of Construction Risk*)

Variabel risiko kualitas proyek adalah segala sesuatu yang berpotensi menimbulkan kualitas dari proyek itu sendiri menurun.

Tabel 4. 6 Identifikasi variabel risiko kualitas proyek (*quality of construction risk*)

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
1.	Material konstruksi (<i>construction material</i>)	X43. <i>Owner</i> mengirim material yang tidak sesuai dengan rencana awal (Vrijhoef <i>et al.</i> , 2001)	- Spesifikasi yang kurang detail dan akurat - Terjadinya kesalahan dalam menyebutkan spesifikasi dalam kontrak - Tidak adanya klausul yang berhubungan dengan adanya perubahan-perubahan yang terjadi dalam kontrak
		X44. Kualitas material dari <i>supplier</i> kontraktor yang tidak memenuhi standar (Sutowijoyo, 2011)	- Spesifikasi yang kurang detail dan akurat - Terjadi kesalahan dalam menyebutkan spesifikasi dalam kontrak
		X45. Material digunakan secara berlebihan oleh sub kontraktor tanpa perhitungan yang tepat (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2007)	- Kinerja karyawan dalam hal kualitas sangat buruk - Tidak ada pengalaman dengan proyek sebelumnya

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
2.	Efisiensi kerja (<i>work efficiency</i>)	X46. <i>Owner</i> menuntut kualitas hasil pekerjaan diatas kontrak (Dei, 2017)	- Adanya pekerjaan yang berbeda dengan spesifikasi yang ada dalam kontrak - Adanya permintaan akselerasi pekerjaan yang dilakukan oleh pemberi kerja
		X47. Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah (Nugraheni, 2012)	- Tidak ada pengalaman dengan proyek sejenis sebelumnya - Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup - <i>Estimator</i> tidak membuat review tentang sumber daya yang diperlukan
		X48. Menurunnya produktivitas tenaga kerja (Sutowijoyo, 2011)	- Tidak adanya <i>schedule of rate</i> untuk mengantisipasi pekerjaan tambahan - Kurangnya pengalaman manajer dalam pengaturan jadwal dan perencanaan
		X49. Manajemen tenaga kerja yang buruk oleh sub kontraktor (Dei, 2017)	- Kurangnya pengalaman dalam pengaturan dan penjadwalan kerja - <i>Job meeting</i> yang tidak teratur sehingga pekerjaan tidak terkoordinir dengan baik
		X50. Moral dan motivasi tenaga kerja yang buruk (Nugraheni, 2012)	- Kurangnya pengalaman - Kurangnya tenaga ahli, karena waktu yang disediakan terbatas - Beban kerja yang tinggi
		X51. Kurangnya pengawasan kontraktor terhadap sub kontraktor (Nugraheni, 2012)	- Kurangnya pengalaman dari pemberi kerja - Jumlah pekerja yang terlalu banyak
		X52. Kurangnya tenaga yang handal dalam pengawasan	- Kurangnya pengalaman - Kurangnya tenaga ahli, karena waktu yang disediakan terbatas

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
		atau kontrol (Nugraheni, 2012)	- Jumlah pekerja yang terlalu banyak
		X53. Kurangnya pengalaman atau kecakapan pekerja (Kaming <i>et al.</i> , 2010)	- Kurangnya pengalaman dalam pengerjaan proyek yang sejenis sebelumnya
3.	Teknologi konstruksi (<i>construction technology</i>)	X54. Minimnya sumber daya alat dan manusia yang dimiliki perusahaan dalam melakukan pertukaran informasi (Sutowijoyo, 2011)	- Keterlambatan administrasi informasi - Perubahan pendanaan dari <i>owner</i> - Kurangnya akses informasi ke site
		X55. Perubahan teknologi / alat yang digunakan pada proyek konstruksi (Banaitiene & Banaitis, 2012)	- Perubahan pendanaan dari <i>owner</i> - Adanya kerusakan mesin atau alat saat proses konstruksi berlangsung
		X56. Kualitas mesin / alat yang kurang baik (di bawah standar) (Banaitiene & Banaitis, 2012)	- Terbatasnya pendanaan dari <i>owner</i> - Pekerjaan yang tidak dapat terkoordinir dengan baik sehingga mesin mengalami <i>overuse</i>

Selain tiga aspek/variabel risiko tersebut, terdapat 1 variabel lagi yang juga berpengaruh terhadap kinerja proyek konstruksi, variabel tersebut adalah risiko variabel lingkungan.

4. Variabel Risiko Lingkungan (*Environment Risk*)

Variabel risiko lingkungan adalah segala sesuatu yang berasal dari luar proyek konstruksi yang mempengaruhi kinerja dari proyek konstruksi.

Tabel 4. 7 Identifikasi variabel risiko lingkungan (*environment risk*)

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
1.	Kebijakan (<i>policy</i>)	X32. Perubahan regulasi keamanan pekerja (Nasirzadeh <i>et al.</i> , 2007)	- Banyaknya terjadi kecelakaan kerja - Upaya peningkatan mutu kerja dari pemerintah
		X33. Perubahan/penambahan permintaan yang memaksa dari stakeholder baru (Banaitiene & Banaitis, 2012)	- Adanya permintaan akselerasi pekerjaan yang dilakukan oleh pemberi kerja - Perubahan pendanaan - Desain tidak cocok pada saat pelaksanaan
		X34. Penilaian publik yang buruk (Banaitiene & Banaitis, 2012)	- Kurangnya sosialisasi sebelumnya kepada lingkungan sekitar - Kurangnya akses informasi terkait proyek
		X35. Perubahan perundang-undangan (Labombang, 2011)	- Situasi politik dalam negeri yang tidak menentu
		X36. Ketidakpastian dari kebijakan pemerintah (Labombang, 2011)	- Situasi politik dalam negeri yang tidak menentu - Situasi politik Internasional dan negara asal proyek yang tidak menentu
		X37. Pertumbuhan suku bunga yang tidak stabil (Wan & Liu, 2014)	- Situasi politik yang tidak menentu - Situasi pasar internasional yang tidak menentu
		X38. Laju inflasi yang tidak menentu (Wan & Liu, 2014)	- Situasi politik yang tidak menentu - Situasi pasar internasional yang tidak menentu
2.	Makro Ekonomi	X39. Fluktuasi permintaan pasar terhadap produk dan jasa yang dihasilkan (Labombang, 2011)	- Krisis ekonomi - Kebijakan fiskal dan moneter pemerintah - Harga dan suku bunga yang terus berubah - Aktivitas transaksi internasional tidak menentu

No.	Indikator	Risk Event	Penyebab
3.	<i>Force Majeur</i>	X40. Terjadinya peperangan (Labombang, 2011)	- Situasi politik yang tidak menentu - Situasi politik internasional yang memanas
		X41. Terjadinya revolusi dan perubahan hukum (Labombang, 2011)	- Situasi politik yang tidak menentu - Situasi politik internasional yang memanas
		X42. Situasi politik yang memburuk di negara pemilik proyek (Labombang, 2011)	- Situasi politik yang tidak menentu - Situasi politik internasional yang memanas

Setelah dilakukan identifikasi risiko dengan menggunakan kuesioner tahap 1 yang dibagikan kepada *expert*, maka **didapatkan Risk event nomor 19 dan 46 (X19 dan X46) tidak valid**, dikarenakan 3 dari 5 orang *expert* menyatakan tidak setuju *risk event* tersebut berada pada proyek yang ditangani mereka.

4.1.2 Penilaian dan Penerimaan Risiko

Penilaian risiko dilakukan dengan menyebarkan kuesioner tahap dua, yang mana berisi frekuensi dan konsekuensi (dampak). Kuesioner ini akan diisi oleh responden yang sama pada kuesioner tahap 1, kemudian untuk mendapatkan nilai risiko dapat dilakukan dengan mengalikan nilai frekuensi dan nilai konsekuensi (Zhi, 1995). Untuk penilaian kriteria dampak dan frekuensi adalah sebagai berikut ini.

1 = Sangat Rendah

2 = Rendah

3 = Sedang

4 = Tinggi

5 = Sangat Tinggi

Pengambilan nilai kriteria dari penyebaran kepada lima responden dilakukan dengan memberi bobot pada masing-masing responden sesuai dengan jabatan yang dipegang, untuk manajer proyek diberikan bobot 5, QC dan K3 diberikan bobot 3 dikarenakan berada pada level yang sama dalam struktur kepengurusan proyek, *chief engineer* diberikan bobot 2 dan operator diberikan bobot 1. Dalam pemberian nilai bobot ini telah dikonfirmasi kepada *expert* yang bersangkutan. Kemudian setelah pengkalian nilai jawaban dengan bobot masing-masing responden, barulah membagi total nilai dengan total bobot dari masing-masing responden.

Berdasarkan Patrickson *et al.* (2012), nilai kriteria dampak dan frekuensi di atas diberikan skala penilaian seperti berikut ini.

Tabel 4. 8 Kategori penilaian frekuensi

Interval	Persentase Kejadian
1	$\leq 20 \%$
2	$> 20 \% - 40 \%$
3	$> 40 \% - 60 \%$
4	$> 60 \% - 80 \%$
5	$> 80 \% - 100 \%$

Sumber: (Patrickson *et al.*, 2012)

Tabel 4. 9 Kategori penilaian dampak

Interval	Persentase Biaya
1	$\leq 1 \%$ dari nilai kontrak
2	$> 1 - 2 \%$ dari nilai kontrak
3	$> 2 - 3 \%$ dari nilai kontrak
4	$> 3 - 4 \%$ dari nilai kontrak
5	$> 4 \%$ dari nilai kontrak

Sumber: (Patrickson *et al.*, 2012)

Penerimaan risiko dilakukan dengan mengacu pada tabel penerimaan risiko yang dibuat oleh Godfrey (1996) untuk memperoleh risiko yang tergolong *major risk* (*unacceptable* dan *undesirable*), Tabel penerimaan risiko dapat dilihat seperti berikut ini.

Tabel 4. 10 Skala penerimaan risiko

Penerimaan Risiko	Skala Penerimaan
<i>Unacceptable</i> (tidak dapat diterima)	$15 \leq x \leq 25$
<i>Undesirable</i> (tidak diharapkan)	$8 \leq x \leq 15$
<i>Acceptable</i> (dapat diterima)	$3 \leq x \leq 8$
<i>Negligible</i> (diterima sepenuhnya)	$1 \leq x \leq 3$

Sumber: (Godfrey, 1996)

Hasil dari penilaian risiko berdasarkan kuesioner tahap dua (*risk event* dengan kode X19 dan X46 sudah dihapus) dapat dilihat pada tabel berikut ini.

1. Variabel Risiko Biaya (*Cost Risk*)

Berdasarkan hasil kuesioner tahap dua, didapatkan nilai dampak dan frekuensi risiko terhadap kinerja proyek konstruksi yang termasuk ke dalam variabel biaya kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai risiko yang merupakan perkalian dari frekuensi dan dampak untuk dapat menentukan *ranking* atau penerimaan risiko.

Tabel 4. 11 Penilaian dan Penerimaan Risiko Biaya

No.	Indikator	<i>Risk Event</i>	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
1	<i>Rework</i>	x1 Kurangnya informasi dalam gambar desain.	4	4	16
		x2 Ketidakjelasan mengenai informasi pekerjaan tambahan dari <i>owner</i> .	3	3	9
		x3 Keinginan <i>owner</i> yang suka berubah sehingga informasi mengenai proyek menjadi tidak pasti.	4	4	16
		x4 <i>Owner</i> meminta perubahan terhadap pekerjaan yang sudah selesai.	3	3	9
		x5 Hasil pekerjaan subkontraktor yang tidak memenuhi standar.	3	4	12

No.	Indikator	Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
		x6 Kesalahan desain yang tidak terdeteksi oleh kontraktor saat proses tender.	4	3	12
		x7 Kesalahan konstruksi dikarenakan kesalahan desain tetapi tidak diperiksa oleh kontraktor dengan cepat.	4	3	12
2	Perbedaan gaji (<i>wage variation</i>)	x8 Waktu kerja/lembur yang berlebihan.	3	3	9
		x9 Jumlah pekerja yang terlalu banyak.	2	2	4
3	Perubahan anggaran (<i>budget change</i>)	x10 Ketidakjelasan/kesalahan mendapatkan informasi lingkup pekerjaan dari <i>owner</i> dan designer.	3	2	6
		x11 Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi mengenai spesifikasi bahan/pekerjaan antara kontraktor dengan sub kontraktor/ <i>supplier</i> .	3	3	9
		x12 Buruknya manajemen keuangan <i>owner</i> hingga kehabisan modal.	4	2	8
		x13 Manajemen keuangan sub kontraktor yang buruk sehingga sub kontraktor mengalami kebangkrutan.	2	2	4
		x14 Kesalahan kebijakan dalam sistem pembayaran.	2	2	4
		x15 Kesalahan informasi harga dari sub kontraktor/ <i>supplier</i> dengan yang ada di kontrak.	3	2	6

No.	Indikator	Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
		x16 Kehilangan/kerusakan material dan peralatan dalam perjalanan.	4	3	12
		x17 Terjadinya peningkatan tarif pajak / BBM.	4	4	16

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa risiko yang tergolong dalam kategori *unacceptable* sebanyak 3 risiko (18 %), kategori *undesirable* sebanyak 8 risiko (47 %), kategori *acceptable* sebanyak 6 risiko (35 %) dan tidak ada risiko yang tergolong *negligible* (0 %). Dari total risiko yang teridentifikasi pada variabel biaya, yang tergolong *major risk* adalah 11 risiko.

2. Variabel Risiko Penjadwalan (*Schedule Risk*)

Berdasarkan hasil kuesioner tahap dua, didapatkan nilai dampak dan frekuensi risiko terhadap kinerja proyek konstruksi yang termasuk ke dalam variabel penjadwalan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai risiko yang merupakan perkalian dari frekuensi dan dampak untuk dapat menentukan *ranking* atau penerimaan risiko.

Tabel 4. 12 Penilaian dan Penerimaan Risiko Penjadwalan

No.	Indikator	Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
1	Durasi yang tak terjadwalkan (<i>unplanned duration</i>)	x18 Susahnya mendapatkan approval material izin kerja dan gambar kerja dari <i>owner</i> .	3	3	9
		x20 Adanya penundaan pekerjaan dari <i>owner</i> .	4	4	16
		x21 Sub kontraktor terlambat dalam menyelesaikan pekerjaan.	4	3	12
		x22 Mobilisasi sumber daya (bahan baku, peralatan, tenaga kerja) yang lambat dari <i>supplier</i> /sub kontraktor.	3	3	9
		x23 Susahnya mendapatkan jenis bahan baku yang diinginkan <i>owner</i> .	2	3	6

No.	Indikator	Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
		x24 Lokasi proyek yang sulit sehingga susah dalam mensuplai material / membawa peralatan berat.	3	3	9
		x25 Terjadinya bencana alam/cuaca ekstrim.	3	2	6
		x26 Terjadinya kecelakaan kerja.	3	3	9
		x27 Penundaan karena penolakan material yang tidak sesuai spesifikasi.	2	2	4
		x28 Kerusakan alat/mesin yang mengganggu aktivitas proyek.	4	3	12
2	Estimasi waktu total (<i>estimated total time</i>)	x29 Penambahan jumlah karyawan dan pekerja di luar kontrak.	2	2	4
		x30 Penambahan waktu kerja dan training pekerja.	2	3	6
		x31 Pertumbuhan progress dari pengerjaan proyek yang lambat.	5	3	15

Dari tabel 4.12 dapat dilihat bahwa risiko yang tergolong dalam kategori *unacceptable* sebanyak 1 risiko (8 %), kategori *undesirable* sebanyak 7 risiko (54 %), kategori *acceptable* sebanyak 5 risiko (38 %) dan tidak ada risiko yang tergolong *negligible* (0 %). Dari total risiko yang teridentifikasi pada variabel biaya, yang tergolong *major risk* adalah 8 risiko.

3. Variabel Risiko Lingkungan (*Environment Risk*)

Berdasarkan hasil kuesioner tahap dua, didapatkan nilai dampak dan frekuensi risiko terhadap kinerja proyek konstruksi yang termasuk ke dalam variabel lingkungan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai risiko yang merupakan perkalian dari frekuensi dan dampak untuk dapat menentukan *ranking* atau penerimaan risiko.

Tabel 4. 13 Penilaian dan Penerimaan Risiko Lingkungan

No.	Indikator		Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
1	Kebijakan (policy)	x32	Perubahan regulasi keamanan pekerja.	2	3	6
		x33	Perubahan/penambahan permintaan yang memaksa dari stakeholder baru.	2	3	6
		x34	Penilaian publik yang buruk.	3	3	9
		x35	Perubahan perundang-undangan.	3	2	6
		x36	Ketidakpastian dari kebijakan pemerintah.	3	2	6
2	Makro Ekonomi	x37	Pertumbuhan suku bunga yang tidak stabil.	3	3	9
		x38	Laju inflasi yang tidak menentu.	2	2	4
		x39	Fluktuasi permintaan pasar terhadap produk dan jasa yang dihasilkan.	3	3	9
		x40	Terjadinya peperangan.	5	1	5
		x41	Terjadinya revolusi dan perubahan hukum.	2	2	4
		x42	Situasi politik yang memburuk di negara pemilik proyek.	3	2	6

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa risiko yang tergolong dalam kategori *unacceptable* tidak ada (0 %), kategori *undesirable* sebanyak 3 risiko (27 %), kategori *acceptable* sebanyak 8 risiko (73 %) dan tidak ada risiko yang tergolong *negligible* (0 %). Dari total risiko yang teridentifikasi pada variabel biaya, yang tergolong *major risk* adalah 3 risiko.

4. Variabel Risiko Kualitas Proyek (*Quality of Construction Risk*)

Berdasarkan hasil kuesioner tahap dua, didapatkan nilai dampak dan frekuensi risiko terhadap kinerja proyek konstruksi yang termasuk ke dalam variabel kualitas proyek kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai risiko yang merupakan perkalian dari frekuensi dan dampak untuk dapat menentukan *ranking* atau penerimaan risiko.

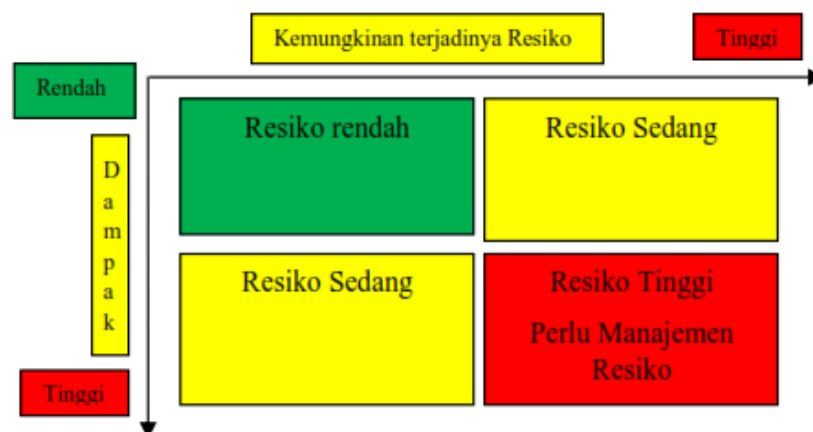
Tabel 4. 14 Penilaian dan Penerimaan Risiko Kualitas Proyek

No.	Indikator		Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
1	Material konstruksi (<i>Construction material</i>)	x43	Owner mengirim material yang tidak sesuai dengan rencana awal.	3	3	9
		x44	Kualitas material dari <i>supplier</i> kontraktor yang tidak memenuhi standar.	4	3	12
		x45	Material digunakan secara berlebihan oleh sub kontraktor tanpa perhitungan yang tepat.	3	2	6
		x47	Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah.	3	3	9
		x48	Menurunnya produktivitas tenaga kerja.	3	3	9
		x49	Manajemen tenaga kerja yang buruk oleh sub kontraktor.	2	2	4
		x50	Moral dan motivasi tenaga kerja yang buruk.	3	2	6
		x51	Kurangnya pengawasan kontraktor terhadap sub kontraktor.	2	4	8
		x52	Kurangnya tenaga yang handal dalam pengawasan atau kontrol.	2	4	8
		x53	Kurangnya pengalaman atau kecakapan pekerja.	4	3	12
3	Teknologi konstruksi (<i>construction technology</i>)	x54	Minimnya sumber daya alat dan manusia yang dimiliki perusahaan dalam melakukan pertukaran informasi.	4	1	4

No.	Indikator	Risk Event	Dampak (I)	Frekuensi (P)	Risk Value (P x I)
x55		Perubahan teknologi / alat yang digunakan pada proyek konstruksi.	3	3	9
x56		Kualitas mesin / alat yang kurang baik (di bawah standar).	3	2	6

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa risiko yang tergolong dalam kategori *unacceptable* tidak ada (0 %), kategori *undesirable* sebanyak 6 risiko (46 %), kategori *acceptable* sebanyak 7 risiko (54 %) dan tidak ada risiko yang tergolong *negligible* (0 %). Dari total risiko yang teridentifikasi pada variabel biaya, yang tergolong *major risk* adalah 6 risiko.

Berdasarkan penilaian dan penerimaan risiko yang telah dilakukan sebelumnya berikut ini adalah pemetaan dari keseluruhan risiko yang terdapat pada proyek konstruksi The Palace.



Gambar 4. 2 **Klasifikasi Risiko**

Sumber: (Smith, 1999)

	26 Risk Event	- 6 Risiko Biaya (<i>cost risk</i>) - 5 Risiko Penjadwalan (<i>schedule risk</i>) - 8 Risiko Lingkungan (<i>environment risk</i>) - 7 Risiko Kualitas proyek (<i>quality of construction risk</i>)
	24 Risk Event	- 8 Risiko Biaya (<i>cost risk</i>) - 7 Risiko Penjadwalan (<i>schedule risk</i>) - 3 Risiko Lingkungan (<i>environment risk</i>) - 6 Risiko Kualitas proyek (<i>quality of construction risk</i>)
	4 Risk Event	- 3 Risiko Biaya (<i>cost risk</i>) - 1 Risiko Penjadwalan (<i>schedule risk</i>) - 0 Risiko Lingkungan (<i>environment risk</i>) - 0 Risiko Kualitas proyek (<i>quality of construction risk</i>)

Dampak rendah - kemungkinan rendah, Risiko yang berada pada pojok kiri atas merupakan risiko yang tingkat risikonya rendah, sehingga dapat diabaikan atau dapat diterima.

Dampak rendah - kemungkinan tinggi, Risiko yang berada pada pojok kanan atas memiliki tingkat risiko sedang. Jika risiko ini terjadi, anda dapat dengan mudah mengatasinya dan meneruskan proyek. Tetapi, bagaimanapun harus mencari cara agar kemungkinan terjadinya risiko ini dapat ditekan.

Dampak tinggi - kemungkinan rendah, Risiko yang berada pada pojok kiri bawah memiliki dampak yang besar jika terjadi, namun risiko ini jarang terjadi. Untuk mengantisipasi hal ini anda harus melakukan hal-hal yang dapat mengurangi dampak yang diakibatkan jika risiko ini terjadi serta memiliki rencana cadangan jika risiko ini tidak dapat diatasi.

Dampak tinggi - kemungkinan tinggi, Risiko yang berada pada pojok kanan bawah ini merupakan risiko yang harus paling diwaspadai. Risiko ini merupakan prioritas utama yang harus ditangani.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Identifikasi Masalah dan Definisi Tujuan

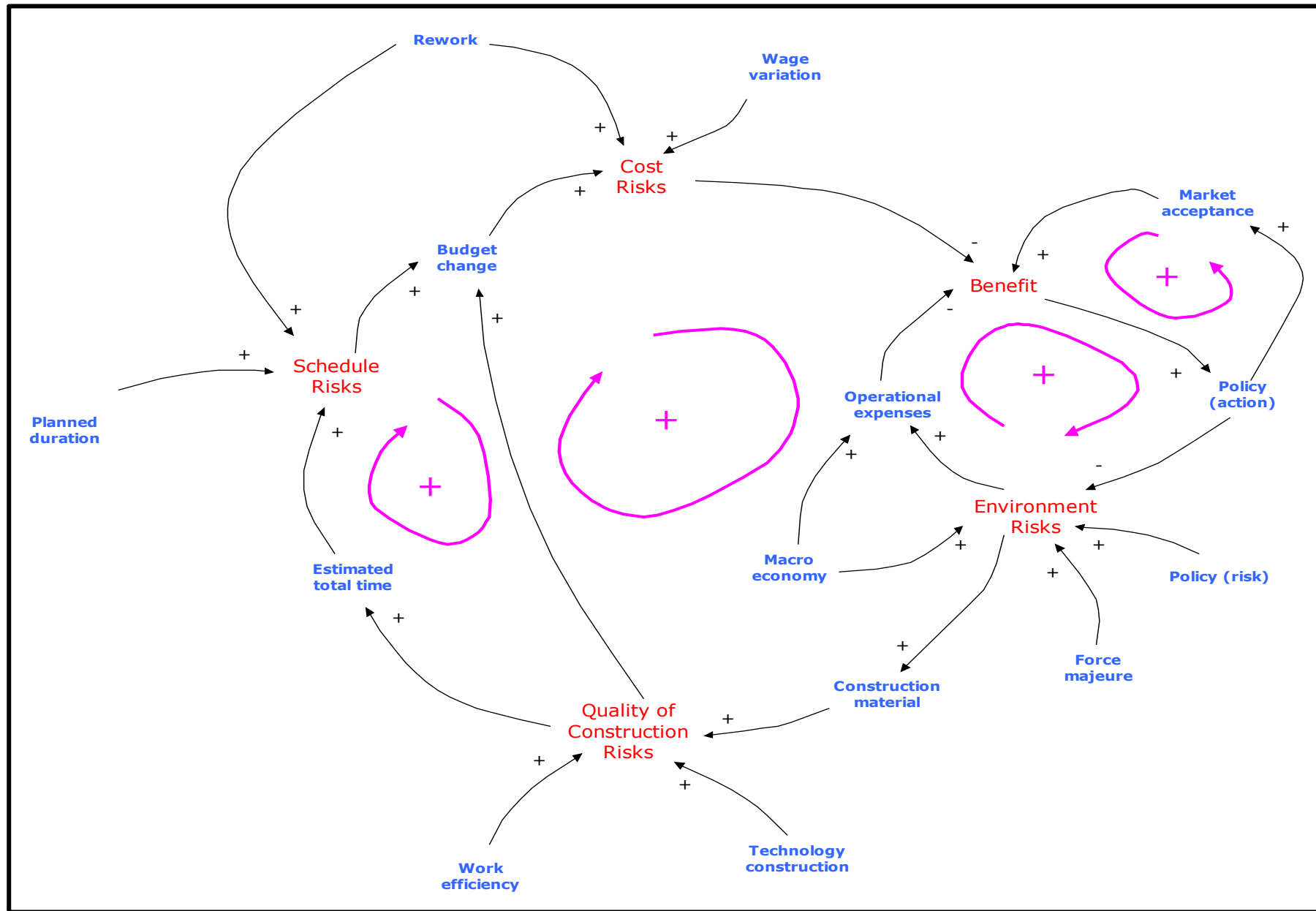
Analisis risiko adalah mengestimasi dan mengevaluasi konsekuensi sehubungan dengan dampak dari risiko, atau kombinasi dari tiap-tiap risiko dengan menggunakan teknik analisis, kemudian menilai dampak dari risiko tersebut dengan menggunakan beberapa macam teknik pengukuran (Bahar dan Crandall, 1990). Pada penelitian ini teknik yang akan digunakan adalah pendekatan sistem dinamik. Dengan menggunakan metode ini, semua sifat risiko sistemik dapat dipertimbangkan secara eksplisit. Dalam metode ini, risiko yang berbeda dapat dimodelkan sebagai *loop* umpan balik dan dampaknya terhadap tujuan proyek dapat diukur dari segi waktu, biaya dan kualitas secara efisien. Dibandingkan dengan pendekatan analisa risiko konvensional, pendekatan SD memiliki kemampuan untuk mengukur penuh dari risiko yang berbeda dengan mempertimbangkan efek langsung dan tidak langsung dari setiap risiko melalui analisis *loop* umpan balik.

Dari identifikasi masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan manajemen risiko sehingga mampu mengantisipasi dampak dari risiko-risiko yang berpotensi merugikan atau mengurangi pendapatan keuntungan dari perusahaan pengembang proyek maupun perusahaan sub kontraktor. Dengan manajemen risiko yang baik akan mampu mengurangi dampak/kerugian dari risiko-risiko yang ada.

4.2.2 Membuat Model Konseptual

Causal Loop Diagram (CLD) menggambarkan pola hubungan antar variabel yang terjadi di objek penelitian. Pembuatan model konseptual ini berdasarkan Risiko proyek dianalisis dalam pandangan pembangun proyek. Dalam model analisa risiko proyek The Palace ini akan dibagi menjadi lima sub model yang mana terdiri dari model risiko biaya, model risiko penjadwalan, model risiko kualitas konstruksi, model risiko lingkungan dan model keuntungan yang mana akan mengurangi dampak risiko. Risiko jadwal berarti kerugian akibat keterlambatan jadwal atau kehilangan langsung yang disebabkan oleh ketidakpastian dalam periode waktu yang telah ditentukan. Risiko kualitas konstruksi adalah masalah kualitas yang tidak terduga dan karena berbagai faktor dalam proses konstruksi. Risiko

biaya mengacu pada bahaya dengan meningkatkan biaya. Risiko lingkungan berarti tingkat kerusakan lingkungan akibat kecelakaan mendadak dalam proses konstruksi. Manfaat adalah segala sesuatu yang dapat mempengaruhi atau lebih tepatnya mengurangi dampak yang disebabkan karena seluruh risiko yang ada. Dalam model konseptual ini, variabel risiko yang akan dimodelkan adalah hanya variabel risiko dengan penilaian risiko berat dan sedang, hal ini dilakukan karena untuk variabel risiko rendah pada umumnya dapat diterima dan tidak terlalu berdampak signifikan pada kinerja proyek. Pembuatan CLD ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Powersim Studio 9. Berikut ini adalah model konseptual yang sudah dibuat.



Gambar 4. 3 Model manajemen risiko secara keseluruhan

4.2.2.1 Penjelasan Model Konseptual

Pada model tersebut dapat dilihat bahwa variabel risiko biaya dipengaruhi oleh tiga indikator, yaitu *rework*, *wage* dan *budget change*. Tanda (+) menyatakan relasi berbanding lurus, artinya apabila satu variabel meningkat/menurun maka variabel lainnya juga akan ikut meningkat/menurun, sedangkan tanda (-) adalah menyatakan relasi berbanding terbalik, artinya apabila satu variabel meningkat maka variabel lainnya akan menurun/berkurang, begitu juga sebaliknya apabila satu variabel menurun maka variabel lainnya justru meningkat. Pertama, yang akan dijelaskan adalah relasi antar variabel (berwarna merah). Risiko biaya memiliki relasi (-) terhadap variabel keuntungan, maka dapat dikatakan semakin banyak atau semakin besar risiko biaya maka akan mengurangi keuntungan yang didapat, begitupun sebaliknya apabila risiko biaya rendah maka keuntungan akan semakin banyak. Kemudian variabel benefit memiliki relasi (-) terhadap variabel risiko lingkungan, namun relasi tidak langsung terhubung, melainkan melalui indikator *policy (action)* dalam hal ini adalah kebijakan-kebijakan yang diambil oleh pihak perusahaan, semakin banyak keuntungan yang didapatkan maka kebijakan-kebijakan terkait peningkatan performansi dari proyek juga semakin meningkat, seperti peningkatan akses informasi terkait proyek, sosialisasi terkait pembangun proyek kepada masyarakat sekitar, peningkatan strategi marketing, dsb sehingga indikator *policy* ini bukan hanya meningkatkan indikator *market acceptance* tetapi juga dapat mengurangi dampak dari risiko lingkungan. Risiko lingkungan juga memiliki relasi (-) terhadap variabel keuntungan, namun relasinya tidak berhubungan langsung melainkan melalui indikator *operational expense* terlebih dahulu, artinya semakin banyak risiko lingkungan dalam hal ini melalui *macro economy* yang terdiri dari laju inflasi dan suku bunga juga perubahan politik terkait kebijakan pemerintah terkait proyek konstruksi maka pengeluaran (*operational expense*) akan semakin banyak dan keuntungan akan semakin sedikit. Selain itu, risiko lingkungan juga memiliki relasi (+) terhadap risiko kualitas proyek (material konstruksi), semakin besar risiko lingkungan maka semakin besar pula risiko kualitas. Semakin besar risiko kualitas maka semakin besar pula risiko penjadwalan dan semakin besar risiko penjadwalan maka risiko biaya akan semakin besar.

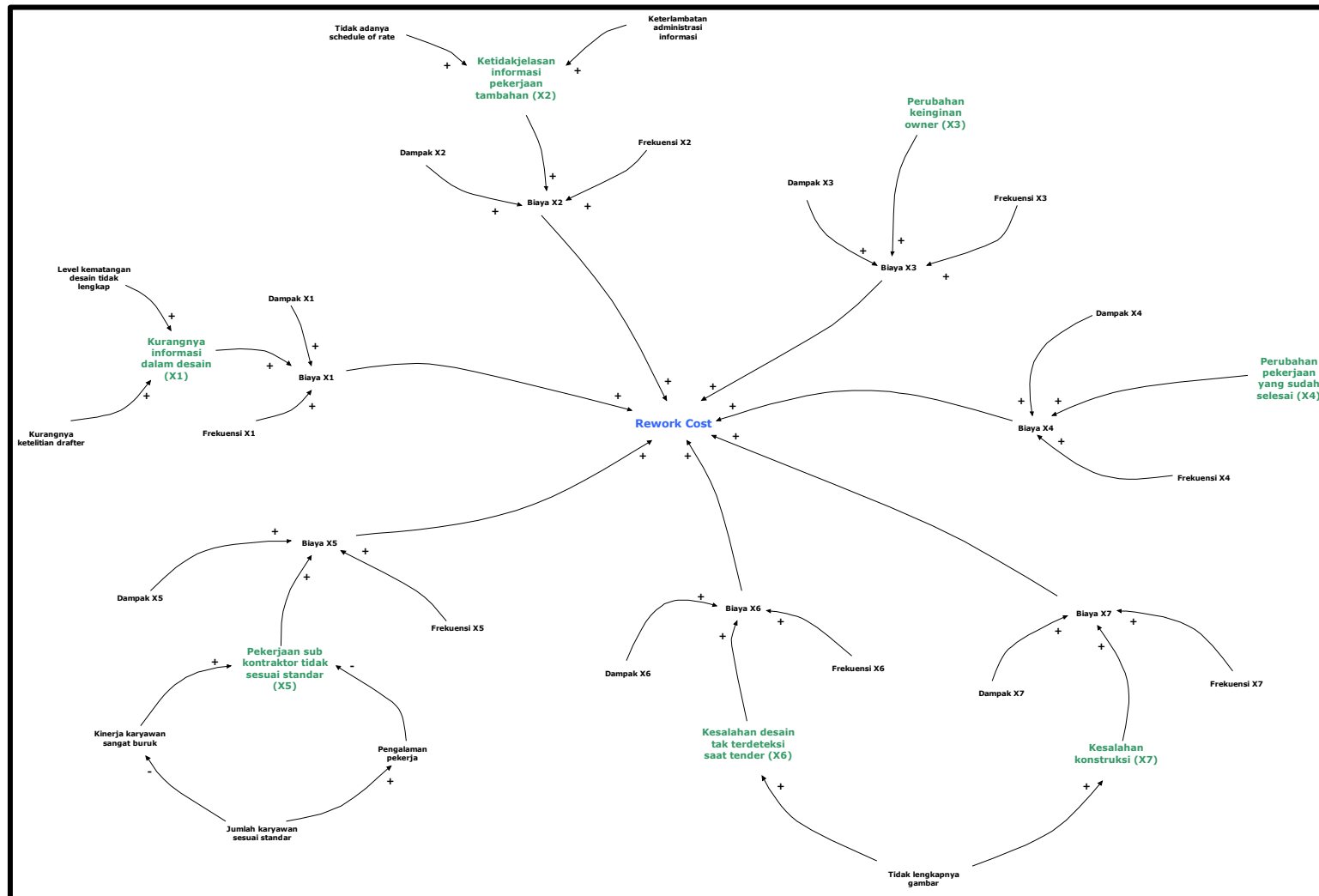
Kemudian masuk ke tahap penjelasan indikator, pada model dapat dilihat bahwa semakin banyak *rework* maka risiko biaya juga akan semakin meningkat, begitu juga semakin banyak gaji yang dikeluarkan untuk pegawai dalam indikator *wage variation* dan perubahan anggaran yang dilakukan maka risiko biaya juga akan semakin meningkat.

