



TESIS BM185407

# **ANALISA RISIKO RANTAI PASOK KONSTRUKSI DENGAN MENGUNAKAN MODEL SIMULASI**

HERLINDA RACHMASARI  
0921650024017

DOSEN PEMBIMBING  
Imam Baihaqi, ST, M.Sc, Ph.D.

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK  
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019

## LEMBAR PENGESAHAN

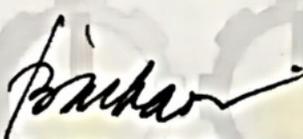
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

HERLINDA RACHMASARI  
NRP. 0921650024017

Tanggal Ujian : 7 Januari 2019  
Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:

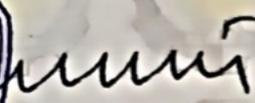
  
1. Imam Baihaqi, ST, M.Sc, Ph.D. (Pembimbing I)  
NIP. 197007211997021001

  
2. Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D. (Penguji)  
NIP. 197404202002121003

  
3. Prof. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D (Penguji)  
NIP. 196901071994121001

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi



  
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc  
NIP. 195903181987011001

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul “**ANALISA RISIKO RANTAI PASOK KONSTRUKSI DENGAN MENGGUNAKAN MODEL SIMULASI**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Desember 2018

**Herlinda Rachmasari**

NRP. 0921650024017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **ANALISIS RISIKO RANTAI PASOK DENGAN MENGUNAKAN MODEL SIMULASI**

Nama mahasiswa : Herlinda Rachmasari  
NRP : 0921650024017  
Pembimbing : Imam Baihaqi, ST, M.Sc, Ph.D.

### **ABSTRAK**

Industri konstruksi merupakan sektor yang memiliki kekompleksan dan kinerja yang buruk, terutama dalam waktu dan biaya. Salah satu kekompleksan proyek adalah dalam manajemen rantai pasok konstruksi. Risiko rantai pasok sering terjadi dikarenakan spesifikasi disain kurang optimal, pemilihan rantai pasok yang kurang baik, pengiriman material yang bermasalah atau manajemen dalam penyimpanan material yang tidak tertata. Manajemen rantai pasok konstruksi merupakan suatu gagasan yang mengatur siklus rantai pasok konstruksi dengan mengidentifikasi risiko yang dapat menyebabkan kegagalan dalam proyek. Identifikasi risiko yang dilakukan dari tahap awal konstruksi dapat meminimalisir dampak risiko pada proyek konstruksi. Risiko yang telah teridentifikasi selanjutnya dianalisis dengan suatu model simulasi agar dapat diberikan strategi penanganan yang tepat sehingga menghindari terjadi keterlambatan proyek terutama pada waktu dan biaya. Tujuan dalam penelitian ini adalah memberikan strategi pada setiap aktivitas rantai pasok yang paling beresiko pada proyek konstruksi. Model simulasi dibantu dengan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan *Microsoft excel*. Distribusi tiap risiko dibantu dengan *program easy fit* dan nilai random dengan menggunakan *program @risk*.

Hasil akhir penelitian ini menemukan bahwa dari 30 risiko yang telah dilakukan simulasi monte, 4 risiko masuk dalam penilaian risiko tinggi, 11 risiko masuk penilaian risiko medium dan 15 risiko masuk penilaian risiko rendah. 4 risiko yang mendapat nilai tinggi selanjutnya dilakukan wawancara dengan project manager kontraktor utama untuk ditemukan strategi penanganan risiko tersebut. Respon dari 4 risiko tersebut adalah pengurangan dampak risiko dengan mengikuti standart operasional proyek konstruksi berupa pengajuan ijin material dan ijin pelaksanaan pekerjaan, serta memperhatikan jumlah pasokan di gudang tidak boleh kurang dari 30% agar tidak terjadi waktu tunggu dilapangan. Hasil penelitian ini nantinya dapat memberikan laporan kepada project manager sehingga dapat mengantisipasi dampak risiko rantai pasok konstruksi yang mungkin terjadi pada pelaksanaan konstruksi

**Kata kunci:** Manajemen Risiko Rantai Pasok Konstruksi, Industri Konstruksi, Simulasi Monte Carlo

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# SUPPLY CHAIN RISK ANALYSIS USING SIMULATION MODEL

By : Herlinda Rachmasari  
Student Identity Number : 0921650024017  
Supervisor(s) : Imam Baihaqi, ST, M.Sc, Ph.D.

## ABSTRACT

The construction industry is a sector that has complexity and bad performance, especially with overtime and budget. One of the project complications is in construction supply chain management. Supply chain risk often occurs due to less optimal design specifications or bad supply chain selection, the problematic of material transportation and management material in warehouse that unorganized. Construction supply chain management is an idea that regulates the supply chain construction cycle by identifying risks that can cause failure in the project. Risk that identification during stages of construction can minimize the impact of risks on construction projects. The risks that have been identified then analyzed by a simulation model so that appropriate treatment strategies can be given to avoid project delays, especially on time and costs. The purpose of this research is to provide strategies for each supply chain activity that is most at risk in construction projects. The simulation model is support by Monte Carlo simulation with Microsoft excel program.

The final result of this study found that out of 30 risks that have been carried out monte simulation, 4 risks are included in the high risk assessment, 11 risks are entered in the medium risk assessment and 15 the risk of entering the risk assessment is low. 4 risks that get high scores are then interviewed with the main contractor project manager to find the risk management strategy. The response of these 4 risks is to reduce the impact of risk by following the operational standards of construction projects in the form of material permit applications and permits to carry out work, and noting the amount of supply in the warehouse should not be less than 30% so there is no waiting time in the field. The results of this study will be able to provide reports to the project manager so that they can anticipate the impact of supply chain risk construction that may occur in the implementation of construction

**Key words:** Construction Supply Chain Risk Management, Construction Industry, Monte Carlo Simulation

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia dan ridho-Nya, sehingga tesis dengan judul “Analisa Risiko dengan Menggunakan Model Simulasi” ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi (M.Mt) dalam bidang Manajemen Proyek pada program studi Magister di Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak Imam Baihaqi, ST, M.Sc, Ph.D. atas bimbingan, arahan dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk berdiskusi selama menjadi dosen pembimbing
2. Bapak Prof. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D dan Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D. yang telah memberikan masukan dan saran pada saat sidang proposal dan sidang akhir
3. Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono
4. Seluruh dosen MMT khususnya manajemen proyek yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mendalami ilmu manajemen proyek.
5. Ayah saya Suherman, Ibu saya Ariani Tri Kumalasari, dan saudara saya Andri dan Dinda atas doa dan biaya kuliahnya hingga saya bisa menyelesaikan kuliah ini
6. Bapak Harijono Handoko selaku project manajer PT. INT dalam membantu saya memberikan data yang akhirnya dapat saya gunakan untuk analisis saya.
7. Mbak Brilliantie Irma Maya Benitha rekan satu pembimbing yang selalu menemani proses tesis sampai dengan wisuda bersama.
8. Teman-teman satu kelas di manajemen proyek angkatan 2017
9. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu tanpa kalian penulis hanya butiran debu

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan.

Surabaya, 7 Januari 2019

Herlinda Rachmasari

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>   | <b>ii</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xv</b>   |
| <b>LAMPIRAN.....</b>   | <b>xvi</b>  |
| <br>   |             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....   | 3           |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat.....  | 4           |
| 1.3.1 Tujuan .....   | 4           |
| 1.3.2 Manfaat Penelitian .....   | 4           |
| 1.4 Batasan Masalah .....  | 4           |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....   | 5           |
| <br>   |             |
| <b>BAB II KAJIAN LITERATUR.....</b>  | <b>7</b>    |
| 2.1 Proyek.....  | 7           |
| 2.2 Rantai Pasok Pada Industri Konstruksi .....  | 7           |
| 2.3 Manajemen Risiko .....   | 10          |
| 2.4 Tahapan Proses Manajemen Risiko.....   | 12          |
| 2.5 Manajemen Risiko Rantai Pasok.....   | 14          |
| 2.6 Siklus Kegiatan Rantai Pasok Proyek .....  | 15          |
| 2.7 Simulasi .....   | 16          |
| 2.8 Penelitian Sebelumnya .....  | 17          |
| <br>   |             |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>   | <b>25</b>   |
| 3.1 Disain Penelitian.....   | 25          |
| 3.2 Daftar Risiko.....   | 26          |
| 3.2.1 Identifikasi Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi .....                                  | 26          |
| 3.2.2 Identifikasi Risiko Rantai Pasok .....   | 27          |
| 3.2.3 Memeriksa Kemungkinan Terjadi Dan Dampak Dari Setiap Risiko Yang Teridentifikasi ..... | 30          |
| 3.3 Analisis dan Evaluasi.....   | 32          |
| 3.3.1 Tahap Analisis Risiko .....  | 32          |
| 3.3.2 Simulasi Monte Carlo.....  | 33          |
| 3.4 Mitigasi Risiko .....  | 35          |
| 3.4.1 Tingkatan Risiko .....   | 35          |

|                       |   |           |
|-----------------------|---|-----------|
| 3.4.2                 | Respon risiko .....                                       | 36        |
| <b>BAB IV</b>         | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                         | <b>39</b> |
| 4.1                   | Obyek Penelitian .....                                    | 39        |
| 4.2                   | Identifikasi Risiko .....                                 | 43        |
| 4.2.1.                | Survey Pendahuluan .....                                  | 43        |
| 4.2.2.                | Survey Utama .....  | 46        |
| 4.2.3.                | <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences Risiko</i> .....    | 48        |
| 4.3                   | Simulasi Monte Carlo .....                                | 52        |
| 4.3.1                 | Penentuan Distribusi Setiap Tahapan Risiko.....           | 53        |
| 4.3.2                 | Penentuan Risiko pada Tahapan Disain.....                 | 54        |
| 4.3.3                 | Penentuan Risiko pada Tahapan Procurement.....            | 56        |
| 4.3.4                 | Penentuan Risiko pada Tahapan Transportasi .....          | 58        |
| 4.3.5                 | Penentuan Risiko pada Tahapan Warehouse / Fabrikasi ..... | 59        |
| 4.4                   | Penentuan Tingkatan Risiko .....                          | 60        |
| 4.5                   | Penentuan Risiko Prioritas .....                          | 64        |
| 4.6                   | Respon Risiko .....                                       | 65        |
| <b>BAB V</b>          | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                         | <b>67</b> |
| 5.1.                  | Kesimpulan.....   | 67        |
| 5.2.                  | Saran.....  | 68        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | <b>.....</b>  | <b>71</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Model Penyebab Ketidakpastian Rantai Pasok.....  | 8  |
| Gambar 2.2 Sumber Risiko dalam Siklus Ketidakpastian Rantai Pasok .....                                     | 9  |
| Gambar 2.3 Manajemen Risiko.....  | 12 |
| Gambar 2.4 Diagram Sederhana dari Proses Manajemen Risiko .....   | 13 |
| Gambar 2.5 Proses Manajemen Risiko Rantai Pasok .....   | 14 |
| Gambar 2.6 Model Tipikal Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi .....   | 16 |
| Gambar 2.7 Perbandingan Data Yang Tersedia Dengan Dampak Pada Project..                                     | 18 |
| Gambar 2.8 Variasi Durasi Total Project Setelah Dilakukan Update Simulasi ..                                | 20 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....  | 26 |
| Gambar 3.2 Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi .....   | 26 |
| Gambar 4.1 WBS Rantai Pasok Proyek Konstruksi Apartemen A.....  | 39 |
| Gambar 4.2 Diagram Pareto Pada Jenis Material Dengan Biaya Tinggi.....                                      | 43 |
| Gambar 4.3 Hasil Simulasi <i>Likelihood &amp; Consequences</i> Pada Lifecycle Disain                        | 56 |
| Gambar 4.4 Hasil Simulasi <i>Likelihood &amp; Consequences</i> Pada Lifecycle<br>Procurement .....          | 57 |
| Gambar 4.5 Hasil Simulasi <i>Likelihood &amp; Consequences</i> Pada Lifecycle<br>Transportasi.....          | 59 |
| Gambar 4.6 Hasil Simulasi <i>Likelihood &amp; Consequences</i> Pada Lifecycle<br>Warehouse / Fabrikasi..... | 60 |
| Gambar 4.7 Tingkatan Risiko Kumulatif.....  | 64 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data Proyek Apartemen A .....  | 40 |
| Tabel 4.2 Rekapitan RAB Pekerjaan Struktur, Arsitektur, Dan MEP Proyek Pembangunan Apartemen A ..... | 41 |
| Tabel 4.3 Jenis Material dengan Biaya Tinggi.....  | 42 |
| Tabel 4.4 Responden Pada Survey Pendahuluan .....  | 44 |
| Tabel 4.5 Risiko Dalam Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi .....                                      | 45 |
| Tabel 4.6 Responden Pada Survey Utama .....  | 47 |
| Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences</i> .....                         | 48 |
| Tabel 4.8 Hasil Distribusi dengan Menggunakan Program Easy Fit Pada Setiap Life Cycle Risiko .....   | 53 |
| Tabel 4.9 Nilai Simulasi <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences</i> Pada Tahapan Disain..             | 55 |
| Tabel 4.10 Nilai Simulasi <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences</i> Pada Tahapan Procurement .....   | 56 |
| Tabel 4.11 Nilai Simulasi <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences</i> Pada Tahapan Transportasi.....   | 58 |
| Tabel 4.12 Nilai Simulasi <i>Likelihood</i> dan <i>Consequences</i> Pada Tahapan Warehouse .....     | 59 |
| Tabel 4.13 Tingkatan Risiko .....  | 61 |
| Tabel 4.14 Risiko Prioritas Rantai Pasok Proyek Konstruksi.....                                      | 65 |
| Tabel 4.15 Respon Risiko Prioritas Rantai Pasok Proyek Konstruksi.....                               | 66 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dengan semakin terbatasnya lahan perkotaan, menjadi tantangan bagi pengembang untuk memanfaatkan lahan yang dimiliki. Pengembangan Real estate merupakan suatu proses pembangunan ruang kepada hasil tampak yang dimulai dengan sebuah ide dan berakhir ketika konsumen atau tenant menempati fisik suatu tempat yang dibangun oleh tim developer (Miles, 2015). Pembangunan suatu ruang tersebut tentunya membutuhkan banyak pihak untuk mewujudkan tujuan dari pengembang. Pekerjaan yang banyak disertai dengan kompleksitas pekerjaan yang tinggi membutuhkan keahlian yang spesifik dalam proses produknya. Keterlibatan banyak pihak baik organisasi maupun individu dalam proses produk di industri konstruksi secara tidak langsung juga akan membentuk kondisi rantai pasok yang kompleks (Octaviani, 2008).

Rantai pasok pada industri konstruksi memiliki kompleksitas pekerjaan yang tinggi. Kompleksitas dalam rantai pasok ini akan berbeda pada setiap pembangunan proyek konstruksi. Semakin tinggi bangunan proyek konstruksi dan semakin besar anggaran proyek tersebut maka akan semakin kompleks dalam penanganan rantai pasok. Munculnya kompleksitas dalam manajemen risiko pada rantai pasok ini juga dapat timbul dikarenakan oleh aspek ketidakpastian dalam ukuran kinerja seperti biaya, durasi atau kualitas (Chapman dan Ward, 2003). Ketidakjelasan timbul saat awal perencanaan seperti ketidakpastian tentang dasar perkiraan, ketidakpastian tentang desain dan logistic, ketidakpastian tentang tujuan dan prioritas, dan ketidakpastian tentang hubungan antara pihak-pihak proyek. Permasalahan seperti ini dapat memunculkan risiko dalam pemilihan rantai pasok dan menimbulkan kinerja proyek yang buruk.

Kompleksitas dari rantai pasok konstruksi tersebut dapat menimbulkan faktor - faktor risiko dalam suatu proyek konstruksi. Apabila permasalahan tidak segera diatasi maka dapat mengakibatkan kendala dalam pencapaian tujuan proyek terutama pada ketepatan waktu, biaya dan kualitas. Kompleksitas rantai

pasok konstruksi tersebut digambarkan secara makro bahwa pihak-pihak yang terlibat dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu penyedia jasa yang terdiri dari penyandang dana, penyedia jasa struktur, mekanikal, elektrikal dan arsitektur, sedangkan kelompok kedua yaitu penyedia barang/material yang terdiri dari pemasok material / produk bangunan dan subkontraktor (Vaidyanathan, 2001).

Manajemen risiko rantai pasok konstruksi muncul sebagai suatu pendekatan yang memprioritaskan masalah yang paling bermasalah dalam proyek yang kompleks dan berisiko dan memilih tindakan respond yang memadai (Finch, 2004; Khan dan Burnes, 2007; IBM Golbal Business Services, 2008; Aloini, Dulmin, dan Ponticelli., 2012). Menurut perspektif manajemen proyek, risiko adalah kejadian atau kondisi yang tidak pasti, dimana jika terjadi maka akan memiliki dampak negative pada tujuan proyek, tidak hanya tentang mengidentifikasi dan menilai risiko tetapi juga tentang bagaimana bisa cepat dan efektif respon yang terwujud dari saat ada ancaman muncul.

Menurut Briscoe and Dainty (2005), O'Brian et al. (2009) dan Ahmed (2017) menjelaskan bahwa manajemen rantai pasok sangat penting untuk meningkatkan kinerja dari project konstruksi dimana dalam siklus manajemen rantai pasok konstruksi perubahan pasti terjadi dan dapat menjadi dampak pada proyek. Perubahan terus akan terus terjadi dan dapat memberikan pengaruh terhadap tenggat waktu proyek dan biaya berlebih. Manajemen rantai pasok telah terbukti dapat menjadi manajemen strategi dalam mengelola proyek yang melibatkan banyaknya pihak yang berpartisipasi, supplier dan material (Dainty et al., 2007). Dengan memanajemen rantai pasok dapat menjadi kunci yang efektif dalam mengurangi biaya dan keterlambatan proyek konstruksi

Pentingnya kontribusi manajemen rantai pasok dalam industri konstruksi adalah untuk meningkatkan kinerja konstruksi di berbagai level (strategi, taktik, dan operasi) dan meningkatkan hubungan timbal balik antara pihak (Xue et al, 2007; Dulmin et al, 2012). Dengan manajemen rantai pasok dapat menjadi kunci yang efektif dalam mengurangi biaya dan keterlambatan proyek konstruksi daripada hanya menggunakan manajemen risiko proyek secara umum karena pada dasarnya rantai pasok konstruksi bukan hanya rantai pasok yang berkuat pada supplier tetapi jaringan beberapa organisasi dan hubungannya

dimana termasuk perputaran informasi, perputaran material, perputaran produk dan perputaran dana antara developer, konsultan, kontraktor dan supplier. Lemahnya manajemen rantai pasok dapat berdampak pada keterlambatan dan biaya berlebih pada industri konstruksi

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji factor-faktor dalam *supply chain* dengan menggunakan suatu model untuk dapat mengestimasi dampak signifikan dari progres proyek secara keseluruhan dari level di lapangan hingga seluruh jaringan rantai pasok. Ahmed (2017) pada penelitiannya mengungkapkan bahwa dampak perubahan rantai pasok konstruksi risiko pada waktu dan biaya proyek konstruksi di Canada menggunakan model Monte Carlo sebagai suatu model yang menawarkan metode yang dapat memberikan laporan otomatis pada project manager, sehingga project manager dapat menerima informasi dampak dari biaya dan jadwal proyek mereka secara efisien.

Mengidentifikasi faktor risiko sejak awal dapat menjadi keunggulan dalam mengurangi dampak terhadap durasi proyek dan biaya berlebih apabila dianalisis di akhir proyek. Dengan mengambil sampling proyek konstruksi di Surabaya Barat sebagai studi kasus pada investigasi penanganan rantai pasok konstruksi di Surabaya, Diharapkan nantinya pada akhir penelitian dapat memberikan keuntungan maksimal bagi pihak – pihak dalam proyek konstruksi dan mewujudkan sasaran proyek yang tepat biaya, waktu dan kualitas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Persaingan ketat antara developer membawa setiap developer meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses kerja konstruksi mereka. Terutama kinerja dari setiap rantai pasok pada proyek mereka. Pemilihan rantai pasok yang salah dapat mengakibatkan terjadinya risiko dalam proyek yang mengakibatkan keterlambatan proyek maupun tujuan proyek yang tidak tercapai. Penanganan akan hal yang tidak pasti dalam suatu proyek tersebut membutuhkan manajemen risiko rantai pasok sehingga keseluruhan rantai pasok yang berhubungan langsung dengan proyek pengembangan real estate dapat bekerja secara tepat waktu, mutu, dan biaya.

Beranjak dari hal tersebut diatas maka penelitian ini akan menentukan strategi pada risiko dari setiap rantai pasok dengan menggunakan model simulasi.

### **1.3 Tujuan dan Manfaat**

#### **1.3.1 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi faktor – faktor pada rantai pasok yang kemungkinan dapat menimbulkan risiko pada masa konstruksi pada tiap tahapan life cycle rantai pasok konstruksi
2. Mengembangkan model yang dapat mendeteksi perubahan dari faktor – faktor yang telah teridentifikasi
3. Melakukan Simulasi dengan model untuk mengukur dampak yang akan terjadi pada setiap aktivitas tahapan life cycle rantai pasok konstruksi
4. Memberikan strategi dari setiap aktivitas rantai pasok.

#### **1.3.2 Manfaat**

Dengan dilakukan penelitian ini, maka didapatkan beberapa manfaat bagi banyak pihak dari pelaksanaan penelitian ini yaitu :

- Teridentifikasinya risiko yang mungkin akan terjadi pada pihak rantai pasok yang terlibat dalam proyek konstruksi.
- Terevaluasinya risiko yang telah teridentifikasi sehingga dapat memberikan pemahaman kepada manajemen mengenai dimana kemungkinan risiko terbesar berada.
- Termitigasinya risiko sehingga kinerja rantai pasok yang kurang mendukung dapat diketahui dan diturunkan dampak kemungkinan yang terjadi.

### **1.4 Batasan Masalah**

Secara spesifik lingkup materi penelitian dibatasi pada :

#### **A. Batasan Lokasi Proyek**

Penelitian ini mengambil contoh proyek pada pembangunan Apartemen di Surabaya Barat.

### **B. Sampling**

Samping kuisisioner akan difokuskan pada pasokan material - material untuk pembangunan Apartemen.

### **C. Batasan Model Simulasi**

Model simulasi yang dilakukan adalah model simulasi untuk menganalisa risiko rantai pasok konstruksi yang tidak pasti di setiap tahapannya

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Pembahasan dalam proposal penelitian ini terangkum dalam sistem penulisan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II KAJIAN LITERATUR**

Bab ini menjelaskan mengenai teori - teori yang berkaitan dengan rumusan pemecahan masalah dalam tesis ini. yang diambil dari buku-buku ataupun jurnal internasional. Dari kajian literature yang tersusun nantinya akan menghasilkan suatu risiko rantai pasok penelitian yang akan menjadi acuan dari penelitian ini

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang metodologi yang digunakan untuk penelitian ini berdasarkan teori - teori yang ada dan kenyataan yang ada di lapangan, selanjutnya akan dibuat perhitungan untuk mendapatkan tujuan penelitian yang diinginkan.

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan lokasi proyek, pemilihan material, analisa risiko dengan melakukan model simulasi monte carlo, mencari rangking risiko dan melakukan respon strategi dari tingkatan risiko yang telah ditemukan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan dijelaskan tentang kesimpulan akan temuan hasil analisis yang telah ditemukan. Dari hasil temuan pada penelitian ini akan diberikan saran untuk penelitian selanjutnya

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Proyek**

Dalam kegiatan sehari – hari sering kali menyebut proyek sebagai suatu pengerjaan suatu kegiatan namun 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 produk atau layanan yang dihasilkan nantinya memiliki kekhususan tersendiri dibandingkan dengan yang lain. Jadi proyek pada dasarnya adalah suatu kegiatan melaksanakan pekerjaan yang sifatnya temporer untuk menghasilkan produk yang khas.

#### **2.2. Rantai Pasok Pada Industri Konstruksi**

Setiap proses aktivitas rantai pasok berpotensi menghadapi risiko yang ada. Beberapa contoh risiko rantai pasok diantaranya kekurangan bahan baku, kegagalan pemasok, meningkatnya harga bahan, kerusakan mesin, permintaan yang tidak pasti, peramalan yang tidak akurat, perubahan pesanan, kegagalan transportasi, dan risiko lainnya yang biasa timbul dalam proyek konstruksi. Menurut Behera et al. (2015) disimpulkan bahwa karakteristik rantai pasok proyek konstruksi dipengaruhi antara lain oleh pengaruh konsumen, fragmentasi, jumlah dan tipe stakeholder, hubungan pembeli-supplier, multi organisasi yang bersifat temporer, tipe rantai pasok pembuatan sesuai pesanan (*make-to-order*) dan peluang kolaborasi, dan pemesanan berulang (*cyclical demand*).

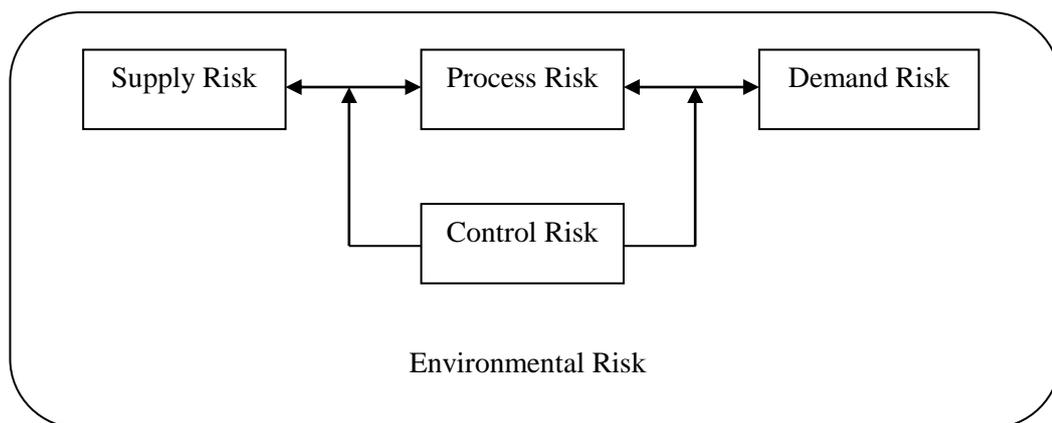
Tentunya apabila hal tersebut diatas terjadi maka dapat mengakibatkan penurunan pada kinerja manajemen rantai pasok perusahaan dan keterlambatan proyek. Menurut Christopher (2011) untuk membantu mengidentifikasi profil risiko suatu bisnis, hal – hal berikut merupakan sumber-sumber utama risiko dalam semua jaringan yaitu

- *Supply Risk* atau risiko penyediaan, menjelaskan seberapa rentankah bisnis terhadap gangguan pasokan, risiko yang timbul berlebihan karena

sumber global, ketergantungan pada pemasok utama, manajemen pasokan yang buruk, dan lain-lain.

- Demand Risk atau tuntutan risiko, menjelaskan bagaimana volatilitasnya permintaan. Apakah menyebabkan amplifikasi permintaan, apakah ada interaksi parallel di mana permintaan produk mempengaruhi kinerja pasokan.
- Process Risk atau proses risiko, menjelaskan seberapa tangguh proses rantai pasok dalam memenuhi permintaan. Apakah memahami sumber variabilitas misalnya memahami kemacetan sehingga tidak terjadi keterlambatan pengiriman, dan lain-lain
- Control Risk atau kontrol risiko menjelaskan seberapa besar kemungkinan gangguan / distorsi yang disebabkan internal kita sendiri, bagaimana system kontrolnya
- Environmental Risk atau risiko lingkungan menjelaskan bagaimana secara keseluruhan kita rentan terhadap eksternal pasokan, sementara jenis dan pengaturan waktu dari peristiwa eksternal mungkin tidak dapat diramalkan.