Selain itu *rework* juga mempengaruhi risiko penjadwalan, semakin banyak *rework* maka risiko penjadwalan juga akan semakin besar dikarenakan setiap *rework* yang dilakukan pasti akan memerlukan waktu lebih. Risiko penjadwalan juga dipengaruhi oleh durasi tak terjadwalkan (*unplanned duration*) dan estimasi waktu total. Estimasi waktu total disini maksudnya adalah penambahan hari dikarenakan progress dari pengerjaan proyek yang lambat. Semakin banyak durasi tak terjadwalkan dan estimasi waktu total, maka semakin besar juga risiko penjadwalan. Kemudian risiko kualitas disini, dilihat dari dua parameter yaitu parameter biaya dan parameter penambahan hari. Material konstruksi mempengaruhi kualitas proyek dari segi biaya, semakin buruk material konstruksi atau semakin banyak kesalahan spesifikasi material, maka biaya yang harus dikeluarkan juga semakin besar. Sedangkan teknologi konstruksi dan efesiensi kerja mempengaruhi kualitas proyek dari segi penambahan hari (penjadwalan). Semakin banyak perubahan teknologi/kerusakan alat yang digunakan pada konstruk maka semakin banyak juga penundaan hari yang terjadi, begitu juga semakin rendahnya efesiensi kerja maka pengerjaan penyelesaian proyek akan semakin lama. Risiko lingkungan dipengaruhi oleh tiga indikator, yaitu kebijakan, *force majeure* dan makro ekonomi. Semakin tinggi risiko kebijakan baik itu yang berasal dari kebijakan-kebijakan pemerintah seperti regulasi keamanan, dsb semakin tinggi risiko *force majeure* yang meliputi peperangan, revolusi, dsb serta semakin tingginya risiko makro ekonomi seperti pertumbuhan suku bunga dan tingkat inflasi maka semakin besar juga risiko lingkungan yang diterima. Pada model ini didapatkan satu variabel baru yang belum dijelaskan sebelumnya, yaitu variabel keuntungan. Variabel keuntungan disini dibutuhkan untuk melihat sejauh mana risiko-risiko tersebut berdampak pada keuntungan finansial perusahaan. Variabel ini dipengaruhi oleh pengeluaran operasional dan penerimaan/permintaan pasar akan produk/jasa yang dihasilkan. Semakin banyak pengeluaran maka pendapatan akan semakin sedikit, sedangkan semakin banyak permintaan terhadap jasa yang ditawarkan maka keuntungan akan semakin besar. Permintaan pasar dipengaruhi oleh kebijakan, namun kebijakan disini berbeda dengan kebijakan yang sudah dijelaskan sebelumnya, kebijakan disini maksudnya adalah kebijakan dan stabilitas regulasi dari pemerintah, semakin menguntungkan kebijakan yang diterapkan maka permintaan pasar juga akan semakin besar. Kemudian pengeluaran operasional juga dipengaruhi oleh makro ekonomi, semakin besar dampak makro ekonomi maka pengeluaran akan semakin besar juga.

4.2.2.2 Model Konseptual Tingkat Indikator

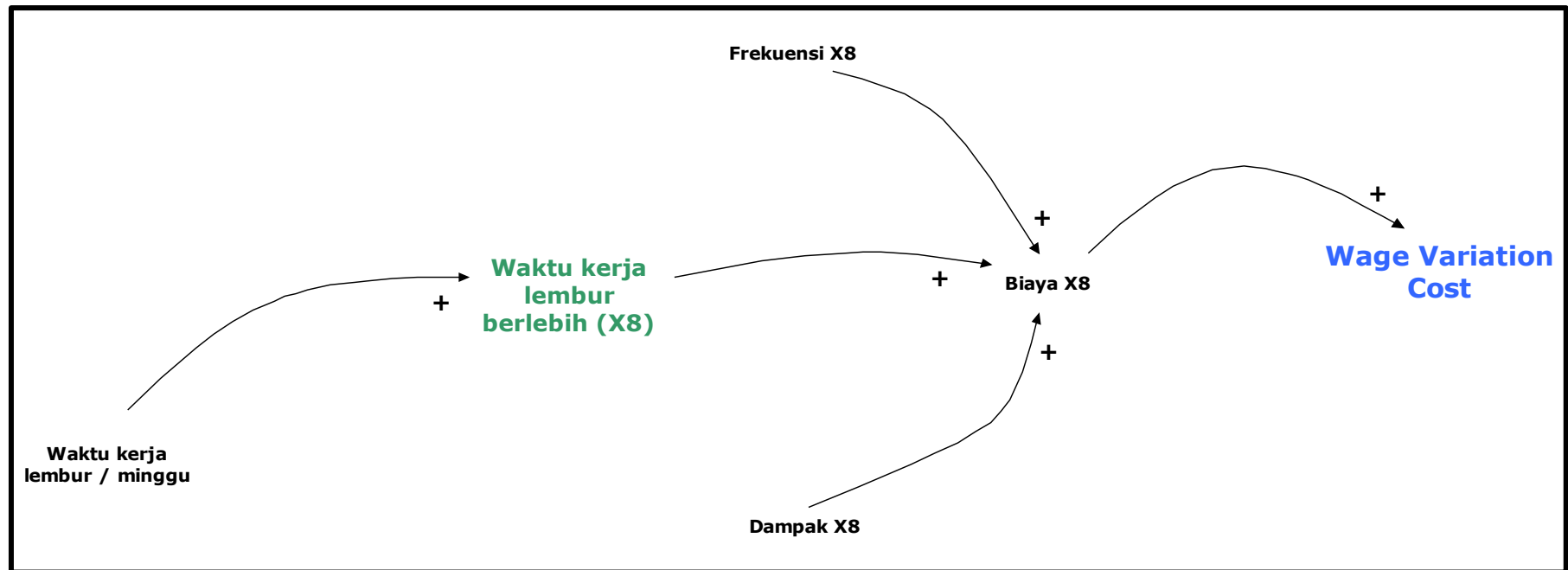
Selain model konseptual inti (variabel) yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat juga model konseptual lain yaitu model tingkat indikator, pada model ini akan digambarkan secara rinci apa saja yang mempengaruhi indikator. Berikut ini adalah model konseptual tingkat indikator.

1. Model *Rework Cost*



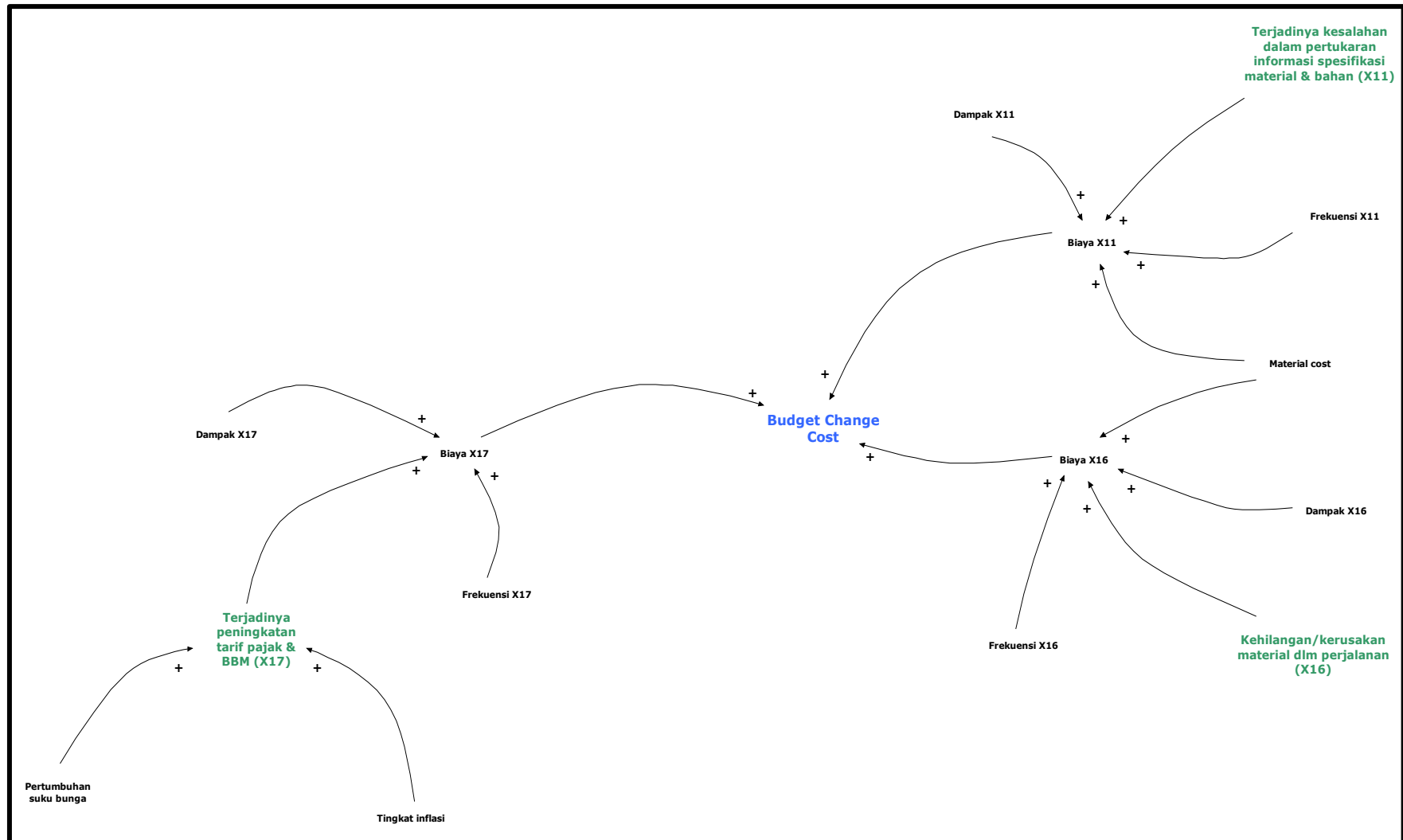
Gambar 4. 4 Model indikator *rework*

2. Model Perbedaan gaji (*wage variation*)



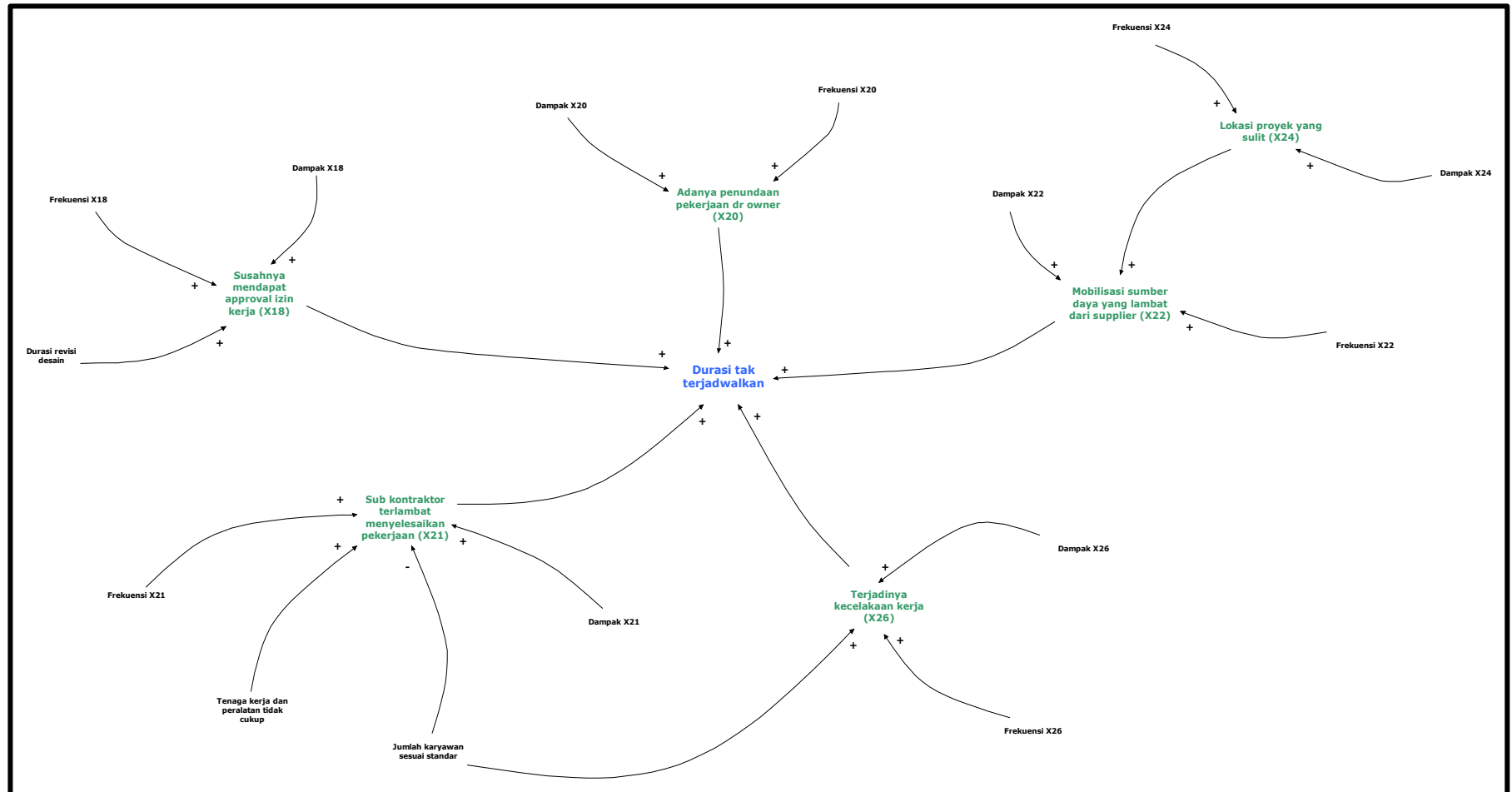
Gambar 4. 5 Model indikator *wage variation*

3. Model Perubahan anggaran (*Budget change*)



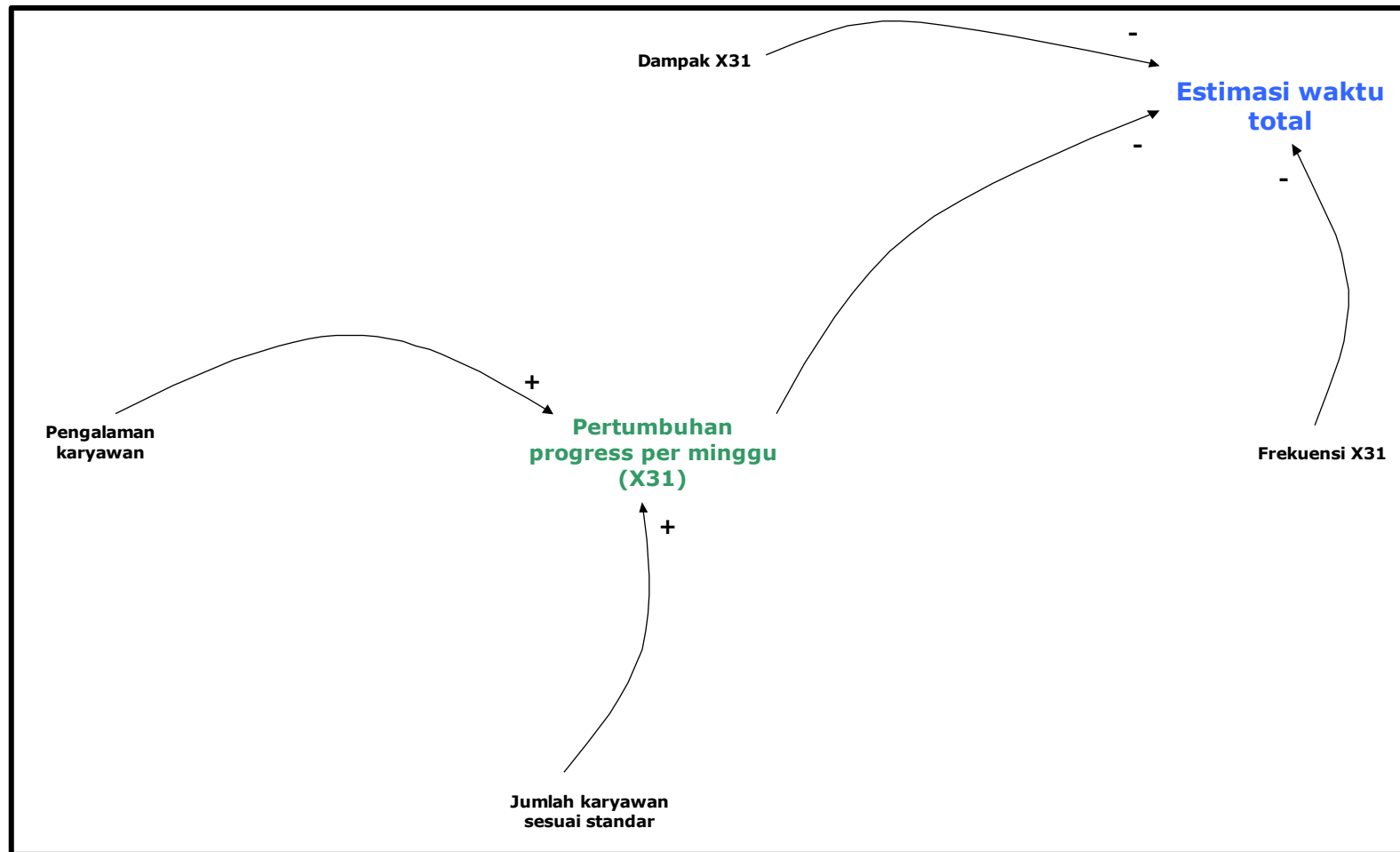
Gambar 4. 6 Model indikator *budget change*

4. Model Durasi tak terjadwalkan (*Unplanned duration*)



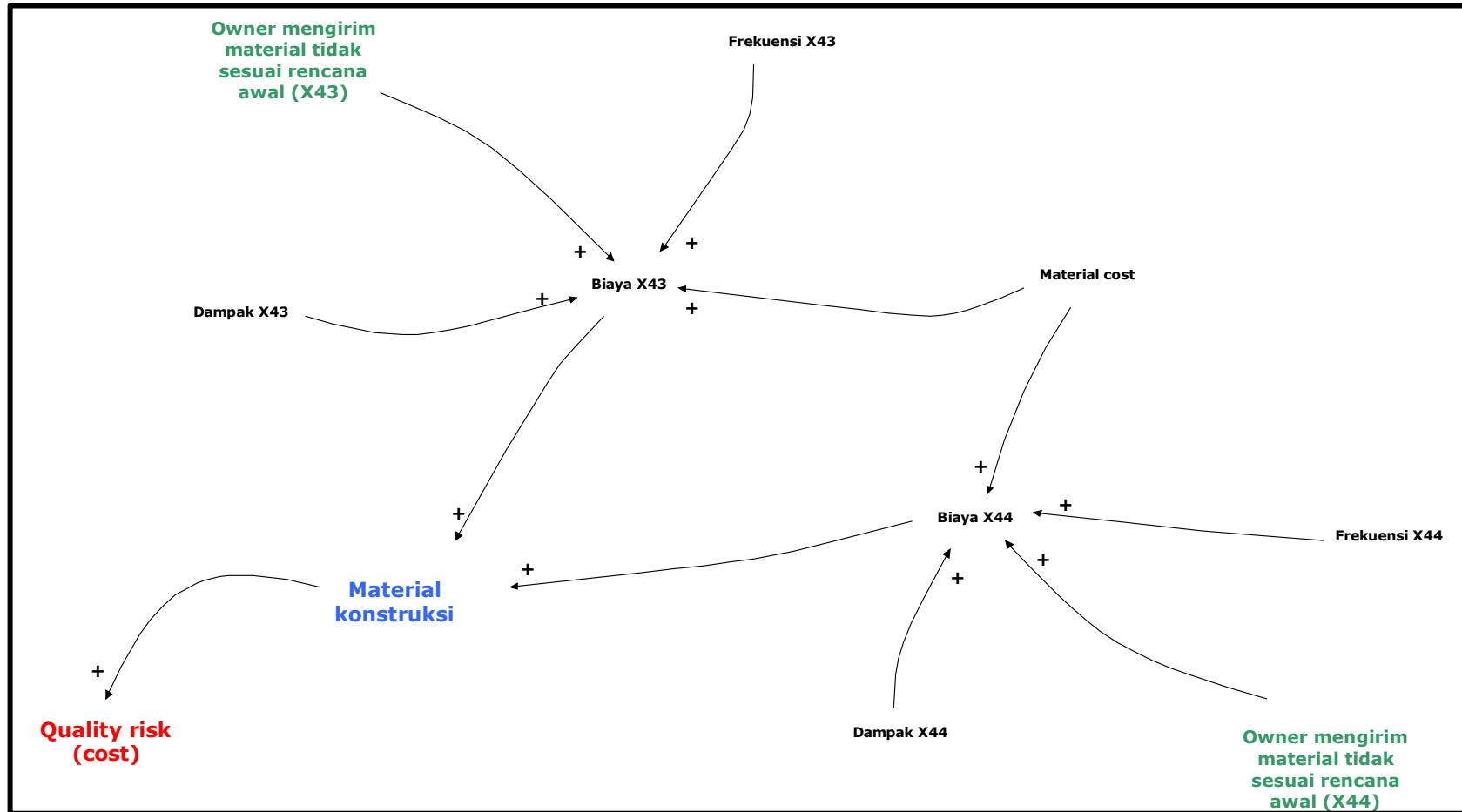
Gambar 4. 7 Model indikator *unplanned duration*

5. Model Estimasi waktu total (*Estimated total time*)



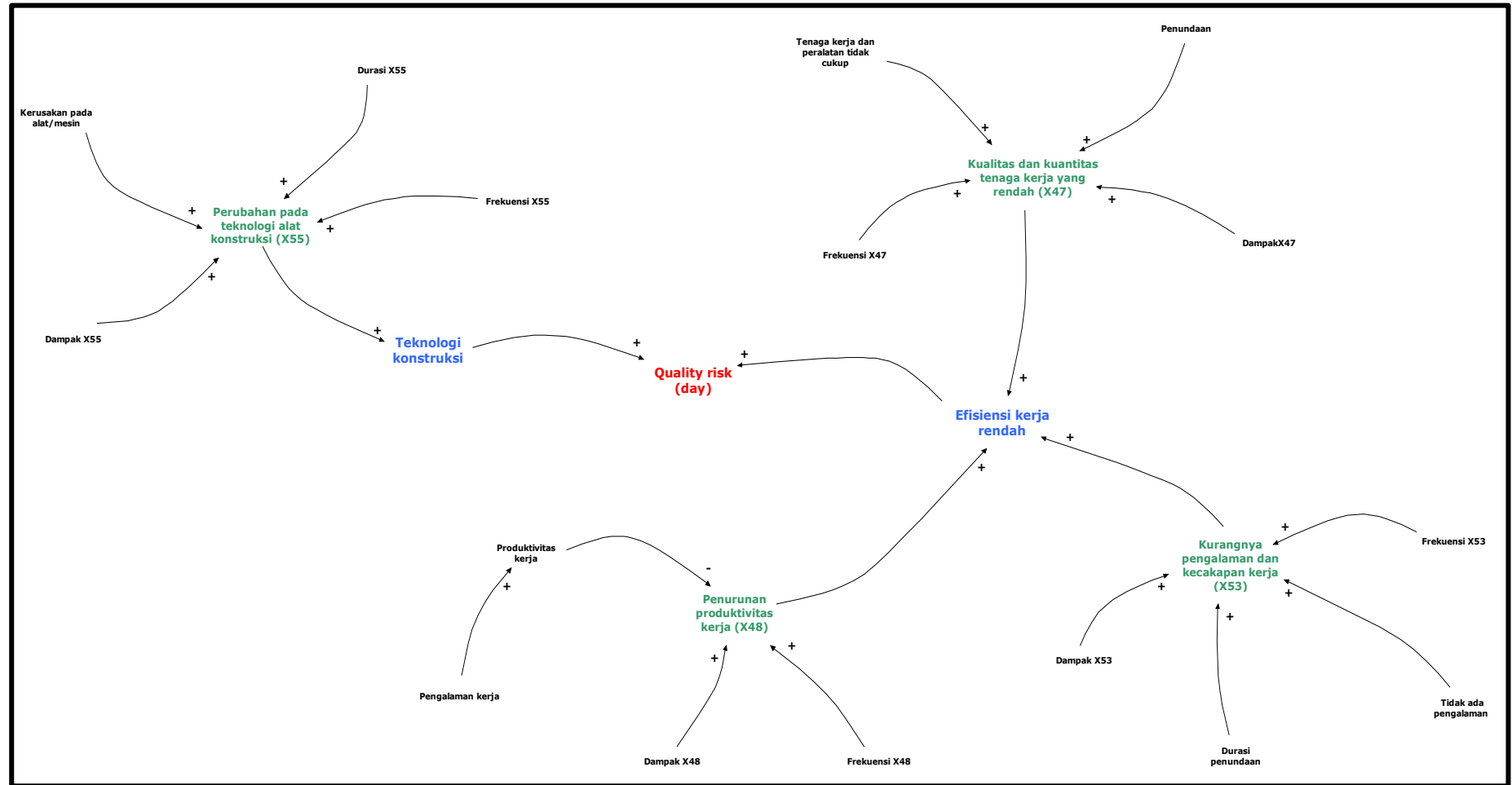
Gambar 4. 8 Model indikator *estimated total time*

6. Model *Quality Risk* Material konstruksi



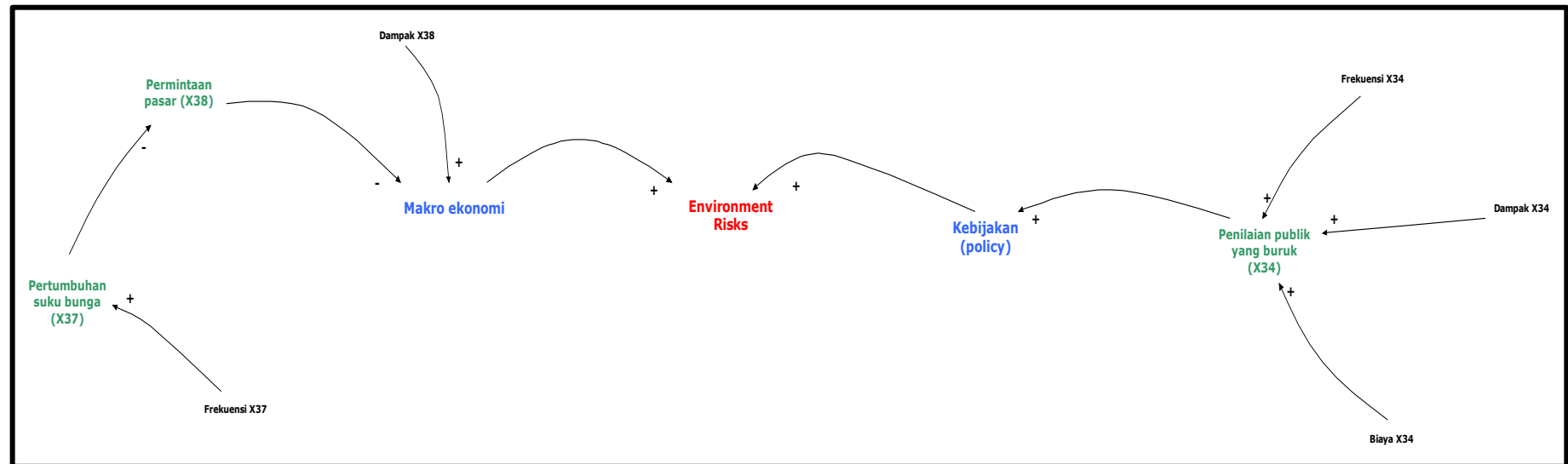
Gambar 4. 9 Model indikator material konstruksi

7. Model *Quality Risk* Teknologi konstruksi dan efesiensi kerja rendah



Gambar 4. 10 Model indikator teknologi konstruksi dan efesiensi kerja rendah

8. Model Makro ekonomi dan kebijakan (*policy*)

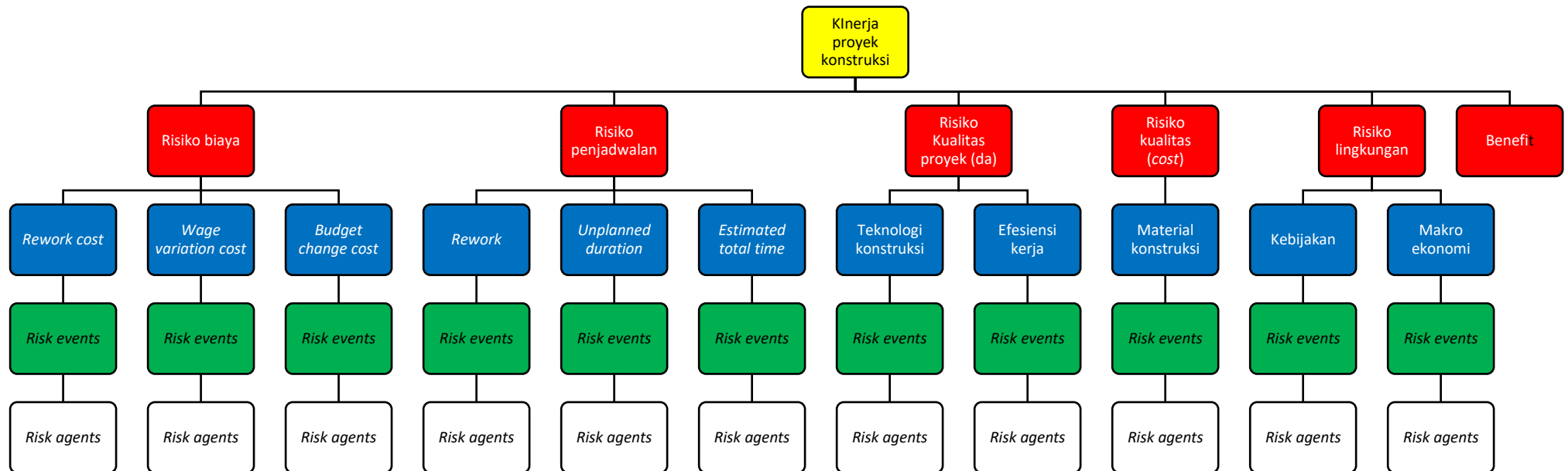


Gambar 4. 11 Model indikator makro ekonomi dan kebijakan

4.2.3 Membangun Model Formal

4.2.3.1 Diagram Sub Sistem

Merupakan diagram yang menggambarkan hubungan aliran antar interaksi sub sistem pada tingkat *risk agent*, *risk event*, indikator dan variabel risiko yang ada pada proyek konstruksi. Setiap sub sistem menunjukkan aliran material uang, barang, informasi dan hubungan antara subsistem.



Gambar 4. 12 Diagram sub sistem model manajemen risiko pada proyek konstruksi The Palace Apartment

4.2.3.2 Model Boundary Diagram

Model Boundary Diagram merupakan diagram yang menerangkan cakupan dari model yang dibuat. *Model Boundary Diagram* mengklasifikasikan variabel-variabel yang ada ke dalam faktor *endogenous*, *exogenous* dan *exclude* (Boateng *et al.*, 2012). Faktor *endogenous* merupakan faktor penting dalam model yang akan diformulasikan atau didefinisikan lebih lanjut dalam tahap formulasi model simulasi. Faktor *exogenous* merupakan parameter yang mempengaruhi model tetapi diasumsikan tidak dipengaruhi oleh faktor lain. Sedangkan faktor *exclude* merupakan variabel yang tidak dimasukkan dalam formulasi karena keterbatasan data yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat (Boateng *et al.*, 2012).

Tabel 4. 15 Klasifikasi model *boundary diagram*

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
Risiko biaya	Level kematangan desain tidak lengkap	Luas lahan proyek
Risiko penjadwalan	Kurangnya ketelitian <i>drafter</i>	Jumlah tenaga kerja
Risiko kualitas (hari)	Frekuensi - X1	Jumlah mesin
Risiko kualitas (biaya)	Persentase informasi terhadap <i>rework</i>	Cuaca
Risiko lingkungan	Repetisi kegiatan	Kondisi
Benefit	Dampak <i>cost</i> - X1	Keuangan sub kontraktor
Total <i>rework cost</i>	<i>Rework cost</i>	Jumlah tenaga kerja yang bekerja per hari
Total <i>wage variation cost</i>	Tidak adanya sechedule of rate	
Total <i>budget change</i>	Keterlambatan administrasi informasi	
Tambahan hari karena <i>rework</i>	Persentase keterlambatan informasi terhadap pekerjaan tambahan	
Durasi tak terjadwalkan	Persentase pekerjaan tambahan terhadap <i>rework</i>	
Estimasi waktu total	Frekuensi - X2	
Teknologi konstruksi	Dampak <i>cost</i> - X2	
Efesiensi kerja rendah	Frekuensi - X3	
Material konstruksi	Dampak <i>Cost</i> - X3	

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
Makro ekonomi	Frekuensi - X4	
Kebijakan	Dampak <i>cost</i> - X4	
Kebijakan dan regulasi pemerintah	Frekuensi - X5	
Market acceptance	Pengalaman karyawan	
Pengeluaran	<i>Rework</i> pengalaman	
Dampak risiko biaya	Dampak <i>cost</i> - X5	
Kurangnya informasi dalam desain	Tidak lengkapnya gambar saat tender	
<i>Rework</i> Informasi (X1)	Frekuensi - X6	
<i>Cost</i> - X1	Dampak <i>cost</i> - X6	
Ketidakjelasan informasi pekerjaan tambahan	Durasi review desain	
<i>Rework</i> pekerjaan tambahan (X2)	Frekuensi - X7	
<i>Cost</i> - X2	Dampak <i>cost</i> - X7	
<i>Rework</i> perubahan keinginan owner (X3)	Frekuensi - X8	
<i>Cost</i> -X3	Jam lembur	
<i>Rework</i> perubahan pekerjaan sudah selesai (X4)	Karyawan lembur	
<i>Cost</i> - X4	Jam lembur maksimal 1 minggu	
Jumlah karyawan sesuai standar	Upah karyawan	
Kinerja karyawan sangat buruk	Dampak <i>cost</i> - X8	
Tidak adanya pengalaman	Frekuensi - X11	
<i>Rework</i> pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar (X5)	Dampak <i>cost</i> - X11	
<i>Cost</i> - X5	Material & <i>tools cost</i>	
<i>Rework</i> kesalahan desain yang tak terdeteksi saat tender (X6)	Frekuensi - X16	
<i>Cost</i> - X6	Dampak <i>cost</i> - X16	
<i>Rework</i> kesalahan konstruksi (X7)	Peningkatan pajak	

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
<i>Cost</i> - X7	Tingkat inflasi	
Waktu kerja lembur	Frekuensi - X17	
Waktu kerja lembur 1 tahun	Pertumbuhan suku bunga (X37)	
Total jam lembur max 1 minggu	Dampak <i>cost</i> - X17	
Waktu kerja lembur dikehendaki	Durasi <i>rework</i>	
Waktu kerja lembur berlebih (X8)	Frekuensi - X18	
Biaya lembur jam pertama	Dampak - X18	
Biaya lembur jam selanjutnya	Durasi revisi desain	
<i>Cost</i> - X8	Frekuensi - X20	
Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi spesifikasi bahan (X11)	Durasi penundaan pekerjaan	
<i>Cost</i> - X11	Dampak - X20	
Kehilangan atau kerusakan material dalam perjalanan (X16)	Frekuensi - X21	
<i>Cost</i> - X16	Dampak - X21	
Terjadinya peningkatan tarif pajak & BBM	Penambahan hari karena produktivitas rendah	
<i>Cost</i> - X17	Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup	
Jumlah <i>rework</i>	Frekuensi - X22	
Susahnya mendapat approval material izin kerja (X18)	Dampak - X22	
Adanya penundaan pekerjaan dari <i>owner</i> (X20)	Mobilisasi lambat	
Sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan (X21)	Lokasi proyek yang sulit (X24)	
Mobilisasi sumber daya yang lambat dari <i>supplier</i> (X22)	Frekuensi - X24	
Terjadinya kecelakaan kerja	Dampak - X24	
Kecelakaan kerja (X26)	Banyaknya kecelakaan kerja	
Kerusakan pada alat & mesin (X28)	Frekuensi -X26	

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
Pertumbuhan progress (X31)	Dampak - X26	
Kekurangan progress	Penambahan hari karena kecelakaan kerja	
Total kekurangan progress	Frekuensi - X28	
Penilaian publik yang buruk (X34)	Dampak - X28	
Permintaan pasar (X39)	Penundaan kerusakan alat	
Dampak makro ekonomi	Pertumbuhan progress lambat	
Owner mengirim material tidak sesuai rencana awal (X43)	Pertumbuhan progress dikehendaki	
Cost - X43	Frekuensi - X31	
Kualitas material dari <i>supplier</i> tidak memenuhi standar (X44)	Dampak - X31	
Cost - X44	Progress harian	
Kualitas dan kuantitas tenaga kerja rendah (X47)	Biaya penanganan publik	
Produktivitas kerja menurun (X48)	Frekuensi - X34	
Kurangnya pengalaman dan kecakapan kerja (X53)	Dampak - X34	
Perubahan teknologi alat konstruksi (X55)	Permintaan pasar tinggi	
Operational expanse	Permintaan pasar rendah	
	Frekuensi - X37 & X39	
	Kerugian makro ekonomi	
	Dampak - X37 & X39	
	Frekuensi - X43	
	Dampak - X43	
	Frekuensi - X44	
	Dampak - X44	
	Frekuensi - X47	

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
	Penundaan karena kualitas karyawan rendah	
	Dampak - X47	
	Frekuensi - X48	
	Dampak - X48	
	Penundaan karena produktivitas menurun	
	Frekuensi - X53	
	Dampak - X53	
	Frekuensi - X55	
	Dampak - X55	
	Durasi perubahan alat	
	Kebijakan dan stabilitas regulasi	
	Persentase makro ekonomi	
	Harga jual produk termurah	

2. Level kematangan desain tidak lengkap

Variabel ini merepresentasikan berapa informasi yang hilang dikarenakan level kematangan desain tidak lengkap. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(2<<informasi>>,5<<informasi>>)$$

3. Kurangnya informasi dalam desain

Variabel ini merepresentasikan total kekurangan informasi akibat kurangnya ketelitian drafter dan juga desain tidak lengkap. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$'Kurangnya ketelitian drafter' + 'Level kematangan desain tdk lengkap'$$

4. Frekuensi – X1

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X1 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(61\%,80\%)$$

5. Persentase informasi terhadap *rework*

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase kekurangan informasi (dalam desain) terhadap munculnya 1 aktivitas *rework*.

$$0.2<<rework/informasi>>$$

6. Repetisi kegiatan

Variabel ini merepresentasikan jumlah kegiatan proyek yang sudah dilakukan oleh pengembang proyek, diasumsikan seluruhnya bernilai sama. Isi dari variabel ini adalah 10 (artinya 10 kali proyek).