Hubungan dari lima sumber risiko tersebut dapat diringkas pada tabel dibawah ini :

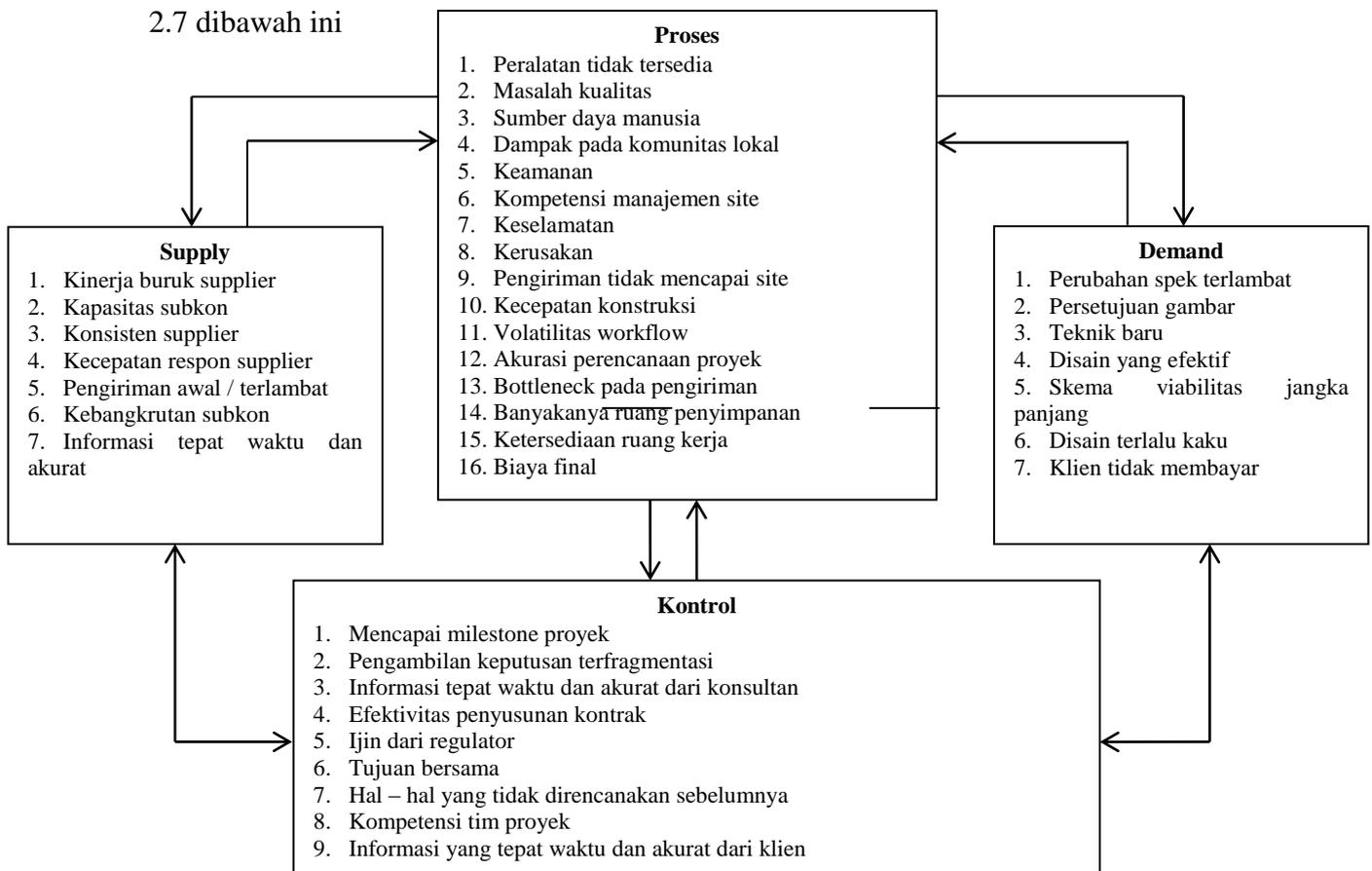


Sumber : Christopher, M. Logistics & Supply Chain Management. 2011

**Gambar 2.1 Model Penyebab Ketidakpastian Rantai Pasok**

Manajemen rantai pasok konstruksi sendiri didefinisikan sebagai suatu system dimana supplier, kontraktor, arsitek dan owner bekerja bersama dibawah koordinasi kontraktor utama untuk memproduksi, mengirim, merakit dan menggunakan informasi, material, peralatan, sumber daya lainnya untuk sebuah proyek konstruksi (Hatmoko & Scott, 2010). Menurutny kontraktor utama sebagai coordinator utama mempunyai posisi strategis untuk mengatur semua stakeholder dan sumber daya sepanjang rantai pasok proyek. Untuk memastikan proyek dapat selesai tepat waktu, kontraktor utama harus mengantisipasi dan meminimalkan risiko keterlambatan sepanjang rantai pasok.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada manajemen risiko rantai pasok pada gambar 2.4 sumbernya dapat digolongkan ke dalam lima golongan yaitu *supply, control, process, demand* dan *environment risk*. Ketidapastian rantai pasok tersebut menjadi akar penyebab masalah keterlambatan proyek konstruksi. Berdasarkan gambar 2.4 tersebut diatas oleh Gosling et al. (2012) telah mengemukakan faktor risiko berdasarkan *supply, control, process*, dan *demand*, sepanjang rantai pasok yang berbentuk siklus seperti yang terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini



Sedangkan pada penelitian yang telah dipaparkan oleh Aroujo (2017), mengungkapkan faktor – faktor risiko rantai pasok yang terlibat juga dalam manajemen stakeholder sebagai berikut :

1. Hubungan dengan klien & konsultan
2. Kerjasama antara subkontraktor
3. Jumlah klaim yang diajukan oleh klien
4. Komunikasi dengan warga sekitar proyek
5. Regulasi & perijinan

### **2.3. Manajemen Risiko**

Secara umum, manajemen risiko merupakan identifikasi kemungkinan risiko yang akan dihadapinya dan berusaha melakukan proteksi agar pengaruh risiko tersebut dapat diminimalisasi atau bahkan ditiadakan sama sekali (Madarina, et al. 2016). Berikut ini adalah definisi dari “manajemen risiko” menurut pendapat para ahli :

- Menurut Williams (1995), risiko berfokus pada pengalihan kehilangan dari hal – hal yang tidak diduga proyek, Hal yang tidak terduga bisa merupakan output positive ataupun negative dari penyimpangan perencanaan project. Output positif merupakan peluang, sedangkan output negative menghasilkan kerugian
- Menurut Risiko Standar Manajemen AS / NZS 4360 (1990), risiko merupakan pengukuran dalam bentuk kombinasi dari konsekuensi dari suatu kejadian dan kemungkinan. Risiko sering ditentukan dalam hal kejadian atau keadaan dan konsekuensi yang terjadi
- Menurut PMBOK (1992), risiko adalah probabilitas suatu hasil yang berbeda dengan hasil yang diharapkan, yang dimaksud berbeda adalah hasil negative atau kerugian.
- Menurut Chapman dan Ward (2003), Manajemen risiko sebagai dasar menghapus atau mengurangi kemungkinan kinerja yang kurang sehingga risiko dan ketidakpastian dapat didefinisikan sebagai ancaman terhadap kesuksesan yang timbul.

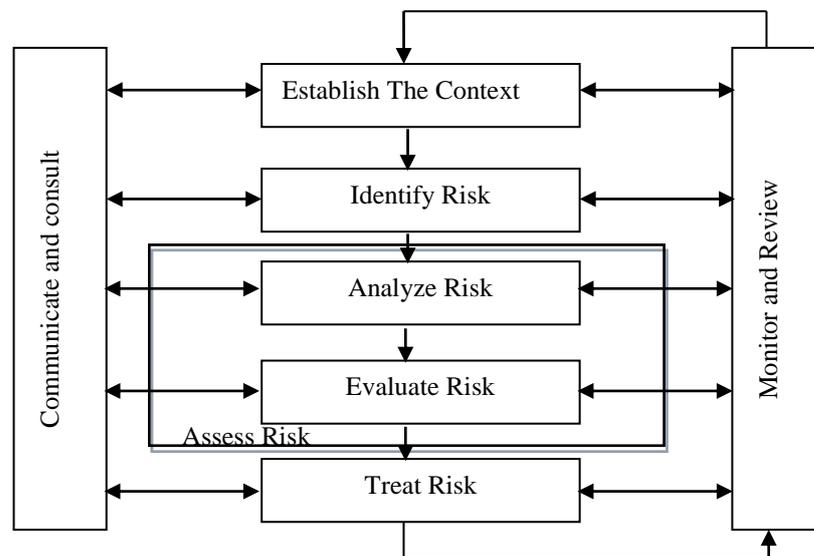
Fungsi analisis risiko adalah untuk menentukan pengaruh factor risiko pada system sebagai suatu peristiwa. Peristiwa risiko membentuk efek kumulatif pada satu atau lebih aspek proyek dan itu lebih mudah untuk mengurangi kejadian risiko jika mereka dapat dikelompokkan dalam kelompok dan sebagainya ditangani pada tingkat yang lebih tinggi dalam jangka panjang daripada berfokus pada satu risiko tertentu dimana kasus proyek mungkin dikelola secara mikro. Beberapa teknik dalam literature itu sudah diterapkan untuk analisis proeuk adalah Probability dan impact grid, estimation of system reliability, fault tree analysis, event tree analysis, dan sensivity analysis and simulation.

Fungsi evaluasi risiko adalah kejadian risiko mana saja yang diprioritaskan sehingga rencana mitigasi risiko ditentukan berdasarkan pengalaman di masa lalu, pelajaran belajar, praktik terbaik, pengetahuan organisasi, praktek industry standar (Ahmed et al., 2003a, b). Dalam evaluasi risiko berbagai aspek proyek strategis, anggaran atau jadwal dapat dipertimbangkan dalam terang peristiwa risiko untuk menentukan opsi mitigasi risiko dan memasukkan opsi yang tepat dalam penanganannya. Beberapa teknis evaluasi risiko standarnya menggunakan decision tree analysis, portfolio management, multiple criteria decision making method,

Peristiwa risiko mengurangi tujuan proyek ketika efek berbahaya terjadi karena tidak terduga keadaannya. Manajemen risiko berusaha mempelajari secara detail semua aspek manajemen sehingga semua kejadian yang dapat dikontrol memiliki rencana aksi risiko. Pendekatan reaktif atau pendekatan umpan balik mengacu pada tindakan mitigasi risiko, dimulai pada peristiwa risiko terjadi dan dapat dilihat sebagai inisiasi rencana kontijensi. Di sisi lain, pendekatan proaktif atau pendekatan umpan ke depan mengacu pada tindakan, diiniasi berdasarkan peluang terjadinya peristiwa risiko seperti asuransi (Kartam dan Kartam, 2001; DeMaio et al., 1994). Kombinasi dari dua pendekatan ini diterapkan manajemen risiko untuk mengurangi kemungkinan risiko, mengurangi dampak risiko, transfer risiko dan untuk mempertahankan risiko (Standar Manajemen Risiko AS/NZS 4360,1999)

## 2.4. Tahapan Proses Manajemen Risiko

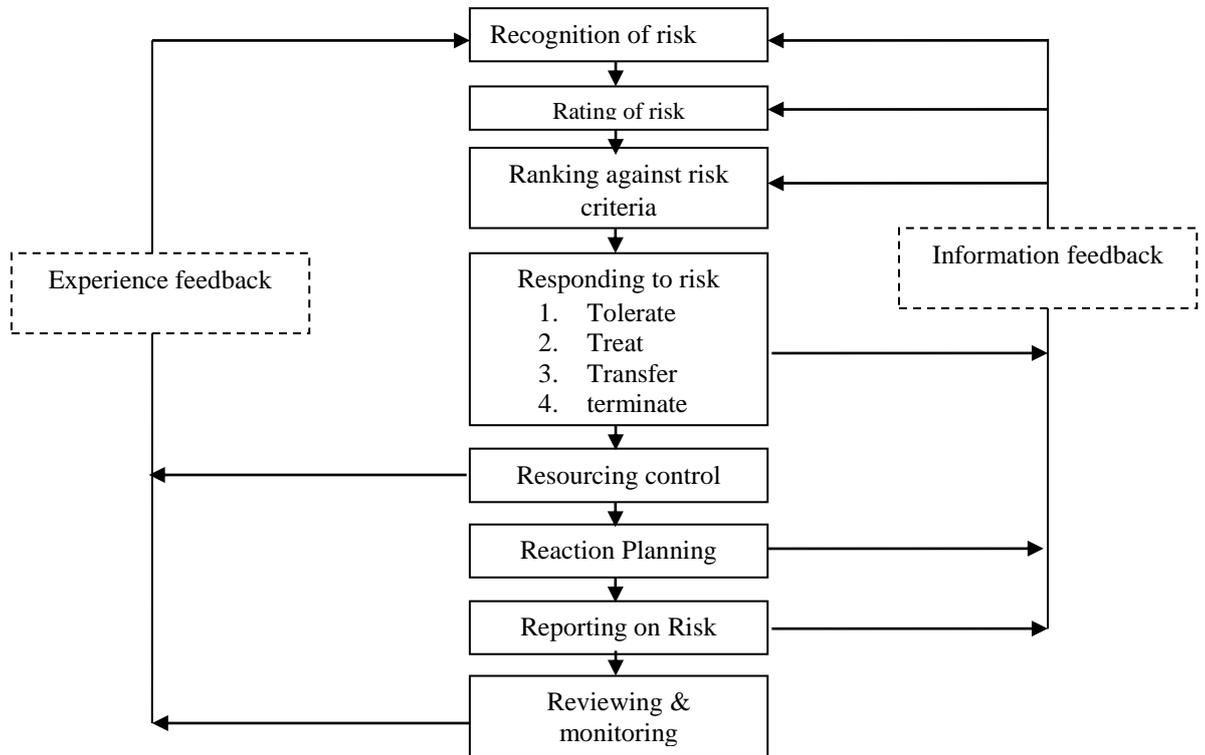
Manajemen risiko dapat diterapkan pada berbagai tingkatan dalam suatu organisasi dan dapat diterapkan pada tingkat strategis dan tingkat operasional. Hal ini untuk membantu dengan pembuatan keputusan khusus atau pengelolaan yang khusus risiko. Untuk setiap tahap catatan proses harus disimpan untuk memungkinkan keputusan memahami bagian dari proses perbaikan yang berkelanjutan. Proses manajemen risiko yang diusulkan oleh Standar Manajemen Risiko AS/NZS 4360 (1999) adalah sebagai berikut :



Sumber : Risk Management Standart AS/NZS 4360, 1999

**Gambar 2.3 Manajemen Risiko**

Sebagaimana diketahui bahwa fungsi manajemen risiko adalah meliputi langkah-langkah dengan mengidentifikasi risiko, menilai risiko, peramalan frekuensi, dan tingkat keparahan, kerugian di masa depan, mitigasi risiko, menemukan solusi mitigasi risiko, menciptakan rencana, melakukan biaya – manfaat analisis dan melaksanakan program untuk control kerugian dan asuransi (Baranoff, Brocket & Kahane, 2012) segala tahapan tersebut dapat dilihat pada bagan dibawah ini.



Sumber : Hopkin, 2012

**Gambar 2.4 Diagram Sederhana Dari Proses Manajemen Risiko**

Dari gambar bagan diatas maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Recognition of risk → pengenalan dari risiko dan identifikasi sifat risiko serta kondisi dimana risiko akan muncul
2. Rating of risk → evaluasi risiko dalam hal besarnya dan kemungkinan untuk menghasilkan “profil risiko” yang direkam dalam catatan risiko
3. Rankin against risk criteria → analisa tingkat risiko terhadap criteria risiko yang ditetapkan
4. Responding to risk → tanggap risiko, termasuk keputusan pada tindakan yang tepat
5. Resourcing control → upaya control untuk memastikan pengaturan yang memadai dibuat untuk mengenali dan menopang aktivitas control yang diperlukan
6. Reaction planning → perencanaan reaksi dan/atau manajemen event dengan risiko murni akan mencakup pemulihan dari bencana atau perencanaan kelangsungan bisnis

7. Reporting on risk → laporan dan pantauan dari performansi, aksi, dan event risiko serta komunikasi mengenai masalah risiko melalui arsitektur risiko dari organisasi
8. Reviewing and monitoring → meninjau ulang system manajemen risiko dimana termasuk prosedur audit internal dan pengaturan untuk peninjauan ulang dan perbaruan dari arsitektur, strategi dan protocol risiko.

## 2.5. Manajemen Risiko Rantai Pasok

Seperti halnya dalam tahapan manajemen risiko yang sudah dijelaskan sebelumnya, bagan dibawah ini menjelaskan tujuh tahapan pendekatan manajemen risiko rantai pasok. Dari setiap tahapan tersebut akan dijelaskan pada info detail dibawahnya.



Sumber : Christopher, M. Logistics & Supply Chain Management. 2011

**Gambar 2.5. Proses Manajemen Risiko Rantai Pasok**

1. *Understand the Supply Chain* → menjelaskan tingkat pemahaman rantai pasokan yang terperinci yang diperlukan jika ada risiko yang harus dimitigasi dan dikelola

2. *Improve the Supply Chain* → menjelaskan tentang penyederhanaan, peningkatan proses keandalan, mengurangi variabilitas proses dan mengurangi kompleksitas.
3. *Identify the Critical Path* → dapat berupa simpul dan tautan yang saling berhubungan. Simpul mewakili entitas seperti pemasok, distributor, pabrik, dan gudang. Tautan adalah sarana yang menghubungkan simpul-simpul menjadi suatu hubungan seperti informasi atau arus keuangan.
4. *Manage the Critical Path* → tahapan ini melibatkan pengembangan rencana akan tindakan yang akan diambil setelah diketahui simpul dan tautan, dimana control proses statistic yang mungkin harus digunakan untuk memantau tahap kritis risiko tersebut.
5. *Improve Network Visibility* → seringkali dalam suatu entitas tertentu tidak mengetahui status dalam operasi dan aliran inventaris saat progres pasok. Penting adanya pengembangan teknologi untuk membantu mengelola manajemen asset pada rantai pasok
6. *Establish a Supply Chain Continuity Team* → menjelaskan bahwa penting sekali bahwa perusahaan harus melihat risiko dari semua perspektif dengan memperhitungkan fakta bahwa risiko terbesar terletak pada rantai pasok yang lebih luas.
7. *Work with Supplier & Customer* → menjelaskan bahwa jika setiap entitas dalam jaringan mengambil tanggung jawab secara langsung dengan supplier dan konsumen utama mereka maka rantai pasok akan lebih tangguh.

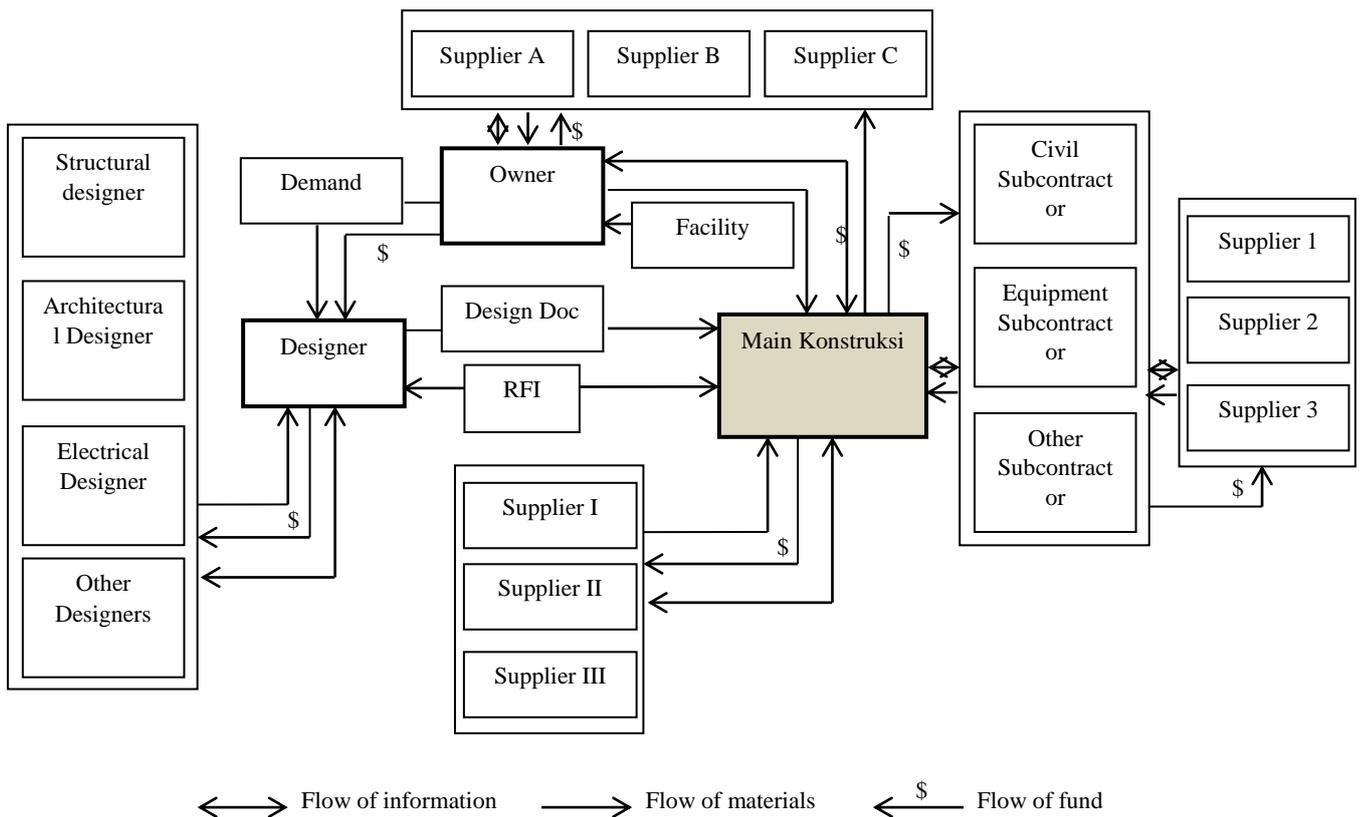
## **2.6. Siklus Kegiatan Rantai Pasok Proyek**

Setiap proyek selalu memiliki siklus yang disebut sebagai siklus kegiatan rantai pasok proyek (*supply chain project life cycle*). Hal ini salah satunya dikarenakan sifat proyek yang temporer. Siklus ini berlangsung mulai pra proyek hingga pasca proyek. Siklus kegiatan rantai pasok proyek ini digunakan untuk menjabarkan tahap mulainya proyek hingga tahap pelaksanaan konstruksi.

Menurut Xue et al. (2005) secara umum struktur tipikal rantai pasok konstruksi dapat ditunjukkan oleh gambar 2.6 yang melibatkan aliran informasi,

material dan financial. Kontraktor utama merupakan inti dari rantai pasok konstruksi dengan mitra klien (developer) dan konsultan perencana di dalamnya, Sub kontraktor dapat dianggap sebagai supplier bagi kontraktor utama.

Secara umum pada life cycle pada rantai pasok konstruksi menjabarkan tentang pekerjaan teknis apa yang harus dilakukan. Berikut merupakan model tipikal dari life cycle dari rantai pasok konstruksi menurut Xue et al, 2015.



Sumber :Xue et al. 2005

**Gambar 2.6. Model Tipikal Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi**

## 2.7. Simulasi

Simulasi adalah salah satu pendekatan eksperimental dimana analisis sistemnya digunakan apabila tidak mungkin untuk melakukan observasi langsung terhadap system nyata. Keterbatasan metode analisis matematika juga merupakan alasan mengapa simulasi perlu dilakukan karena begitu kompleksnya suatu system dan terdapat kesulitan dalam melakukan validasi terhadap model matematika yang menjelaskan perilaku system (Yuwana, 2017). Simulasi merupakan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru kebiasaan system

yang ada, biasanya menggunakan system komputer yang sesuai (Kelton, Sadowski, & Zupick, 2015).

Beberapa kegunaan simulasi antara lain, merupakan alat untuk mengevaluasi performansi system yang ada atau yang akan dibuat dengan berbagai macam konfigurasi yang diinginkan, digunakan sebelum system yang dirubah atau sistem yang baru akan dibuat, untuk mengurangi kesempatan terjadinya kegagalan dalam mencapai spesifikasi yang diinginkan, untuk meminimalkan kemacetan yang tak terduga, mencegah agar utilitasi dari sumber daya berada pada standar yang diharapkan dan untuk mengoptimalkan performansi sistem (Yuwana, 2017).

Model simulasi diklarifikasikan menjadi 3 model yaitu statis vs dinamis, kontinyu vs diskrit, dan deterministic vs stochastic. Data pada penelitian ini nantinya akan menggunakan data diskrit. Data diskrit adalah data yang sifatnya terputus-putus, nilainya bukan pecahan (angka utuh). Dimisalkan data diskrit adalah data jumlah penduduk, jumlah kendaraan dan sebagainya.

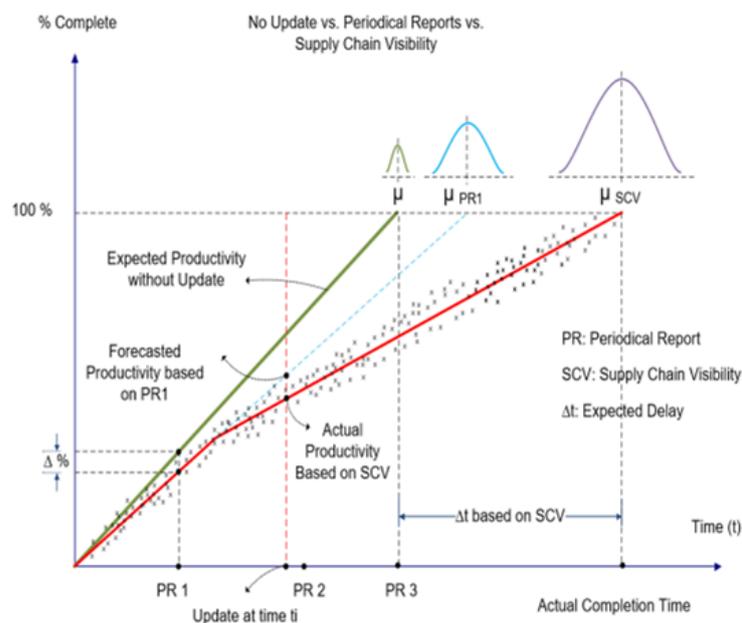
## **2.8. Penelitian Sebelumnya**

Menurut (Chen & Paulraj, 2005) bahwa sebageian pendekatan permodelan dimaksudkan untuk untuk mengatasi dua permasalahan utama yaitu perencanaan & pengontrolan produksi dan distribusi logistic. Model dari rantai pasok awalnya adalah sebuah model deterministic hingga baru-baru ini dikembangkan menjadi lebih dari satu variabel tergantung dari probabilitas dan distribusi statistic yang dipilih. Tidak mudah menentukan solusi optimal dari permodelan rantai pasok karena kompleksitas yang tinggi dari model dan sejumlah besar variabel keputusan yang terlibat. Sehingga perlu adanya metode simulasi sebagai cara menghadapi kompleksitas tersebut.

Untuk mengurangi dampak dari faktor – faktor risiko yang tidak terlihat yang dapat mempengaruhi kemajuan proyek konstruksi, penting untuk memiliki alat yang dapat memprediksi pengaruh faktor – faktor risiko utama di awal konstruksi. Hal ini karena faktor risiko terus berubah dalam probabilitas dan dampaknya sepanjang durasi proyek dan perubahan ini akan menjadi lebih parah dan memiliki pengaruh lebih besar jika dikenali lebih lama daripada sebelumnya,

dan tentu saja akan lebih mahal untuk dikelola. Oleh karena itu, agar manajemen risiko lebih baik pada proyek maka penting mengenali probabilitas terjadinya faktor risiko selama tahap awal proyek.

Model yang dikembangkan oleh peneliti Ahmed (2017) adalah model simulasi otomatis pada proyek mekanikal plumbing perpipaan. Fokus dari penelitian ini adalah kegiatan pada spool pipa. Metode deteksi otomatis perubahan faktor risiko pada penelitian ini dengan menggunakan scan bar code, pelacak GIS pada paket, scan RFID pada tumpukan pipa dan pengukur sinar X. Probabilitas faktor risiko tersebut di update dengan menggunakan model simulasi Monte Carlo yang mensimulasikan durasi proyek berulang kali. Perbandingan analisis yang telah dilakukan otomatis dengan menggunakan model Simulasi Monte Carlo.



Sumber : Ahmed. 2017

**Gambar 2.7. Perbandingan Data Yang Tersedia Dengan Realisasi Pada Project**

Pada kurva pertama sebelah kiri (garis hijau) mewakili kasus ketika tidak menggunakan alat pemantauan rantai pasok dimana durasi proyek diabaikan dan distribusi waktu proyek adalah hasil simulasi awal Monte Carlo. Kurva kedua sebelah tengah menunjukkan kemajuan progress yang telah diupdate berdasarkan laporan manual periodic. Dari hasil laporan, perkembangan diperbaharui dan waktu penyelesaian diramalkan berdasarkan informasi baru. Karena jenis

pembaharuan sederhana dari laporan bulanan maka distribusi durasi proyek lebih luas. Kurva ketiga menunjukkan data rantai pasok pipa lebih spesifik dengan hasil simulasi Monte Carlo menunjukkan distribusi waktu proyek terluas karena progress data menunjukkan penundaan dan variabilitas.

Perbandingan dan pembedaan lebih lanjut antara analitik dan pemodelan simulasi rantai pasok dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya Pada Rantai Pasok Konstruksi**

| No | Peneliti                      | Judul Penelitian   | Keterangan  |
|----|-------------------------------|--|---|
| 1  | Sutowijoyo<br>(2010)          | Manajemen risiko supply chain dalam bangunan gedung di surabaya                                      | Penelitian hanya melihat hubungan antara kontraktor, subkontraktor, dan supplier tidak ada strategi penanganan risiko |
| 2  | Ahmed<br>(2017)               | Penilaian dampak risiko rantai pasok konstruksi pada waktu dan biaya                                 | Data yang dilakukan hanya dari literature review  |
| 3  | Vilko &<br>Hallihas, 2012     | Penilaian risiko dalam beberapa model rantai pasok   | Pada hasil akhir tidak diketahui hasil pada dampak empiris & keuangan   |
| 4  | Pujawan<br>&Geraldin,<br>2009 | Pengelolaan risiko dan dampak dari peristiwa risiko dengan menggunakan kerangka HOR                  | Tidak ada hubungan antara kejadian risiko dan sebagai besar input biaya berdasarkan penilaian subjektif               |
| 5  | Love et al.,<br>2001          | Penggunaan system dinamika untuk pemahaman perubahan dan pengerjaannya dalam system manajemen proyek | Kurangnya kasus actual dan focus masih terlalu umum   |
| 6  | Anne-Decelle.<br>2005         | Metode simulasi untuk komunikasi supply chain pada manufaktur dan penggunaannya pada proyek          | Tidak ada studi kasus yang tersedia   |

| No | Peneliti                     | Judul Penelitian  | Keterangan   |
|----|------------------------------|---|--|
|    |                              | konstruksi  |  |
| 7  | Angerhofer & Angelides, 2000 | Sistem dynamic modeling dalam supply chain management : research review | Model teoritis yang digunakan terbatas sector industri       |
| 8  | Lutfi & Irawan, 2012         | Aplikasi model HOR untuk mitigasi Risiko supply chain proyek PT. XXX    | Analisi lebih ke risiko industri, tidak ke proyek konstruksi |

Dari hasil tabel diatas diketahui bahwa untuk menentukan hasil akhir penelitian berbagai model simulasi telah digunakan. Umumnya, menurut Beamon (1998) model multi tahap untuk disain dan analisis rantai pasokan dapat dibagi menjadi empat katagori dengan pendekatan permodelan dengan didorong oleh sifat input dan tujuan penelitian. Keempat permodelan tersebut yaitu :

1. Model analisis deterministic
2. Model analisis stochastic
3. Model ekonomi
4. Simulasi model

**Model analisis deterministic** dimana variabel dikenal dan ditentukan. Menurut Williams (1981) model analisis ini menyajikan tujuh algoritma heuristic untuk penjadwalan produksi dan operasi distribusi dalam jaringan rantai pasok. Tujuan dari masing masing heuristic adalah untuk menentukan jadwal produksi dan / atau jadwal distribusi biaya minimum yang memenuhi permintaan produk akhir. Total biaya adalah jumlah dari rata-rata persediaan dan biaya tetap (pemesanan, pengiriman, atau pengaturan). Pada akhirnya kinerja masing-masing heuristic dibandingkan dengan menggunakan berbagai eksperimen empiris, dan rekomendasinya dibuat berdasarkan kualitas solusi dan struktur jaringan. Pada model ini mengembangkan persyaratan material dan tugas untuk semua produk sambil memaksimalkan laba setelah pajak,

**Model analisis stochastic** dimana setidaknya salah satu variabel tidak diketahui. Awalnya oleh Cohen & Lee (1988) mengembangkan model untuk menetapkan kebijakan persyaratan material untuk semua bahan setiap tahap dalam

system produksi rantai pasok. Ada empat sub model berbasis biaya yang berbeda untuk setiap tahap produksi. [1] Kontrol Material dengan menetapkan jumlah pemesanan bahan, menyusun ulang interval, dan perkiraan waktu respon untuk semua fasilitas rantai pasok, waktu tunggu yang diberikan, rasio pengisian, tagihan material, data biaya, dan persyaratan produksi. [2] Kontrol Produksi dengan menentukan banyakan ukuran produksi dan waktu pengerjaan untuk masing-masing produk. [3] Stok Barang Gudang dengan menentukan ukuran dan pesanan ekonomi kuantitas untuk setiap produk, menggunakan data biaya, sasaran tingkat pengisian waktu tunggu produksi dan permintaan data. [4] Distribusi dengan menetapkan kebijakan pemesanan persediaan untuk setiap fasilitas distribusi berdasarkan persyaratan waktu transportasi, data permintaan, data biaya, data jaringan, dan tujuan rasio pengisian.