7. *Rework* informasi – X1

Variabel ini merepresentasikan jumlah *rework* yang terjadi diakibatkan oleh kurangnya informasi dalam desain. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$'Kurangnya informasi dlm desain' * ('Frekuensi - X1' * 'Repetisi kegiatan') * 'Persentase informasi thp rework'$$

8. Dampak *cost* – X1

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X1. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(3.1\%,4\%)/1<<rework>>$$

9. Rework Cost

Variabel ini merepresentasikan biaya satu kali *rework*, yang nilainya tidak bersifat konstan bergantung pada jenis aktivitas *rework* yang terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(500000<<Rupiah>>,5000000<<Rupiah>>)$$

10. Cost – X1

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X1. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$('Dampak\ cost - X1' * 'Rework\ cost') * 'Rework\ informasi - X1'$$

11. Tidak adanya *schedule of rate*

Variabel ini merepresentasikan banyaknya informasi yang hilang/kesalahan informasi diakibatkan tidak adanya *schedule of rate*. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(1<<informasi>>,3<<informasi>>)$$

12. Keterlambatan administrasi informasi

Variabel ini merepresentasikan banyaknya kesalahan informasi diakibatkan keterlambatan administrasi informasi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(2<<da>>,7<<da>>)$$

13. Persentase keterlambatan informasi terhadap pekerjaan tambahan

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase keterlambatan penyampaian informasi terhadap aktivitas pekerjaan tambahan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$1<<informasi>>/2<<da>>$$

14. Ketidakjelasan informasi pekerjaan tambahan

Variabel ini merepresentasikan jumlah pekerjaan tambahan diakibatkan oleh keterlambatan administrasi informasi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$('Keterlambatan\ administrasi\ informasi' * 'Persentase\ keterlambatan\ informasi\ thp\ pekerjaan\ tambahan') + 'Tidak\ adanya\ schedule\ of\ rate'$$

15. Persentase pekerjaan tambahan terhadap *rework*

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase kesalahan penyampaian informasi terhadap terjadinya aktivitas *rework*. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$0.5 < \langle \text{rework/informasi} \rangle \rangle$$

16. Frekuensi – X2

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X2 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$\text{RANDOM}(41\%, 60\%)$$

17. Rework pekerjaan tambahan – X2

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* berupa pekerjaan tambahan diakibatkan oleh kesalahan penyampaian informasi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$'Ketidakjelasan\ informasi\ pekerjaan\ tambahan' * ('Frekuensi - X2' * 'Repetisi kegiatan') * 'Persentase pekerjaan tambahan thp rework'$$

18. Dampak cost – X2

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X2. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$\text{RANDOM}(3.1\%, 4\%) / 1 < \langle \text{rework} \rangle \rangle$$

19. Cost – X2

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X2. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$('Dampak\ cost - X2' * 'Rework\ cost') * 'Rework\ pekerjaan\ tambahan - X2'$$

20. Frekuensi – X3

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X3 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$\text{RANDOM}(61\%, 80\%)$$

21. Rework perubahan keinginan owner – X3

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* yang terjadi akibat perubahan keinginan owner. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$'Frekuensi - X3' * 'Repetisi kegiatan' * 1 < \langle \text{rework} \rangle \rangle$$

22. Dampak cost – X3

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X3. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(3.1\%,4\%)/1 <<rework>>$

23. *Cost – X3*

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X3. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$('Dampak\ cost - X3' * 'Rework\ cost') * 'Rework\ perubahan\ keinginan\ owner - X3'$

24. *Frekuensi – X4*

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X4 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%,60\%)$

25. *Rework perubahan pekerjaan yang sudah selesai – X4*

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* yang terjadi akibat perubahan pekerjaan yang sudah selesai. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$'Frekuensi - X4' * 'Repetisi\ kegiatan' * 1 <<rework>>$

26. *Dampak cost – X4*

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X4. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)/1 <<rework>>$

27. *Cost – X4*

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X4. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$('Dampak\ cost - X4' * 'Rework\ cost') * 'Rework\ perubahan\ pekerjaan\ sdh\ selesai - X-4'$

28. *Persentase karyawan tidak sesuai*

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase karyawan/tenaga kerja yang tidak sesuai dengan standar kemampuan, baik dari aspek *safety* maupun pengalaman. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(0\%,64\%)$

29. *Frekuensi – X5*

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X4 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(0,100)$

30. Persentase karyawan sesuai

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase karyawan/tenaga kerja yang sesuai dengan standar kemampuan, baik dari aspek *safety* maupun pengalaman. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(65\%,100\%)$

31. Jumlah karyawan sesuai standar

Variabel ini merepresentasikan jumlah karyawan yang memenuhi standar kerja jika diasumsikan total karyawan adalah 100 orang. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$ROUND((IF('Frekuensi-X5' \leq 80, 'Tidak sesuai', 'Sesuai')) * 100 <<orang>>, 1 <<orang>>, 0 <<orang>>)$

32. Pengalaman karyawan

Variabel ini merepresentasikan nilai pengalaman karyawan yang berbeda-beda. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(1 <<yr>>, 10 <<yr>>)$

33. Rework Pengalaman

Variabel ini merepresentasikan terjadinya aktivitas *rework* dikarenakan kurangnya pengalaman kerja dari karyawan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2 <<rework>>, 5 <<rework>>)$

34. Tidak adanya pengalaman

Variabel ini merepresentasikan karakteristik karyawan yang tidak memiliki pengalaman kerja. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$IF('Jumlah karyawan sesuai standar' >= 65 <<orang>>, IF('Pengalaman karyawan' >= 5 <<yr>>, 0 <<rework>>, 'Rework pengalaman'), 'Rework pengalaman')$

35. Kinerja karyawan sangat buruk

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* yang terjadi apabila kinerja karyawan sangat buruk di lapangan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$IF('Jumlah karyawan sesuai standar' < 65 <<orang>>, 5 <<rework>>, 0 <<rework>>)$

36. *Rework* pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar – X5

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* akibat pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Kinerja karyawan sangat buruk' + 'Tidak adanya pengalaman'

37. Dampak *cost* – X5

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X5. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%, 3\%) / 1 < <rework> >$

38. *Cost* - X5

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X5. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

*('Dampak cost - X5' * 'Rework cost') * 'Rework pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar - X5'*

39. Tidak lengkapnya gambar saat tender

Variabel ini merepresentasikan jumlah informasi yang hilang diakibatkan tidak lengkapnya gambar saat tender. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(5 < <informasi> >, 10 < <informasi> >)$

40. Frekuensi – X6

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X6 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%, 60\%)$

41. *Rework* kesalahan desain yang terdeteksi saat tender – X6

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* diakibatkan kesalahan desain saat tender. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

*('Frekuensi - X6' * 'Repetisi kegiatan') * 'Tidak lengkapnya gambar saat tender' * 'Persentase informasi thp rework'*

42. Dampak *cost* – X6

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X6. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(3.1\%, 4\%) / 1 < <rework> >$

43. Cost – X6

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X6. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Dampak cost - X6''Rework cost')*'Rework kesalahan desain yang tak terdeteksi saat tender - X6'*

44. Durasi review desain

Variabel ini merepresentasikan jumlah hari yang dibutuhkan untuk mereview desain. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3<<da>>,7<<da>>)

45. Frekuensi – X7

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X7 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

46. Rework kesalahan konstruksi – X7

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* yang diakibatkan oleh kesalahan konstruksi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Repetisi kegiatan''Frekuensi - X7')*IF('Review desain'>7<<da>>,(5<<informasi>>+'Tidak lengkapnya gambar saat tender')*'Persentase informasi thp rework','Tidak lengkapnya gambar saat tender'*'Persentase informasi thp rework')*

47. Dampak cost – X7

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X7. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.1%,4%)/1<<rework>>

48. Cost – X7

Variabel ini merepresentasikan biaya *rework* akibat *risk event* dengan kode X7. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

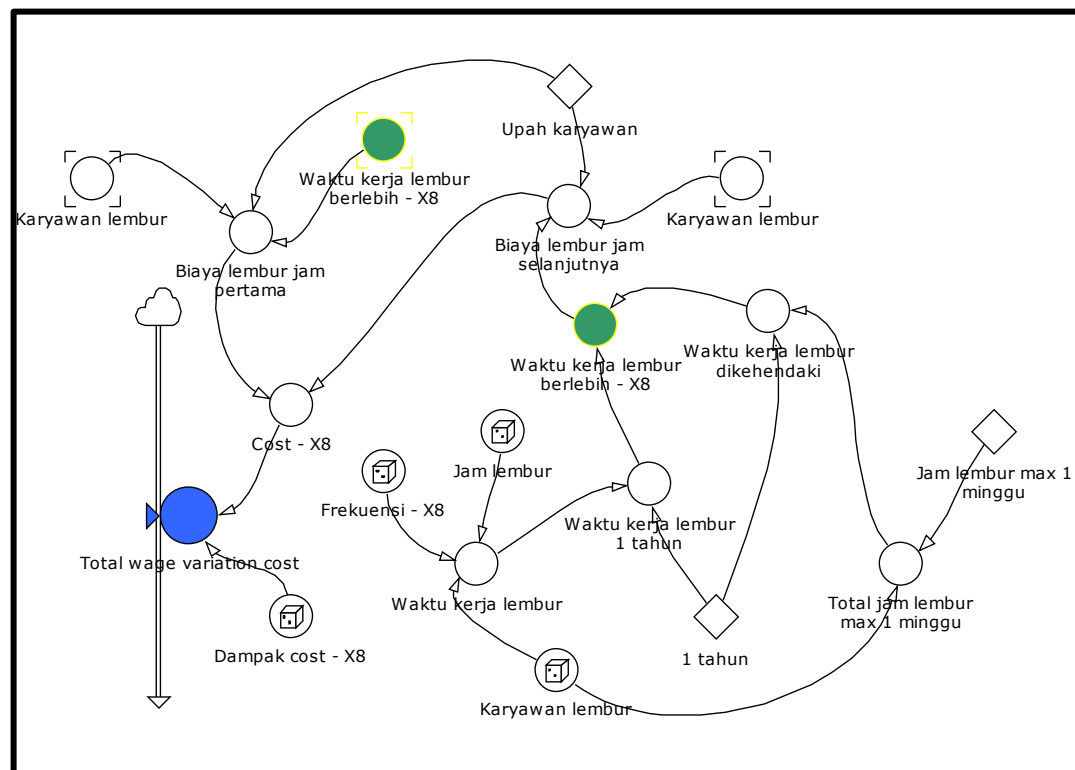
('Dampak cost - X7''Rework cost')*'Rework kesalahan konstruksi - X7'*

49. Total rework cost

Variabel ini merepresentasikan jumlah total biaya yang disebabkan oleh aktivitas *rework* dari beberapa *risk event*. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$'Cost - X1' + 'Cost - X2' + 'Cost - X3' + 'Cost - X4' + 'Cost - X5' + 'Cost - X6' + 'Cost - X7'$$

4.2.3.4 Model Indikator *Wage variation*



Gambar 4. 14 Model indikator *wage variation*

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* indikator *wage variation* pada variabel risiko biaya:

1. Frekuensi – X8

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X8 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(1,100)$$

2. Jam lembur

Variabel ini merepresentasikan waktu yang diberikan untuk kerja lembur. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(5<<jam>>,14<<jam>>)$

3. Karyawan lembur

Variabel ini merepresentasikan jumlah karyawan yang lembur dalam periode 1 minggu.

$RANDOM(5<<orang>>,10<<orang>>)$

4. Waktu kerja lembur

Variabel ini merepresentasikan waktu lembur yang diberikan kepada karyawan dalam waktu satu minggu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$(IF('Frekuensi - X8'>80,0<<jam>>,'Jam lembur')/1<<wk>>)*'Karyawan lembur'/1<<orang>>)$

5. 1 Tahun

Variabel ini merepresentasikan jumlah hari kerja yang digunakan dalam waktu 1 tahun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$48<<wk>>$

6. Waktu kerja lembur 1 tahun

Variabel ini merepresentasikan total waktu kerja lembur yang diberikan dalam waktu 1 tahun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$'1\ tahun'*'Waktu\ kerja\ lembur'$

7. Jam lembur max 1 minggu

Variabel ini merepresentasikan jumlah waktu kerja lembur maksimal yang diberikan kepada karyawan dalam waktu 1 minggu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$14<<jam>>/1<<orang>>$

8. Total jam lembur max 1 minggu

Variabel ini merepresentasikan jumlah total waktu kerja lembur maksimal dari seluruh karyawan yang lembur dalam waktu 1 minggu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$'Jam\ lembur\ max\ 1\ minggu'*'Karyawan\ lembur'/1<<wk>>$

9. Waktu kerja lembur dikehendaki

Variabel ini merepresentasikan jumlah waktu kerja lembur yang dikehendaki oleh perusahaan dalam waktu 1 tahun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$('1 \text{ tahun}' * 'Total jam lembur max 1 minggu') * 0.5$$

10. Waktu kerja lembur berlebih - X8

Variabel ini merepresentasikan jumlah waktu kerja lembur berlebih dalam waktu 1 tahun.

$$IF('Waktu kerja lembur 1 tahun' > 'Waktu kerja lembur dikehendaki', 'Waktu kerja lembur 1 tahun' - 'Waktu kerja lembur dikehendaki', 0 < <jam>>)$$

11. Upah karyawan

Variabel ini merepresentasikan upah yang diberikan kepada setiap karyawan dalam waktu 1 bulan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$1500000 < <Rupiah>>$$

12. Biaya lembur jam pertama

Variabel ini merepresentasikan biaya kerja lembur karyawan pada jam pertama. Karena menurut Kepmentakertrans No. 102/MEN/VI/2004 ada rumus khusus dalam menghitung upah lembur, dan biaya lembur jam pertama dibutuhkan dalam rumus tersebut. Karena jam kerja karyawan pada proyek ini tidak ada libur dalam waktu 1 minggu, maka diasumsikan jam kerja sebanyak 7 hari/minggu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$(('Waktu kerja lembur berlebih - X8' / 'Karyawan lembur') * 1.5 * (1/173) * 'Upah karyawan') * 'Karyawan lembur' / 1 < <jam>>$$

13. Biaya lembur jam Selanjutnya

Variabel ini merepresentasikan biaya kerja lembur karyawan pada jam selanjutnya. Karena menurut Kepmentakertrans No. 102/MEN/VI/2004 ada rumus khusus dalam menghitung upah lembur, dan biaya lembur jam selanjutnya dibutuhkan dalam rumus tersebut. Karena jam kerja karyawan pada proyek ini tidak ada libur dalam waktu 1 minggu, maka diasumsikan jam kerja sebanyak 7 hari/minggu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$((\text{'Waktu kerja lembur berlebih' - X8}) / \text{'Karyawan lembur'})^2 * (1/173) * \text{'Upah karyawan'} * \text{'Karyawan lembur'} / 1 < \text{'jam'} > >$

14. Cost – X8

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X8. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$\text{'Biaya lembur jam pertama'} + \text{'Biaya lembur jam selanjutnya'}$

15. Dampak cost – X8

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X8. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

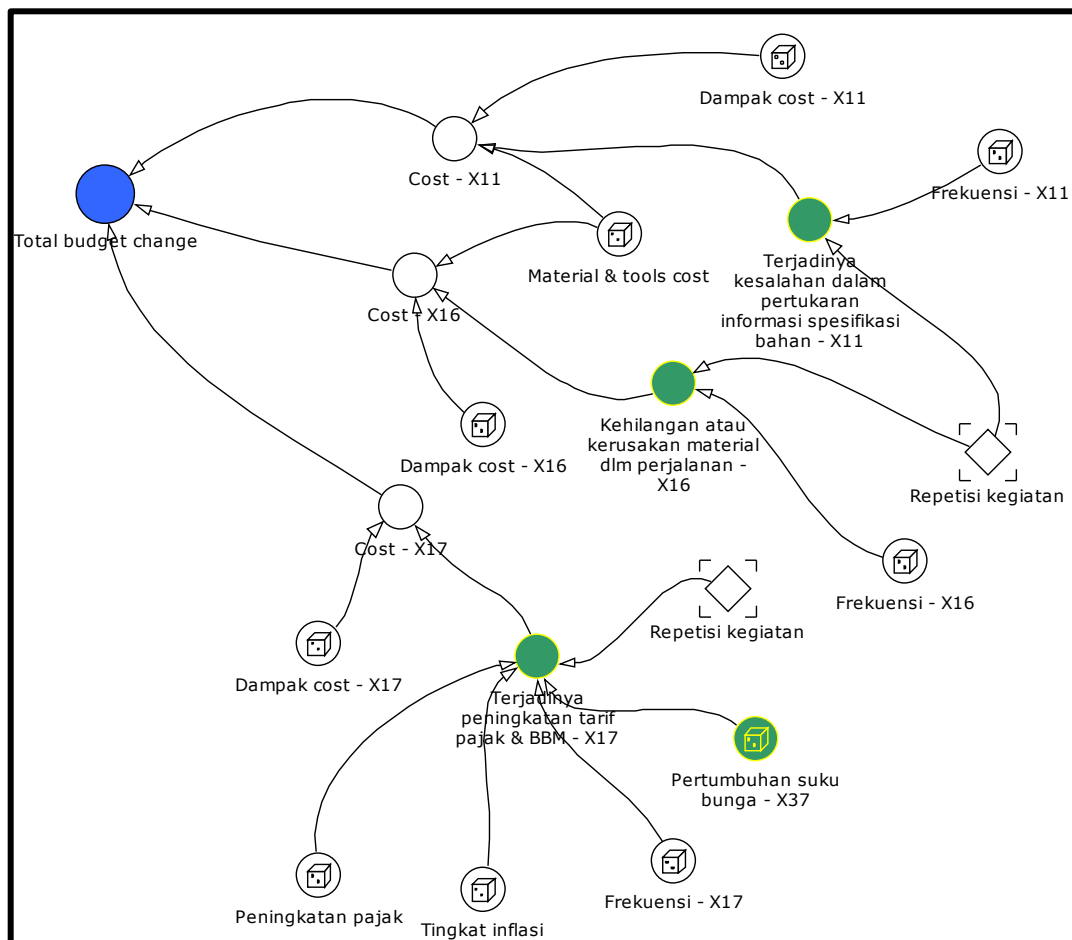
$\text{RANDOM}(2.1\%, 3\%)$

16. Total wage variation cost

Variabel ini merepresentasikan total biaya yang diakibatkan oleh perbedaan pemberian gaji karyawan, terutama yang disebabkan oleh jam lembur karyawan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$\text{'Dampak cost - X8'} * \text{'Cost - X8'}$

4.2.3.5 Model Indikator *Total budget change*



Gambar 4. 15 Model indikator *Total budget change*

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* indikator *total budget change* pada variabel risiko biaya:

1. Frekuensi – X11

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X11 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

2. Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi spesifikasi bahan – X11

Variabel ini merepresentasikan jumlah kesalahan spesifikasi material yang diakibatkan oleh kesalahan dalam pertukaran informasi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Frekuensi - X11''Repetisi kegiatan'*1<<material>>*

3. Dampak cost – X11

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X11. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)/1<<material>>

4. *Material & tools cost*

Variabel ini merepresentasikan nilai atau harga dari material dan peralatan yang digunakan pada proyek konstruksi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(200000<<Rupiah>>,10000000<<Rupiah>>)

5. Cost – X11

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X11. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Dampak cost - X11''Material & tools cost')*'Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi spesifikasi bahan - X11'*

6. Frekuensi – X16

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X16 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

7. Kerusakan atau kehilangan material dalam perjalanan – X16

Variabel ini merepresentasikan jumlah material yang berpotensi hilang atau rusak dalam perjalanan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Frekuensi - X16''Repetisi kegiatan'*1<<material>>*

8. Dampak cost – X16

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X16. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.1%,4%)/1<<material>>

9. Cost – X16

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X16. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Dampak cost - X16''Material & tools cost')*'Kehilangan atau kerusakan material dlm perjalanan - X16'*

10. Peningkatan pajak

Variabel ini merepresentasikan nilai mata uang yang harus dikeluarkan dikarenakan adanya peningkatan tarif pajak. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(200000<<Rupiah>>,3000000<<Rupiah>>)

11. Tingkat inflasi

Variabel ini merepresentasikan nilai inflasi yang terus berubah dari waktu ke waktu, data inflasi yang digunakan didapatkan dari bank Indonesia. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.79%,4.45%)

12. Frekuensi – X17

Variabel Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X17 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

informasi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(61%,80%)

13. Pertumbuhan suku bunga – X37

Variabel ini merepresentasikan nilai pertumbuhan suku bunga yang terus menerus berubah, nilai yang digunakan dalam variabel ini didapatkan dari bank Indonesia. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.97%,4.11%)

14. Terjadinya peningkatan tarif pajak & BBM – X17

Variabel ini merepresentasikan nilai mata uang yang berpotensi keluar dikarenakan adanya peningkatan tarif pajak maupun tarif BBM. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$IF('Tingkat\ inflasi' < 3.5\%, IF('Pertumbuhan\ suku\ bunga' - X37' < 3\%, 500000 < < Rupiah > >, 'Peningkatan\ pajak'), 'Peningkatan\ pajak') * ('Repetisi\ kegiatan' * 'Frekuensi' - X17')$

15. Dampak cost – X17

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X17. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(3.1\%, 4\%)$

16. Cost – X17

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X17. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

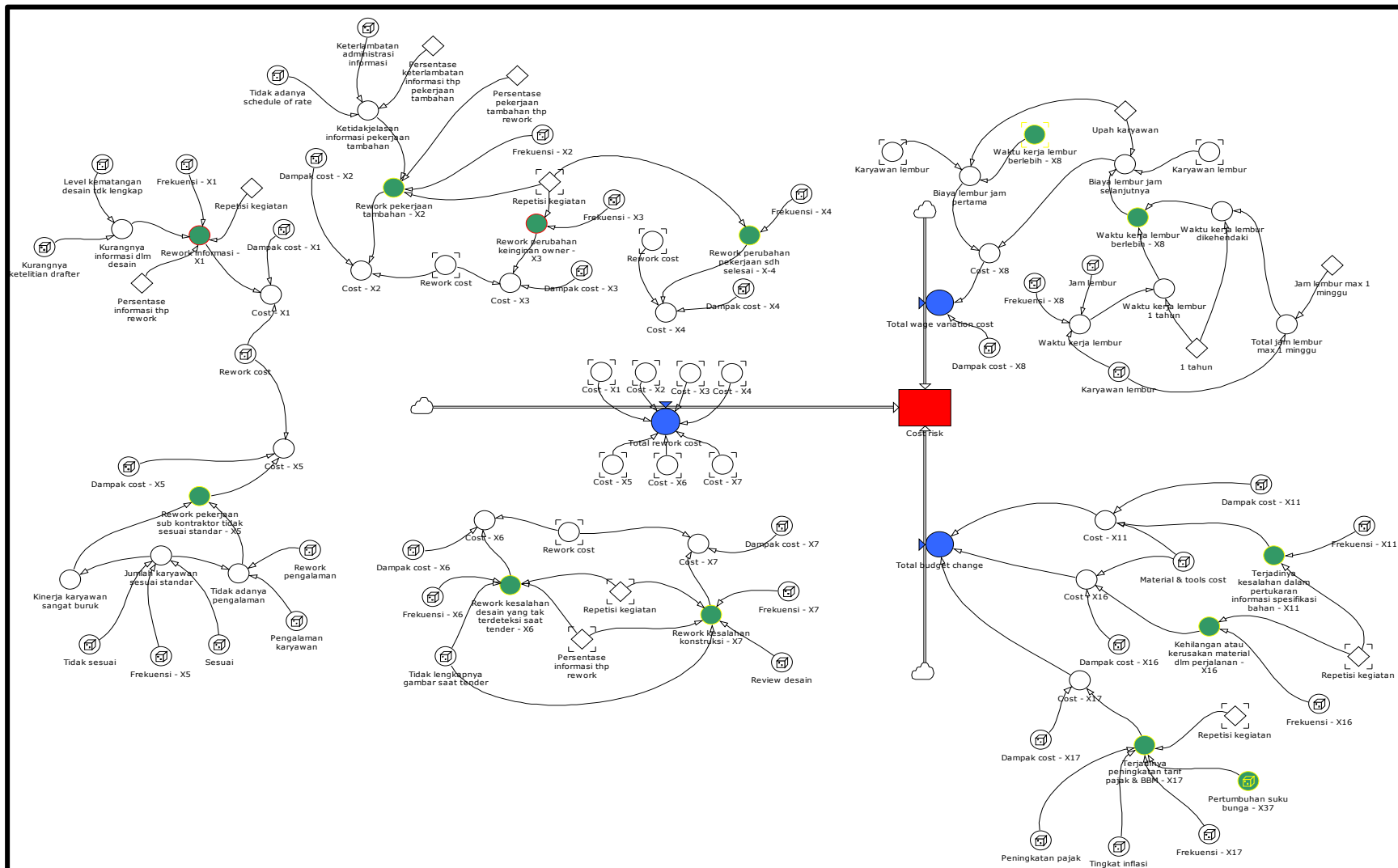
$('Dampak\ cost' - X17' * 'Terjadinya\ peningkatan\ tarif\ pajak\ \&\ BBM' - X17')$

17. Total *budget change*

Variabel ini merepresentasikan total potensi biaya yang harus dikeluarkan dikarenakan perubahan anggaran yang disebabkan oleh beberapa *risk event*. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

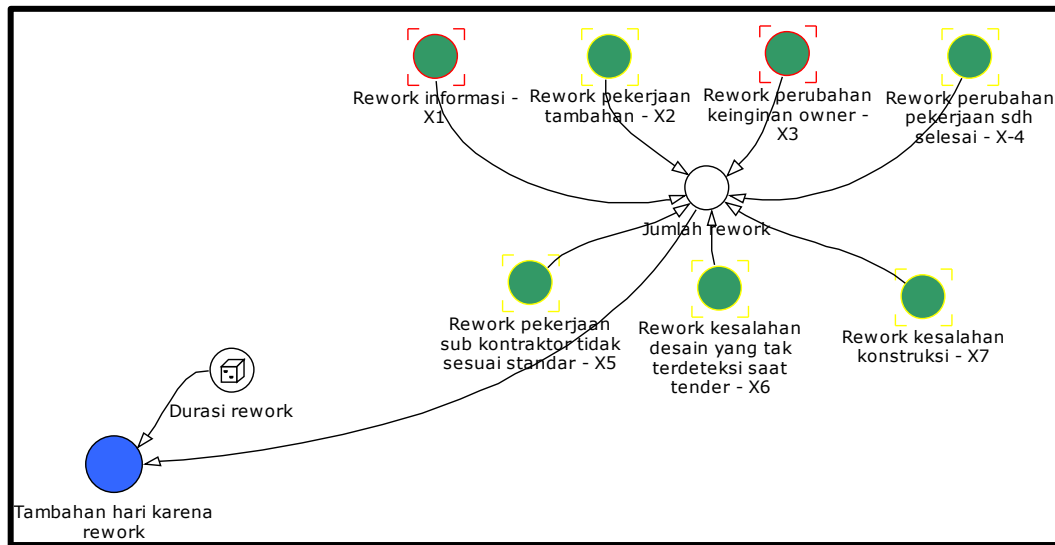
$'Cost' - X11' + 'Cost' - X16' + 'Cost' - X17' + 'Schedule\ risk' - cost'$

Berikut ini adalah model variabel risiko biaya secara keseluruhan yang sudah dibuat.



Gambar 4. 16 Model variabel risiko biaya

4.2.3.6 Model Indikator Tambahan Hari Karena *Rework*



Gambar 4. 17 Model indikator tambahan hari karena *rework*

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* indikator tambahan hari karena *rework* pada variabel risiko penjadwalan:

1. Jumlah *rework*

Variabel ini merepresentasikan jumlah aktivitas *rework* yang sebelumnya sudah dijelaskan pada indikator *rework*. Selain berpengaruh terhadap risiko biaya, *rework* juga mempengaruhi risiko penjadwalan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Rework informasi - X1'+ 'Rework pekerjaan tambahan - X2'+ 'Rework perubahan keinginan owner - X3'+ 'Rework perubahan pekerjaan sdh selesai - X-4'+ 'Rework pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar - X5'+ 'Rework kesalahan desain yang tak terdeteksi saat tender - X6'+ 'Rework kesalahan konstruksi - X7'

2. Durasi *rework*

Variabel ini merepresentasikan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan 1 aktivitas *rework*. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

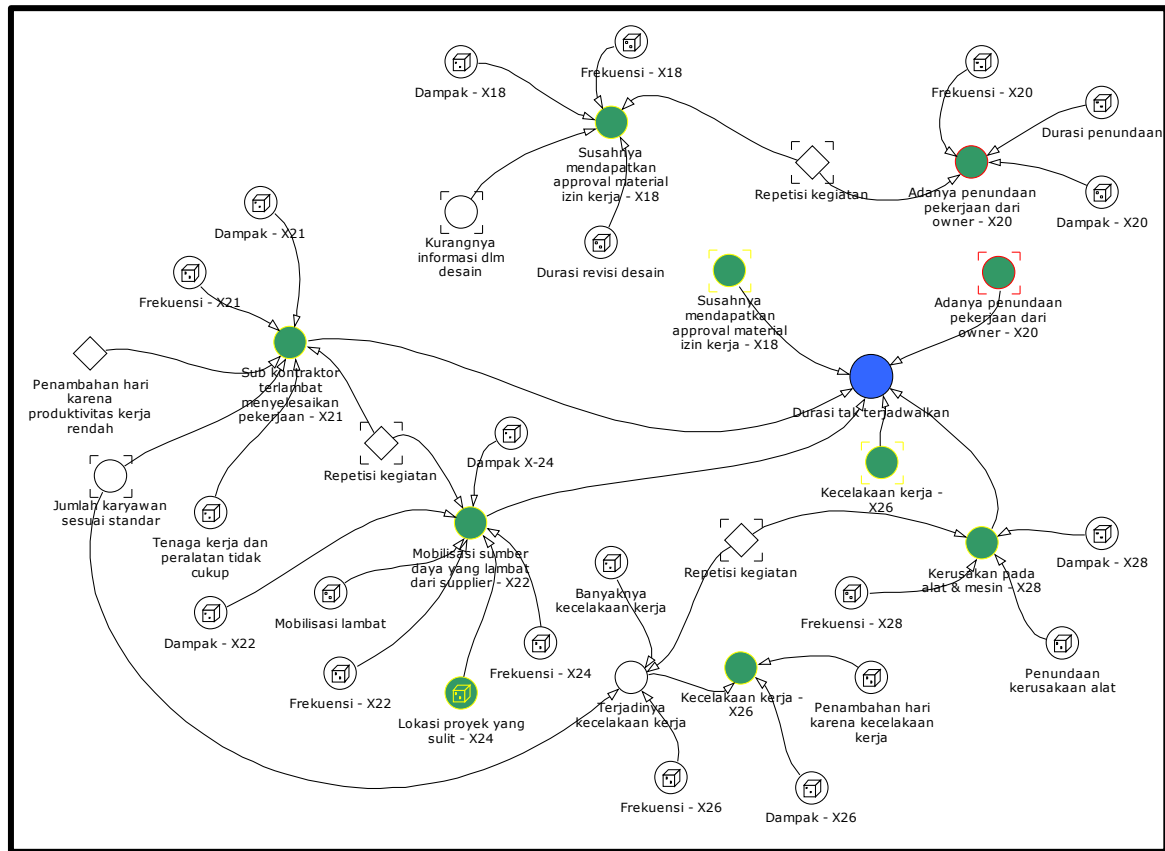
RANDOM(1<<da>>,3<<da>>)/1<<rework>>

3. Tambahan hari karena *rework*

Variabel ini merepresentasikan total tambahan hari dikarenakan adanya aktivitas *rework* yang harus dikerjakan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Durasi rework''Jumlah rework'*

4.2.3.7 Model Indikator Durasi Tak Terjadwalkan



Gambar 4. 18 **Model indikator durasi tak terjadwalkan**

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* indikator durasi tak terjadwalkan pada variabel risiko penjadwalan:

- ## 1. Dampak – X18

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X18. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)

- ## 2. Frekuensi – X18

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X18 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

3. Durasi revisi desain

Variabel ini merepresentasikan waktu yang diperlukan untuk merevisi desain yang salah/ kurangnya informasi dalam desain. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(1<<da>>,3<<da>>)/5<<informasi>>$$

4. Susahnya mendapatkan *approval* material izin kerja – X18

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan waktu dikarenakan susahya mendapat izin kerja. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$('Frekuensi - X18'*Repetisi kegiatan')*Dampak - X18*'Durasi revisi desain'*Kurangnya informasi dlm desain'$$

5. Frekuensi – X20

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X20 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(61\%,80\%)$$

6. Durasi Penundaan

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan waktu dikarenakan penundaan pekerjaan dari *owner*. Fungsi matematis adalah:

$$RANDOM(7<<da>>,14<<da>>)$$

7. Dampak – X20

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X20. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(3.1\%,4\%)$$

8. Dampak *cost* – X1

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X1. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(3.1\%,4\%)/1<<rework>>$$

9. Dampak – X21

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X21. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(3.1\%,4\%)$$

10. Frekuensi – X21

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X21 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%,60\%)$

11. Penambahan hari karena produktivitas rendah

Variabel ini merepresentasikan potensi waktu tambahan akibat produktivitas dari tenaga kerja rendah. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$14<<da>>$

12. Sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan – X21

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan waktu dikarenakan sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$(\text{'Frekuensi - X21'*Repetisi kegiatan'})*IF(\text{'Jumlah karyawan sesuai standar'}<65<<orang>>,\text{'Penambahan hari karena produktivitas kerja rendah'}+\text{'Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup'},\text{'Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup'})*\text{'Dampak - X21'}$

13. Lokasi proyek yang sulit – X24

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan lokasi proyek yang sulit sehingga menghambat aktivitas pengerjaan proyek yang lainnya. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(7<<da>>,14<<da>>)$

14. Frekuensi – X24

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X24 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%,60\%)$

15. Dampak – X24

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X20. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)$

16. Mobilisasi lambat

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan mobilisasi sumber daya yang lambat. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(14<<da>>,30<<da>>)$

17. Frekuensi – X22

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X22 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%,60\%)$

18. Dampak – X22

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X22. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)$

19. Mobilisasi sumber daya yang lambat dari *supplier* – X22

Variabel ini merepresentasikan jumlah penambahan hari dikarenakan lambatnya mobilisasi sumber daya. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$((\text{'Repetisi kegiatan' * 'Frekuensi - X22'}) * \text{'Mobilisasi lambat' * 'Dampak - X22'}) + ((\text{'Frekuensi - X24' * 'Repetisi kegiatan'}) * \text{'Lokasi proyek yang sulit - X24' * 'Dampak - X24'})$

20. Banyaknya kecelakaan kerja

Variabel ini merepresentasikan potensi terjadinya kecelakaan kerja. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$ROUND(RANDOM(1<<kecelakaan>>,5<<kecelakaan>>),1<<kecelakaan>>,0<<kecelakaan>>)$

21. Frekuensi – X26

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X26 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)$

22. Terjadinya kecelakaan kerja

Variabel ini kondisi bagaimana kecelakaan kerja terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

ROUND((IF('Jumlah karyawan sesuai standar'<65<<orang>>,2'Banyaknya kecelakaan kerja','Banyaknya kecelakaan kerja'))*('Frekuensi - X26'*'Repetisi kegiatan'),1<<kecelakaan>>,0<<kecelakaan>>)*

23. Penambahan hari karena kecelakaan kerja

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan adanya kecelakaan kerja. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

NORMAL(7<<da>>,0.5<<da>>)/1<<kecelakaan>>

24. Dampak – X26

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X26. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)

25. Kecelakaan kerja – X26

Variabel ini merepresentasikan jumlah kecelakaan kerja yang terjadi dan berapa lama penundaan yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja tersebut. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Terjadinya kecelakaan kerja''Penambahan hari karena kecelakaan kerja'*'Dampak - X26'*

26. Penundaan kerusakan alat

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan adanya kerusakan alat. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(7<<da>>,14<<da>>)

27. Frekuensi – X29

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X26 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

28. Dampak – X29

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X29. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.1%,4%)

29. Kerusakan pada alat & mesin – X29

Variabel ini merepresentasikan jumlah penambahan hari dikarenakan adanya kerusakan pada alat dan mesin selama pengerjaan proyek berlangsung. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

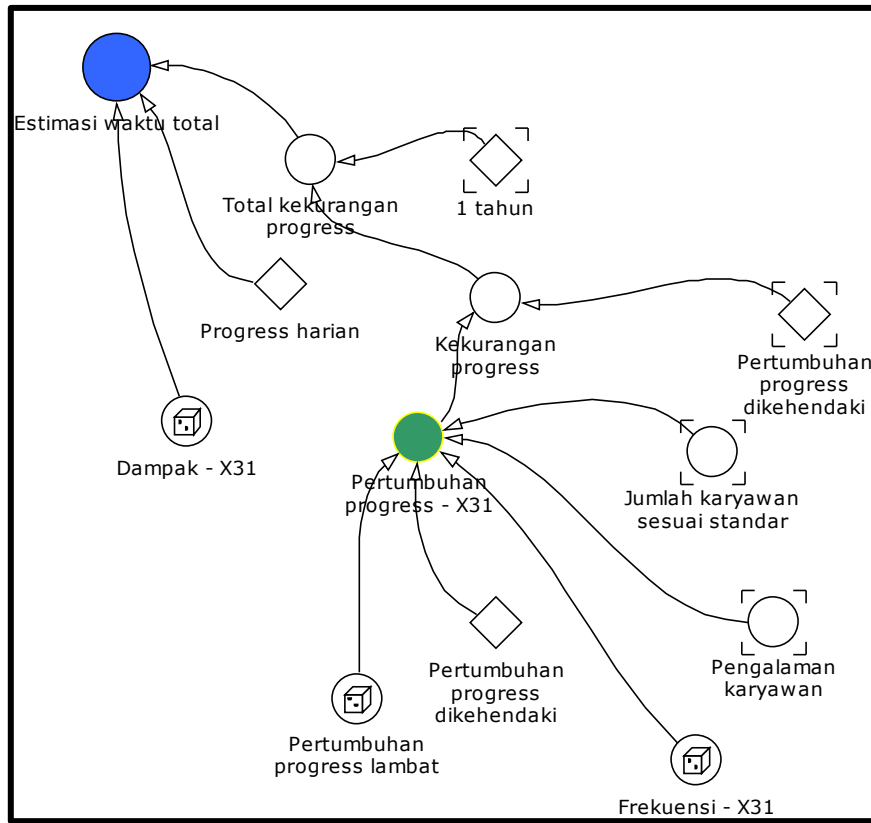
('Frekuensi - X28''Repetisi kegiatan')*'Penundaan kerusakan alat'*'Dampak - X28'*

30. Durasi tak terjadwalkan

Variabel ini merepresentasikan total penambahan hari dikarenakan adanya risiko-risiko yang menyebabkan terjadinya penguluran waktu pengerjaan proyek. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Adanya penundaan pekerjaan dari owner - X20'+ 'Kecelakaan kerja - X26'+ 'Kerusakan pada alat & mesin - X28'+ 'Mobilisasi sumber daya yang lambat dari supplier - X22'+ 'Sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan - X21'+ 'Susahnya mendapatkan approval material izin kerja - X18'

4.2.3.8 Model Indikator Estimasi Waktu Total



Gambar 4. 19 Model indikator estimasi waktu total

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* indikator estimasi waktu total pada variabel risiko penjadwalan:

1. Pertumbuhan progress dikehendaki

Variabel ini merepresentasikan persentase pertumbuhan progress pengerjaan proyek yang diinginkan oleh perusahaan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$2\%/1 < <wk>>$$

2. Pertumbuhan progress lambat

Variabel ini merepresentasikan persentase pengerjaan proyek apabila berjalan lambat. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$$RANDOM(0\%,1.99\%)/1 < <wk>>$$

3. Frekuensi – X31

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X31 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(1,100)

4. Pertumbuhan progress – X31

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase progress pengerjaan proyek. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

IF('Frekuensi - X31'>60,IF('Jumlah karyawan sesuai standar'>=65<<orang>>,IF('Pengalaman karyawan'>5<<yr>>,'Pertumbuhan progress dikehendaki'),'Pertumbuhan progress lambat'),'Pertumbuhan progress lambat')

5. Kekurangan progress

Variabel ini merepresentasikan kekurangan progress pengerjaan proyek dari yang dikehendaki oleh perusahaan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

IF('Pertumbuhan progress - X31'<2%/1<<wk>>,'Pertumbuhan progress dikehendaki'-'Pertumbuhan progress - X31',0%/1<<wk>>)

6. Total kekurangan progress

Variabel ini merepresentasikan total kekurangan progress pengerjaan proyek dalam jangka waktu 1 tahun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'1 tahun''Kekurangan progress'*

7. Progress harian

Variabel ini merepresentasikan progress pengerjaan proyek yang seharusnya tercapai dalam waktu 1 hari. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

0.3%/1<<da>>

8. Dampak – X31

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X31. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(4.1%,5%)

9. Estimasi waktu total

Variabel ini merepresentasikan total waktu yang berpotensi bertambah akibat adanya risiko-risiko penjadwalan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

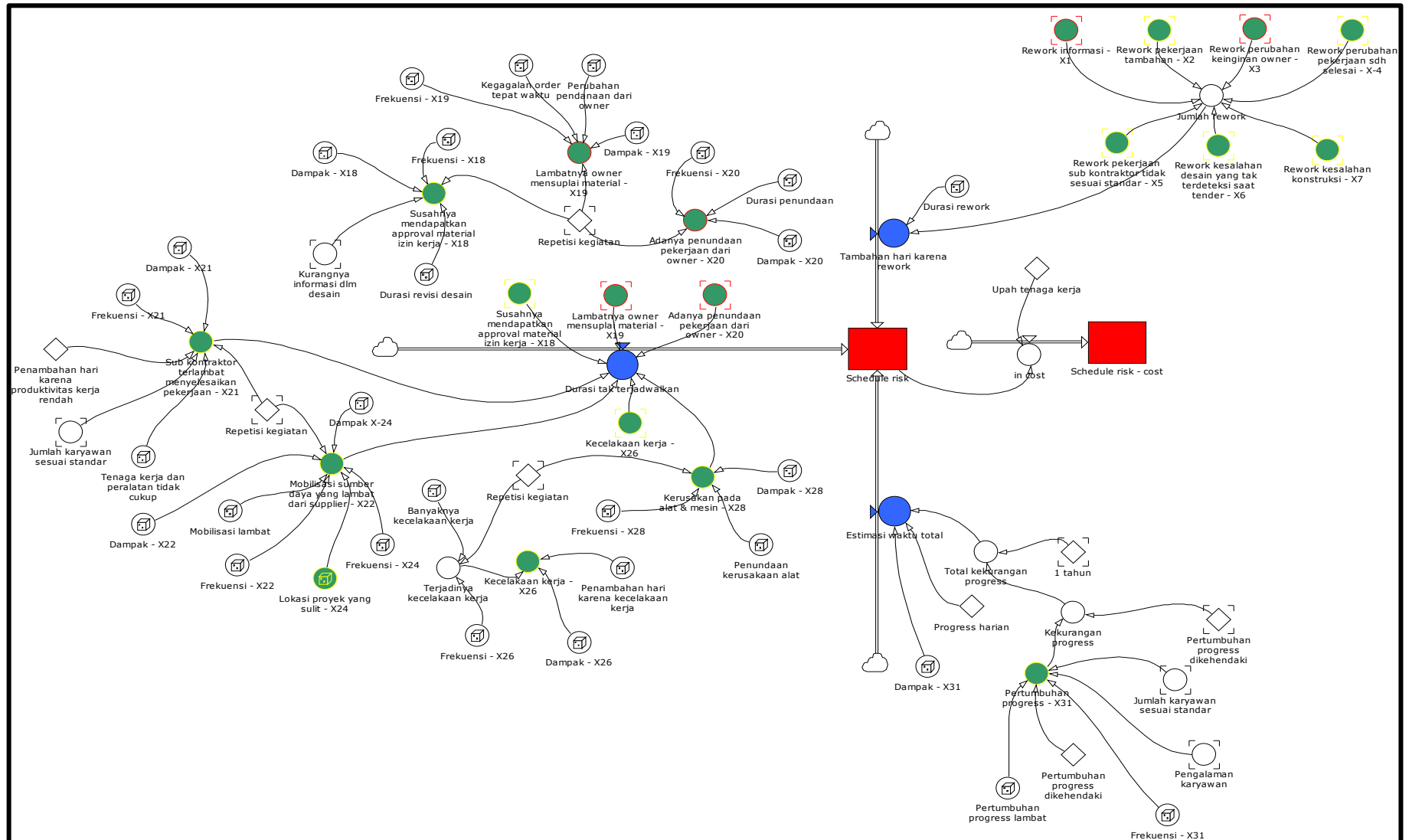
$$('Total\ kekurangan\ progress'/'Progress\ harian'*'Dampak - X31')+ 'Quality\ risk - day$$

10. Upah tenaga kerja

Variabel ini merepresentasikan upah tenaga kerja selama 1 hari. Namun tidak memperhatikan berapa jumlah tenaga kerja yang berkerja pada hari tersebut. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

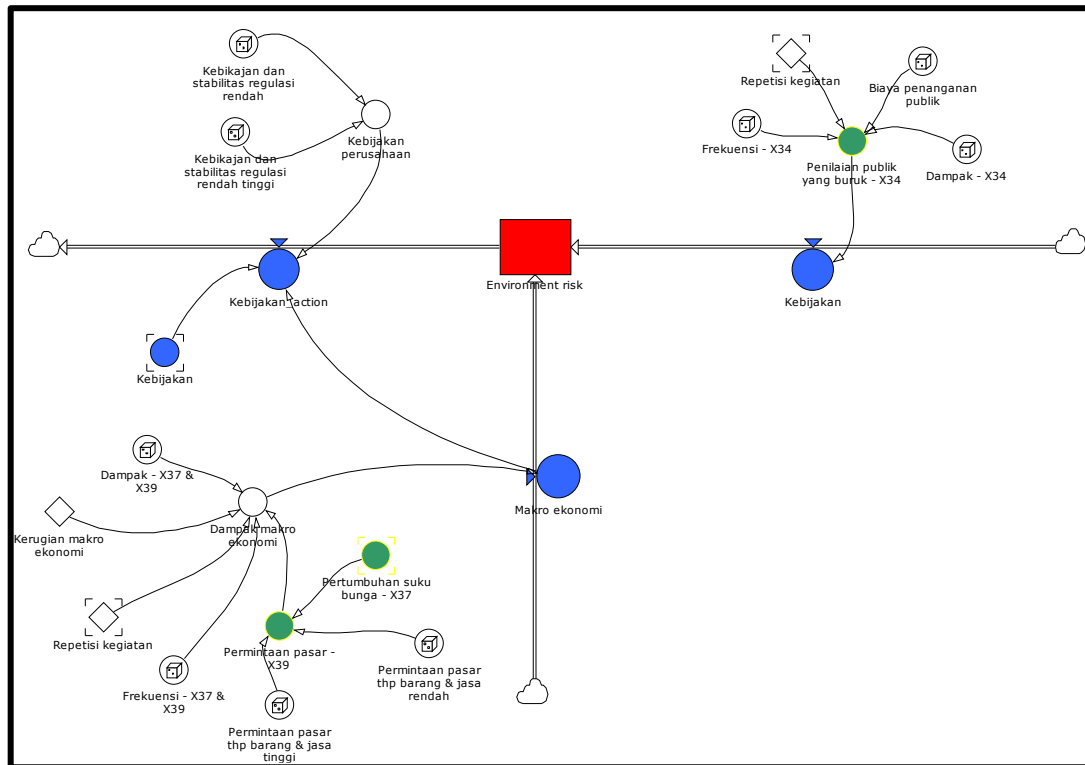
$$1000000<<rupiah>>/1<<da>>$$

Berikut ini adalah model variabel risiko penjadwalan secara keseluruhan yang sudah dibuat.



Gambar 4. 20 Model risiko penjadwalan secara keseluruhan

4.2.3.9 Model Variabel Lingkungan



Gambar 4. 21 Model variabel lingkungan

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* variabel lingkungan secara keseluruhan:

1. Biaya Penanganan Publik

Variabel ini merepresentasikan biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan untuk mengatasi penilaian publik yang buruk, seperti pengurusan administrasi, perizinan, dsb.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(500000 < <Rupiah>>, 3000000 < <Rupiah>>)$

2. Frekuensi – X34

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X34 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%, 60\%)$

3. Dampak – X34

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X34. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)

4. Penilaian publik yang buruk – X34

Variabel ini merepresentasikan kerugian/biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan apabila terjadi penilaian publik yang buruk terhadap pengerjaan proyek konstruksi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Repetisi kegiatan''Frekuensi - X34')*'Biaya penanganan publik'*'Dampak - X34'*

5. Kebijakan

Variabel ini merepresentasikan total biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan akibat risiko-risiko yang berhubungan dengan kebijakan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Penilaian publik yang buruk - X34'

6. Permintaan pasar terhadap barang dan jasa tinggi

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase permintaan pasar terhadap barang dan jasa apabila dalam kondisi tinggi. Nilai ini didapatkan dari badan pusat statistik. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.26%,6.5%)

7. Permintaan pasar terhadap barang dan jasa rendah

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase permintaan pasar terhadap barang dan jasa apabila dalam kondisi rendah. Nilai ini didapatkan dari badan pusat statistik. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(0%,3.25%)

8. Permintaan pasar – X39

Variabel ini merepresentasikan kondisi permintaan pasar di lapangan yang seringkali berubah-ubah setiap waktu. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

IF('Pertumbuhan suku bunga - X37'<3%,'Permintaan pasar thp barang & jasa tinggi','Permintaan pasar thp barang & jasa rendah')

9. Frekuensi – X37 & X39

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X37 & X39 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

10. Kerugian makro ekonomi

Variabel ini merepresentasikan potensi kerugian yang disebabkan oleh dampak makro ekonomi. Nilai ini didapat dari bciasia.com. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

15000000<<Rupiah>>/1%

11. Dampak – X37 & X39

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X37 & X39. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)

12. Dampak makro ekonomi

Variabel ini merepresentasikan total potensi kerugian akibat dampak makro ekonomi yang dapat disebabkan oleh fluktuasi permintaan pasar maupun suku bunga. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

(IF('Permintaan pasar - X39'<2%,(2%-'Permintaan pasar - X39')'Kerugian makro ekonomi',0<<Rupiah>>))*('Dampak - X37 & X39'*'Repetisi kegiatan')*'Frekuensi - X37 & X39')*

13. Makro ekonomi

Variabel ini merepresentasikan total potensi kerugian akibat dampak makro ekonomi yang dapat disebabkan oleh fluktuasi permintaan pasar maupun suku bunga. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Dampak makro ekonomi'

14. Kebijakan_action

Variabel ini merepresentasikan nilai keuntungan yang dapat mengurangi dampak risiko lingkungan diakibatkan kebijakan yang diambil oleh perusahaan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Kebijakan perusahaan'(Kebijakan+'Makro ekonomi')*

4. *Cost – X43*

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X43. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

*'Material & tools cost'*Owner mengirim material yang tidak sesuai rencana awal-X43'*Dampak - X43'*

5. *Frekuensi – X44*

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X44 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

6. *Kualitas material dari supplier tidak memenuhi standar – X44*

Variabel ini merepresentasikan jumlah kesalahan material akibat supplier mengirim produk tidak sesuai dengan standar yang dipesan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

*'Frekuensi - X44'*Repetisi kegiatan'*1<<material>>*

7. *Dampak – X44*

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X44. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.1%,4%)/1<<material>>

8. *Cost – X44*

Variabel ini merepresentasikan biaya akibat *risk event* dengan kode X44. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

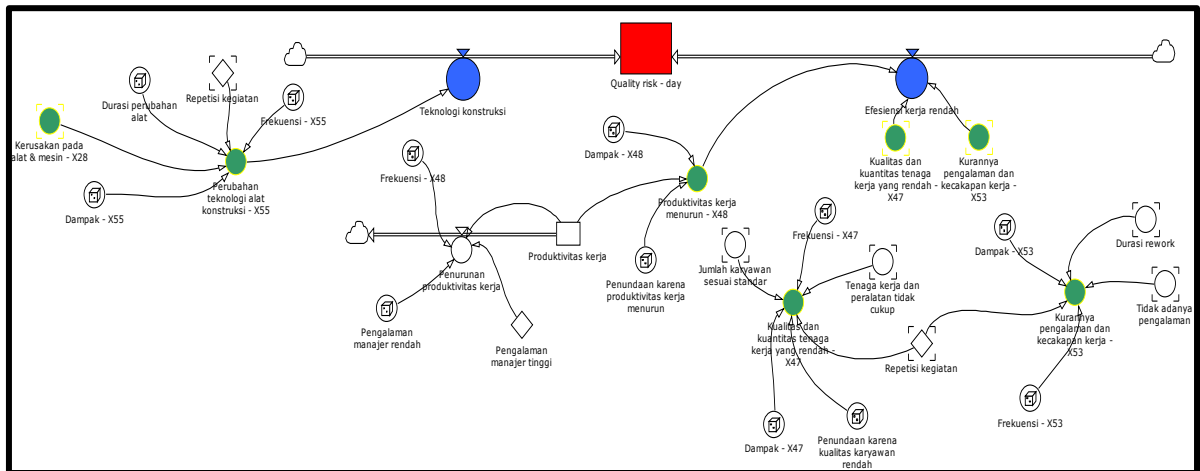
*'Kualitas material dari supplier tidak memenuhi standar - X44'*Material & tools cost'*Dampak - X44'*

9. *Material konstruksi*

Variabel ini merepresentasikan total potensi biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan akibat risiko-risiko yang berhubungan dengan kualitas. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Cost - X43'+ 'Cost - X44'+ 'Environment risk'

4.2.3.11 Model Variabel Kualitas (dilihat dari penjadwalan)



Gambar 4. 23 Model variabel kualitas (hari)

Berikut ini adalah informasi yang terkandung dalam setiap *flow diagram* variabel kualitas yang dilihat dari segi penambahan hari:

1. Frekuensi – X48

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X48 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(1,100)$

2. Pengalaman manajer rendah

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase penurunan produktivitas karyawan apabila manajer yang memimpin memiliki pengalaman yang rendah. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(30\%,45\%)$

3. Pengalaman manajer tinggi

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase penurunan produktivitas karyawan apabila manajer yang memimpin memiliki pengalaman yang tinggi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

25%

4. Penundaan karena produktivitas menurun

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari diakibatkan oleh persentase produktivitas dari tenaga kerja menurun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(30<<da>>,90<<da>>)$

5. Dampak – X48

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X44. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)$

6. Produktivitas kerja menurun – X48

Variabel ini merepresentasikan besarnya penurunan produktivitas kerja karyawan dan potensi penambahan hari diakibatkan oleh risiko tersebut. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$(IF('Produktivitas\ kerja'<50\%, 'Penundaan\ karena\ produktivitas\ kerja\ menurun', 2<<da>>))*'Dampak - X48'$

7. Penundaan karena kualitas karyawan menurun

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan kualitas dari karyawan menurun. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(7<<da>>,14<<da>>)$

8. Frekuensi – X47

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X47 terjadi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(41\%,60\%)$

9. Dampak – X47

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X47. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

$RANDOM(2.1\%,3\%)$

10. Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah – X47

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan kualitas dan kuantitas tenaga kerja rendah. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

(IF('Jumlah karyawan sesuai standar'<65<<orang>>,'Penundaan karena kualitas karyawan rendah'+ 'Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup','Tenaga kerja dan peralatan tidak cukup'))('Repetisi kegiatan'*'Frekuensi - X47')*'Dampak - X47'*

11. Frekuensi – X53

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X53 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

12. Dampak – X53

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X53. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(3.1%,4%)

13. Kurangnya pengalaman dan kecakapan kerja – X53

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari dikarenakan kurangnya pengalaman dan kecakapan kerja karyawan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Frekuensi - X53''Repetisi kegiatan')*'Durasi rework'*'Tidak adanya pengalaman'*'Dampak - X53'*

14. Efisiensi kerja rendah

Variabel ini merepresentasikan total potensi penambahan hari yang disebabkan risiko-risiko yang berkaitan dengan indikator efisiensi kerja rendah. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah - X47'+ 'Kurangnya pengalaman dan kecakapan kerja - X53'+ 'Produktivitas kerja menurun - X48'

15. Durasi perubahan alat

Variabel ini merepresentasikan potensi penambahan hari diakibatkan adanya perubahan teknologi atau alat yang digunakan dalam pengerjaan proyek. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(14<<da>>,30<<da>>)

16. Frekuensi – X55

Variabel ini merepresentasikan berapa kali peluang *risk event* dengan kode X55 terjadi.

Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(41%,60%)

17. Dampak – X55

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase dampak biaya yang disebabkan oleh *risk event* dengan kode X55. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

RANDOM(2.1%,3%)

18. Perubahan teknologi alat konstruksi – X55

Variabel ini merepresentasikan total potensi penambahan hari diakibatkan adanya perubahan alat/teknologi yang digunakan pada pengerjaan proyek konstruksi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

('Frekuensi - X55''Repetisi kegiatan')*('Kerusakan pada alat & mesin - X28'+ 'Durasi perubahan alat')*'Dampak - X55'*

19. Teknologi konstruksi

Variabel ini merepresentasikan total potensi penambahan hari diakibatkan adanya perubahan alat/teknologi yang digunakan pada pengerjaan proyek konstruksi. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Perubahan teknologi alat konstruksi - X55'

3. Pengeluaran

Variabel ini merepresentasikan nilai pengeluaran diakibatkan oleh biaya operasional dan biaya dari risiko lingkungan. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

'Environment risk'+ 'Operational expanse'

4. Harga jual termurah

Variabel ini merepresentasikan nilai jual produk yang dihasilkan dengan harga yang paling minimum untuk mengantisipasi kemungkinan terburuk. Fungsi matematis yang digunakan adalah

400000000<<rupiah>>

5. Kebijakan Perusahaan

Variabel ini merepresentasikan kebijakan-kebijakan perusahaan yang menyangkut strategi baik dari bidang marketing maupun lainnya, semakin tinggi keuntungan yang diperoleh maka kebijakan yang diambil akan berdampak lebih besar terhadap penerimaan pasar. Fungsi matematis yang digunakan adalah

IF(Benefit>=5000000<<Rupiah>>,'Kebijakan dan stabilitas regulasi rendah tinggi','Kebijakan dan stabilitas regulasi rendah')

6. Stabilitas regulasi rendah & tinggi

Variabel ini merepresentasikan dampak dari kebijakan yang diambil oleh perusahaan, semakin tinggi pendapatan maka kebijakan yang diambil semakin banyak dan stabilitas semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Fungsi matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

RANDOM (0,0.05) & RANDOM (0.06,0.1)

7. Market acceptance

Variabel ini merepresentasikan nilai persentase penerimaan pasar terhadap barang dan jasa yang dihasilkan. Fungsi matematis yang digunakan adalah

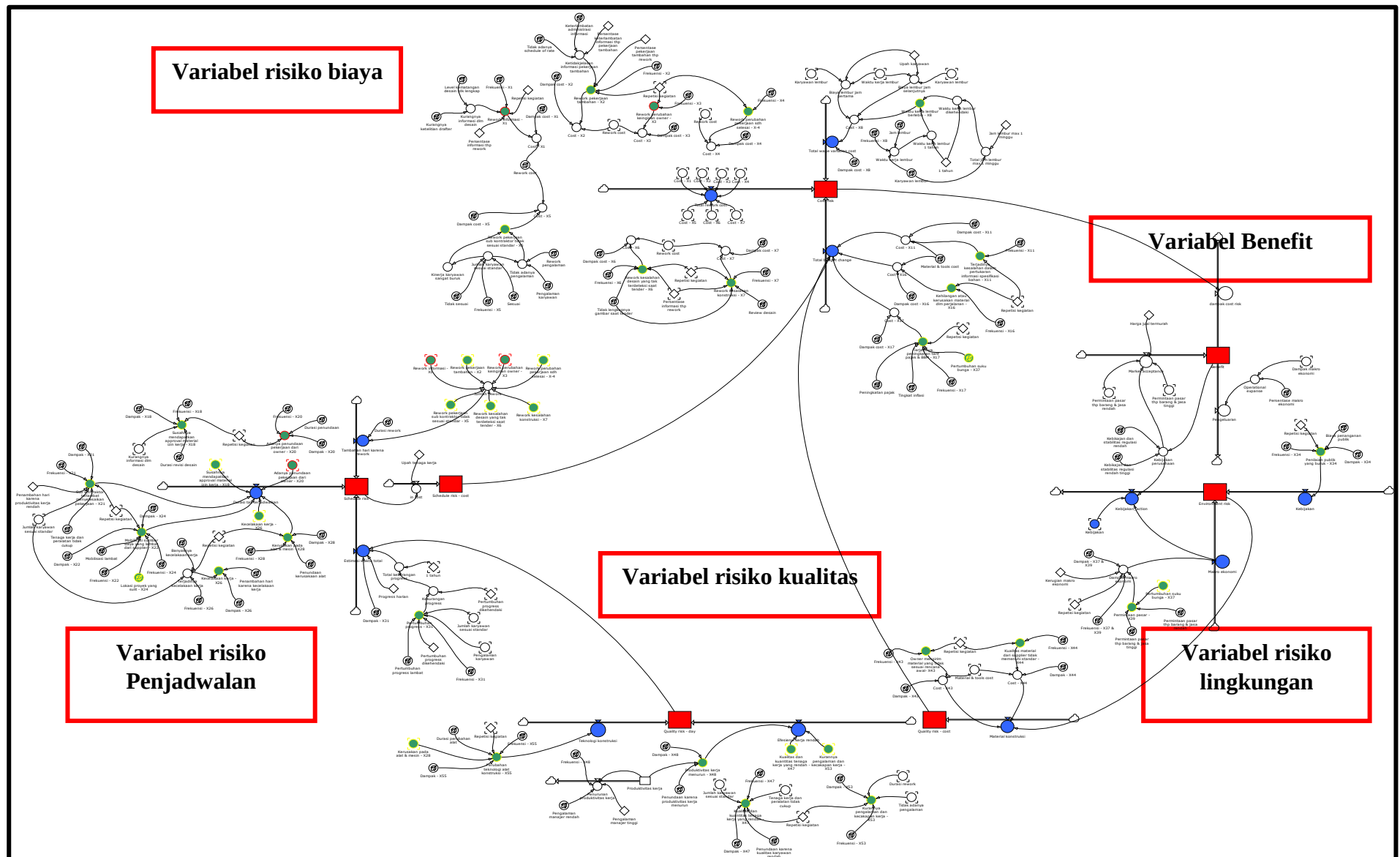
(IF('Kebijakan dan stabilitas regulasi'>0.05,'Permintaan pasar thp barang & jasa tinggi','Permintaan pasar thp barang & jasa rendah'))'Harga jual termurah'*

8. Dampak cost risk

Variabel ini merepresentasikan besarnya pengurangan *benefit* yang diakibatkan oleh risiko biaya. Fungsi matematis yang digunakan adalah:

(IF('Produktivitas kerja'<50%,'Penundaan karena produktivitas kerja 'Cost risk'

Berikut ini adalah model *flow diagram* secara keseluruhan yang sudah dibuat.



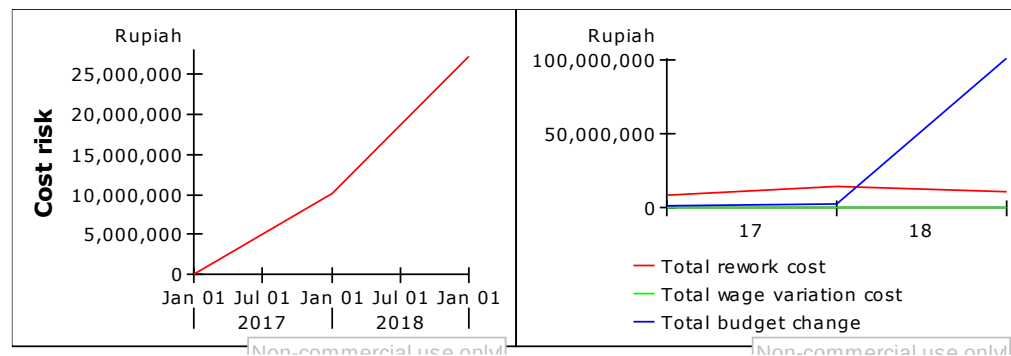
Gambar 4. 25 Model *flow diagram* keseluruhan

4.2.4 Hasil Simulasi

Hasil simulasi didapatkan dari model yang dijalankan selama periode 2 tahun dan dilihat per kuartal. Berikut ini adalah hasil simulasi yang telah didapatkan.

1. Risiko Biaya (*Cost Risk*)

Berdasarkan model sistem dinamik yang telah dibuat, risiko biaya dipengaruhi oleh 3 indikator, yaitu biaya *rework*, perbedaan penggajian karyawan yang disebabkan waktu lembur dan perubahan anggaran. Pada grafik perilaku variabel biaya hasil simulasi di bawah dapat dilihat bahwa risiko biaya terus mengalami peningkatan, penyebab utama dari peningkatan ini adalah karena biaya *rework* yang cukup besar walaupun pada awal kuartal 3 mengalami penurunan hal ini bukan berarti pada repetisi model berikutnya hasil akan menunjukkan hasil yang sama dikarenakan banyaknya ketidak pastian (variabel random) pada indikator *rework*. Kemudian selain itu peningkatan juga disebabkan pengaruh langsung dari risiko penjadwalan, semakin banyak potensi penambahan atau penundaan maka biaya yang akan dikeluarkan juga akan semakin banyak.



Gambar 4. 26 Grafik perilaku risiko biaya dan indikator yang mempengaruhinya

Tabel 4. 16 *Time table* risiko biaya

(Rupiah)				
Time	Cost risk	Total rework cost	wage variation	total budget change
Jan 01, 2017	0.00	8,508,018.66	0.00	1,567,520.22
Apr 01, 2017	2,518,884.72	10,049,400.87	0.00	1,761,494.15
Jul 01, 2017	5,037,769.44	11,590,783.08	0.00	1,955,468.08
Oct 01, 2017	7,556,654.16	13,132,165.28	0.00	2,149,442.01
Jan 01, 2018	10,075,538.89	14,673,547.49	0.00	2,343,415.94
Apr 01, 2018	14,329,779.74	13,777,954.61	127,387.27	26,845,206.84
Jul 01, 2018	18,584,020.60	12,882,361.73	254,774.54	51,346,997.74
Oct 01, 2018	22,838,261.46	11,986,768.85	382,161.82	75,848,788.64
Jan 01, 2019	27,092,502.32	11,091,175.97	509,549.09	100,350,579.55

Pada tabel 4.16 di atas dapat dilihat bahwa keadaan risiko awal adalah sebesar 0 rupiah dikarenakan seluruh risiko biaya yang mempengaruhinya baru akan masuk pada periode berikutnya. Kemudian untuk nilai *total rework cost*, *wage variation* dan juga *budget change* di setiap periode akan dibagi dengan 4 karena nilai yang tertera pada tabel tersebut adalah nilai dalam periode 1 tahun (*timestep* yang digunakan pada model) sedangkan penyajian tabel yang digunakan adalah dalam kuartal. Nilai perbedaan penggajian karyawan disebabkan karena adanya jam lembur yang diberikan kepada karyawan, nilainya berbeda-beda sesuai dengan jumlah karyawan yang lembur. Sedangkan total perubahan anggaran sebenarnya nilainya tidak terlalu besar hanya saja adanya pengaruh langsung dari variabel risiko penjadwalan meningkatkan besarnya perubahan anggaran disini.