**Model Ekonomi** dikembangkan oleh Christy & Grout (1994) dalam permainan teoritis (game theory model) yaitu model hubungan pembeli & pemasok dalam rantai pasok. Dasar dari pekerjaan ini adalah matrix 2x2 yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi dimana setiap jenis hubungan diinginkan. Kondisi ini berkisar dari tinggi ke rendahnya spesifikasi proses & spesifikasi produk. Risiko diasumsikan oleh pembeli dan pemasok dan ditangkap oleh matriks. Contoh, jika membeli spesifikasi proses rendah maka pembeli diasumsikan menanggung risiko dari produk tersebut. jika spesifikasi produk rendah, maka pemasok yang diasumsikan menanggung risiko. Hubungan pembeli dan pemasok ini nantinya akan dilakukan pemodelan untuk menghitung risiko ekonomi produk.

**Simulasi Model** merupakan strategi yang efektif untuk merapikan variasi dalam pola permintaan. Towill, et al. (1992) menggunakan teknik simulasi untuk mengevaluasi efek berbagai strategi rantai pasok pada aplikasi permintaan. Strategi tersebut dilakukan dengan [1] menghilangkan distribusi dari rantai pasokan dengan memasukkan distribusi fungsi ke manufaktur eselon. [2] mengintegrasikan aliran informasi ke seluruh rantai. [3] menetapkan kebijakan persediaan *just in time* untuk mengurangi waktu tunda. [4] meningkatkan pergerakan produk dan bahan dengan memodifikasi prosedur kuantitas pesanan. [5] memodifikasi parameter dari prosedur kuantitas pesanan yang ada.

Sumber risiko yang telah ditemukan pada penelitian Gosling, et al. (2012) dirinci lebih detail dari kumpulan beberapa penelitian yang telah dirangkum oleh peneliti sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Rangkuman Kejadian Risiko Pada Beberapa Penelitian**

| No | Sumber ketidakpastian | Kejadian Risiko  | Referensi   |
|----|-----------------------|--|---|
| 1  | <i>Supply</i>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan</li> <li>Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik</li> <li>Pengiriman ulang material karena material rusak saat pemasokan</li> <li>Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier</li> <li>Pemesanan ulang jumlah material karena ketidakakuratan informasi harga/spesifikasi</li> <li>Pembatalan pengiriman material karena tidak adanya alat angkut</li> <li>Waktu tunggu material yang lama</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son &amp; Orchard, 2013</li> <li>• Viswanadham &amp; Samvedi, 2013</li> <li>• Wiengarten et al., 2013</li> <li>• Wu et al. 2013</li> </ul> |
| 2  | <i>Control</i>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal</li> <li>Kurangnya kemampuan manajerial sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material</li> <li>Kelalaian dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat</li> <li>Material terlalu dini tiba di proyek</li> <li>Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas</li> <li>Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hatmoko &amp; Scott, 2010</li> <li>• Ismael &amp; Junaedi, 2014</li> <li>• Marzouk &amp; El Rasas, 2014</li> </ul>                         |

| No | Sumber ketidakpastian | Kejadian Risiko  | Referensi   |
|----|-----------------------|--|---|
|    |                       | <p>dan spesifikasi yang diterima</p> <p>Keterlambatan kontraktor utama dalam membayar sub kontraktor</p> <p>Tertundanya pemesanan material karena kurangnya informasi akan material terpasang dalam kegiatan konstruksi dari keterlambatan dalam menyerahkan <i>shop drawing</i></p>   |   |
| 3  | <i>Proses</i>         | <p>Keterlambatan material karena padatnya lalu lintas</p> <p>Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material</p> <p>Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan</p> <p>Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ &amp; gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek</p> <p>Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan</p> <p>Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda</p> <p>Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan</p> <p>Penundaan pengiriman karena kapasitas penyimpan tidak memadai</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hatmoko &amp; Scott, 2010</li> <li>• Ismael &amp; Junaedi, 2014</li> <li>• Marzouk &amp; El Rasas, 2014</li> </ul>                             |
| 4  | <i>Demand</i>         | <p>Kesulitan mencari material</p> <p>Pemesanan tambahan material karena perubahan spek</p> <p>Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang</p> <p>Pemesanan tambahan material karena perubahan disain yang mendadak oleh owner</p> <p>Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radke &amp; Tseng, 2012</li> <li>• Baghalian, et al, 2013</li> <li>• Ismael &amp; Junaidi, 2014</li> <li>• Schmitt &amp; Singh 2012</li> </ul> |

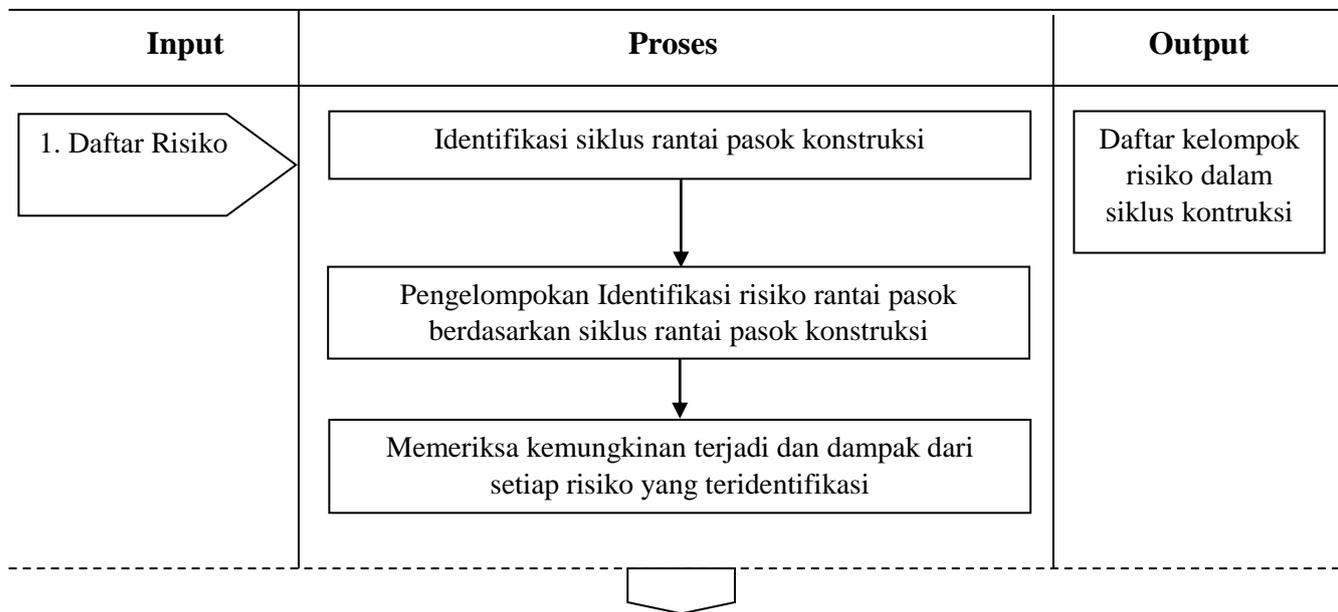
| No | Sumber ketidakpastian | Kejadian Risiko   | Referensi   |
|----|-----------------------|---|---|
| 5  | <i>Environment</i>    | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar<br>Perijinan dengan regulator<br>Komunikasi dengan warga sekitar proyek<br>Minat pasar terhadap produksi barang<br>Persaingan mendapatkan proyek | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aroujo, 2017</li> <li>• Ahmed, 2017</li> </ul> |

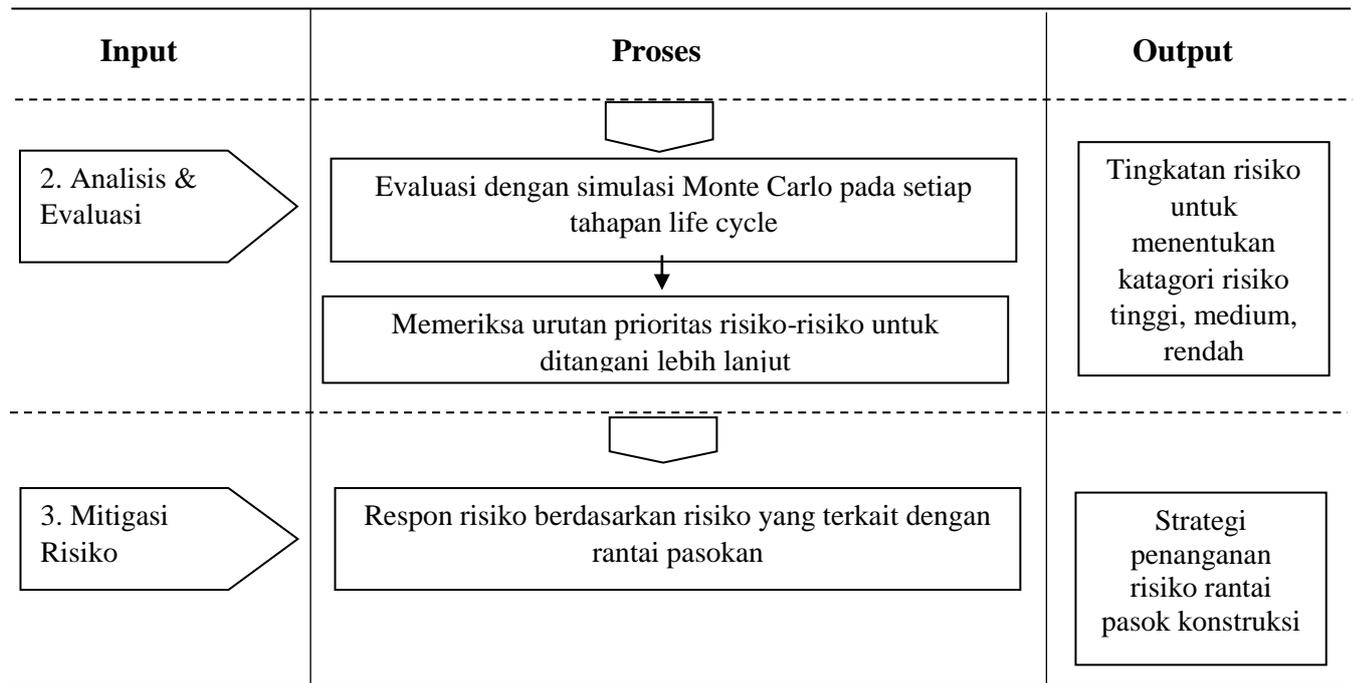
## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Desain Penelitian

Tahapan – tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi dan merumuskan pokok permasalahan yang diteliti, menentukan tujuan penelitian, mengumpulkan data primer dengan wawancara dan data sekunder dengan data informasi proyek. Dalam kerangka pemikiran laporan ini akan dilakukan 3 tahapan utama sebagai analisis risiko rantai pasok suatu proyek. Tahap pertama adalah mengidentifikasi risiko yang mempengaruhi rantai pasok konstruksi, Tahapan analisis dan evaluasi menggunakan model simulasi yang nantinya akan dijelaskan pada bab ini. Tahap terakhir adalah pengambilan keputusan untuk menunjukkan strategi dari hasil simulasi risiko yang telah dilakukan.. Hal ini dapat diperhatikan pada bagan alir metodologi penelitian berikut ini:





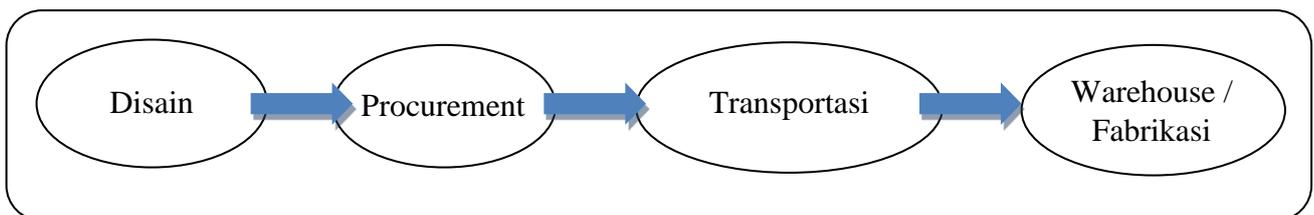
**Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian**

### 3.2. Daftar Risiko

Fase ini merupakan bagian penting untuk menentukan risiko yang dibutuhkan dalam fase analisis. Penentuan risiko melalui beberapa langkah seperti dibawah ini :

#### 3.1.1 Identifikasi Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi

Langkah ini merupakan langkah awal dalam menyusun daftar risiko rantai pasok konstruksi. Pada langkah awal ini, dilakukan melalui kajian teori seperti yang digambarkan pada gambar 2.6 dalam model tipikal life cycle rantai pasok konstruksi. Secara garis besar pada bagan model tersebut melibatkan 4 tahapan perputaran (life cycle) dalam rantai pasok konstruksi dari disain oleh konsultan, tender yang dilakukan oleh kontraktor, pengiriman barang ke warehouse / proyek, dan saat fabrikasi pemasangan.



**Gambar 3.2 Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi**

Hasil dari identifikasi life cycle ini nantinya akan menjadi patokan awal untuk menentukan katagori dalam faktor risiko berdasarkan life cycle rantai pasok konstruksi.