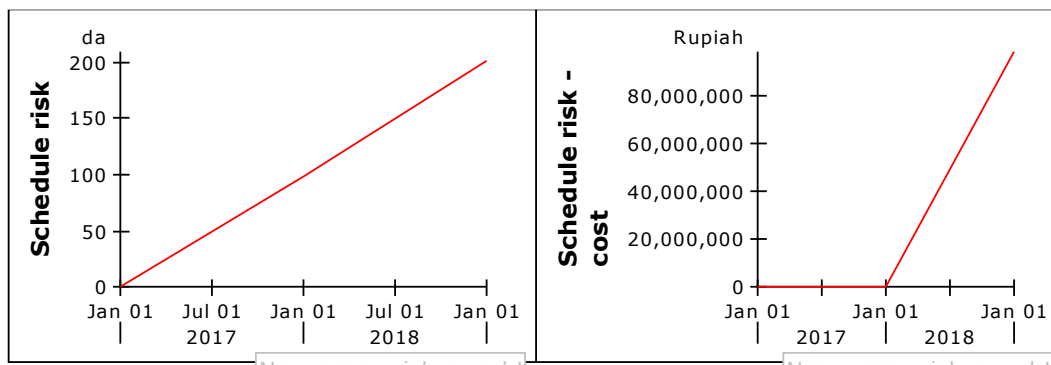
Tabel 4. 17 *Time table risk event* pada variabel risiko biaya

(Rupiah)											
Time	Cost - X1	Cost - X2	Cost - X3	Cost - X4	Cost - X5	Cost - X6	Cost - X7	Cost - X8	Cost - X11	Cost - X16	Cost - X
Apr 01, 2017	2,134,716.91	1,487,527.17	1,522,235.05	819,154.90	1,005,462.10	1,665,677.98	1,414,626.76	0.00	668,255.27	874,212.05	219,02
Jul 01, 2017	2,306,180.82	1,951,869.92	1,777,480.35	836,267.23	1,294,170.52	1,788,980.94	1,635,833.29	0.00	745,400.70	967,452.70	242,61
Oct 01, 2017	2,477,644.73	2,416,212.67	2,032,725.65	853,379.57	1,582,878.93	1,912,283.91	1,857,039.83	0.00	822,546.14	1,060,693.34	266,20
Jan 01, 2018	2,649,108.63	2,880,555.42	2,287,970.95	870,491.91	1,871,587.35	2,035,586.88	2,078,246.36	0.00	899,691.57	1,153,933.99	289,79
Apr 01, 2018	2,367,580.90	2,564,580.46	2,146,361.05	826,839.35	1,802,062.55	2,069,322.91	2,001,207.39	5,948,153.95	798,635.70	1,066,470.85	322,83
Jul 01, 2018	2,086,053.17	2,248,605.50	2,004,751.14	783,186.80	1,732,537.76	2,103,058.95	1,924,168.41	11,896,307.90	697,579.83	979,007.71	355,88
Oct 01, 2018	1,804,525.44	1,932,630.54	1,863,141.24	739,534.25	1,663,012.96	2,136,794.98	1,847,129.44	17,844,461.85	596,523.96	891,544.57	388,93
Jan 01, 2019	1,522,997.71	1,616,655.58	1,721,531.33	695,881.70	1,593,488.16	2,170,531.02	1,770,090.47	23,792,615.80	495,468.09	804,081.44	421,97

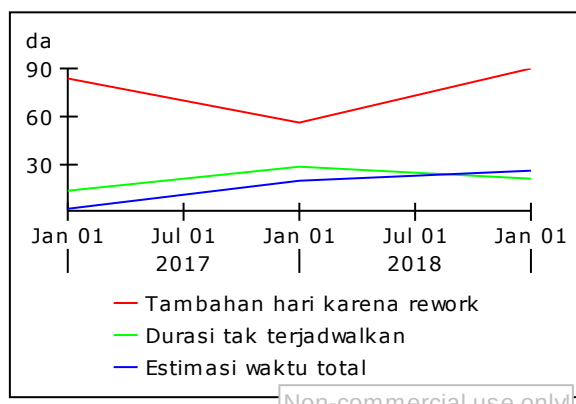
Berdasarkan tabel 4.17 tersebut dapat dilihat bahwa biaya yang disebabkan karena *rework* (X1-X7) relatif lebih stabil peningkatannya dibandingkan dengan biaya karena perbedaan penggajian karyawan, untuk biaya yang disebabkan karena *risk event* yang ada di indikator perubahan anggaran tidak terlalu besar. Nilai yang besar dikarenakan adanya pengaruh langsung dari variabel risiko penjadwalan.

2. Risiko Penjadwalan (*Schedule Risk*)

Risiko penjadwalan memiliki pengaruh langsung terhadap variabel risiko biaya, yaitu lebih tepatnya terhadap perubahan anggaran, dikarenakan semakin banyaknya potensi penambahan hari dalam pengerjaan proyek maka biaya yang perlu dikeluarkan juga akan semakin meningkat. Risiko penjadwalan pada kasus ini paling besar pengaruhnya adalah berasal dari *rework* dikarenakan selain menambah risiko biaya diakibatkan biaya dari *rework* itu sendiri, seperti membeli material, pengerjaan proses, dll juga dapat menyebabkan biaya lain, yaitu semakin banyak *rework* maka penambahan hari semakin banyak juga. Apabila penambahan hari semakin banyak maka biaya tenaga kerja, listrik, dsb akan menimbulkan biaya juga. Kemudian jika melihat dari indikator lainnya, yaitu durasi tak terjadwalkan dan estimasi waktu total keduanya cukup meningkat juga walaupun tidak signifikan.



Gambar 4. 27 Grafik perilaku risiko penjadwalan



Gambar 4. 28 Grafik perilaku indikator yang mempengaruhi risiko penjadwalan

Tabel 4. 18 *Time table* risiko penjadwalan

Time	Schedule risk (days)	Schedule risk - cost (Rp)	Penambahan hari karena rework	Durasi tak terjadwalkan (days)	Estimasi waktu total (days)
Jul 01, 2017	49.31	0.00	70.08	20.51	10.19
Oct 01, 2017	73.97	0.00	63.02	24.31	14.52
Jan 01, 2018	98.63	0.00	55.96	28.12	18.85
Apr 01, 2018	124.36	24,657,262.67	64.35	26.16	20.59
Jul 01, 2018	150.09	49,314,525.35	72.74	24.20	22.33
Oct 01, 2018	175.82	73,971,788.02	81.13	22.24	24.08
Jan 01, 2019	201.56	98,629,050.70	89.52	20.28	25.82

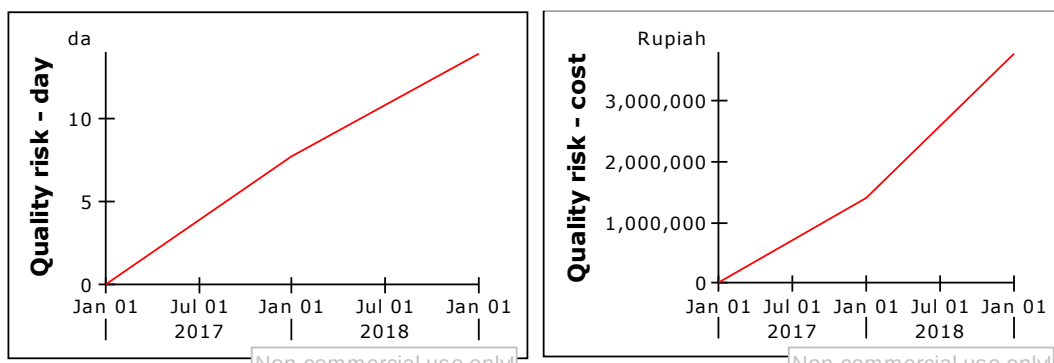
Pada tabel 4.18 di atas dapat dilihat bahwa pengaruh paling besar adalah berasal dari penambahan hari karena *rework*, Namun selain itu yang perlu diperhatikan adalah adanya pengaruh dari estimasi waktu total yang cenderung semakin meningkat. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh langsung dari variabel risiko kualitas, yaitu semakin buruk kualitas dari pengerjaan proyek maka estimasi waktu total juga akan semakin meningkat, estimasi waktu total sendiri dipengaruhi oleh lambatnya progress pengerjaan proyek. Selain itu pada durasi tak terjadwalkan juga perlu perhatian khusus, dikarenakan ada salah satu *risk event* yang masuk kepada klasifikasi risiko tinggi dan memiliki pengaruh terhadap variabel lain, yaitu *risk event* 20.

Tabel 4. 19 *Time table risk event* yang mempengaruhi indikator *unplanned duration*

(days)						
Time	Penundaan persetujuan material	Penundaan pekerjaan dan mobilisasi sumber daya	Waktu penyelesaian yang lambat	Waktu yang lambat dari mobilisasi sumber daya	Kecelakaan kerja - X2	Waktu pada alat & mesin
Apr 01, 2017	0.22	2.62	4.01	4.26	3.85	1.74
Jul 01, 2017	0.26	3.04	4.89	4.66	5.72	1.94
Oct 01, 2017	0.31	3.45	5.77	5.05	7.59	2.13
Jan 01, 2018	0.36	3.87	6.65	5.45	9.47	2.33
Apr 01, 2018	0.34	3.38	6.91	5.57	7.88	2.08
Jul 01, 2018	0.32	2.90	7.17	5.69	6.29	1.83
Oct 01, 2018	0.31	2.41	7.44	5.80	4.70	1.58
Jan 01, 2019	0.29	1.93	7.70	5.92	3.12	1.33

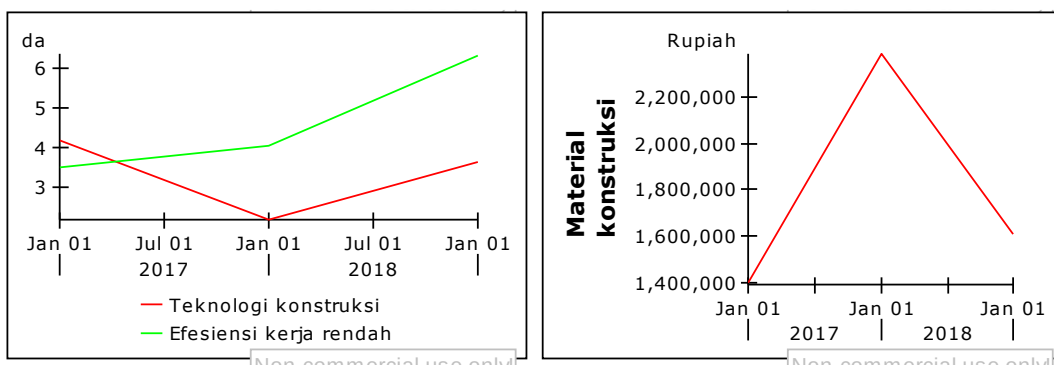
Pada tabel 4.19 di atas durasi tak terjadwalkan paling besar dipengaruhi oleh sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan dan mobilisasi sumber daya yang lambat dari supplier.

3. Risiko Kualitas (*Quality Risk*)



Gambar 4. 29 Grafik perilaku risiko kualitas

Pada grafik 4.29 di atas dapat dilihat perilaku risiko kualitas yang dilihat baik dari segi penjadwalan maupun biaya cenderung meningkat. Perilaku keseluruhan risiko yang cenderung meningkat ini disebabkan karena perusahaan belum memiliki tindakan mitigasi yang tepat dalam menangani beberapa variabel risiko.



Gambar 4. 30 Grafik perilaku indikator yang mempengaruhi risiko kualitas

Risiko kualitas dipengaruhi oleh 3 indikator, yaitu indikator material konstruksi dan efisiensi kerja yang mempengaruhi kualitas penjadwalan dan material konstruksi yang mempengaruhi kualitas dilihat dari aspek biaya. Untuk teknologi konstruksi perilakunya cenderung tetap walaupun di awal kuartar 3 terjadi penurunan tetapi setelah itu meningkat kembali. Sedangkan efisiensi kerja cenderung meningkat dikarenakan semakin lama pengerjaan proyek konstruksi ini berlangsung maka produktivitas dari pekerja juga akan semakin berkurang dan akan mengakibatkan kecakapan dan ketelitian dari pekerja juga berkurang sehingga kualitas dari pekerjaan yang dihasilkan tidak memenuhi standar pengerjaan yang sudah ditetapkan.

Tabel 4. 20 *Time table* risiko kualitas dilihat dari segi penjadwalan

(da)			
Time	Quality risk - day	teknologi konstruksi	efisiensi kerja rendah
Jan 01, 2017	0.00	4.21	3.50
Apr 01, 2017	1.93	3.71	3.64
Jul 01, 2017	3.85	3.20	3.77
Oct 01, 2017	5.78	2.70	3.90
Jan 01, 2018	7.71	2.20	4.04
Apr 01, 2018	9.27	2.56	4.61
Jul 01, 2018	10.83	2.93	5.17
Oct 01, 2018	12.39	3.29	5.74
Jan 01, 2019	13.95	3.65	6.31

Non-commercial use only

Tabel 4. 21 *Time table* risiko kualitas dilihat dari segi biaya

(Rupiah)		
Time	Quality risk - cost	Material konstruksi
Jan 01, 2017	0.00	1,394,968.52
Apr 01, 2017	348,742.13	1,642,272.68
Jul 01, 2017	697,484.26	1,889,576.84
Oct 01, 2017	1,046,226.39	2,136,880.99
Jan 01, 2018	1,394,968.52	2,384,185.15
Apr 01, 2018	1,991,014.81	2,190,364.17
Jul 01, 2018	2,587,061.10	1,996,543.18
Oct 01, 2018	3,183,107.39	1,802,722.20
Jan 01, 2019	3,779,153.67	1,608,901.21

Non-commercial use only

Kualitas material konstruksi adalah kesesuaian spesifikasi yang dikehendaki sesuai dengan kontrak yang telah disepakati, kesalahan spesifikasi material akan membuat kualitas dari proyek menurun dan biaya yang dikeluarkan juga semakin meningkat. Nilai dari material konstruksi dipengaruhi langsung oleh variabel risiko lingkungan terutama diakibatkan oleh dampak makro ekonomi, semakin tinggi tingkat inflasi dan suku bunga serta rendahnya permintaan dari konsumen membuat pengeluaran dari pembelian material semakin tinggi dan berisiko.

Tabel 4. 22 *Time table risk event* yang mempengaruhi risiko kualitas (hari)

(da)				
Time	teknologi alat konst	ivitas kerja menuru	itas tenaga kerja	alaman dan kecaka
Jan 01, 2017	4.21	0.05	1.75	1.71
Apr 01, 2017	3.71	0.05	2.11	1.47
Jul 01, 2017	3.20	0.05	2.48	1.24
Oct 01, 2017	2.70	0.05	2.85	1.00
Jan 01, 2018	2.20	0.06	3.21	0.77
Apr 01, 2018	2.56	0.06	3.66	0.89
Jul 01, 2018	2.93	0.05	4.10	1.02
Oct 01, 2018	3.29	0.05	4.54	1.14
Jan 01, 2019	3.65	0.05	4.99	1.27

Non-commercial use only

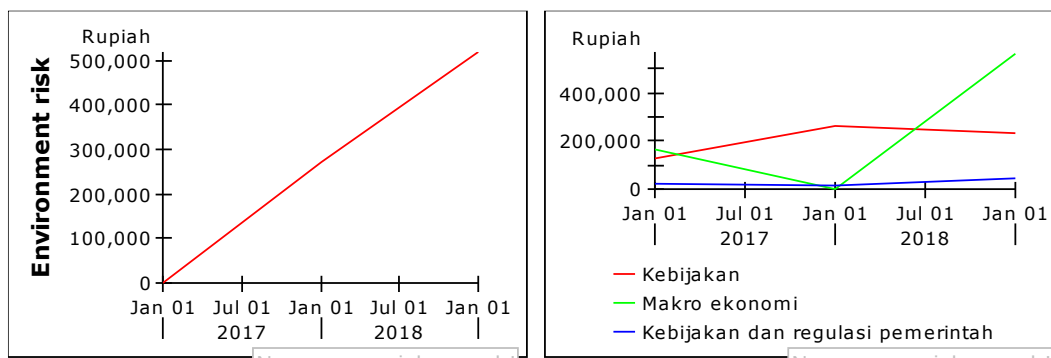
Tabel 4. 23 *Time table risk event* yang mempengaruhi risiko kualitas (biaya)

(Rupiah)		
Time	Cost - X43	Cost - X44
Jan 01, 2017	539,761.33	855,207.19
Apr 01, 2017	603,651.06	970,889.50
Jul 01, 2017	667,540.80	1,086,571.81
Oct 01, 2017	731,430.53	1,202,254.11
Jan 01, 2018	795,320.27	1,317,936.42
Apr 01, 2018	728,179.75	1,129,555.85
Jul 01, 2018	661,039.24	941,175.29
Oct 01, 2018	593,898.72	752,794.72
Jan 01, 2019	526,758.21	564,414.16

Non-commercial use only

Risiko kualitas biaya, terutama yang berkaitan dengan biaya material dipengaruhi oleh kesesuaian *owner* dalam mengirim material dan kualitas material yang dikirim oleh supplier. Risiko yang berasal dari *owner* cenderung stabil dikarenakan akses informasi dan komunikasi yang lebih mudah dibandingkan akses informasi ke supplier yang notabene merupakan pihak yang berasal dari luar dalam pengerjaan proyek konstruksi tersebut.

4. Risiko Lingkungan (*Envoronment Risk*)



Gambar 4. 31 Grafik perilaku risiko lingkungan dan indikator yang mempengaruhinya

Tabel 4. 24 Time table risiko lingkungan

(Rupiah)				
Time	Environment risk	Kebijakan	Makro ekonomi	Kebijakan dan regulasi pemerintah
Jan 01, 2017	0.00	131,315.50	162,590.10	22,977.14
Apr 01, 2017	67,732.12	164,253.15	121,942.58	21,299.29
Jul 01, 2017	135,464.23	197,190.81	81,295.05	19,621.44
Oct 01, 2017	203,196.35	230,128.46	40,647.53	17,943.59
Jan 01, 2018	270,928.47	263,066.12	0.00	16,265.74
Apr 01, 2018	332,628.56	255,427.36	140,014.17	23,541.88
Jul 01, 2018	394,328.65	247,788.60	280,028.34	30,818.02
Oct 01, 2018	456,028.75	240,149.83	420,042.50	38,094.16
Jan 01, 2019	517,728.84	232,511.07	560,056.67	45,370.30

Risiko lingkungan adalah risiko yang berasal dari faktor eksternal dan sulit untuk diantisipasi. Risiko lingkungan pada penelitian ini dipengaruhi oleh kebijakan perusahaan, makro ekonomi dan juga kebijakan dari pemerintah. Kebijakan perusahaan maksudnya adalah kebijakan dalam menangani penilaian publik yang buruk seperti pengelolaan administrasi, perizinan, pembukaan akses informasi publik, dll dan variabel ini akan mengakibatkan risiko lingkungan bertambah sedangkan kebijakan pemerintah adalah regulasi yang berasal dari pemerintah terkait pengerjaan proyek, apabila regulasi ini menguntungkan maka akan membantu meringankan risiko lingkungan. Makro ekonomi pada risiko lingkungan disini disebabkan karena tingkat inflasi, suku bunga dan juga fluktuasi permintaan terhadap barang dan jasa sehingga semakin tinggi tingkat inflasi dan suku bunga serta semakin rendahnya permintaan maka dampak dari makro ekonomi ini juga

semakin meningkat terutama terhadap keadaan finansial perusahaan dan strategi pasar yang akan diterapkan

4.2.5 Verifikasi dan validasi Model Simulasi

Validasi digunakan untuk menguji tingkat kepercayaan model yang dibangun dan apakah model simulasi sudah dapat merepresentasikan sistem riil dengan baik atau belum, maka diperlukan pengujian terhadap model simulasi tersebut. Tidak semua variabel akan divalidasikan, melainkan hanya variabel penting yang menjadi fokus penelitian saja. Dalam hal ini tiga variabel utama, yaitu risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas.

4.2.5.1 Verifikasi Model

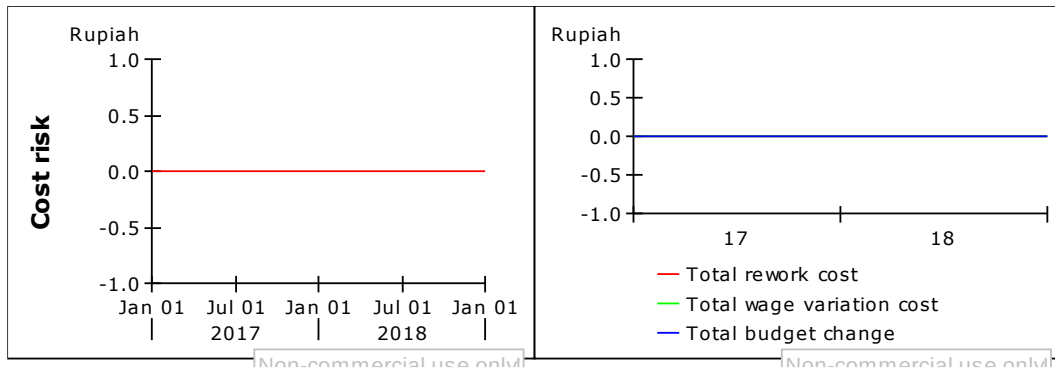
Verifikasi model diperlukan untuk mengetahui apakah model telah dikodekan (dibuat) dengan benar dan konsisten. Verifikasi model yang dilakukan pada model manajemen risiko proyek The Palace yaitu pengecekan *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)* apakah sesuai dengan *output* dari hasil simulasi dan pengkodean model. *Output* simulasi memperlihatkan nilai dari formulasi matematis *level* dan *flow*. Verifikasi dengan pengkodean model merupakan metode verifikasi dengan mengambil salah satu bagian dari model (Martis, 2006). Contohnya *total rework cost* dipengaruhi oleh biaya (*cost*) dari *risk event* yang ada, yaitu *cost X1* sampai dengan *cost X7*. Jika biaya dari masing-masing *risk event* dipisahkan dari variabel *total rework cost* maka *link* tidak berjalan dengan demikian pengkodean telah dilakukan dengan benar. Selain itu, verifikasi juga dapat dilakukan dengan verifikasi struktural yang berarti membandingkan secara langsung struktur model dengan struktur dari model nyata yang sudah dinyatakan dalam model. Untuk dapat memenuhi uji verifikasi struktural, informasi dalam struktur model tidak boleh kontradiksi dengan informasi yang ada pada struktur sistem nyata. Uji verifikasi struktural bisa berasal dari orang yang memiliki pengetahuan yang tinggi akan sistem yang diteliti. Uji verifikasi struktural juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan asumsi – asumsi dalam model dengan relasi pada pengambilan keputusan atau organisasi terkait yang ditemukan dalam kajian literatur (Forrester & Senge, 1980). Dalam model yang dibangun validasi dilakukan oleh *expert* yang menjadi responden juga pada kuesioner yang telah dibagikan sebelumnya.

4.2.5.2 Validasi Model

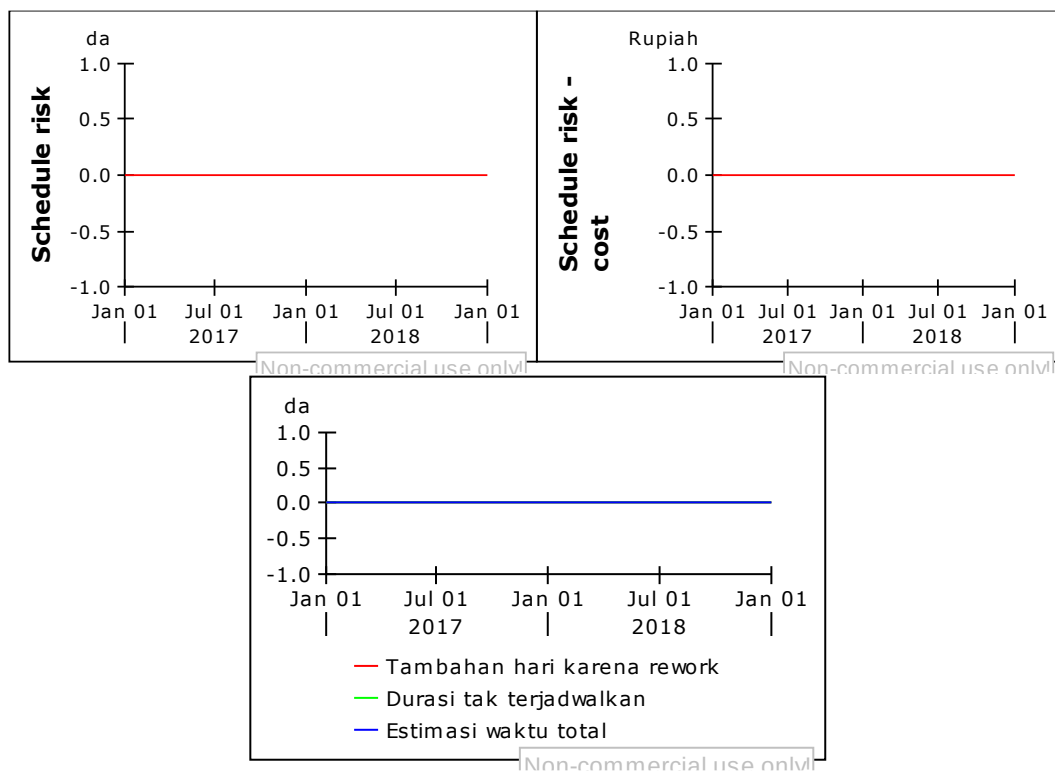
Validasi model merupakan pembuktian terhadap model yang dirancang apakah sesuai dengan representasi sistem nyata atau tidak. Menurut Daelan dan Thissen (2001) validasi dalam pemodelan sistem dinamik dapat dilakukan dengan beberapa cara meliputi uji struktur secara langsung (*direct structure test*) tanpa mengoperasikan (*running*) model, uji struktur tingkah laku model (*structure-oriented behavior test*) dengan mengoperasikan model dan perbandingan tingkah laku model dengan sistem nyata (*quantitative behaviour pattern comparison*). Sedangkan menurut Sargent (2011), teknik validasi model ada 15, diantaranya adalah *extreme condition test*, *operational graphics*, *parameter variability-sensitivity analysis*, dan *face validity*. Keempat teknik validasi ini termasuk ke dalam uji struktur secara langsung dan uji struktur tingkah laku model. Pemilihan teknik validasi ini dikarenakan pada model yang dibangun untuk manajemen risiko pembangunan The Palace apartemen tidak menggunakan data historis yang disimpan (*direcord*) secara rapi dalam pembukuan khusus, melainkan data-data terkait *risk event* dan *risk agent* yang didapatkan dan dipakai hanya sebatas pengalaman dari para *expert* selama mengerjakan proyek-proyek konstruksi sejenisnya.

1. *Extreme Condition Test*

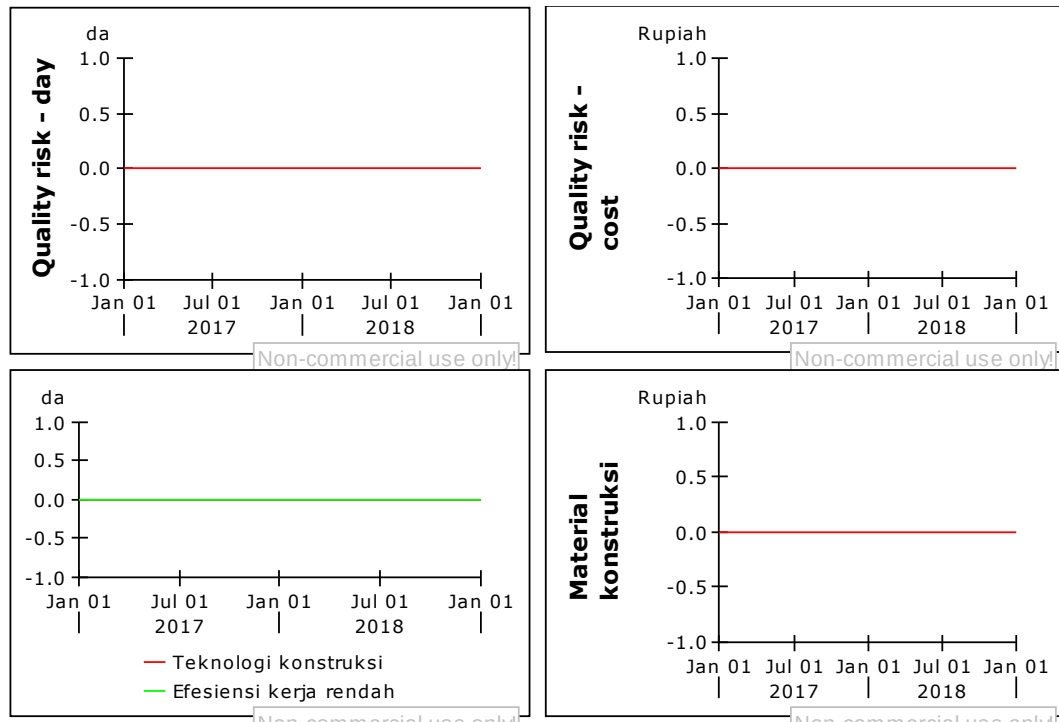
Extreme condition test dilakukan dengan mengubah jumlah awal masing-masing *risk event* menjadi 0. Jika tidak ada *risk event* yang terjadi selama pengerjaan proyek maka diharapkan biaya dan penambahan hari pada variabel risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas tetap 0 sepanjang waktu. Hal ini sama seperti yang dilakukan oleh Sudrajat (2010) saat meneliti kebutuhan obat ARV, yaitu dengan mengubah jumlah awal dari populasi HIV positif menjadi 0 sehingga jika tidak ada orang yang terinfeksi HIV positif maka diharapkan stok populasi HIV positif tetap 0 sepanjang waktu, begitu juga dengan populasi AIDS.



Gambar 4. 32 Risiko biaya apabila tanpa ada *risk event* yang terjadi



Gambar 4. 33 Risiko penjadwalan apabila tanpa ada *risk event* yang terjadi

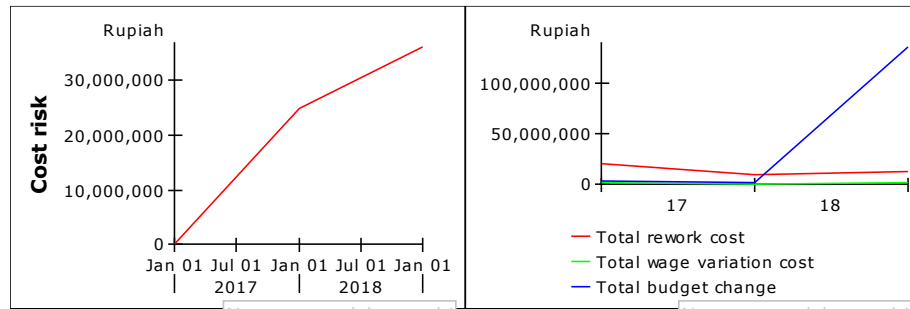


Gambar 4. 35 Risiko kualitas apabila tanpa ada *risk event* yang terjadi

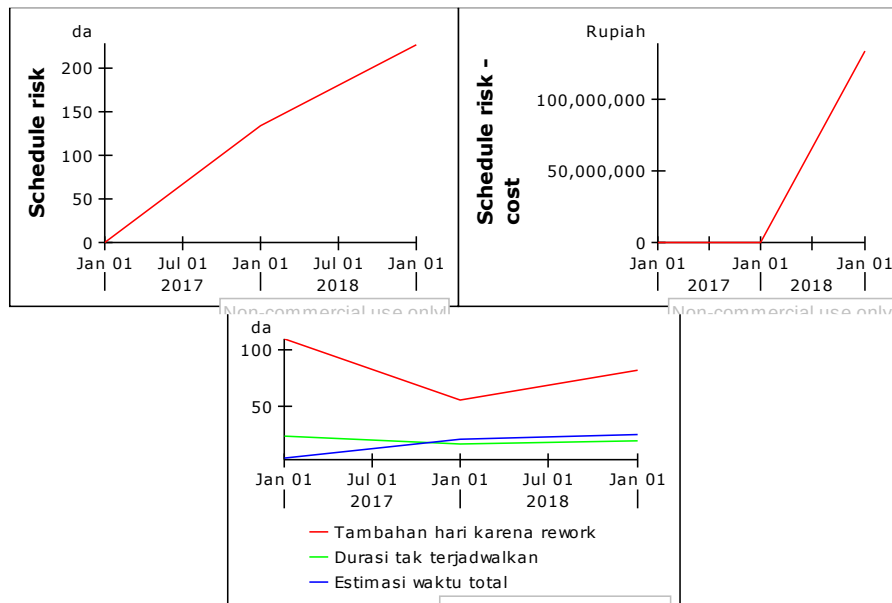
Berdasarkan pengujian validasi menggunakan *extreme condition test* didapatkan nilai variabel risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas bernilai 0 sepanjang waktu, maka dinyatakan model ini adalah **valid**.

2. Operational Graphic

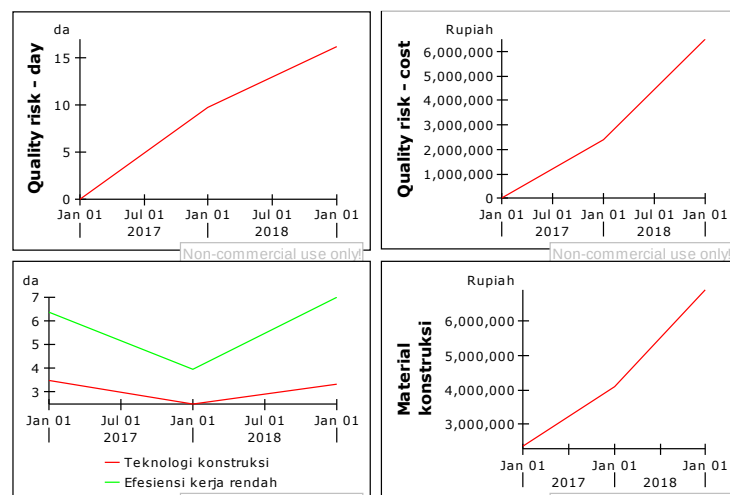
Teknik *operational graphics* merupakan metode validasi yang menampilkan hasil simulasi dengan melihat perilaku dinamis dari ukuran performansi (Sargent, 2011), pada penelitian ini adalah risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas. Teknik *operational graphic* menampilkan grafik risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas sebagai ukuran performansi sistem yang berperilaku dinamis. Hal ini sama seperti yang dilakukan Ivan (2012) saat meneliti gangguan pendistribusian BBM pada PT. Pertamina Padang yang mana menampilkan grafik stok BBM dan *service level* yang berperilaku dinamis terhadap perubahan waktu.



Gambar 4. 36 Grafik risiko biaya berjalan dinamis seiring berjalan waktu



Gambar 4. 37 Grafik risiko penjadwalan bergerak dinamis seiring berjalannya waktu

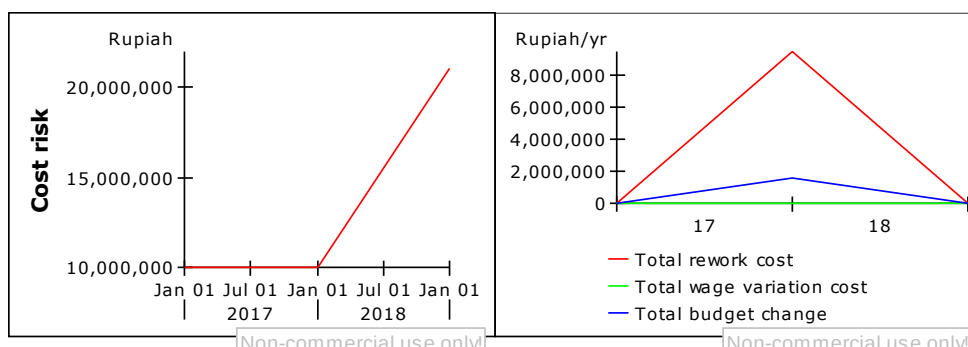


Gambar 4. 38 Grafik risiko kualitas bergerak dinamis seiring berjalannya waktu

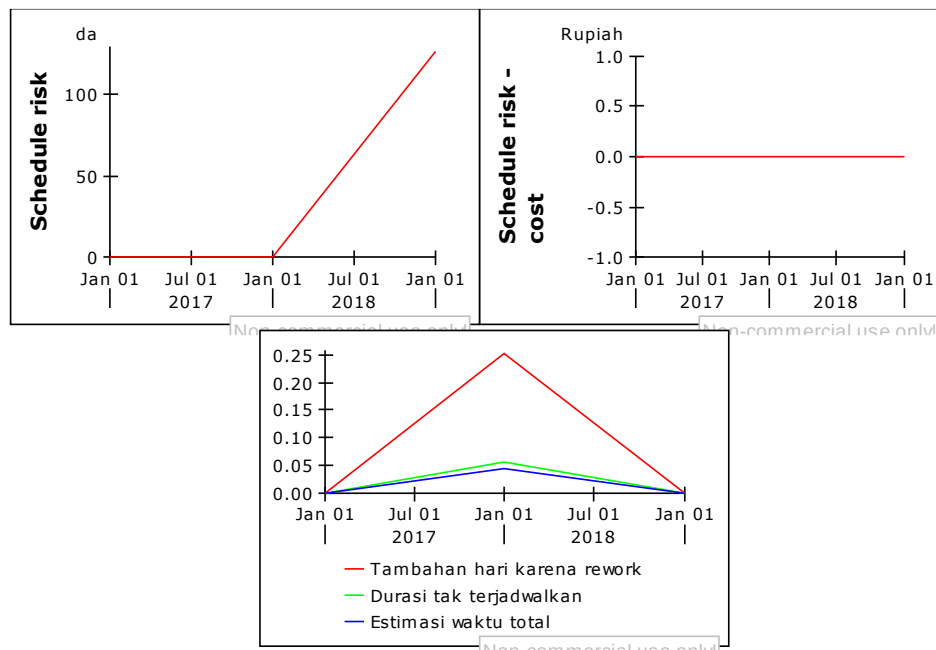
Pada grafik di atas, keseluruhan variabel ukuran performansi menampilkan perilaku yang dinamis sepanjang waktu, hal ini menyatakan bahwa model yang dibentuk sudah dapat dikatakan **valid**.

3. *Parameter Variability-Sensitivity Analysis*

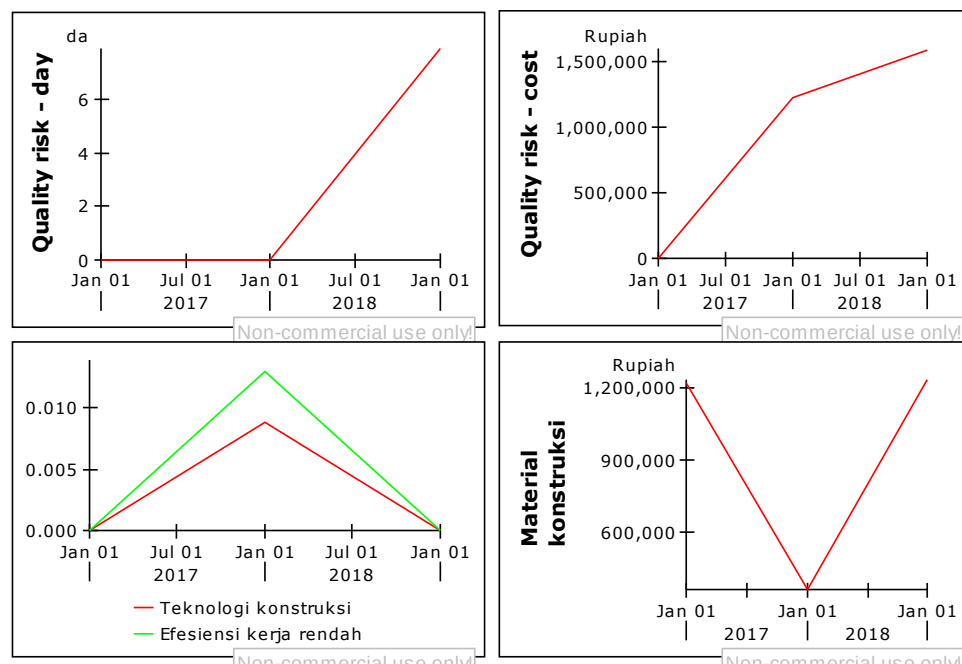
Teknik *Parameter variability-sensitivity analysis* yaitu teknik validasi dengan mengubah nilai parameter sistem dan membandingkan hasil simulasi tersebut dengan sistem nyata (Sargent, 2011). Teknik validasi *Parameter variability-sensitivity analysis* dilakukan dengan mengubah parameter sistem yaitu frekuensi terjadinya *risk event*, inisial tiap-tiap parameter risiko dan waktu terjadinya *risk event*. Perubahan nilai parameter mempengaruhi nilai risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas sebagai ukuran performansi sistem. Berdasarkan hal tersebut, model risiko tiap-tiap variabel **valid** karena mampu menunjukkan representasi sistem nyata. Hal ini sama seperti yang dilakukan Ivan (2012) saat meneliti gangguan pendistribusian BBM pada PT. Pertamina Padang dengan mengubah parameter sistem yaitu waktu kedatangan BBM, inisial stok dan waktu penggantian ACB. Perubahan nilai parameter mempengaruhi nilai service level dan stok BBM sebagai ukuran performansi sistem.



Gambar 4. 39 **Kondisi risiko biaya setelah perubahan parameter**



Gambar 4. 40 Kondisi risiko penjadwalan setelah perubahan parameter



Gambar 4. 41 Kondisi risiko kualitas setelah perubahan parameter

4. Face Validity

Teknik *face validity* adalah teknik validasi dengan menanyakan model yang telah dibuat kepada pihak (*expert*) yang sangat memahami sistem dalam model apakah perilaku sistem dalam model dan variabel-variabel yang digunakan didalamnya masuk akal dan sesuai dengan sistem nyatanya (Forrester, 1961). Uji ini telah dilakukan dengan menanyakan langsung dan melakukan *brainstorming* saat pembangunan model kepada pihak *expert* yaitu lima orang responden yang telah disebutkan sebelumnya (manajer proyek, divisi SHE, divisi QC, *chief engineer* dan operator lapangan) selaku pihak-pihak yang berhubungan langsung dengan proyek pembangunan apartemen The Palace Yogyakarta.

4.2.6 Design Improvement

Design improvement merupakan suatu tahap dalam simulasi untuk memperoleh model alternatif yang dimungkinkan memiliki kondisi yang lebih baik dibandingkan dengan model awal berdasarkan parameter tertentu.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, model yang dibuat pada penelitian ini adalah untuk menganalisa perilaku risiko terhadap performansi atau kinerja proyek konstruksi. Setelah mengetahui perilakunya, tujuan berikutnya adalah mengurangi nilai dari risiko yang ada, baik itu risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas tentunya dengan memperhatikan perilaku umpan balik diantara variabel-variabel tersebut.

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan, dapat dilihat bahwa keseluruhan risiko yang diamati mengalami peningkatan. Setelah melakukan analisa berdasarkan hasil simulasi dan melakukan *brainstorming* bersama *expert* yang mengetahui sistem secara menyeluruh didapatkan tindakan mitigasi pada *risk event* prioritas yang dianggap paling berpengaruh terhadap performansi sistem atau *design improvement* yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Tindakan mitigasi untuk risiko-risiko prioritas

No.	Variabel		Risk Event	Mitigasi
1.	Risiko Biaya	X1	Kurangnya informasi dalam gambar.	Mengurangi risiko (risk reduction) yaitu dengan mengajukan <i>shop drawing</i> kepada pihak perencana dan juga dengan melakukan sinkronisasi antara gambar rencana dan RAB sehingga informasi yang kurang dalam gambar bisa dipadukan melalui RAB
		X2	Ketidakjelasan mengenai informasi pekerjaan tambahan dari <i>owner</i> .	Mengurangi risiko (risk reduction) yaitu dengan mempunyai catatan khusus untuk setiap <i>item</i> pekerjaan tambahan, serta rutin melakukan <i>review</i> mengenai lingkup pekerjaan dan anggaran terkait dengan adanya perubahan desain yang mengakibatkan adanya pekerjaan tambahan.
		X3	Keinginan <i>owner</i> yang suka berubah sehingga informasi mengenai proyek menjadi tidak pasti.	Mengurangi risiko (risk reduction) yaitu dengan melakukan koordinasi yang rutin dengan konsultan (<i>designer</i>) atau pihak <i>owner</i> , selain itu penggunaan <i>shop drawing</i> dan ijin kerja yang ditandatangani pihak <i>owner</i> atau konsultan sangat penting

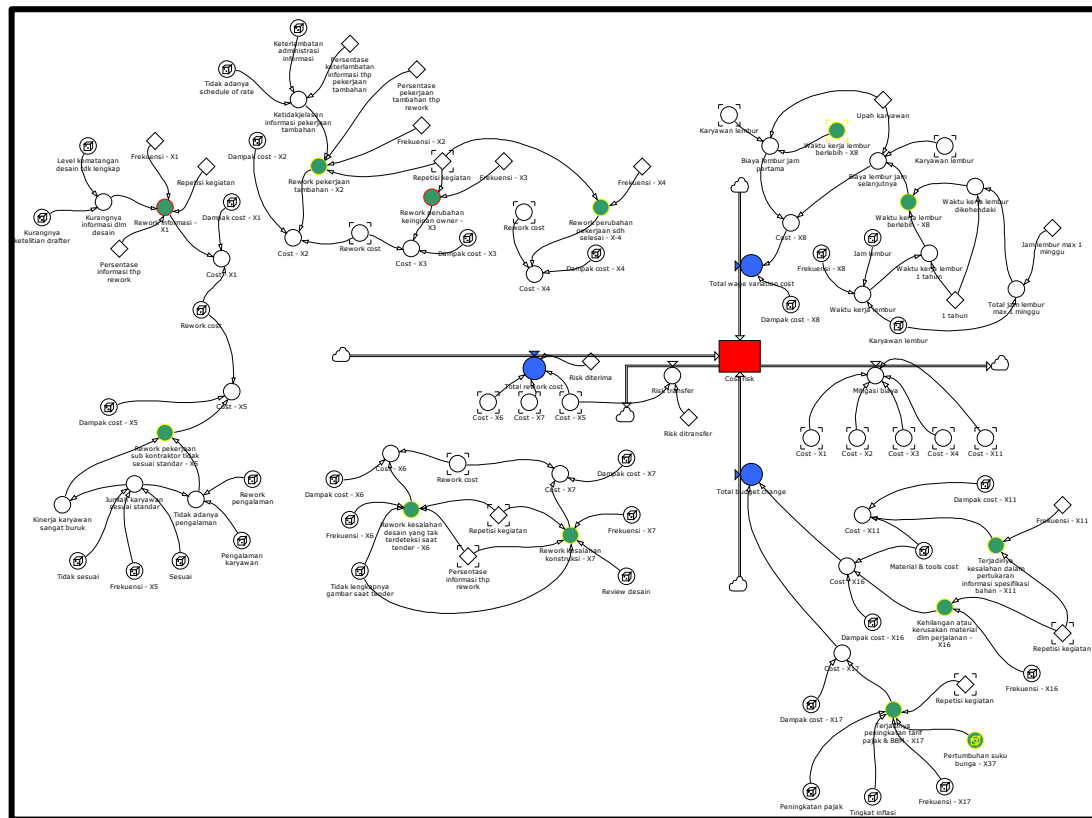
No.	Variabel	Risk Event	Mitigasi
			sehingga setiap pekerjaan yang akan dikerjakan dapat mengacu pada <i>shop drawing</i> tersebut. Oleh karena itu jika ada perubahan keinginan <i>owner</i> dalam pelaksanaan itu akan dimasukkan sebagai pekerjaan tambah.
X4	<i>Owner</i> meminta perubahan terhadap pekerjaan yang sudah selesai.		Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) dengan melakukan komunikasi dan koordinasi yang baik dengan <i>owner</i> sehingga setiap pekerjaan yang tidak sesuai dengan kontrak bisa masuk ke dalam pekerjaan tambah.
X5	Hasil pekerjaan sub kontraktor tidak memenuhi standar.		Memindahkan risiko (<i>risk transfer</i>) ke sub kontraktor/ <i>supplier</i> yang bersangkutan sehingga setiap pekerjaan yang tidak sesuai standar menjadi tanggung jawab sub kontraktor/ <i>supplier</i> tersebut. Selain itu dengan mengunjungi proyek yang pernah dikerjakan sub kontraktor.
X11	Terjadinya kesalahan dalam pertukaran informasi mengenai spesifikasi bahan		Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) yaitu dengan membuat kontrak kerja yang detail dan disepakati bersama sebelum pekerjaan dimulai.

No.	Variabel		<i>Risk Event</i>	Mitigasi
			atau pekerjaan antara kontraktor dengan sub kontraktor/ <i>supplier</i> .	
2.	Risiko Penjadwalan	X18	Susahnya mendapat <i>approval</i> material, izin kerja dan gambar kerja dari <i>owner</i> .	Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) dengan melakukan komunikasi dan koordinasi yang baik dengan <i>owner</i> sehingga <i>approval</i> dapat diperoleh sesuai dengan <i>schedule</i> pekerjaan.
		X20	Adanya penundaan pekerjaan dari <i>owner</i> .	Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) dengan mengklaim pekerjaan yang ditunda dengan catatan yang lengkap, sehingga dapat memundurkan <i>schedule</i> dan bahkan bisa menjadi pekerjaan tambahan jika berdampak pada biaya proyek.
		X21	Sub kontraktor terlambat dalam menyelesaikan pekerjaan.	Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) dengan seleksi diawali terhadap sub kontraktor serta memberikan pinalti kepada sub kontraktor jika ada keterlambatan.
		X24	Lokasi proyek yang sulit sehingga susah dalam mensuplai material atau membawa peralatan berat.	Mengurangi risiko (<i>risk reduction</i>) dengan melakukan survei lokasi sehingga biaya-biaya yang timbul akibat lokasi yang susah bisa dimasukkan di dalam anggaran.

No.	Variabel		Risk Event	Mitigasi
3.1	Kualitas (penjadwalan)	X47	Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah.	Mengurangi risiko (risk reduction) dengan seleksi diawal terhadap beberapa penyedia tenaga kerja (mandor).
		X48	Menurunnya produktivitas tenaga kerja.	Mengurangi risiko (risk reduction) dengan manajemen kerja karyawan yang baik, seperti jadwal lembur dan lain-lain.
3.2	Kualitas (biaya)	X43	Owner mengirim material tidak sesuai dengan rencana awal.	Mengurangi risiko (risk reduction) dengan melakukan komunikasi dan koordinasi yang baik dengan owner sehingga setiap pekerjaan yang tidak sesuai dengan kontrak bisa masuk ke dalam pekerjaan tambahan.
		X44	Kualitas material dari supplier kontraktor tidak memenuhi standar.	Memindahkan risiko (risk transfer) ke sub kontraktor/supplier yang bersangkutan sehingga setiap pekerjaan yang tidak sesuai standar menjadi tanggung jawab sub kontraktor/supplier tersebut.

Berikut ini adalah model *design improvement* berdasarkan tindakan mitigasi yang telah didapatkan sebelumnya.

1. Risiko Biaya



Gambar 4. 42 Gambar model eksperimen risiko biaya

Dalam model tersebut formulasi yang digunakan untuk variabel tindakan mitigasi pengurangan risiko (*risk reduction*) pada *risk event* dengan kode X1, X2, X3, X4, X5 dan X11 adalah sebagai berikut.

'Cost - X1'+ 'Cost - X2'+ 'Cost - X3'+ 'Cost - X4'+ 'Cost - X11'

Sehingga dengan demikian ada perubahan juga pada variabel *total rework cost* dan *budget change* adalah sebagai berikut.

$$'Cost - X6' + 'Cost - X7' + ('Cost - X5' * 'Risk diterima')$$

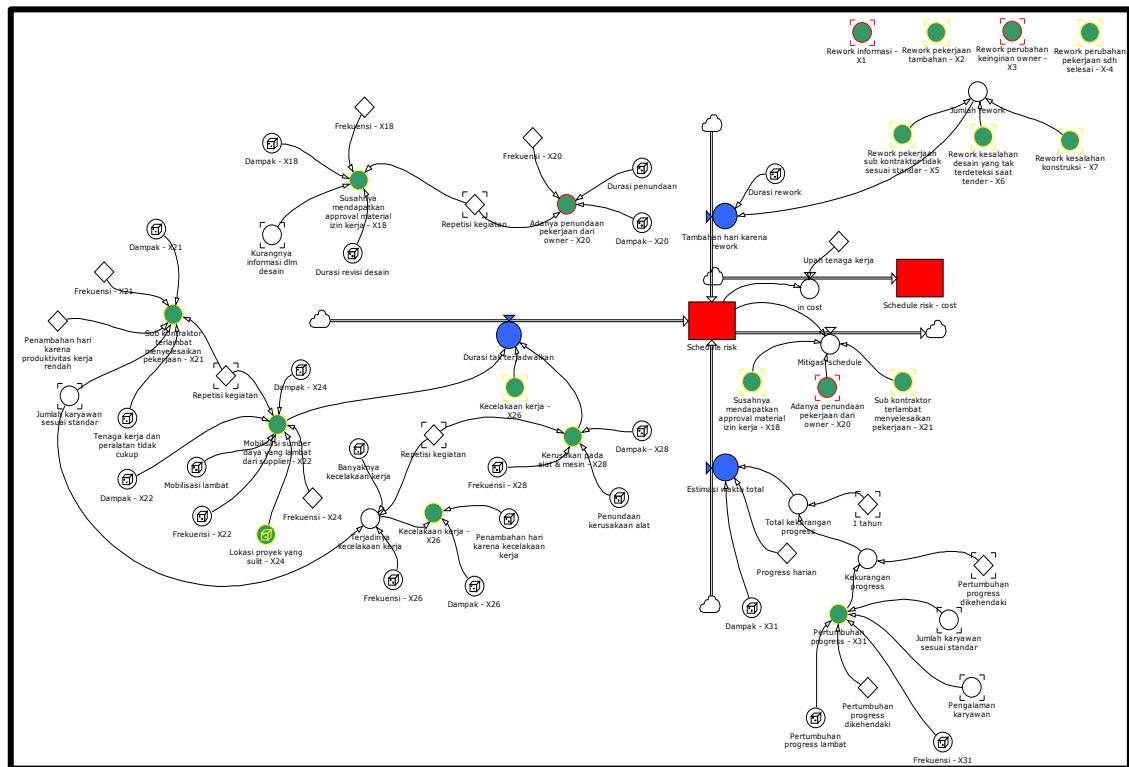
'Cost - X16'+ 'Cost - X17'+ 'Schedule risk - cost'

Sedangkan untuk tindakan mitigasi memindahkan risiko (*risk transfer*) berdasarkan keputusan *expert* yang menangani proyek (perusahaan) adalah tidak seluruh risiko dipindahkan kepada pihak sub kontraktor atau *supplier*, melainkan hanya sebagian besar

saja dan sisanya tetaap diterima perusahaan dengan pembagian risiko 80% dipindahkan kepada pihak subkon sedangkan 20% diterima oleh perusahaan, sehingga formulasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

'Cost - X5'*'Risk ditransfer'

2. Risiko Penjadwalan



Gambar 4. 43 Gambar model eksperimen risiko penjadwalan

Dalam model tersebut terdapat perubahan pada variabel jumlah *rework* yang mempengaruhi risiko penjadwalan juga, dikarenakan *rework* pada variabel risiko biaya sebelumnya telah dilakukan mitigasi, sehingga jumlah *rework* mengalami penurunan. berikut ini adalah formulasi yang digunakan

'Rework kesalahan desain yang tak terdeteksi saat tender - X6'+ 'Rework kesalahan konstruksi - X7'+ ('Rework pekerjaan sub kontraktor tidak sesuai standar - X5'*0.2)

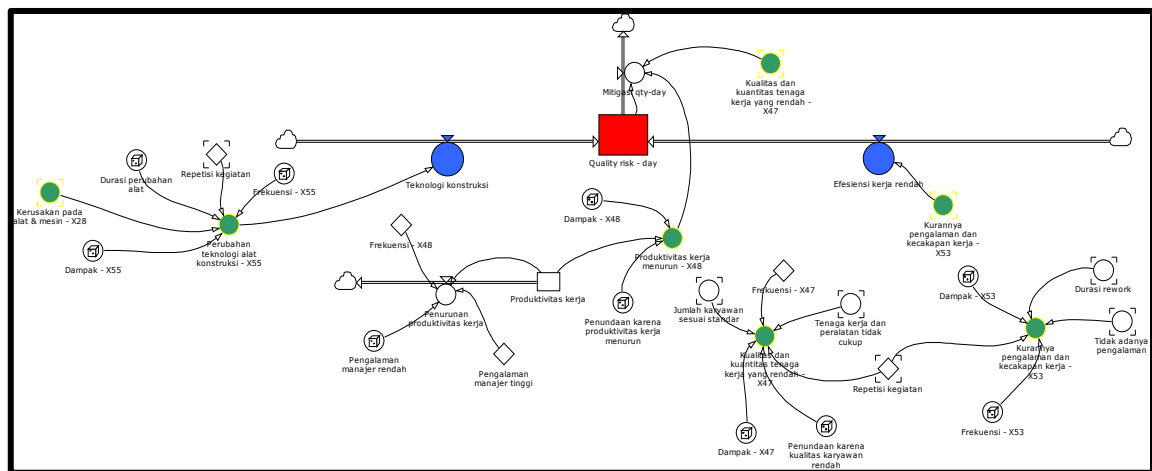
Sehingga dengan demikian ada perubahan juga pada variabel durasi tak terjadwalkan adalah sebagai berikut.

'Kecelakaan kerja - X26'+ 'Kerusakan pada alat & mesin - X28'+ 'Mobilisasi sumber daya yang lambat dari supplier - X22'

Untuk variabel tindakan mitigasi pengurangan risiko (*risk reduction*) pada *risk event* dengan kode X18, X20, X21 dan X24 formulasi dalam model yang digunakan adalah sebagai berikut.

IF('Schedule risk'<=0<<da>>,0<<da>>,'Adanya penundaan pekerjaan dari owner - X20'+ 'Sub kontraktor terlambat menyelesaikan pekerjaan - X21'+ 'Susahnya mendapatkan approval material izin kerja - X18')

3. Risiko Kualitas



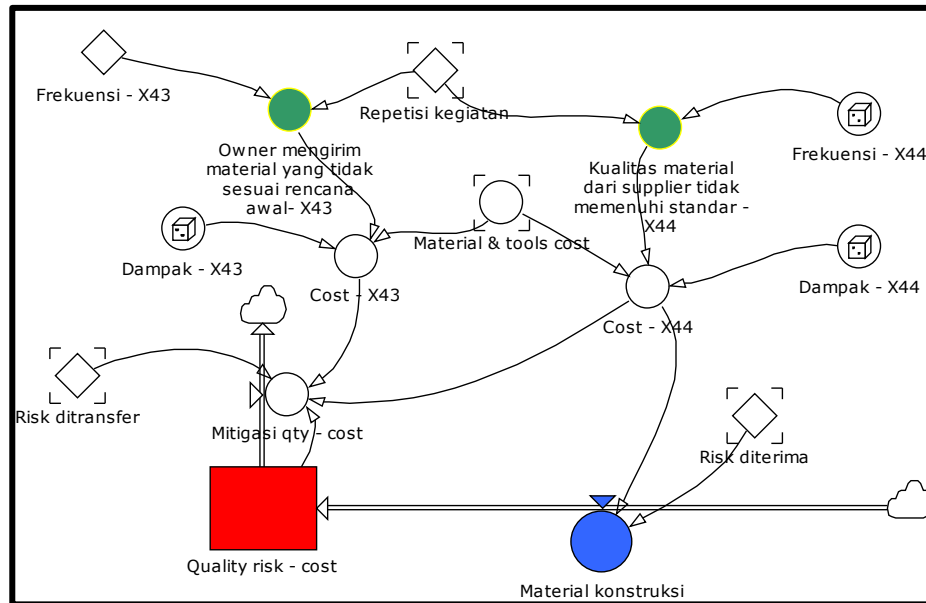
Gambar 4. 44 Model eksperimen risiko kualitas (penjadwalan)

Dalam model tersebut formulasi yang digunakan untuk variabel tindakan mitigasi pengurangan risiko (*risk reduction*) pada *risk event* dengan kode 47 dan X48 adalah sebagai berikut.

IF('Quality risk - day'<=0<<da>>,0<<da>>,'Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah - X47'+ 'Produktivitas kerja menurun - X48')

Sehingga dengan demikian ada perubahan juga pada variabel efesiensi kerja rendah adalah sebagai berikut.

'Kurangnya pengalaman dan kecakapan kerja - X53'



Gambar 4. 45 Model eksperimen risiko kualitas (biaya)

Dalam model tersebut formulasi yang digunakan untuk variabel tindakan mitigasi pengurangan risiko (*risk reduction*) pada *risk event* dengan kode X43 dan tindakan mitigasi pemindahan risiko (*risk transfer*) pada *risk event* dengan kode X44 adalah sebagai berikut.

$$IF('Quality risk - cost' \leq 0 <<Rupiah>>, 0 <<Rupiah>>, 'Cost - X43' + ('Cost - X44' * 'Risk ditransfer'))$$

Sehingga dengan demikian ada perubahan juga pada variabel material konstruksi adalah sebagai berikut.

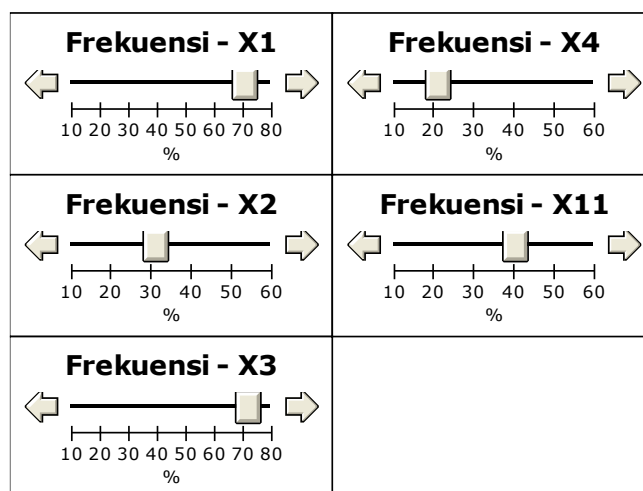
$$('Cost - X44' * 'Risk diterima') + 'Environment risk'$$

4.2.5.1 Design Improvement 1

Pada desain eksperimen (*improvement*) ini skenario yang akan dilakukan adalah sesuai dengan model eksperimen yang sudah dijelaskan sebelumnya, yang membedakan adalah hanya besarnya nilai perubahan yang perlu dilakukan pada setiap variabel. berikut ini adalah nilai variabel yang digunakan. Perubahan variabel yang dilakukan berdasarkan nilai risiko yang telah didapatkan sebelumnya (dampak x frekuensi). Semakin besar nilai risiko maka nilai penanganannya semakin besar juga. Artinya nilai yang digunakan pada slider akan semakin besar juga.

1. Risiko Biaya

Pada risiko biaya ini, nilai variabel yang akan diubah-ubah adalah besarnya frekuensi *risk event*. Semakin besar nilai pada slider, maka frekuensi terjadinya risiko semakin kecil namun *effort* atau usaha yang diperlukan untuk mitigasi semakin besar. Maksud dari slider ini adalah nilai frekuensi awal risiko, yaitu dapat bernilai 10%-60% atau 10%-80%, *risk event* dengan nilai frekuensi interval 3 berarti memiliki persentase kejadian 41%-60% sesuai dengan tabel penilaian risiko (Patrickson *et al.*, 2012). Nilai maksimal risiko tersebut terjadi pada model awal adalah sebesar 60%, apabila pada slider dipilih nilai yang semakin besar berarti semakin besar juga risiko tersebut dapat diatasi (karena slider dibuat sebagai *outrate* pada model). Pada variabel biaya ini, untuk *risk event* X1 dan X3 nilainya paling besar dikarenakan *risk event* tersebut merupakan *risk event* dengan kategori risiko tinggi sehingga diperlukan penekanaan frekuensi yang cukup tinggi.

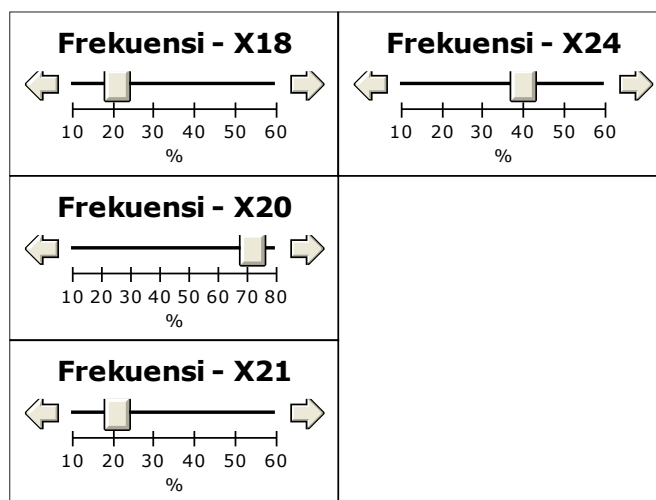


Gambar 4. 46 Nilai variabel risiko biaya pada DE 1

2. Risiko Penjadwalan

Pada risiko penjadwalan, nilai variabel yang akan diubah-ubah adalah besarnya frekuensi *risk event*. Semakin besar nilai pada slider, maka frekuensi kejadian risiko semakin kecil untuk terjadi namun *effort* atau usaha yang diperlukan untuk melakukan tindakan mitigasi semakin besar. Pada variabel risiko penjadwalan ini, nilai slider untuk *risk event* X20 paling besar dikarenakan *risk event* ini merupakan risiko yang masuk ke klasifikasi risiko tinggi sehingga frekuensinya harus ditekan sekuat mungkin, kemudian untuk *risk*

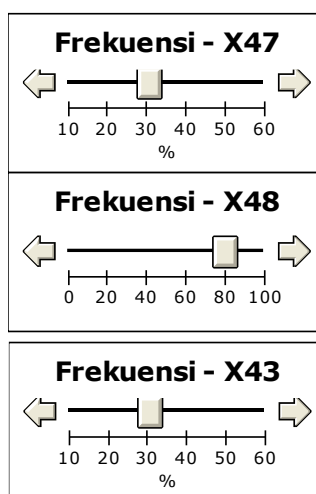
event X24 juga dipilih penanganan yang cukup besar karena risiko ini merupakan risk agent (penyebab) dari *risk event* X22.



Gambar 4. 47 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 1

3. Risiko Kualitas

Pada risiko kualitas, nilai variabel yang akan diubah-ubah adalah besarnya frekuensi *risk event*. Semakin besar nilai, maka frekuensi kejadian semakin kecil untuk terjadi (mitigasi pengurangan risiko semakin besar).



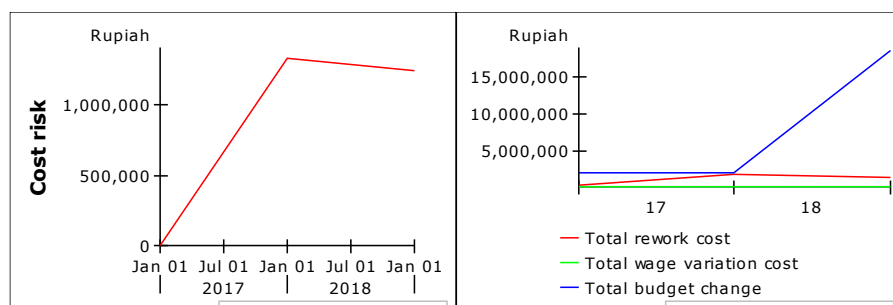
Gambar 4. 48 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 2

4. Hasil Desain eksperimen 1

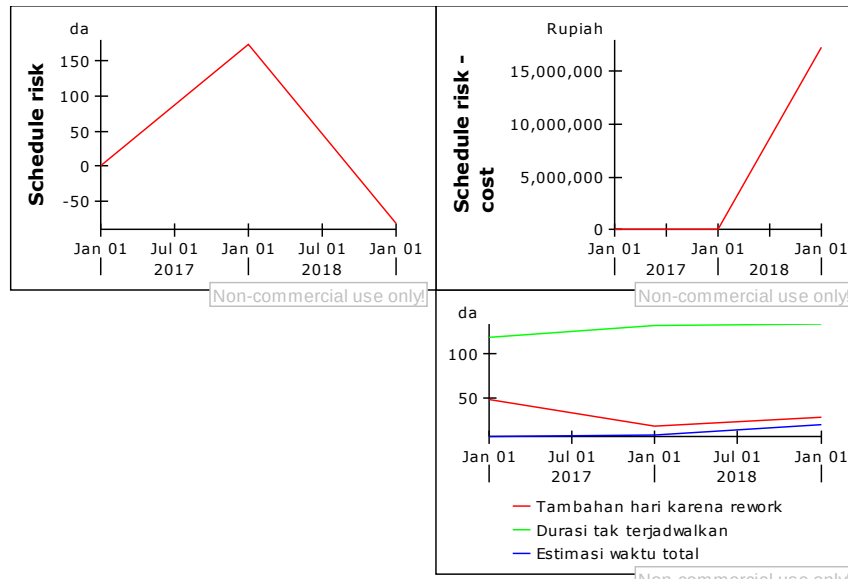
Tabel 4. 26 Kondisi risiko biaya DE 1

(Rupiah)				
Time	Cost risk	Total rework cost	wage variation	total budget change
Jan 01, 2017	0.00	443,908.91	72,005.83	2,104,248.59
Apr 01, 2017	331,374.46	780,038.01	80,017.48	2,079,463.08
Jul 01, 2017	662,748.93	1,116,167.11	88,029.14	2,054,677.57
Oct 01, 2017	994,123.39	1,452,296.20	96,040.80	2,029,892.06
Jan 01, 2018	1,325,497.86	1,788,425.30	104,052.46	2,005,106.55
Apr 01, 2018	1,302,714.09	1,717,789.06	95,154.90	6,142,925.40
Jul 01, 2018	1,279,930.32	1,647,152.82	86,257.35	10,280,744.26
Oct 01, 2018	1,257,146.55	1,576,516.57	77,359.79	14,418,563.11
Jan 01, 2019	1,234,362.78	1,505,880.33	68,462.24	18,556,381.96

Pada hasil simulasi berdasarkan model desain eksperimen 1 di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan risiko biaya pada akhir kuartar 3, hal ini dikarenakan nilai dari indikator yang mempengaruhinya (biaya *rework* dan perbedaan penggajian karyawan) pada periode tersebut juga semakin menurun, sedangkan untuk indikator perubahan anggaran tetap terjadi peningkatan walaupun hanya terjadi di akhir kuartar 3 sampai simulasi berakhir, hal ini dikarenakan masih adanya pengaruh variabel risiko penjadwalan yang masih belum dapat ditekan secara maksimal.

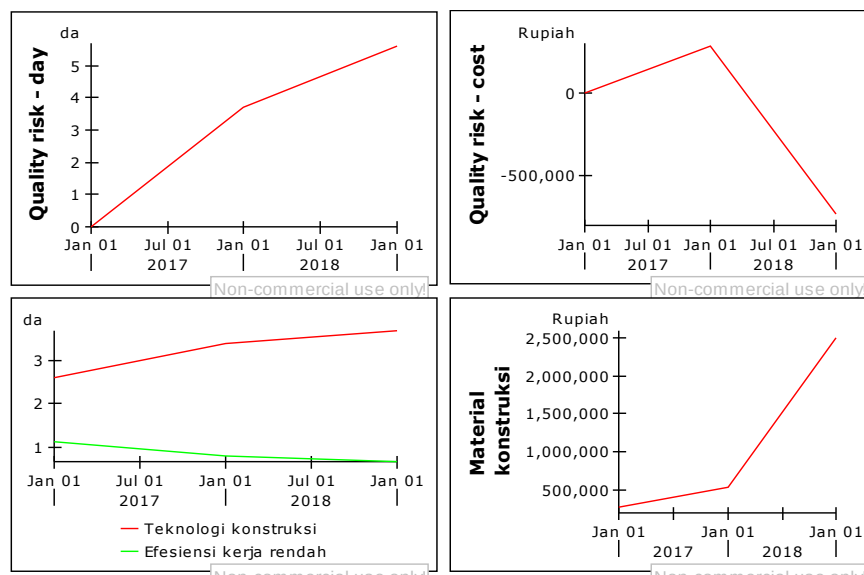


Gambar 4. 49 Grafik perilaku risiko biaya DE 1



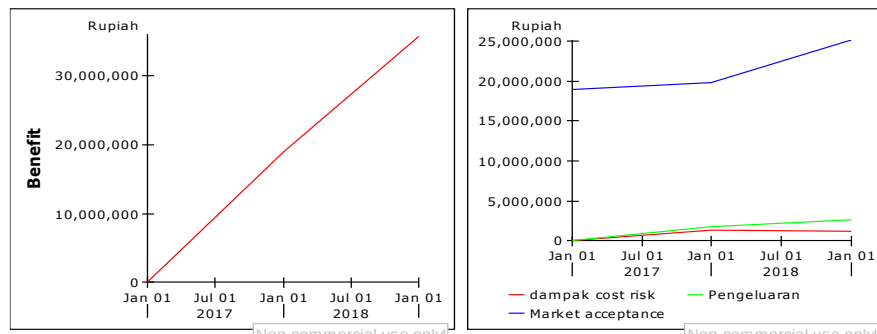
Gambar 4. 50 Grafik perilaku risiko penjadwalan DE 1

Pada grafuk perilaku risiko penjadwalan dari hasil simulasi DE 1 dapat dilihat bahwa untuk indikator tambahan hari karena *rework* sudah mulai berkurang dikarenakan beberapa *risk event* yang mempengaruhi biaya *rework* sudah ditekan frekuensinya namun untuk durasi tak terjadwalkan masih cukup tinggi yang artinya penekanan terhadap risiko yang mempengaruhinya dianggap masih belum cukup kuat.