### 3.1.2 Identifikasi Risiko Rantai Pasok

Pada langkah ini dilakukan studi literature secara mendalam untuk mengembangkan risiko rantai pasok proyek konstruksi. Faktor – faktor tersebut merupakan risiko yang telah dipertimbangkan dalam penelitian secara terpisah. Risiko rantai pasok telah ditemukan sebanyak 32 risiko sesuai dengan yang telah disebutkan pada gambar 2.7 dan tabel 2.1. Dari risiko yang ditemukan dilakukan pengelompokkan dengan life cycle rantai pasok seperti yang terlihat pada tabel 3.1

**Tabel 3.1 Risiko - Risiko Berdasarkan Katagori Life Cycle**

| No | Risiko Rantai Pasok   | Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi |        |              |                       |
|----|---|------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|
|    |   | Disain                             | Tender | Transportasi | Warehouse & Fabrikasi |
| 1  | Tertundanya pemesanan material karena kurangnya informasi akan material terpasang dalam kegiatan konstruksi dari keterlambatan dalam menyerahkan shop drawing | v                                  |        |              |                       |
| 2  | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal  | v                                  |        |              |                       |
| 3  | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek   | v                                  |        |              |                       |
| 4  | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas  | v                                  |        |              |                       |
| 5  | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima   | v                                  |        |              |                       |
| 6  | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek                                       | v                                  |        |              |                       |

| No | Risiko Rantai Pasok  | Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi |        |              |                       |
|----|--|------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|
|    |  | Disain                             | Tender | Transportasi | Warehouse & Fabrikasi |
| 7  | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan | v                                  |        |              |                       |
| 8  | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang  | v                                  |        |              |                       |
| 9  | Pemesanan tambahan material karena perubahan disain yang mendadak oleh owner                             | v                                  |        |              |                       |
| 10 | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier                                     |                                    | v      |              |                       |
| 11 | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan                 |                                    | v      |              |                       |
| 12 | Pemesanan ulang jumlah material karena ketidakakuratan informasi harga/spesifikasi                       |                                    | v      |              |                       |
| 13 | Keterlambatan kontraktor utama dalam membayar sub kontraktor   |                                    | v      |              |                       |
| 14 | Kesulitan mencari material   |                                    | v      |              |                       |
| 15 | Minat pasar terhadap produksi barang   |                                    | v      |              |                       |
| 16 | Persaingan mendapatkan proyek  |                                    | v      |              |                       |
| 17 | Perijinan dengan regulator   |                                    | v      |              |                       |
| 18 | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar                                 |                                    | v      |              |                       |
| 19 | Pembatalan pengiriman material karena tidak adanya alat angkut   |                                    |        | v            |                       |
| 20 | Waktu tunggu material yang lama  |                                    |        | v            |                       |
| 21 | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan                |                                    |        | v            |                       |

| No | Risiko Rantai Pasok  | Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi |        |              |                       |
|----|--|------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|
|    |  | Disain                             | Tender | Transportasi | Warehouse & Fabrikasi |
| 22 | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material   |                                    |        | v            |                       |
| 23 | Keterlambatan material karena padatnya lalu lintas   |                                    |        | v            |                       |
| 24 | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar   |                                    |        | v            |                       |
| 25 | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material  |                                    |        | v            |                       |
| 26 | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik   |                                    |        |              | V                     |
| 27 | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat                                    |                                    |        |              | V                     |
| 28 | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda   |                                    |        |              | V                     |
| 29 | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan   |                                    |        |              | V                     |
| 30 | Penundaan pengiriman karena kapasitas penyimpan tidak memadai  |                                    |        |              | V                     |
| 31 | Komunikasi dengan warga sekitar proyek   |                                    |        |              | V                     |
| 32 | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain |                                    |        |              | V                     |

Identifikasi risiko diatas lebih lanjut akan didiskusikan dalam bentuk kuisisioner dan wawancara oleh peneliti kepada expert untuk dilakukan screening risiko pada daftar risiko tersebut diatas. Screening risiko ini dilakukan untuk lebih memfokuskan daftar risiko terhadap life cycle rantai pasok konstruksi dikarenakan beberapa faktor sulit diukur dan diotomatisasi terhadap probabilitas dan dampak terhadap waktu dan biaya proyek.

### **3.1.3 Memeriksa Kemungkinan Terjadi Dan Dampak Dari Setiap Risiko Yang Teridentifikasi**

Langkah terakhir ini dilakukan untuk memperoleh penilaian dari kemungkinan terjadi dan dampak risiko yang akurat untuk masing – masing tahapan. Output akhir berupa daftar kelompok faktor risiko dengan tahapan perputaran (life cycle) rantai pasok konstruksi. Daftar kelompok risiko ini nantinya akan digunakan untuk mengembangkan fase evaluasi dengan simulasi Monte Carlo.

Data diperoleh melalui pengumpulan data primer dengan melakukan wawancara dan kuisisioner secara random kepada PT. INT dengan kriteria responden dalam penelitian ini adalah :

- Bagian dari top manajemen
- Mengetahui keadaan / permasalahan dalam rantai pasok konstruksi di lapangan
- Memiliki bidang pekerjaan salah satunya sebagai berikut :
  1. Project Manager, yang memiliki tanggung jawab terhadap semua masalah yang ada dalam proyek terutama dalam hal waktu dan biaya.
  2. *Chief Engineer*, bertanggung jawab dalam merumuskan dan merencanakan dalam pengendalian masalah dan pemberian masukan kepada project manager dalam pengambilan keputusan di dalam proyek
  3. *Supervisor*, bertanggung jawab mengawasi kondisi pekerjaan dalam proyek di lapangan agar sesuai dengan metode pelaksanaan yang telah disepakati.

4. *Quality control / Quality Surveyor*, bertanggung jawab dalam spesifikasi dan kualitas dari barang yang dipesan ke proyek
5. *Logistik*, bertanggung jawab dalam penyimpanan barang di warehouse

Kuisisioner ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan risiko tersebut terjadi dan seberapa besar dampak yang diakibatkan terhadap waktu dan biaya. Untuk setiap pertanyaan, responden diminta untuk memperkirakan likelihood dan consequences risiko yang terjadi pada setiap risiko yang tertuang dalam kuisisioner. Berikut merupakan tabel peringkat untuk probabilitas dan dampak risiko.

**Tabel 3.2 Tingkatan Dalam Probabilitas Risiko**

| No | Kriteria Kuantitatif             | Kriteria Kualitatif                                  | Peringkat    |      |       |
|----|----------------------------------|--|--------------|------|-------|
|    |                                  |  | Sebutan      | Kode | Nilai |
| 1  | Kemungkinan terjadi <10%         | Cenderung tidak mungkin terjadi                      | Sangat kecil | SK   | 1     |
| 2  | 11% < kemungkinan terjadi < 40%  | Kemungkinan kecil terjadi                            | Kecil        | K    | 2     |
| 3  | 41% < kemungkinan terjadi < 60%  | Sama kemungkinannya antara terjadi dan tidak terjadi | Sedang       | S    | 3     |
| 4  | 61% < kemungkinan terjadi < 80%  | Kemungkinan besar terjadi                            | Besar        | B    | 4     |
| 5  | 81% < kemungkinan terjadi < 100% | Sangat mungkin pasti terjadi atau sering             | Sangat Besar | SB   | 5     |

Note : frekuensi dihitung dalam satu periode tertentu, missal 1 tahun

**Tabel 3.3 Tingkatan Keparahan Dampak Risiko**

| No | Kriteria Kuantitatif                  | Kriteria Kualitatif | Peringkat     |      |       |
|----|---------------------------------------|---------------------|---------------|------|-------|
|    |                                       |                     | Sebutan       | Kode | Nilai |
| 1  | Nilai kerugian dianggap tidak berarti | 0% < Deviasi <2%    | Ringan sekali | RS   | 1     |

| No | Kriteria Kuantitatif                                       | Kriteria Kuantitatif | Peringkat   |      |       |
|----|--|----------------------|-------------|------|-------|
|    |  |                      | Sebutan     | Kode | Nilai |
| 2  | Nilai kerugian kecil                                       | 3% < Deviasi <5%     | Ringan      | R    | 2     |
| 3  | Nilai kerugian sedang                                      | 6% < Deviasi <10%    | Sedang      | S    | 3     |
| 4  | Nilai kerugian besar berpengaruh pada laba rugi perusahaan | 11% < Deviasi <15%   | Besar       | B    | 4     |
| 5  | Nilai kerugian sangat besar, kehilangan asset & reputasi   | Deviasi >16%         | Katastropik | KS   | 5     |

### 3.3. Analisis dan Evaluasi

#### 3.3.1. Tahap Analisis Risiko

Pada tahap ini analisis dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dampak risiko (severity) serta probabilitas risiko (occurrence) terhadap sasaran-sasaran proyek yang telah ditetapkan. Tujuan analisis risiko yaitu memilah-milah risiko dan memisahkannya antara risiko yang berbahaya dengan risiko yang tidak signifikan. Sumber informasi didapatkan dari dokumentasi masa lalu, pengalaman yang relevan dan berdasarkan praktik, publikasi literature yang relevan, riset pasar, hasil dari konsultasi masyarakat, penilaian dari tenaga ahli dan spesialis..

Analisis risiko dilakukan menggunakan 2 tipe yaitu analisis kualitatif, dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif menggunakan kata-kata, deskriptif, dan menggunakan skala untuk menggambarkan kemungkinan dan dampak. Analisis tipe ini termasuk sederhana dan mudah untuk digunakan pada berbagai situasi maupun jenis risiko. Biasanya digunakan untuk screening awal berbagai risiko, peringkat risiko rendah dan dari segi biaya tidak layak untuk dilakukan analisis lebih lanjut, dan sebagai pelengkap data numeric yang tidak mencukupi untuk

analisis kuantitatif. Sasarannya adalah untuk menghasilkan analisis yang lebih rinci daripada analisis kualitatif tetapi tanpa memberikan angka nyata pada nilai risiko. Pada tipe ini terdiri dari 2 (dua) elemen, yaitu frekuensi kejadian munculnya risiko *likelihood* dan besarnya *consequences* terjadi risiko. Analisis kuantitatif menggunakan angka-angka untuk digunakan dalam model simulasi monte carlo. Dari model simulasi monte carlo nantinya akan dibentuk suatu penilaian risiko untuk diketahui tingkatan risikonya.

### **3.3.2. Simulasi Monte Carlo**

Pada bagian tahap ini, evaluasi ini akan dijelaskan dengan pendekatan Simulasi Monte Carlo yang diaplikasikan untuk menilai risiko – risiko dari data historis proyek konstruksi. Input data historis tersebut adalah dari nilai probabilitas dan dampak pada kuisioner. Output dalam evaluasi yang telah dilakukan adalah tingkatan risiko dari hasil probabilitas dan dampak yang telah dilakukan.

Sistem yang akan menjadi perhatian dalam penelitian mempunyai karakteristik sebagai sistem diskrit. Alasan menggunakan simulasi karena adanya beberapa ketidakpastian dalam aktivitas risiko rantai pasok apabila hanya menggunakan perhitungan matematis dan metode heuristic. Analisis akan digunakan menggunakan skala likert. Dari skala likert akan dicari frekuensi kejadian tersebut terjadi. Dengan menggunakan sistem diskrit hasilnya diharapkan dapat lebih merepresentasikan sistem yang nyata pada rantai pasok konstruksi dan untuk menginvestigasi dampak gangguan pada aliran informasi kritis pada operasional dalam anggota rantai pasok yang berkolaborasi. Simulasi tersebut akan dianalisis dengan menggunakan *software excel*.

Simulasi Monte Carlo merupakan sebuah teknik sampling statistik yang dipakai untuk memperkirakan solusi terhadap masalah – masalah kuantitatif (Monte Carlo Method, 2008). Dalam pelaksanaan, model ini dibangun berdasarkan system yang sebenarnya. Hasil pengolahan nantinya akan berupa grafik *scatter port* antara probabilitas dan dampak. Grafik scatter port digunakan untuk melihat pengaruh risiko itu antara probabilitas terhadap dampak. Nilai dari

simulasi *likelihood* akan dianggap sebagai nilai terikat dan nilai simulasi dari *consequences* sebagai nilai bebas

Dengan mempertimbangkan dampak dari ketidakpastian, analisis risiko biasanya digunakan dalam project konstruksi sebagai identifikasi isu potensial yang mengganggu kontigensi proyek. Simulasi merupakan salah satu solusi sebagai antisipasi dalam analisis risiko di proyek konstruksi, dan metode untuk mengestimasi efek acak dari masalah yang kompleks dengan menggunakan program computer (Liu, 2002). Pembangunan model simulasi Monte Carlo didasarkan pada probabilitas yang diperoleh data historis sebuah kejadian dan frekuensinya, dimana :

$$P_i = f_i/n$$

Dengan :

$P_i$  : Probabilitas kejadian  $i$

$F_i$  : frekuensi kejadian  $i$

$N$  : jumlah frekuensi semua kejadian

Terdapat 5 langkah sederhana yang akan dilakukan simulasi monte carlo sebagai berikut :

### **1. Menetapkan Sebuah Frekuensi Probabilitas**

Ide dasar simulasi Monte Carlo adalah untuk membangkitkan nilai untuk variabel pada model yang sedang diuji. Sebuah cara untuk menetapkan frekuensi dari probabilitas bagi risiko tertentu adalah dengan menguji hasil historis. Probabilitas atau frekuensi relatif untuk setiap hasil yang mungkin dari sebuah risiko didapat dengan membagi frekuensi observasi dengan jumlah observasinya.

### **2. Membuat Probabilitas Kumulatif Di Setiap Risiko**

Setelah menentukan probabilitas dari frekuensi selanjutnya adalah mengubah menjadi probabilitas kumulatif. Hal ini untuk menentukan bahwa hanya satu risiko akan diasosiasikan dengan satu bilangan acak

### **3. Menentukan Interval Angka Random Untuk Setiap Risiko**

Nilai interval didapatkan dari kumulatif setiap risiko. Interval ini nantinya akan digunakan sebagai penentu pada nilai berapa nilai random yang ditemukan berada.

#### **4. Membuat angka random dari Distribusi tiap Variabel**

Angka random yang digunakan adalah nilai antara 1-100. Angka random didapatkan dari distribusi tiap risiko yang ditemukan dengan bantuan *software easyfit*. Dari hasil distribusi tersebut maka dicari angka random dengan bantuan *program @risk* sehingga ditemukan angka random 1-100.

#### **5. Membuat Simulasi Dari Rangkaian Percobaan**

Simulasi dilakukan dengan menentukan pada interval berapa nilai random tersebut muncul pada data. Random dilakukan sebanyak 15 kali sesuai jumlah data responden penelitian. Dari simulasi yang dilakukan dicari nilai rata – rata dengan parameter mendekati nilai ekseptasi. Nilai ekseptasi didapatkan dari probabilitas dikali dengan skala penelitian. Semakin nilai random mendekati nilai ekseptasi, berarti nilai - nilai random hasil simulai yang terbentuk semakin mirip dengan data aslinya

Bilangan acak yang digunakan dalam simulasi Monte Carlo ini merupakan sebuah representasi dari situasi yang tidak pasti dalam sebuah sistem yang nyata (Cahyo, 2008). Setelah diperoleh nilai outcome hasil simulasi Monte Carlo maka langkah berikutnya adalah melakukan wawancara kepada project manager untuk diperoleh strategi dari tingkatan risiko.