Gambar 4. 51 Grafik perilaku risiko kualitas DE1

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa perilaku risiko kualitas setelah desain eksperimen 1 sudah mulai menurun, hanya saja untuk teknologi konstruksi yang menyebabkan risiko kualitas dari segi penjadwalan masih cukup tinggi dikarenakan fokus mitigasi adalah hanya pada indikator efisiensi kerja tidak pada teknologi konstruksi.



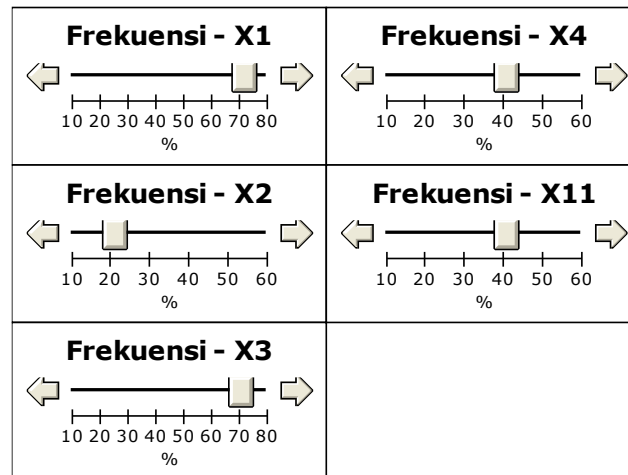
Gambar 4. 52 Grafik perilaku *benefit* DE1

Pada grafik benefit perusahaan di atas, dapat dilihat bahwa pendapatannya cenderung meningkat dikarenakan harga jual produk yang cukup tinggi dan memiliki gap cukup besar dengan risiko atau biaya yang ditanggung, namun penanganan risiko yang buruk akan mengakibatkan potensi biaya yang dikeluarkan semakin besar, dikarenakan sifat dari risiko yang cenderung saling mempengaruhi satu sama lain (membentuk *loop*).

4.2.5.2 Design Improvement 2

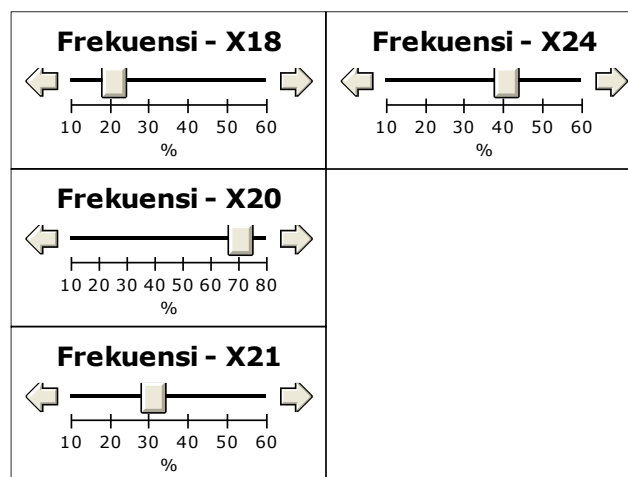
1. Risiko Biaya

Nilai variabel yang akan diubah-ubah adalah besarnya frekuensi *risk event*. Semakin besar nilai pada slider, maka frekuensi terjadinya risiko semakin kecil namun *effort* atau usaha yang diperlukan untuk mitigasi semakin besar. Pada variabel biaya ini, untuk *risk event* X1 dan X3 nilainya paling besar dikarenakan *risk event* tersebut merupakan *risk event* dengan kategori risiko tinggi sehingga diperlukan penekanan frekuensi yang cukup tinggi. Namun dikarenakan kurang maksimalnya hasil pada desain eksperimen 1, maka frekuensi *risk event* lain akan coba ditekan lebih besar lagi.



Gambar 4. 53 Nilai variabel risiko biaya pada DE 2

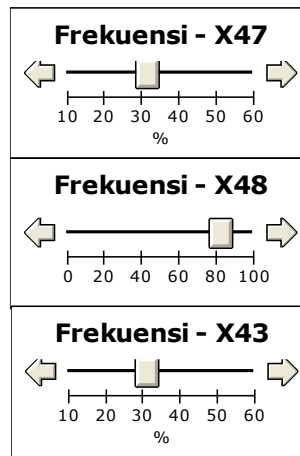
2. Risiko Penjadwalan



Gambar 4. 54 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 2

Sama seperti desain eksperimen 1, nilai slider yang digunakan pada variabel risiko penjadwalan ini adalah sama, namun untuk *risk event* X21 coba ditekan lebih besar lagi untuk melihat hasil yang lebih maksimal.

3. Risiko Kualitas



Gambar 4. 55 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 2

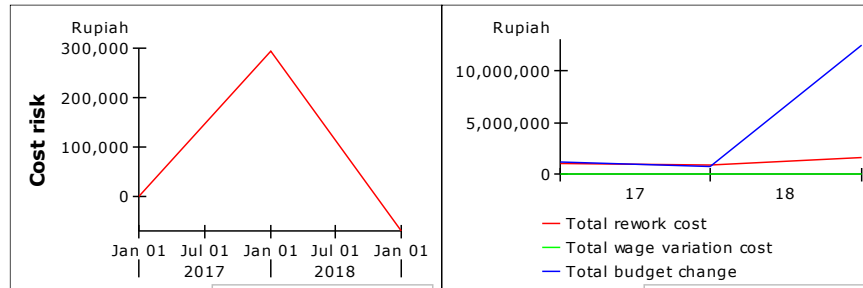
4. Hasil

Tabel 4. 27 Kondisi risiko biaya DE 2

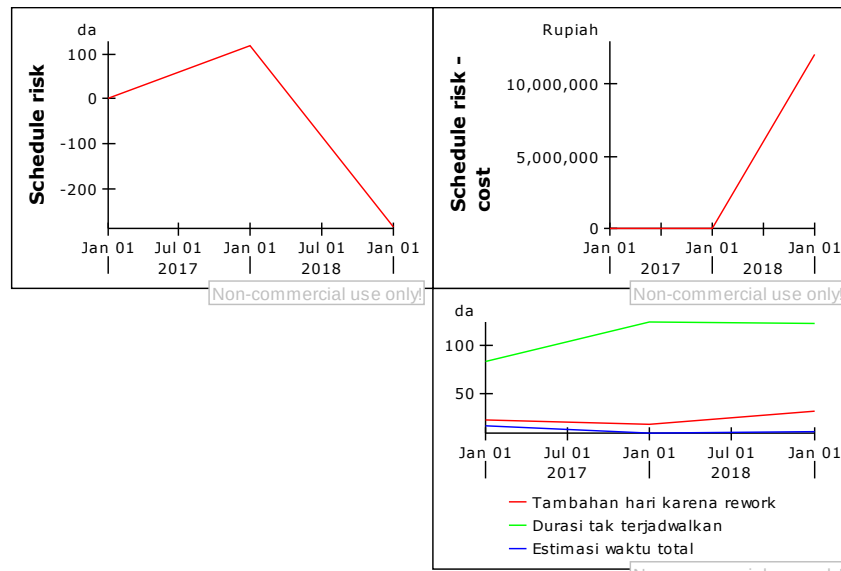
(Rupiah)				
Time	Cost risk	Total rework cost	wage variation	total budget change
Jan 01, 2017	0.00	1,101,608.98	84,072.95	1,176,520.27
Apr 01, 2017	73,074.79	1,066,518.86	93,365.68	1,069,469.87
Jul 01, 2017	146,149.58	1,031,428.73	102,658.41	962,419.47
Oct 01, 2017	219,224.37	996,338.61	111,951.14	855,369.07
Jan 01, 2018	292,299.17	961,248.48	121,243.88	748,318.68
Apr 01, 2018	202,365.54	1,124,045.92	110,106.13	3,665,521.00
Jul 01, 2018	112,431.92	1,286,843.36	98,968.38	6,582,723.32
Oct 01, 2018	22,498.30	1,449,640.80	87,830.63	9,499,925.65
Jan 01, 2019	-67,435.33	1,612,438.23	76,692.88	12,417,127.97

Pada hasil simulasi berdasarkan model desain eksperimen 2 di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan risiko yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan desain eksperimen 1, hal ini dikarenakan nilai dari indikator yang mempengaruhinya cenderung lebih kecil walaupun perilakunya dapat dikatakan masih berfluktuatif, namun jika dibandingkan dengan desain eksperimen 1, nilai dari desain eksperimen 2 ini perbedaannya cukup signifikan walaupun hanya mengganti sedikit nilai dari variabel mitigasinya,

walaupun hanya berbeda sedikit frekuensi risikonya namun pengaruhnya cukup besar dikarenakan risiko yang diamati saling terhubung satu sama lain.

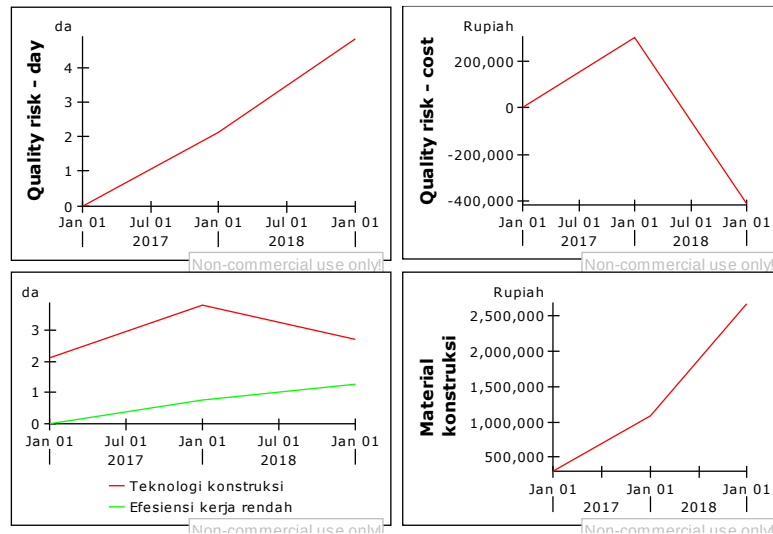


Gambar 4. 56 Grafik perilaku risiko biaya pada DE 2



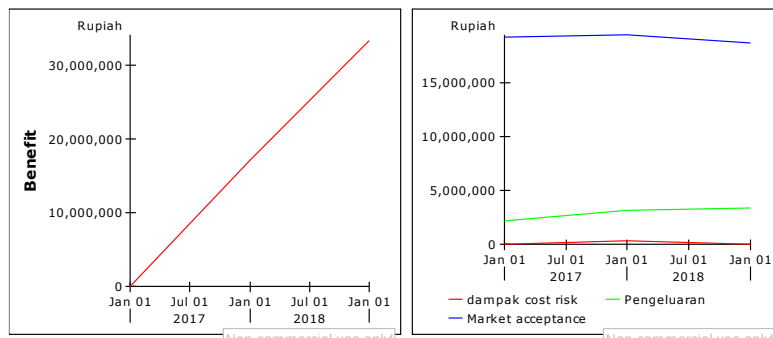
Gambar 4. 57 Grafik perilaku risiko penjadwalan pada DE 2

Pada grafuk perilaku risiko penjadwalan dari hasil simulasi DE 2 dapat dilihat bahwa untuk perilaku risiko biaya hampir sama seperti pada DE 1, dikarenakan memang untuk indikator durasi tak terjadwalkan tidak ada tindakan mitigasi yang dilakukan, namun untuk variabel biaya dapat dilihat bahwa terjadi penurunan yang cukup signifikan.



Gambar 4. 58 Grafik perilaku risiko kualitas pada DE 2

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa perilaku risiko kualitas setelah desain eksperimen 2 sudah mulai menurun, untuk teknologi konstruksi yang menyebabkan risiko kualitas dari segi penjadwalan juga sudah mulai menurun, namun secara garis besar belum ada perbedaan yang signifikan perilaku risiko variabel kualitas diantara desain eksperimen 1 dan 2.



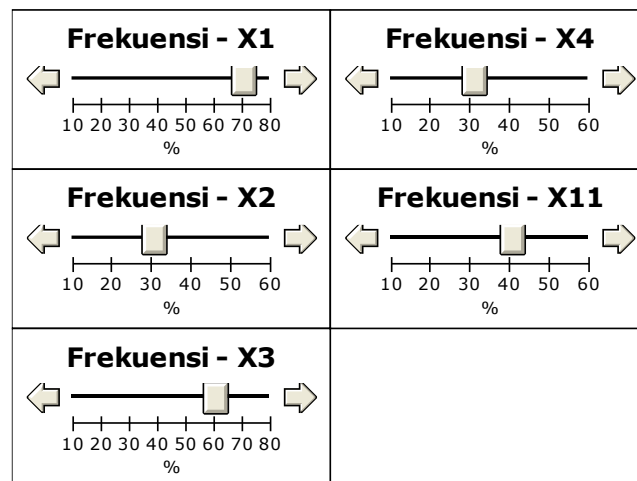
Gambar 4. 59 Grafik perilaku *benefit* pada DE 2

Pada grafik benefit perusahaan di atas, dapat dilihat bahwa pendapatannya cenderung meningkat dikarenakan harga jual produk yang cukup tinggi, namun pada DE2 ini nilai dari *market acceptance* sedang mengalami penurunan dikarenakan efek dari makro ekonomi sedang meningkat. Namun dengan adanya efek makro ekonomi yang tinggi, benefit dari perusahaan masih tidak jauh berbeda dengan DE 1 yang mana dampak makro ekonominya sedang rendah.

4.2.5.3 Design Improvement 3

1. Risiko Biaya

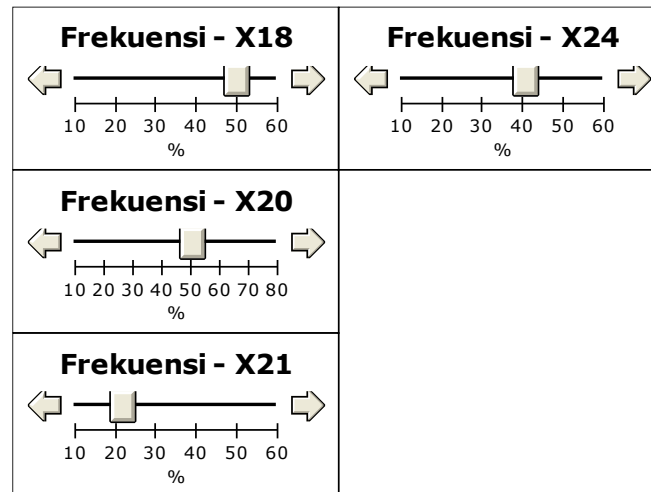
Nilai variabel yang akan diubah-ubah adalah besarnya frekuensi *risk event*. Semakin besar nilai pada slider, maka frekuensi terjadinya risiko semakin kecil namun *effort* atau usaha yang diperlukan untuk mitigasi semakin besar. Pada variabel biaya ini, untuk *risk event* X1 dan X3 nilainya paling besar dikarenakan *risk event* tersebut merupakan *risk event* dengan kategori risiko tinggi sehingga diperlukan penekanaan frekuensi yang cukup tinggi. Pada DE 3 ini, nilai slider akan menggunakan nilai yang cukup berbeda dibandingkan dengan DE 1 dan 2 untuk mencari alternatif yang lebih baik.



Gambar 4. 60 Nilai variabel risiko biaya pada DE 3

2. Risiko Penjadwalan

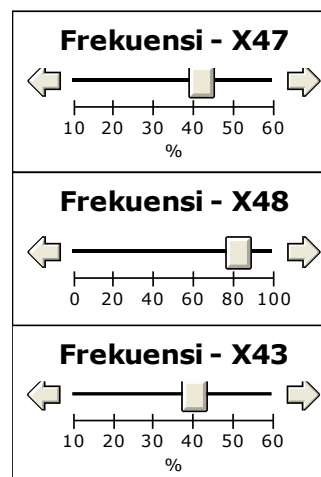
Sama seperti desain eksperimen 1, nilai slider yang digunakan pada variabel risiko penjadwalan ini adalah sama, namun untuk *risk event* X18 dan X20 coba diseimbangkan untuk melihat perbedaan hasil antara DE 1 dan 2.



Gambar 4. 61 Nilai variabel risiko penjadwalan pada DE 3

3. Risiko Kualitas

Nilai pada variabel risiko kualitas coba untuk ditekan lebih besar lagi dibandingkan pada DE 1 dan 2 untuk melihat pengaruh variabel risiko kualitas terhadap risiko penjadwalan dan biaya.



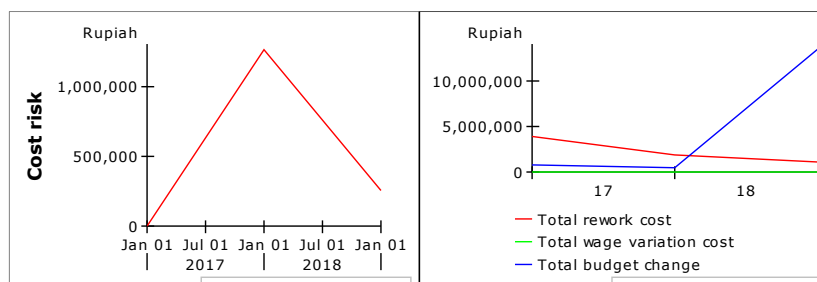
Gambar 4. 62 Nilai variabel risiko kualitas pada DE 3

4. Hasil

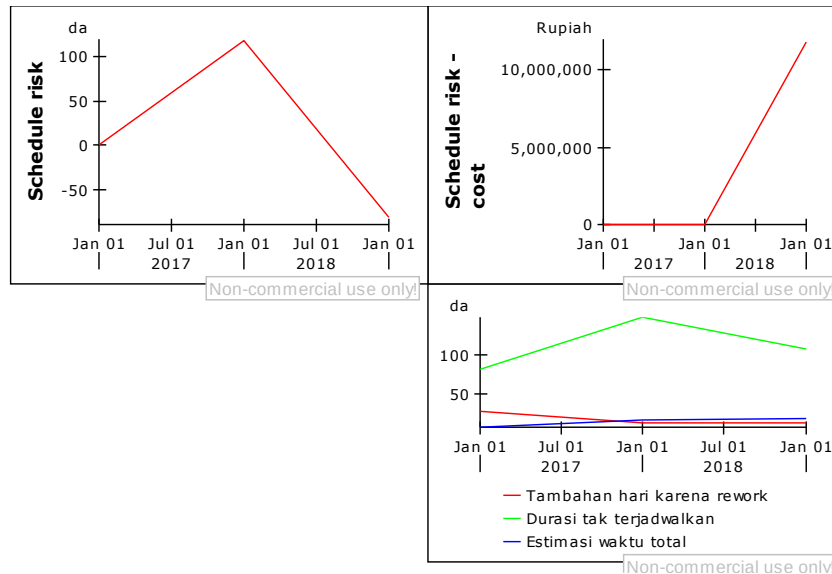
Tabel 4. 28 Kondisi risiko biaya pada DE 3

(Rupiah)				
Time	Cost risk	Total rework cost	wage variation	total budget change
Jan 01, 2017	0.00	3,957,739.98	0.00	828,527.00
Apr 01, 2017	314,949.81	3,431,460.46	0.00	743,151.02
Jul 01, 2017	629,899.61	2,905,180.93	0.00	657,775.05
Oct 01, 2017	944,849.42	2,378,901.40	0.00	572,399.07
Jan 01, 2018	1,259,799.22	1,852,621.88	0.00	487,023.09
Apr 01, 2018	1,010,042.23	1,663,932.87	27,252.28	3,758,319.38
Jul 01, 2018	760,285.24	1,475,243.86	54,504.55	7,029,615.67
Oct 01, 2018	510,528.26	1,286,554.85	81,756.83	10,300,911.96
Jan 01, 2019	260,771.27	1,097,865.84	109,009.10	13,572,208.25

Pada hasil simulasi berdasarkan model desain eksperimen 3 di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan risiko yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan desain eksperimen 1, namun masih tidak lebih baik dibandingkan dengan DE 2, hal ini dikarenakan nilai dari indikator yang mempengaruhinya terutama dari biaya *rework* cenderung hampir sama seperti DE 1.

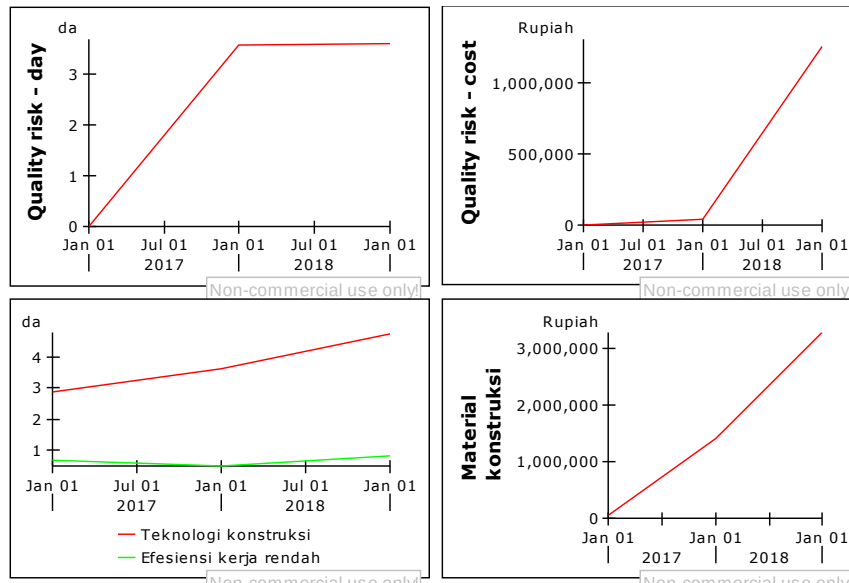


Gambar 4. 63 Grafik perilaku risiko biaya pada DE 3

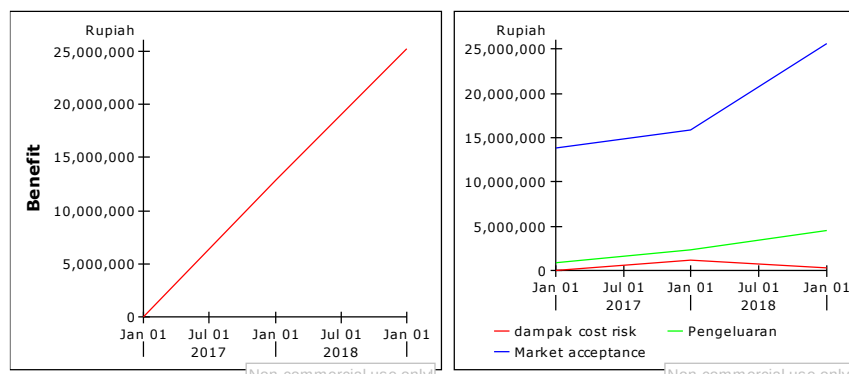


Gambar 4. 64 **Grafik perilaku risiko penjadwalan pada DE 3**

Pada grafuk perilaku risiko penjadwalan dari hasil simulasi DE 3 dapat dilihat bahwa untuk perilaku risiko biaya hampir sama seperti pada DE 2, namun tidak lebih baik dari DE 2, sedangkan untuk indikator durasi tak terjadwalkan memang tidak ada perbedaan yang cukup signifikan dikarenakan memang untuk indikator durasi tak terjadwalkan tidak ada tindakan mitigasi yang dilakukan, namun untuk variabel biaya dapat dilihat bahwa terjadi penurunan yang cukup signifikan dibandingkan dengan model awal.



Gambar 4. 65 Grafik perilaku risiko kualitas pada DE 3

Gambar 4. 66 Grafik perilaku *benefit* pada DE3

Pada grafik perilaku variabel risiko kualitas berdasarkan model desain eksperimen 3 di atas dapat dilihat walaupun tindakan mitigasi yang dilakukan sedikit lebih besar dibandingkan dengan desain eksperimen sebelumnya, namun hasilnya masih belum lebih baik diakrenakan peyebab terjadinya risiko kualitas bukan hanya berasal dari efesiensi kerja tetapi juga perlu penanganan terkait manajemen teknologi konstruksi yang baik. Kemudian dilihat dari perilaku benefit yang didapat perusahaan, grafiknya cenderung sama yaitu meningkat namun nilainya lebih kecil karena pada model DE ini risiko kualitas tidak berhasil untuk dikurangi.

4.2.7 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif diperlukan untuk menentukan alternatif (desain eksperimen) mana yang lebih baik dan akan coba diimplementasikan ke sistem nyata. Pada pemilihan alternatif ini, uji yang akan digunakan adalah uji *analysis of variance* (ANOVA) dan juga *multiple comparison analysis* (MCA) menggunakan uji *Bonferroni* apabila didapatkan ada perbedaan pada uji ANOVA.

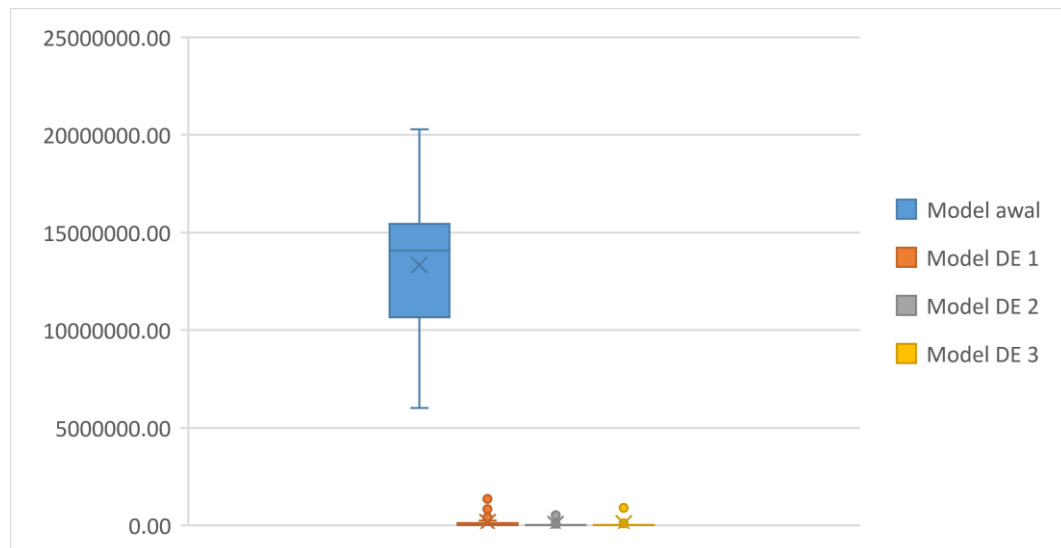
Variabel yang dijadikan subjek pada pengujian pemilihan alternatif ini adalah nilai akhir variabel risiko biaya, dikarenakan variabel risiko biaya ini dinilai sebagai muara dari ketiga risiko lainnya, yaitu risiko penjadwalan, risiko kualitas dan risiko lingkungan, selain itu risiko biaya ini secara langsung mempengaruhi *benefit* dari perusahaan. Berikut ini adalah hasil desain eksperimen dari 3 alternatif yang telah dilakukan dibandingkan dengan model awal.

Tabel 4. 29 Perbandingan model awal dengan model DE

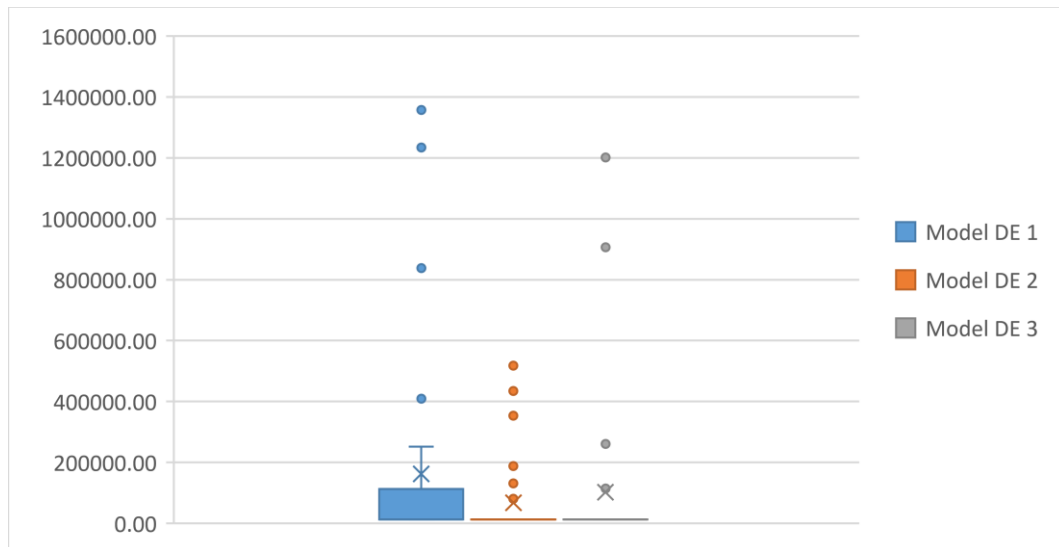
Replikasi	Model Awal	DE 1	DE 2	DE 3
1	14835962.09	1234362.78	13442.66	260771.27
2	16392606.56	202735.68	80429.02	13442.66
3	10142047.35	13442.66	13442.66	13442.66
4	12764938.92	106138.32	13442.66	1201171.61
5	14060753.85	13442.66	13442.66	13442.66
6	10080058.08	13442.66	13442.66	13442.66
7	15697717.25	66397.77	13442.66	13442.66
8	16243825.45	13442.66	13442.66	13442.66
9	12647124.49	13442.66	13442.66	13442.66
10	15362089.18	837508.74	13442.66	13442.66
11	18763837.05	1357042.35	13442.66	13442.66
12	10681827.04	13442.66	13442.66	13442.66
13	10835865.32	13442.66	13442.66	13442.66
14	15229654.55	13442.66	131935.07	13442.66
15	12953652.57	13442.66	518148.70	269386.46
16	16738243.06	13442.66	13442.66	13442.66
17	14266919.89	409138.29	13442.66	13442.66
18	13528993.65	13442.66	13442.66	13442.66
19	14099004.07	134363.50	434567.62	13442.66
20	14347623.36	13442.66	13442.66	13442.66
21	10585211.04	13442.66	13442.66	906380.88
22	14841862.95	13442.66	13442.66	13442.66
23	16078946.64	13442.66	13442.66	114873.20

Replikasi	Model Awal	DE 1	DE 2	DE 3
24	7102387.18	251911.17	353626.81	13442.66
25	6019458.97	13442.66	13442.66	13442.66
26	12741592.12	13442.66	13442.66	13442.66
27	9383271.52	13442.66	188381.93	13442.66
28	8127422.30	13442.66	13442.66	13442.66
29	20281617.12	13442.66	13442.66	13442.66
30	15258862.04	13442.66	13442.66	13442.66

Berikut ini adalah perbandingan nilai antara keseluruhan model dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 67 Perbandingan nilai risiko biaya keseluruhan model



Gambar 4. 68 **Perbandingan nilai risiko biaya model alternatif**

Pada grafik perbandingan model di atas dapat dilihat bahwa antara model awal dengan ketiga model desain eksperimen (alternatif) memiliki perbedaan yang sangat signifikan, sehingga untuk pengujian ANOVA berikutnya hanya diujikan untuk ketiga model alternatif. Berikut ini adalah uji ANOVA yang dilakukan

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Tidak ada perbedaan diantara model)

$H_a: \mu_i \neq \mu_j$ (Ada perbedaan diantara model)

Tingkat kesalahan (*error*): 5%

Penentuan tingkat kesalahan 5% dikarenakan data yang dikumpulkan merupakan hasil pengolahan sendiri bukan berasal dari laboratorium atau instansi tertentu dengan tingkat ketelitian yang tinggi sehingga dimungkinkan tingkat kesalahannya lebih besar.

H_0 diterima apabila nilai F hitung $\leq F$ tabel

H_0 ditolak apabila F hitung $> F$ tabel

Setelah melakukan uji *analysis of variance* (ANOVA) dengan tingkat kesalahan 0.05 (5%) menggunakan bantuan *microsoft excel* maka didapatkan hasil seperti berikut ini.

Tabel 4. 30 Data input ANOVA

SUMMARY				
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Model DE 1	30	4881894	162729.8	1.24E+11
Model DE 2	30	2029713	67657.1	1.75E+10
Model DE 3	30	3088650	102955	7.26E+10

Tabel 4. 31 Hasil uji ANOVA

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	1.39E+11	2	6.93E+10	0.973054	0.382002	3.101296
<i>Within Groups</i>	6.2E+12	87	7.12E+10			
<i>Total</i>	6.33E+12	89				

Berdasarkan pengujian di atas, dapat dilihat bahwa nilai F (F hitung) kurang dari F_{crit} (F tabel), maka tidak diperlukan uji *multiple comparison analysis* (MCA) dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan diantara ketiga model yang diujikan. Dengan demikian dikarenakan tidak ada perbedaan diantara ketiganya, maka skenario terbaik yang akan dipilih adalah skenario 2 (desain eksperimen 2) karena memiliki nilai rata-rata biaya yang paling kecil. Kemudian jika dilihat dari rata-rata nilai variabel yang digunakan pada desain eksperimen 2 juga tidak menggunakan variabel yang tinggi, artinya *effort* untuk mitigasi yang dilakukan terhadap risiko juga tidak terlalu besar baik itu dalam bentuk biaya maupun usaha lainnya.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Identifikasi Risiko Pembangunan The Palace Apartemen

Risiko merupakan kemungkinan atau ketidakpastian terjadinya peristiwa di luar yang diharapkan dalam setiap kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif. Ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek konstruksi perlu dihindari agar dapat meminimasi dampak yang timbul. Dalam banyak kasus dampak dari proyek konstruksi lebih mempengaruhi dalam hal anggaran biaya. Demikian halnya dalam pembangunan The Palace Apartment and Condotel Yogyakarta merupakan proyek konstruksi yang cukup besar. Terdapat banyak sumber risiko yang dapat diidentifikasi dan memiliki kemungkinan akan menghambat pencapaian sasaran proyek dan kinerja dari proyek konstruksi yang dilihat dari segi biaya, waktu pengerjaan dan juga kualitas proyek.

Dalam penelitian ini, identifikasi risiko dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada pihak *expert* yang terdiri dari beberapa level manajemen, mulai dari manajer proyek hingga operator lapangan mengenai risiko-risiko pengerjaan proyek sebelumnya yang didapatkan dari studi literatur. Identifikasi risiko dibuat berdasarkan *risk breakdown structure* (RBS) yang terdiri dari tiga variabel utama, yaitu variabel risiko biaya, variabel risiko penjadwalan dan variabel risiko kualitas. Masing-masing dari variabel tersebut terdiri dari beberapa indikator yang memiliki *risk event* berbeda-beda. Pengelompokan risiko-risiko ke dalam beberapa variabel dimaksudkan agar mempermudah identifikasi risiko secara lebih spesifik.

Pengelompokan ditujukan untuk mempermudah pembuatan model saat pengolahan data, sehingga dampak yang ditimbulkan oleh risiko tersebut dapat diketahui secara jelas dan relasinya dengan risiko-risiko lainnya. Dari keseluruhan *risk event* yang sudah diidentifikasi dari studi literatur, didapatkan hanya 2 *risk event* yang tidak sesuai dengan pengerjaan proyek konstruksi The Palace, yaitu *risk event* dengan kode X19 dan X46. Risiko dengan kode X46 adalah lambatnya *owner* dalam mensuplai material, risiko ini disimpulkan tidak sesuai karena *owner* menurut para *expert* hanya memberi dana dan detail spesifikasi kepada kontraktor sesuai kontrak tidak mengirim atau mensuplai material. Kemudian risiko dengan kode X46 adalah *owner* menuntut hasil pekerjaan diatas kontrak, risiko ini disimpulkan tidak sesuai karena kontrak yang telah disepakati sebelum pengerjaan proyek dimulai memiliki ikatan hukum bagi pihak-pihak yang melanggar isi dari kontrak tersebut.

5.2 Penilaian dan Pemetaan Risiko Pengerjaan The Palace

Penilaian risiko dilakukan dengan menyebarkan kuesioner tahap dua, yang mana berisi frekuensi dan konsekuensi (dampak). Kuesioner ini akan diisi oleh responden yang sama pada kuesioner tahap 1, kemudian untuk mendapatkan nilai risiko dapat dilakukan dengan mengalikan nilai frekuensi dan nilai konsekuensi. Setelah didapatkan nilai risiko dari masing-masing *risk event*, berikutnya adalah mengelompokan risiko berdasarkan skala prioritas penanganannya, mulai dari risiko rendah (dapat diterima) hingga risiko tinggi (perlu penanganan khusus). Pengelompokan ini juga dimaksudkan untuk mengetahui sebaran dan urgensi risiko-risiko yang ada dalam pengerjaan proyek serta bagaimana tindakan mitigasi yang perlu dilakukan terhadap risiko-risiko yang ada. Berdasarkan hasil kuesioner yang telah disebarkan, didapatkan 26 risiko masuk ke dalam risiko rendah, 24 risiko masuk kedalam risiko sedang dan 4 risiko masuk ke dalam risiko tinggi. Walaupun risiko tinggi jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan risiko sedang dan rendah, tetapi dampak yang ditimbulkan tidak dapat diabaikan dan perlu ditangani secara khusus. Kemudian untuk risiko sedang, walaupun bukan termasuk *major risk* tetapi bisa saja merupakan penyebab (*risk agent*) dari terjadinya risiko tinggi dan juga tetap menimbulkan dampak bagi kinerja pengerjaan proyek konstruksi sehingga bagaimanapun harus mencari cara agar kemungkinan terjadinya risiko ini dapat ditekan.

5.3 Model Sistem Dinamik

5.3.1 Analisa Model Awal

Berdasarkan hasil simulasi dari model sistem dinamik yang telah dibuat dapat dilihat bahwa perilaku dari masing-masing variabel yang menjadi acuan performansi sistem cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Dimulai dari variabel risiko biaya yang dipengaruhi oleh tiga indikator, yaitu *rework*, perbedaan penggajian karyawan dan perubahan anggaran selalu meningkat dari waktu ke waktu, dari yang awalnya risiko bernilai 2.518.884 rupiah hingga mencapai 27.092.502 rupiah. Walaupun nilai besaran yang digunakan dalam variabel model tidak tepat 100% dengan kenyataannya tetapi nilai ini merepresentasikan kondisi yang sama seperti sistem nyata. Jika dilihat dari perilaku masing-masing indikator yang mempengaruhinya, penyebab utama meningkatnya risiko biaya ini adalah berasal dari indikator perubahan anggaran, ini tak heran karena indikator perubahan anggaran sendiri dipengaruhi langsung oleh variabel risiko penjadwalan. Selain itu, untuk indikator *rework* dapat dilihat bahwa risikonya cenderung menurun, tetapi hal ini tidak dapat diabaikan begitu saja dikarenakan risiko yang berasal dari *rework* ini memiliki dampak yang cukup besar karena selain merupakan peyumbang risiko terbanyak pada indikator risiko biaya juga dua diantara *risk event*nya merupakan risiko dengan nilai yang tinggi. Selain itu, *rework* ini juga mempengaruhi variabel penjadwalan, yaitu semakin banyak aktivitas *rework* yang dilakukan maka risiko terhadap penambahan hari pada pengerjaan proyek juga akan semakin meningkat disamping biaya yang harus dikeluarkan dari *rework* itu sendiri, sehingga perusahaan perlu menaruh perhatian khusus pada indikator ini. Kemudian untuk indikator perbedaan penggajian karyawan cenderung menurun dan lebih rendah dari nilai risiko indikator lainnya sehingga tidak perlu diperhatikan secara khusus.

Pada indikator perubahan anggaran sebelumnya dapat dilihat bahwa cenderung terjadi peningkatan yang cukup signifikan, hal ini disebabkan karena ada pengaruh langsung juga dari risiko penjadwalan. Pada risiko penjadwalan dapat dilihat bahwa penyebab utamanya adalah *rework*, walaupun dapat dilihat bahwa perilakunya cenderung menurun tetapi dampak yang diberikan cukup besar seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, selain itu untuk dua indikator lainnya juga yaitu durasi tak terjadwalkan dan estimasi waktu total cenderung meningkat. Durasi tak terjadwalkan dipengaruhi oleh lima risiko lainnya, sehingga walaupun nilainya tidak begitu tinggi tetapi tetap perlu adanya penanganan

terhadap risiko-risiko yang ada. Untuk estimasi waktu total juga dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan dari waktu ke waktu, estimasi waktu total ini umumnya disebabkan karena progress pengerjaan proyek yang lambat, namun selain itu ada juga pengaruh dari variabel risiko kualitas karena semakin buruknya kualitas hasil pekerjaan yang dilakukan oleh tenaga kerja maka risiko terhadap penambahan hari karena *rework* juga akan semakin meningkat sehingga perlu adanya penanganan yang khusus terhadap risiko kualitas ini. Risiko penjadwalan yang pada dasarnya memiliki satuan atau dilihat dari banyaknya potensi penambahan hari kemudian dikonversikan ke dalam biaya, dikarenakan risiko ini berpengaruh langsung terhadap risiko biaya. Semakin banyak potensi penambahan hari karena risiko penjadwalan maka biaya yang perlu dikeluarkan untuk membayar karyawan, membiayai penggunaan gedung, mesin alat serta biaya variabel lainnya juga akan semakin meningkat.

Risiko kualitas sendiri dilihat dari 2 aspek yang berbeda, yaitu dari kualitas hari (penjadwalan) dan juga dari biaya yang ditimbulkan. Untuk risiko kualitas dapat dilihat juga keduanya cenderung mengalami peningkatan. Untuk risiko kualitas yang dilihat dari segi potensi penambahan hari pengerjaan proyek dapat dilihat bahwa penyebab utamanya adalah efesiensi kerja yang rendah, jika ditelusuri lebih dalam lagi ini disebabkan karena kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah. Kualitas dan kuantitas tenaga kerja yang rendah juga dipengaruhi oleh pengalaman manajer dan juga karyawan yang terlibat dalam pengerjaan proyek. Untuk risiko kualitas dilihat dari aspek biaya sebenarnya untuk variabel yang mempengaruhi langsung cenderung menurun namun dengan adanya pengaruh dari risiko lingkungan tepatnya oleh dampak makro ekonomi membuat risiko ini semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Dampak risiko lingkungan ini sangat sulit untuk dilakukan mitigasi karena sifatnya yang berasal dari luar sistem sehingga tindakan yang perlu dilakukan adalah mencari solusi terbaik untuk mengurangi dampak risiko yang berasal dari dalam sistem, yaitu risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas.

Selain variabel risiko-risiko yang telah dibahas sebelumnya, pada model simulasi ini juga ditambahkan satu variabel lainnya, yaitu variabel benefit. Pada variabel ini dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan namun seiring berjalannya waktu terjadi penurunan dikarenakan besarnya dampak dari risiko-risiko yang ada. Nilai dari variabel benefit ini didapatkan dari hargis penjualan produk terendah untuk mengantisipasi kemungkinan terburuk. Selain itu, model yang dibuat telah memenuhi syarat validasi yaitu dengan menggunakan *extreme condition test*, *operational graphics*, *parameter variability-*

sensitivity analysis, dan *face validity* Keempat teknik validasi ini termasuk ke dalam uji struktur secara langsung dan uji struktur tingkah laku model.

5.3.2 Analisa Model Desain Eksperimen

Desain eksperimen dilakukan dengan maksud untuk meminimasi atau mengurangi dampak dari risiko yang mempengaruhi kinerja atau performansi pengerjaan proyek konstruksi The Palace Apartemen, yaitu risiko biaya, risiko penjadwalan dan risiko kualitas yang merupakan parameter yang diteliti. Sebelum menentukan cara atau tindakan yang tepat untuk digunakan dalam mitigasi risiko, sebelumnya melakukan *brainstorming* atau wawancara terlebih dahulu kepada pihak *expert* mengenai hasil simulasi dan bagaimana cara memitigasi terhadap risiko-risiko yang termasuk *major risk*. Setelah melakukan wawancara, didapatkanlah tindakan yang tepat untuk memitigasi risiko. Cara yang digunakan adalah melakukan *risk reduction* (*pengurangan risiko*), yaitu dengan cara menekan frekuensi risiko-risiko tersebut supaya tidak terlalu sering terjadi, yang mana tiap-tiap *risk event* memiliki teknis pelaksanaan yang berbeda-beda yang sudah dijelaskan sebelumnya, selain itu cara lain yang digunakan adalah dengan melakukan *risk transfer* (*pemindahan risiko*), yaitu dengan cara memindahkan/melimpahkan dampak yang ditimbulkan risiko kepada pihak-pihak yang terlibat langsung dalam terjadinya risiko, seperti hasil pekerjaan sub kontraktor yang tidak sesuai dengan standar dan juga material yang dikirim *supplier* tidak sesuai standar sehingga masing-masing pihak tidak ada yang dirugikan karena memiliki tanggung jawab pada bidangnya masing-masing.

Dalam model sistem dinamik, desain eksperimen dilakukan dengan melakukan beberapa perubahan pada variabel-variabel dan *link* yang ada dalam model. Desain eksperimen dilakukan dengan membuat *out rate* pada masing-masing variabel risiko yang telah diidentifikasi tindakan mitigasinya sebagai representasi dari solusi penanganan risiko. Untuk pengurangan risiko dilakukan dengan menekan frekuensi dari *risk event* yang termasuk ke dalam *major risk*, yaitu *risk event* dengan kode X1, X2, X3, X4, X11, X18, X20, X21, X24, X47, X48 dan X43. Sebagian *risk event* tersebut memiliki nilai frekuensi 3 yang artinya interval kejadian risiko tersebut sebesar 41% sampai 60%. Dengan melakukan tindakan mitigasi yang tepat, harapan yang diinginkan adalah nilai frekuensi dari risiko ini dapat berkurang menjadi 10% sampai 40%. Sedangkan untuk pemindahan risiko dilakukan dengan memindahkan sebagian besar risiko kepada pihak sub kontraktor

atau *supplier* dengan pembagian 20% - 80%. Untuk pemindahan risiko ini hanya dilakukan pada dua *risk event*, yaitu X6 dan X44. Berikut ini adalah rangkuman tindakan mitigasi yang dilakukan.

Tabel 5. 1 Rangkuman mitigasi yang dilakukan pada model

No.	Risk Events	Mitigasi
1.	X1	<i>Risk Reduction</i>
2.	X2	<i>Risk Reduction</i>
3.	X3	<i>Risk Reduction</i>
4.	X4	<i>Risk Reduction</i>
5.	X5	<i>Risk Transfer</i>
6.	X11	<i>Risk Reduction</i>
7.	X18	<i>Risk Reduction</i>
8.	X20	<i>Risk Reduction</i>
9.	X21	<i>Risk Reduction</i>
10.	X24	<i>Risk Reduction</i>
11.	X47	<i>Risk Reduction</i>
12.	X48	<i>Risk Reduction</i>
13.	X43	<i>Risk Reduction</i>
14.	X44	<i>Risk Transfer</i>

Setelah melakukan perubahan pada model sistem dinamik berdasarkan tindakan mitigasi yang sesuai. Berikutnya adalah menentukan skenario dari mitigasi yang tepat, yaitu menentukan seberapa besar tindakan mitigasi tersebut dilakukan. Semakin besar nilai yang digunakan maka usaha atau biaya yang perlu dikeluarkan juga semakin besar. Untuk *risk event* yang masuk ke dalam klasifikasi risiko tinggi nilai variabel yang digunakan cukup besar, seperti pada *risk event* dengan kode X1, X3 dan X20. Maka dari itu kemudian dibuat 3 model desain eksperimen dengan nilai variabel mitigasi yang berbeda-beda. Dari hasil simulasi model desain eksperimen didapatkan bahwa terjadi penurunan dari perilaku risiko biaya, risiko penjadwalan dan juga risiko kualitas, kemudian dilihat dari aspek benefit perusahaan juga mengalami peningkatan. Untuk menguji apakah ada perbedaan antara model awal dengan model desain eksperimen maka telah dilakukan uji ANOVA, dari hasil pengujian didapatkan terdapat perbedaan yang signifikan antara model awal dengan model

desain eksperimen, namun diantara 3 model eksperimen yang telah dibuat didapatkan tidak ada perbedaan yang signifikan, oleh karena itu skenario yang dipilih adalah skenario yang menghasilkan rata-rata risiko biaya terkecil yaitu desain eksperimen 2. Selain karena memiliki nilai rata-rata biaya yang paling kecil. Kemudian jika dilihat dari rata-rata nilai variabel yang digunakan pada desain eksperimen 2 juga tidak menggunakan variabel yang tinggi, artinya *effort* untuk mitigasi yang dilakukan terhadap risiko juga tidak terlalu besar baik itu dalam bentuk biaya maupun usaha lainnya. Mekanisme pelaksanaan mitigasi dengan skenario 2 ini adalah pada variabel risiko biaya, melakukan penekanan frekuensi pada *risk event* dengan kode X1 dan X3 dari yang awalnya maksimal terjadi 8 kali menjadi maksimal terjadi 1 kali, usaha yang dilakukan untuk mitigasi risiko ini cukup besar dikarenakan kedua risiko tersebut masuk kedalam klasifikasi risiko tinggi dan dampaknya cukup besar terhadap kinerja proyek konstruksi. Kemudian untuk *risk event* dengan kode X2 dari yang awalnya maksimal terjadi 6 kali ditekan menjadi terjadi 4 kali, kemudian untuk *risk event* X4 dan X11 masing-masing ditekan dari maksimal 6 kali menjadi maksimal 2 kali. Kemudian pada variabel risiko penjadwalan, *risk event* X20 merupakan salah satu *risk event* tinggi sehingga usaha mitigasi yang dilakukan cukup besar yaitu dari maksimal 8 kali ditekan menjadi 3 kali. Sedangkan untuk variabel risiko kualitas, penekanan risiko dilakukan pada *risk event* X47 dan X48 dari yang awalnya maksimal terjadi 6 kali menjadi setengahnya yaitu maksimal 3 kali terjadi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pengolahan data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Risiko yang mempengaruhi kinerja proyek konstruksi terdiri dari risiko yang berdampak pada variabel biaya, penambahan hari pengerjaan proyek (penjadwalan) dan kualitas proyek. Risiko variabel biaya terdiri dari risiko-risiko yang berkaitan dengan *rework*, perbedaan pemberian upah tenaga kerja dan perubahan anggaran, sedangkan risiko yang berdampak terhadap variabel penjadwalan meliputi risiko-risiko yang berkaitan dengan durasi yang tidak dijadwalkan, *rework* dan juga estimasi waktu total. Kemudian untuk risiko kualitas meliputi risiko-risiko yang berkaitan dengan material konstruksi, teknologi yang digunakan serta efesiensi kerja.
2. Pola risiko bersifat membentuk *loop*, sehingga antara satu risiko dengan risiko yang lainnya saling mempengaruhi satu sama lain, dimulai dari risiko lingkungan yang berasal dari faktor luar sampai ke risiko biaya. Jadi apabila salah satu risiko meningkat maka risiko yang lainnya akan meningkat juga. Dalam model dilihat bahwa risiko pada masing-masing variabel cenderung meningkat dikarenakan belum ada tindakan mitigasi yang ditentukan.

3. Skenario terbaik yang dapat digunakan adalah skenario 2, yaitu pelaksanaan mitigasi dengan skenario 2 ini adalah pada variabel risiko biaya, melakukan penekanan frekuensi pada *risk event* dengan kode X1 dan X3 dari yang awalnya maksimal terjadi 8 kali menjadi maksimal terjadi 1 kali, usaha yang dilakukan untuk mitigasi risiko ini cukup besar dikarenakan kedua risiko tersebut masuk kedalam klasifikasi risiko tinggi dan dampaknya cukup besar terhadap kinerja proyek konstruksi. Kemudian untuk *risk event* dengan kode X2 dari yang awalnya maksimal terjadi 6 kali ditekan menjadi terjadi 4 kali, kemudian untuk *risk event* X4 dan X11 masing-masing ditekan dari maksimal 6 kali menjadi maksimal 2 kali. Kemudian pada variabel risiko penjadwalan, *risk event* X20 merupakan salah satu *risk event* tinggi sehingga usaha mitigasi yang dilakukan cukup besar yaitu dari maksimal 8 kali ditekan menjadi 3 kali. Sedangkan untuk variabel risiko kualitas, penekanan risiko dilakukan pada *risk event* X47 dan X48 dari yang awalnya maksimal terjadi 6 kali menjadi setengahnya yaitu maksimal 3 kali terjadi.

6.2 Saran

6.2.1 Bagi Perusahaan

1. Bagi sub kontraktor sebaiknya memberikan perhatian khusus terhadap risiko-risiko yang termasuk ke dalam risiko variabel biaya, dikarenakan 3 dari 4 risiko yang masuk ke dalam klasifikasi risiko tinggi berasal dari risiko variabel biaya. Selain itu, pada risiko biaya juga terdapat risiko *rework* yang mana mempengaruhi 2 variabel kinerja pengerjaan proyek konstruksi yaitu berdampak pada biaya dan juga penjadwalan sehingga pengaruhnya sangat signifikan terhadap kinerja proyek konstruksi.

6.2.2 Bagi Penelitian Selanjutnya

1. Format kuesioner sebaiknya dibuat lebih sederhana lagi sehingga penyelesaian pengerjaan kuesioner oleh *expert* dapat lebih cepat.
2. Dalam model sistem dinamik sebaiknya dibuat perbedaan mana risiko yang berdampak langsung pada perusahaan dan mana risiko-risiko yang berdampak pada pihak sub kontraktor sebagai pihak yang mengerjakan proyek konstruksi.

3. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan pengujian variabel yang mempengaruhi kinerja proyek konstruksi secara kuantitatif tidak hanya dengan menggunakan pendapat *expert (expert judgement)*, selain itu penelitian selanjutnya juga bisa menambahkan variabel-variabel risiko lain yang berkaitan dengan kinerja proyek konstruksi dengan menggunakan analisis data lain, misalnya dengan *structural equation modelling (SEM)*, karena SEM memungkinkan analisis variabel bebas dan variabel terikat secara simultan dalam sebuah full model.

DAFTAR PUSTAKA

- Akintoye, A. S., & MacLeod, M. J. 1997. Risk Analysis and Management in Construction. *International Journal of Project Management* **15**: 31-38.
- Al-Bahar, J., & Crandall, K. 1990. Systematic Risk Management Approach for Construction Project. *ASCE Journal of Construction Engineering* **116**: 533-546.
- Alijoyo, A. 2006. 2006. *Enterprise Management*. Jakarta: Ray Indonesia.
- Alinaitwe, Mwanaki, H., Jackson, A., Mwakalli, & Hansson, B. 2008. The Productivity of Building Craftsmen. *International Journal of Civil Engineering and Management* **8**: 169-176.
- APM Publishing Ltd. 2004. *Project Risk Analysis and Management Guide*. High Wycombe: APM Publishing Ltd.
- Asiyanto. 2005. *Manajemen Produksi Untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2016. *Pertumbuhan Sektor Industri tahun 2016*. Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat. 2016. *Produk Domestik Bruto Tahun 2016*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat. 2017. *Indikator Ekonomi Juni 2017*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Banaitiene, N., & Banaitis, A. 2012. Risk Management in Construction Projects. *InTech Journal of Management* **10**: 429-448.
- Bank Sentral Republik Indonesia. 2017. *Laporan Inflasi (Indeks Harga Konsumen) 2016-2017*. Jakarta: Bank Sentral Republik Indonesia.
- Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. 1996. *Discrete-Event System Simulation*. Michigan: Prentice Hall.
- Barlas, Y. 2002. System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis Encyclopedia of Life Support System. *Journal of Modelling and Simulation* **8**: 1131-1175.
- Boateng, P., Chen, Z., Ogunlana, S., & Ikediashi, D. 2012. A System Dynamics Approach to Risks Description in MegaProjects Development. *Edinburgh Technical and Research Paper* **10**: 593-603.
- Daalen, V., & Thissen, W.A.H. 2001. *Dynamics System Modelling Continuous Models*. Amsterdam: Faculteit Techniek, Bestuur en Management (TBM), Technische Universiteit Delft.
- Darmawi, H. 2006. *Manajemen Resiko*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Dei, K. A., Dharmayanti, C., & Martha Jaya, N. 2017. Analisis Risiko Dalam Aliran Supply Chain Pada Proyek Konstruksi Gedung di Bali. *Jurnal Spektran* **5**: 1-87.
- Flanagan, R., & Norman, G. 1993. *Risk Management and Construction*. London: Blackwell Scientific Publications.
- Flanagan, R., & Norman, G. 1996. *Risk Management and Construction*. London: Blackwell Scientific Publications.
- Forrester, J. W. 1961. *Industrial Dynamics*. Massachusettes: Massachusettes Institute of Technology.
- Forrester, J. W., & Senge, P. 1980. Test for Building Confidence in System Dynamics Models. *TIMS Studies Management Science* **14**: 209-228.

- Ghadge, A., Dani, S., Chester, M., & Kalawsky, R. 2013. A System Approach for Modelling Supply Chain Risks. *An International Journal Supply Chain Management* **18**: 523-538.
- Godfrey, P. S. 1996. *A Guide to Systematic Management of Risk from Construction*. London: CIRIA.
- Hartono. 2010. *Analisis Data Statistik dan Penelitian Edisi-2*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Hazzi, O. A., & Maldaon, I. S. 2015. *A Pilot Study: Vital Methodological Issues*. Verslas: Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas.
- Hoover, S. V., & Perry, R. F. 1989. *Simulation: A Problem-Solving Approach*. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co, Inc.
- Indonesia. 2004. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.102 Tahun 2004 mengenai Waktu dan Upah Kerja Lembur*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Ivan. 2012. Model Dinamika Sistem Pasokan dan Distribusi Pada Gangguan Pendistribusian BBM PT. Pertamina Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri* **11**: 243-252.
- Jacobson, T., Carling, K., Linde, J., & Roszbach, K. 2002. *Capital Charges Under Base II: Corporate Credit Risk Modelling and Macro Economy*. Oslo: Sveriges Riskbank.
- Kaming, P. F., Rahardjo, F., & Situmorang, Y. G. 2010. Analisis Kinerja Proyek Konstruksi. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)* **4**: 209-217.
- Kangari, R. 1995. Risk Management Perceptions and Trends of U.S. Construction. *ASCE Journal of Construction Engineering* **121**: 422.
- Kerzner, H. 1995. *Project Management: A System Approach to Planning, Schedulling, and Controlling, 5th Edition*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Komunitas & Perpustakaan Online Indonesia. 2006. diakses tanggal 9 Juni 2017.
- Labombang, M. 2011. Manajemen Risiko Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal SMARTek* **9**: 39-46.
- Lewis, Pamela, S., Stephen, H.G., Patricia, M.F. 2004. *Management (Challenges for Tomorrow's Leaders), Fourth Edition*. Canada: South-Western.
- Loosemore, M., Raftery, J., Reilly, C., & Higgon, D. 2006. *Risk Management in Projects*. London: Routledge.
- Maani, K. E., & Cavana, R. Y. 2000. *System Thinking and Modelling Understanding Change and Complexity*. New Zealand: Prentice Hall.
- Martis, M. S. 2006. *Validation of Simulation Based Models: A Theoretical Outlook*. Mumbai: Manipal Institute of Technology.
- Midoro, R., & Pitto, A. 2000. *Managing Risk and Security: The Safeguard of Long-term Success for Logistics Service Providers*. Berne: Haupt Publisher.
- Mills, A. 2001. *A Systematic Approach to Risk Management for Construction*. Melbourne: MCB University Press.
- Nasirzadeh, F., & Monirabbasi, A. 2004. Identification and Management of Risk in BOT Project. *Proceeding of the 2ND National Congress of Civil Engineering* **6**: 300-308.
- Nasirzadeh, F., Afshar, A., & Khanzadi, M. 2008. System Dynamics Approach for Construction Risk Analysis. *International Journal of Civil Engineering* **6**: 120-131.
- Nosworthy, J. D. 2000. A Practical Risk Analysis Approach: Managing BCM Risk. *Journal of Computer & Security* **19**: 232-241.
- Nugraheni, V. M. 2012. *Analisa Risiko Lingkup Excusable Pada Tahap Pelaksanaan Proyek Pembangunan Stasiun Daerah Kantor X yang Berpengaruh Terhadap Konerja Perubahan Proyek*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Parenreng, S. M. 2016. *Model Pengelolaan Risiko Supply Chain Mempertimbangkan Kepentingan Multistakeholder Pada Komoditas Tuna*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Patrickson, A., Wahyu Adi, T. J., & Putri, Y. E. 2012. *Identifikasi dan Analisis Risiko Konstruksi dengan Metode Fault Tree Analysis Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kapuk Naga Indah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Permata Suwandi, P. A. 2010. *Kajian Manajemen Risiko Pada Proyek Dengan Sistem Kontrak Lump Sum dan Sistem Kontrak Unit Price (Studi Kasus Pada Proyek Jalan dan Jembatan, Gedung, Bangunan Air)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Porta, M. 2008. *A Dictionary of Epidemiology, 5th edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Praboyo, B. 1999. Keterlambatan waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Peringkat dari Penyebab-Penyebabnya. *Jurnal Teknik Sipil* 3: 114-118.
- Project Management Institute. 2004. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge-Third Edition*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Raftery, J. 1994. *Risk Analysis in Project Management*. New York: E & FN Spon.
- Sargent, S. G. 2011. Verification and Validation of Simulation Models. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference* 11: 183-198.
- Situmorang, Y. G. 2009. *Analisis Produktivitas Pekerja Proyek Konstruksi Pada Perusahaan Kontraktor di Jakarta*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Smith, N. J. 1994. *Managing Risk in Construction Projects*. London: Blackwell Science.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Ke Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Standards Australia/Standards New Zealand. 2004. *Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4360:2004: Risk Management*. Sydney: Homebush.
- Sterman, S. G. 2000. *Business Dynamic: System Thinking and Modelling for A Complex World*. New York: McGraw-Hill.
- Stoneburner, Gary, Goguen, Alice, Feringa, Alexis. 2002. *Risk Management Guide for IT System*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Stoner, James A. F. 2006. *Management*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Subagyo, P., Marwan, A., Handoko, Hanni, T. 1995. *Dasar-dasar Operational Research, Edisi 2*. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.
- Sudrajat, A. 2010. *Perancangan Model Kebutuhan Obat ARV*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sudarsono, T. M., Christie, O., & Andi. 2014. Analisis Frekuensi, Dampak dan Jenis Keterlambatan Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil* 3: 82-90.
- Suh, B., & Han, I. 2003. *The IS Risk Analysis Based on a Business Model*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B. V.
- Sushil. 1993. *System Dynamics: A Practical approach for managerial problems*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Sutowijoyo, H. 2011. *Manajemen Risiko Pada Supply Chain Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Trieschmann, J. S., & Gustavson, S. G. 1995. *Risk Management and Insurance*. Atlanta: Cengage South-Western.
- Vrijhoef, R., Koskela, L., & Howell, G. 2001. Understanding Construction Supply: An Alternative Interpretation. *International Journal of Civil Engineering* 29: 197-207.
- Wan, J., & Liu, Y. 2014. A System Dynamics Model for Risk Analysis During Project Construction Process. *Open Journal of Social Sciences* 2: 451-454.
- Weil, H. B., & Dalton, W. J. 2014. *Risk Management in Complex Projects*. Massachusetts: Pugh-Roberts Associates.

- Wibowo, A. 2016. Analisis Bibliometrik Manajemen Risiko Konstruksi: 2005-2015. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* **23**: 233-244.
- Wideman, R. M. 1992. *Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities, Volume 6*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Wirjatmi, W. E. 2008. *System Thinking: Suatu Pendekatan Pemecahan Permasalahan Yang Kompleks dan Dinamis*. Bandung: STIA LAN Bandung Pers.
- Zhi, H. 1995. Risk Management for Overseas Construction Projects. *International Journal of Project Management* **13**: 231-237.

LAMPIRAN KUESIONER 1 (IDENTIFIKASI RISIKO OLEH *EXPERT*)

Responden 1 = Manajer Proyek

Responden 2 = Divisi SHE

Responden 2 = Divisi QC

Responden 4 = Chief Engineer

Responden 5 = Operator Lapangan

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
1	1	X1	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	tidak setuju	
2	1	X2	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	tidak setuju	
	5		tidak setuju	tidak setuju	
3	1	X3	setuju	setuju	√
	2		setuju	tidak setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
4	1	X4	tidak setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
5	1	X5	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	tidak setuju	
	5		setuju	setuju	
6	1	X6	setuju	setuju	√
	2		tidak setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
7	1	X7	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		tidak setuju	tidak setuju	
	5		setuju	setuju	
8	1	X8	setuju	setuju	√
	2		tidak setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		tidak setuju	setuju	
9	1	X9	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	tidak setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
10	1	X10	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
11	1	X11	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
12	1	X12	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
13	1	X13	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
14	1	X14	setuju	setuju	√

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
15	1	X15	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
16	1	X16	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	tidak setuju	
17	1	X17	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
18	1	X18	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
19	1	X19	tidak setuju	setuju	X
	2		setuju	setuju	
	3		tidak setuju	setuju	
	4		tidak setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
20	1	X20	tidak setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
21	1	X21	setuju	setuju	√
	2		tidak setuju	tidak setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	5		setuju	setuju	
22	1	X22	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
23	1	X23	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
24	1	X24	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
25	1	X25	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
26	1	X26	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		tidak setuju	tidak setuju	
27	1	X27	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
28	1	X28	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
29	1	X29	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	tidak setuju	

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
30	1	X30	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
31	1	X31	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
32	1	X32	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		tidak setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
33	1	X33	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
34	1	X34	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
35	1	X35	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
36	1	X36	setuju	setuju	√
	2		setuju	tidak setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		tidak setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
37	1	X37	setuju	setuju	√

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
38	1	X38	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
39	1	X39	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
40	1	X40	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
41	1	X41	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
42	1	X42	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
43	1	X43	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
44	1	X44	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
45	1	X45	setuju	setuju	√

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	tidak setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
46	1	X46	setuju	setuju	X
	2		setuju	setuju	
	3		tidak setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
47	1	X47	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
48	1	X48	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
49	1	X49	setuju	tidak setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
50	1	X50	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
51	1	X51	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	tidak setuju	
	5		setuju	setuju	
52	1	X52	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	

No.	Responden	Risiko	Risk event	Penyebab	Hasil
	5		setuju	setuju	
53	1	X53	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
54	1	X54	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
55	1	X55	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	tidak setuju	
	4		setuju	setuju	
	5		setuju	setuju	
56	1	X56	setuju	setuju	√
	2		setuju	setuju	
	3		setuju	setuju	
			setuju	setuju	
			setuju	setuju	

LAMPIRAN KUESIONER 2 (DAMPAK MENURUT *EXPERT*)

Responden 1 = Manajer Proyek

Responden 2 = Divisi SHE

Responden 2 = Divisi QC

Responden 4 = Chief Engineer

Responden 5 = Operator Lapangan

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
X1	1	4	5	20	4
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X2	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X3	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X4	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X5	1	3	5	15	3
	2	4	3	12	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X6	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X7	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X8	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X9	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	1	1	1	
X10	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X11	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X12	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	3	3	9	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X13	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	
	3	1	3	3	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X14	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	2	1	2	
X15	1	4	5	20	3
	2	4	3	12	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X16	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X17	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X18	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X20	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X21	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X22	1	3	5	15	3
	2	2	3	6	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X23	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X24	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X25	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X26	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X27	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X28	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X29	1	1	5	5	2
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X30	1	1	5	5	2
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	1	1	1	
X31	1	5	5	25	5
	2	4	3	12	
	3	5	3	15	
	4	4	2	8	
	5	5	1	5	
X32	1	2	5	10	2
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X33	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X34	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X35	1	3	5	15	3
	2	2	3	6	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X36	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X37	1	4	5	20	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X38	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	
	3	1	3	3	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X39	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	1	3	3	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X40	1	5	5	25	5
	2	4	3	12	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	5	3	15	
	4	5	2	10	
	5	4	1	4	
X41	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X42	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X43	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X44	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X45	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X47	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X48	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X49	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	1	1	1	
X50	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	1	2	2	
	5	3	1	3	
X51	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	
	3	3	3	9	
	4	1	2	2	
	5	3	1	3	
X52	1	2	5	10	2
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	3	1	3	
X53	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X54	1	4	5	20	4
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X55	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X56	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	

LAMPIRAN KUESIONER 2 (FREKUENSI MENURUT *EXPERT*)

Responden 1 = Manajer Proyek

Responden 2 = Divisi SHE

Responden 2 = Divisi QC

Responden 4 = Chief Engineer

Responden 5 = Operator Lapangan

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
X1	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X2	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X3	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	3	3	9	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X4	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	4	1	4	
X5	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X6	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X7	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X8	1	3	5	15	3
	2	4	3	12	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X9	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	2	1	2	
X10	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	
	3	1	3	3	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X11	1	3	5	15	3
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X12	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X13	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X14	1	1	5	5	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	2	1	2	
X15	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	1	1	1	
X16	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X17	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X18	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X20	1	3	5	15	4
	2	4	3	12	
	3	4	3	12	
	4	4	2	8	
	5	3	1	3	
X21	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X22	1	3	5	15	3
	2	2	3	6	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X23	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X24	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X25	1	3	5	15	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	1	1	1	
X26	1	4	5	20	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X27	1	1	5	5	2
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X28	1	3	5	15	3
	2	2	3	6	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X29	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X30	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X31	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X32	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X33	1	4	5	20	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X34	1	3	5	15	3
	2	4	3	12	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X35	1	2	5	10	2
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X36	1	1	5	5	2
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	2	1	2	
X37	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X38	1	3	5	15	2
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	1	1	1	
X39	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X40	1	1	5	5	1
	2	2	3	6	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	1	3	3	
	4	1	2	2	
	5	2	1	2	
X41	1	3	5	15	2
	2	2	3	6	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X42	1	2	5	10	2
	2	2	3	6	
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	3	1	3	
X43	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X44	1	4	5	20	3
	2	4	3	12	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X45	1	2	5	10	2
	2	3	3	9	
	3	1	3	3	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X47	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X48	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	3	3	9	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X49	1	3	5	15	2
	2	3	3	9	

Kode Risiko	Responden	Jawaban	Bobot	Jawaban bobot	Nilai
	3	1	3	3	
	4	2	2	4	
	5	2	1	2	
X50	1	3	5	15	2
	2	3	3	9	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	1	1	1	
X51	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	2	3	6	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X52	1	4	5	20	4
	2	4	3	12	
	3	3	3	9	
	4	4	2	8	
	5	4	1	4	
X53	1	3	5	15	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	3	1	3	
X54	1	1	5	5	1
	2	1	3	3	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	2	1	2	
X55	1	2	5	10	3
	2	3	3	9	
	3	4	3	12	
	4	3	2	6	
	5	1	1	1	
X56	1	3	5	15	2
	2	2	3	6	
	3	2	3	6	
	4	1	2	2	
	5	3	1	3	