### **3.4. Mitigasi Risiko**

#### **3.4.1. Tingkatan Risiko**

Pada bagian akhir ini dilakukan dengan penilaian risiko dengan tingkatan hasil perhitungan kumulatif simulasi risiko. Penilaian ini dapat berguna untuk strategi bagi project manager dan pembuat keputusan dalam menyingkapi / merespon risiko yang dapat mempengaruhi waktu dan biaya. Laporan ini akan berisi strategi untuk meminimalkan efek atau memaksimalkan kesempatan yang dikembangkan.

Hasil penilaian tingkatan risiko ini, dilakukan kumulatif risiko dan persentase kumulatif risiko dengan menggunakan diagram pareto. Diagram Pareto (*Pareto Chart*) memiliki prinsip dasar dihubungkan kepada aturan 80/20, yang artinya 80% dari masalah yang ditimbulkan oleh 20% penyebab. Diagram Pareto digunakan untuk memperbandingkan berbagai katagori kejadian yang disusun menurut ukurannya. Dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil disebelah kanan. Susunan tersebut membantu menentukan pentingnya atau prioritas katagori kejadian-kejadian atau sebab-sebab kejadian yang dikaji atau untuk mengetahui masalah utama proses (Nasution, 2004).

Diagram pareto merupakan kombinasi dua grafik, yaitu grafik batang dan grafik garis. Grafik batang menunjukkan item data yang disusun berurutan dari nilai paling besar hingga paling kecil. Sedangkan grafik garis menunjukkan persen kumulatif terhadap jumlah keseluruhan. Tingkatan risiko ini akan digunakan untuk menentukan ranking risiko dan mengetahui mitigasi dari risiko yang paling kritis pada proyek konstruksi apartemen

#### **3.4.2. Respon Risiko**

Mitigasi didapatkan dari hasil brainstorming dengan pihak yang berhubungan langsung dengan risiko rantai pasok proyek konstruksi. Pada penelitian ini mitigasi didapatkan dari hasil brainstorming dengan project manager. Project manager akan memberikan respon risiko sesuai dengan ketentuan atau teknik yang biasa digunakan untuk melakukan respon risiko (*Project Management Institute, 2004*). Respon risiko tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Menghindari Risiko (*Risk Avoidance*)**. Risiko biasanya dihindari jika dampak dari risiko pada proyek tersebut sangat tinggi dan untuk menghilangkan atau meminimalkan mereka akan sangat susah. Misalnya, kontraktor dapat memutuskan untuk tidak memberikan penawaran terhadap sebuah proyek karena melibatkan risiko yang sangat tinggi

2. **Memindahkan Risiko (*Risk Transferred*)**. Risiko dapat dipindahkan ke pihak lain, yang akan bertanggung jawab atas konsekuensi dari risiko tersebut. Ada dua cara utama untuk melakukan hal ini :
  - a. Pengalihan aktivitas berbahaya kepada pihak lain, misalnya mencari Sub-Kontraktor untuk melakukan pekerjaan tersebut.
  - b. Memindahkan risiko keuangan, misalnya dengan mengambil asuransi untuk menutupi kegiatan yang berisiko.
3. **Mengurangi Risiko (*Risk Mitigation*)**. Dengan mengurangi probabilitas dan / atau dampak risiko yang diterima, maka efek negative terhadap kinerja proyek dapat dikurangi. Misalnya, kontraktor dapat menggunakan metode konstruksi yang berbeda untuk mengurangi waktu penyelesaian.
4. **Menerima Risiko (*Risk Acceptance*)**. Jika tidak ada respon yang tepat untuk meminimalkan risiko, maka risiko harus diterima. Ada dua jenis penerimaan risiko, yaitu : penerimaan aktif dan pasif. Penerimaan aktif membutuhkan asuransi atau jaminan perlindungan, sedangkan penerimaan pasif menjelaskan bahwa tidak ada tindakan khusus untuk menghadapi risiko.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisa dan pembahasan risiko ini, analisis risiko akan meliputi gambaran proyek penelitian, hasil survey pendahuluan untuk mengetahui risiko yang relevan terhadap penelitian, survey utama untuk mengetahui risiko mana yang paling dominan (*likelihood*) dan dampak (*consequency*) dan mengetahui peluang terjadinya risiko suatu aktivitas terhadap durasi proyek dengan menggunakan Simulasi Monte Carlo. Simulasi akan menggunakan probabilitas dari frekuensi dibagi dengan jumlah responden survey. Hasil nilai yang mendapat risiko tinggi akan mendapat respon strategi diakhir bab ini.

#### 4.1 Obyek Penelitian

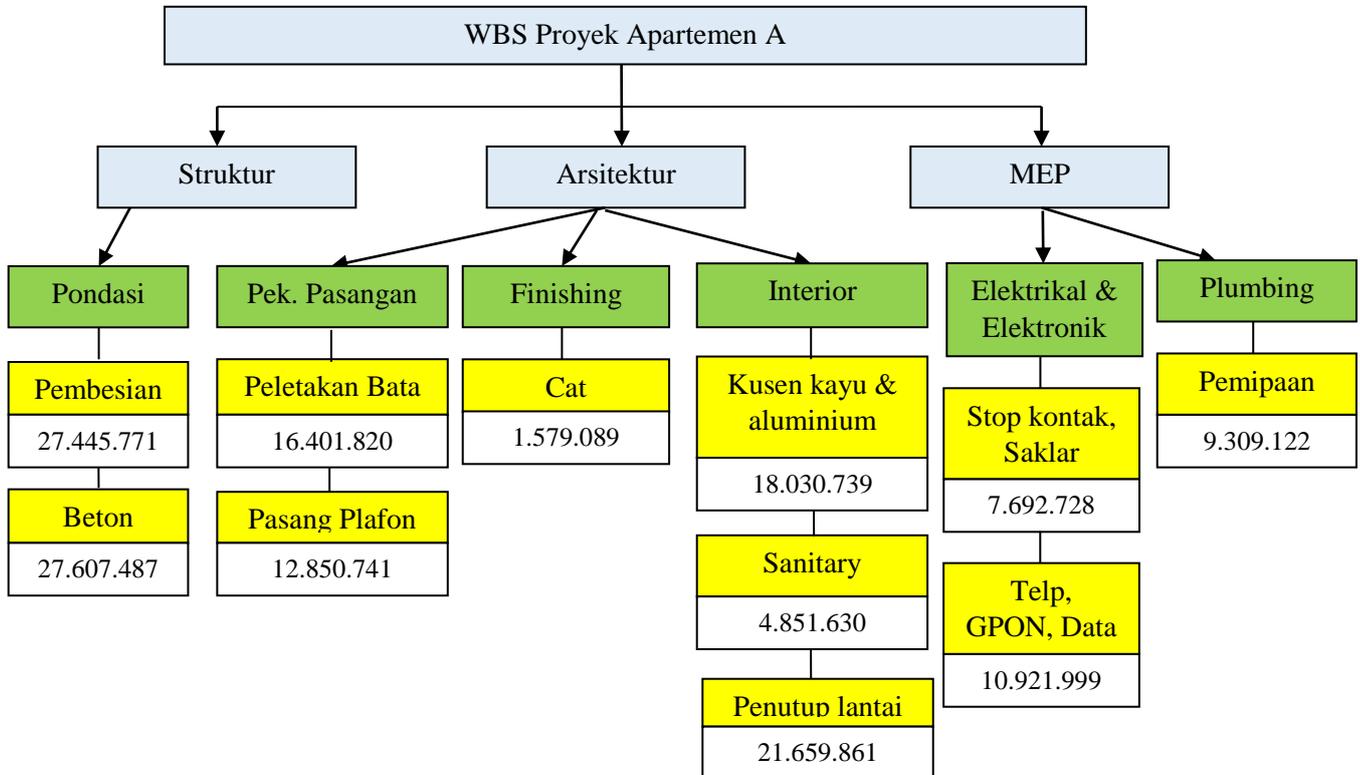
Studi kasus yang diambil dalam penelitian ini merupakan proyek pembangunan apartemen milik PT. INT. PT. INT merupakan sebuah perusahaan developer property yang menangani proyek – proyek property yang meliputi pengembangan kawasan mixed use dan high rise, kawasan hunian untuk segmen pasar menengah atas, kawasan industri, dan properti investasi di Jabodetabek, Surabaya dan sekitarnya. Data proyek tersebut dapat digambarkan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.1 Data Proyek Apartemen A**

| No. | Proyek      | Jumlah lantai | Luas                  | Jumlah Unit | Masa Konstruksi |
|-----|-------------|---------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| 1   | Apartemen A | 4 – 8 lantai  | 20.818 m <sup>2</sup> | 229 unit    | 2017 – 2019     |

Dengan asumsi material pasok untuk proyek konstruksi telah melalui seluruh siklus rantai pasok konstruksi, maka perlu dilakukan fokus material utama yang digunakan untuk sampling penelitian sebelum kuisisioner dilakukan. Sampling tersebut dilakukan dengan menganalisis rencana anggaran biaya (RAB) dari proyek apartemen A. RAB yang digunakan merupakan pasokan material yang terinci dalam *work breakdown structure* (WBS) untuk pekerjaan struktur,

arsitektur dan mekanikal elektrikal plumbing yang dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



**Gambar 4.1 WBS Rantai Pasok Proyek Konstruksi Apartemen A**

Dari WBS pasokan material rantai pasok yang telah disusun pada gambar 4.1, menunjukkan untuk pekerjaan struktur pasokan utama pada proyek konstruksi terdiri dari pembentukan pondasi dengan material pembesian dan cor beton.

Untuk pekerjaan arsitektur terbagi menjadi 3 tahapan yaitu pekerjaan untuk pasangan bata dan plafond, pekerjaan finishing cat dan pekerjaan interior didalam unit atau bangunan seperti pemasangan pintu kayu & aluminium, sanitary, dan penutup lantai.

Sedangkan pekerjaan mekanikal elektrikal dan plumbing (MEP) material utama diliat dari elektrikal yaitu penyediaan material stop kontak dan saklar, material elektronik yaitu Gpon, telepon , dan data internet dan material plumbing perpipaan. Pasokan – pasokan material yang sudah ditemukan dalam WBS, selanjutnya dirinci anggaran biaya untuk setiap pekerjaan struktur, arsitektur dan MEP seperti yang terlihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Rekapian RAB Pekerjaan Struktur, Arsitektur, Dan MEP Proyek  
Pembangunan Apartemen A**

| <b>NO.</b> | <b>URAIAN</b>  | <b>JUMLAH (Rp)</b>     |
|------------|--|------------------------|
|            | <b><u>PENJUMLAHAN STRUKTUR</u></b>                   |                        |
| 1          | PEKERJAAN PEMBESIAN                                  | 27.445.711.283         |
| 2          | PEKERJAAN PENGECORAN                                 | 27.607.487.713         |
|            | <b><u>PENJUMLAHAN ARSITEKTUR</u></b>                 |                        |
| 1          | PEKERJAAN PASANGAN DINDING                           | 16.401.820.563         |
| 2          | PEKERJAAN PLAFOND                                    | 3.990.152.810          |
| 3          | PEKERJAAN RAILING BALKON                             | 8.860.588.271          |
| 4          | PEKERJAAN PASANG KUSEN PINTU KAYU, KUNCI & AKSESORIS | 6.398.757.096          |
| 5          | PEKERJAAN PASANG KUSEN ALUMINIUM                     | 11.631.982.311         |
| 6          | PASANG GRANITE TILE                                  | 5.070.785.472          |
| 7          | PASANG MARMER  | 5.169.223.142          |
| 8          | PEKERJAAN PARQUET                                    | 6.860.199.441          |
| 9          | PEKERJAAN TIMBER DECK                                | 4.559.653.350          |
| 10         | PEKERJAAN CAT  | 1.579.089.139          |
| 11         | PEKERJAAN SANITARY                                   | 4.851.630.709          |
|            | <b><u>PENJUMLAHAN MEP</u></b>                        |                        |
| 1          | PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK                          | 7.692.728.300          |
| 2          | PEKERJAAN PLUMBING                                   | 9.309.122.636          |
| 3          | PEKERJAAN MEKANIKAL                                  | 10.921.999.411         |
|            | <b>TOTAL PEKERJAAN INDUK</b>                         | <b>158.350.931.646</b> |

Dari rencana anggaran biaya pekerjaan pada tabel 4.3 diketahui bahwa jenis pekerjaan dengan biaya tinggi adalah pada pasokan beton untuk cor pada pekerjaan struktur dimana pada perhitungan pareto yang dilakukan ditemukan sebanyak 17% atau 20% volume terbesar merupakan 80% kemungkinan risiko terjadi pada pasokan proyek. Pasokan material pembesian dari jumlah total RAB mendapatkan kumulatif nilai sebanyak 35%, dan diikuti oleh material penutup lantai pada pekerjaan arsitektur. Sedangkan pekerjaan

cat memiliki nilai kumulatif paling kecil yang memiliki arti bahwa risiko akibat pasokan cat dirasa tidak beresiko.

Dari diagram pareto yang dilakukan dimana diagram pareto merupakan suatu grafik batang (nilai/jumlah asal) yang menggambarkan frekuensi atau pengaruh dari proses atau keadaan atau masalah. Diagram ini mengatur nilai yang paling tinggi sampai paling rendah dengan prinsip yang mengatakan bahwa 80% gangguan berasal dari 20% masalah yang ada dapat dilihat pada tingkatan jenis material dengan biaya tinggi sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Jenis Material dengan Biaya Tinggi**

| NO. | URAIAN            | JUMLAH (Rp)     | %     | Kumulatif       | %<br>Kumulatif |
|-----|-------------------|-----------------|-------|-----------------|----------------|
| 1   | PENGECORAN        | 27.607.487.713  | 17,4% | 27.607.487.713  | 17%            |
| 2   | PEMBESIAN         | 27.445.711.283  | 17,3% | 55.053.198.996  | 35%            |
| 3   | PENUTUP LANTAI    | 21.659.861.405  | 13,7% | 76.713.060.401  | 48%            |
| 4   | KUSEN KAYU & ALUM | 18.030.739.407  | 11,4% | 94.743.799.808  | 60%            |
| 6   | PASANGAN DINDING  | 16.401.820.563  | 10,4% | 111.145.620.370 | 70%            |
| 7   | PLAFOND           | 12.850.741.081  | 8,1%  | 123.996.361.451 | 78%            |
| 5   | ELEKTRIKAL        | 10.921.999.411  | 6,9%  | 134.918.360.862 | 85%            |
| 8   | PLUMBING          | 9.309.122.636   | 5,9%  | 144.227.483.498 | 91%            |
| 9   | INSTALASI LISTRIK | 7.692.728.300   | 4,9%  | 151.920.211.798 | 96%            |
| 10  | SANITARY          | 4.851.630.709   | 3,1%  | 156.771.842.507 | 99%            |
| 11  | CAT               | 1.579.089.139   | 1,0%  | 158.350.931.646 | 100%           |
|     |                   | 158.350.931.646 |       |                 |                |

Dari tabel 4.3 diatas disusun dengan menggunakan bagan batang yang dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini



**Gambar 4.2 Diagram Pareto Pada Jenis Material Dengan Biaya Tinggi**

Dari penjelasan diatas dilihat dapat diambil kesimpulan bahwa nilai komulatif prosentasi dengan 20% mendekati masalah adalah material plumbing yaitu perpipaan, sehingga dari material utama tersebut akan dijadikan pedoman dalam penyebaran kuisioner kepada responden penelitian ini.

#### 4.2 Identifikasi Risiko

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan tinjauan pustaka, survei pendahuluan, dan survei utama. Secara garis besar pengumpulan data ini bertujuan untuk merumuskan identifikasi risiko, probabilitas kemungkinan dan dampak dari risiko yang akan terjadi.

Risiko rantai pasok konstruksi yang telah teridentifikasi sebelumnya pada kajian literatur tabel 2.2 merupakan faktor-faktor dalam sumber risiko rantai pasok yaitu supply, demand, control, proses, dan environment. Survei yang dilakukan selanjutnya terbagi ke dalam dua tahap yaitu survei utama dan survei pendahuluan. Survey pendahuluan ini dilakukan untuk menetapkan faktor kejadian risiko rantai yang dirasa sesuai dengan kondisi pada proyek konstruksi apartemen A, sedangkan survey utama bertujuan untuk mendapatkan probabilitas dan dampak dari terjadinya risiko tersebut.

#### 4.2.1. Survey Pendahuluan

Data dari identifikasi risiko yang didapatkan dari tinjauan pustaka sifatnya masih umum, sehingga untuk mengetahui kesesuaian faktor risiko dengan kondisi sebenarnya dilapangan maka dilakukanlah survey pendahuluan. Responden tersebut adalah kontraktor yang menangani langsung masalah rantai pasok konstruksi di proyek pembangunan apartemen milik PT. INT dengan responden utama adalah yaitu Project Manajer, Chief Manager, Site Engineer, Quality Control atau Quality Surveyor, Logistik. Total responden sebanyak 5 orang dengan rincian pada tabel 4.4 sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Responden Pada Survey Pendahuluan**

| No. | Nama             | Jabatan                                |
|-----|------------------|--|
| 1   | Agung B. Nugroho | Project Manager Struktur & Arsitektur  |
| 2   | Djoko H.         | Project Manager MEP                    |
| 3   | Untung S.        | Site Manager Struktur & Arsitektur     |
| 4   | Ragil Maria      | Quality Surveyor Struktur & Arsitektur |
| 5   | Risa             | Quality Surveyor MEP                   |

Dengan mengambil sampel dari personil yang memiliki kemampuan dan memiliki pengalaman pada bidangnya kurang lebih 3 tahun dalam mengatur dan mengetahui kinerja rantai pasok konstruksi diharapkan daftar risiko yang didapatkan dari survey pendahuluan ini akan lebih spesifik dan akurat dalam penelitian ini. Hasil dari survey pendahuluan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A.

Kriteria penyusunan daftar risiko hasil dari survey pendahuluan adalah jika salah satu dari responden menyatakan relevan, maka risiko tersebut dianggap relevan dan masuk pada daftar risiko. Survey pendahuluan ini bertujuan untuk mengumpulkan semua risiko rantai pasok konstruksi yang mungkin terjadi pada proyek pembangunan Apartemen PT. INT yang mungkin terlewat dari literature dan terjadi pada proyek konstruksi Apartemen.

Berdasarkan hasil dari survey pendahuluan ini adalah risiko-risiko yang relevan dengan rantai pasok proyek konstruksi Apartemen PT. INT. Dari total 32

daftar risiko yang didapatkan dari literature dan penelitian terdahulu seperti yang tercantum pada tabel 2.2 didapatkan faktor risiko yang relevan terhadap rantai pasok proyek konstruksi sebanyak 30 risiko. Daftar risiko tersebut akan dibagi kedalam empat kelompok life cycle rantai pasok konstruksi yaitu tahap disain, tender, transportasi dan warehouse / fabrikasi agar lebih memudahkan dalam proses penilaian setiap tahapan. Daftar yang terbagi kedalam kelompok life cycle dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

**Tabel 4.5 Risiko Dalam Life Cycle Rantai Pasok Konstruksi**

| No | Life Cycle            | Kode | Risiko  |
|----|-----------------------|------|---|
| 1  | SIKLUS<br>DISAIN      | D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal  |
| 2  |                       | D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek   |
| 3  |                       | D3   | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas                          |
| 4  |                       | D4   | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima   |
| 5  |                       | D5   | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek |
| 6  |                       | D6   | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan                |
| 7  |                       | D7   | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang   |
| 8  |                       | D8   | Perencanaan material yang tidak matang mengakibatkan pemborosan material  |
| 9  |                       | D9   | Perubahan PIC konsultan sehingga menyebabkan spek yang berubah  |
| 10 |                       | D10  | Permintaan khusus dari clien khusus diluar disain awal  |
| 11 | SIKLUS<br>PROCUREMENT | P1   | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier  |
| 12 |                       | P2   | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan                                |
| 13 |                       | P3   | Kesulitan mencari material  |
| 14 |                       | P4   | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar  |
| 15 |                       | P5   | Mutu materialn ysng tidak sesuai dengan yang di standarkan / tidak sesuai spesifikasi                                   |

| No | Life Cycle                   | Kode | Risiko  |
|----|------------------------------|------|---|
| 16 |                              | P6   | Apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) dan bisa memperluas resiko terkait biaya apabila terjadi eskalasi harga pasar (kenaikan nilai mata uang, dll) |
| 17 | SIKLUS TRANSPORTASI          | T1   | Waktu tunggu material yang lama   |
| 18 |                              | T2   | Origin of material / material ekspor  |
| 19 |                              | T3   | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan   |
| 20 |                              | T4   | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material  |
| 21 |                              | T5   | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar  |
| 22 |                              | T6   | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material   |
| 23 | SIKLUS WAREHOUSE & FABRIKASI | W1   | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang   |
| 24 |                              | W2   | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik  |
| 25 |                              | W3   | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat   |
| 26 |                              | W4   | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda  |
| 27 |                              | W5   | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan  |
| 28 |                              | W6   | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain  |
| 29 |                              | W7   | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan  |
| 30 |                              | W8   | Terjadinya bongkar pasang material yang telah terpasang   |

#### 4.2.2. Survey Utama

Setelah didapatkan daftar risiko yang relevan dengan proyek konstruksi Apartemen A, selanjutnya dilakukan survey utama untuk mengetahui nilai *likelihood* dan *consequences* di setiap risiko. Kuisisioner dilakukan terhadap 15

responden yang memiliki pengalaman di bidangnya dalam menangani dan mengetahui kinerja rantai pasok konstruksi di Apartemen A. Responden utama yaitu para expert yang memiliki pengalaman pada bidangnya minimal 3 tahun yaitu Project Manajer, Chief Manager, Site Engineer, Quality Control atau Quality Surveyor, dan Logistik. Daftar responden pada survey utama dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

**Tabel 4.6 Responden Pada Survey Utama**

| No. | Nama             | Jabatan                                |
|-----|------------------|--|
| 1   | Agung B. Nugroho | Project Manager Struktur & Arsitektur  |
| 2   | Djoko H.         | Project Manager MEP                    |
| 3   | Untung S.        | Site Manager Struktur & Arsitektur     |
| 4   | Nanang           | Site Manager MEP                       |
| 5   | Budhi            | Site Engineer Blok A, B, G             |
| 6   | Deki             | Site Engineer Blok C, E                |
| 7   | Adith            | Site Engineer Blok F & H               |
| 8   | Ragil Maria      | Quality Surveyor Struktur & Arsitektur |
| 9   | Risa             | Quality Surveyor MEP                   |
| 10  | Kevin            | Asistan Quality Surveyor SA            |
| 11  | Deni             | Quality Control Struktur & Arsitektur  |
| 12  | Supadi           | Logistik Struktur & Arsitektur         |
| 13  | Ricky            | Logistik MEP                           |
| 14  | Khoirul          | Engineer MEP                           |
| 15  | Johan            | Engineer MEP                           |

Hasil dari survey utama yang telah dilakukan akan didapatkan probabilitas (*likelihood*) dan dampak (*consequences*) sesuai skala likert pada tabel 3.2 dan 3.3 pada bab sebelumnya. Nilai yang ditemukan dari survey utama akan dianalisis untuk mengetahui risiko paling dominan. Evaluasi akan dilakukan dengan simulasi dengan metode monte carlo.

#### 4.2.3. *Likelihood dan Consequences Risiko*

Skala pemberian nilai *likelihood* dan *consequences* pada survey utama digunakan untuk memastikan *likelihood* dan *consequences* tetap berada dalam rentang estimasi antara 1 (*low risk*) sampai 5 (*high risk*) sesuai dengan tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Dari nilai *likelihood* dan *consequences* tersebut diambil perhitungan nilai rata – rata untuk melihat nilai dominan. Nilai rata-rata yang ditemukan akan dilakukan pembulatan agar ditemukan nilai sesuai skala nilai *likelihood* dan *consequences*. Pada setiap penilaian *likelihood* dan dampak dari masing – masing daftar risiko memiliki arti semakin tinggi nilai risiko tersebut maka kemungkinan terjadinya kegagalan atau kejadian yang tak diinginkan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena keadaan yang terdapat pada kenyataan akan semakin membahayakan dan memberikan kemungkinan yang lebih besar. Dari 15 data *likelihood* dan *consequences* yang telah didapat, secara sederhana disusun pada tabel 4.7. Rekapitulasi hasil kuisisioner utama secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B.

**Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai *Likelihood dan Consequences***

| No | Life Cycle    | Kode | Risiko  | <i>Likelihood</i> | <i>Consequences</i> |
|----|---------------|------|---|-------------------|---------------------|
|    |               |      |   | Mean              | Mean                |
| 1  | SIKLUS DISAIN | D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal  | 3,9               | 3,7                 |
| 2  |               | D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek   | 4,0               | 3,2                 |
| 3  |               | D3   | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas                          | 2,4               | 2,7                 |
| 4  |               | D4   | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima   | 3,5               | 2,7                 |
| 5  |               | D5   | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek | 3,5               | 3,2                 |
| 6  |               | D6   | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan                | 3,1               | 2,7                 |
| 7  |               | D7   | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang   | 4,2               | 2,9                 |

| No | Life Cycle          | Kode | Risiko  | Likelihood | Consequences |
|----|---------------------|------|---|------------|--------------|
|    |                     |      |   | Mean       | Mean         |
| 8  |                     | D8   | Perencanaan material yang tidak matang mengakibatkan pemborosan material  | 3,0        | 2,6          |
| 9  |                     | D9   | Perubahan PIC konsultan sehingga menyebabkan spek yang berubah  | 3,1        | 3,0          |
| 10 |                     | D10  | Permintaan khusus dari clien khusus diluar disain awal  | 3,7        | 3,1          |
| 11 | SIKLUS PROCUREMENT  | P1   | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier  | 3,3        | 3,4          |
| 12 |                     | P2   | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan  | 3,3        | 3,1          |
| 13 |                     | P3   | Kesulitan mencari material  | 3,5        | 3,1          |
| 14 |                     | P4   | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar  | 3,7        | 2,9          |
| 15 |                     | P5   | Mutu materialnyg tdk sesuai dgn yg di standarkan/tdk sesuai spesifikasi   | 3,5        | 2,7          |
| 16 |                     | P6   | Apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) dan bisa memperluas resiko terkait biaya apabila terjadi eskalasi harga pasar (kenaikan nilai mata uang, dll) | 3,9        | 3,1          |
| 17 | SIKLUS TRANSPORTASI | T1   | Waktu tunggu material yang lama   | 3,8        | 2,6          |
| 18 |                     | T2   | Origin of material / material ekspor  | 3,1        | 3,3          |
| 19 |                     | T3   | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan   | 3,5        | 2,9          |
| 20 |                     | T4   | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material  | 3,8        | 3,6          |
| 21 |                     | T5   | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar  | 3,2        | 2,6          |
| 22 |                     | T6   | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material   | 3,3        | 3,1          |

| No | Life Cycle                      | Kode | Risiko   | Likelihood | Consequences |
|----|---------------------------------|------|--|------------|--------------|
|    |                                 |      |  | Mean       | Mean         |
| 23 | SIKLUS<br>WAREHOUSE & FABRIKASI | W1   | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang  | 3,7        | 3,0          |
| 24 |                                 | W2   | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik   | 3,4        | 2,8          |
| 25 |                                 | W3   | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat                                    | 3,3        | 2,5          |
| 26 |                                 | W4   | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda   | 3,2        | 3,1          |
| 27 |                                 | W5   | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan   | 3,7        | 2,8          |
| 28 |                                 | W6   | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain | 4,1        | 2,8          |
| 29 |                                 | W7   | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan   | 4,3        | 3,6          |
| 30 |                                 | W8   | Terjadinya bongkar pasang material yang telah terpasang  | 4,4        | 3,1          |

Dari hasil perhitungan rata – rata nilai pada tabel 4.8 maka dapat disimpulkan hasil pengelompokkan dari life cycle rantai pasok konstruksi sebagai berikut :

### 1. Hasil *Likelihood*

- Di **siklus disain** dari 10 variabel terdapat 4 variabel yang memiliki pembulatan angka 4 dimana kejadian sangat mungkin terjadi, 5 variabel yang memiliki pembulatan angka 3 yaitu risiko cukup mungkin terjadi dengan prosentase 40% - 60% dan 1 variabel yaitu Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas yang memiliki angka pembulatan 2 dengan prosentasi 20% - 40% kejadian kemungkinan kecil terjadi pada pekerjaan rantai pasok proyek konstruksi

- Di **siklus procurement** dari 6 variabel terdapat 1 kejadian yaitu penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar memiliki prosentase 60% - 80% / angka pembulatan 4 dimana sering mungkin terjadi pada proyek – proyek konstruksi apartemen PT. INT pada rantai pasoknya, sedangkan variabel lainnya memiliki angka pembulatan 3 yaitu kejadian tersebut cukup mungkin terjadi dengan prosentase 40% - 60%.
- Di **siklus transportasi** dari 6 variabel ditemukan angka pembulatan 4 dimana risiko terjadi dengan prosentasi 60% - 80% pada 2 kejadian yaitu waktu tunggu material yang lama dan kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor, sedangkan variabel lainnya memiliki angka pembulatan 3 yaitu kejadian tersebut cukup mungkin terjadi dengan prosentase 40% - 60%.
- **Siklus warehouse / fabrikasi** dari 8 variabel ditemukan lebih banyak risiko terjadi dengan prosentasi 60% - 80% dengan jumlah kejadian sebanyak 5 variabel dan hanya 3 variabel yang memiliki angka pembulatan 3 dengan prosentase terjadinya risiko yaitu 40% - 60% dan terjadi pada proyek – proyek tertentu.

## 2. Hasil *Consequences*

- **Siklus disain** dari 10 variabel hanya 1 kejadiannya yang memiliki angka pembulatan 4 dimana dampak risiko tersebut dapat berpengaruh pada penambahan waktu dengan deviasi sekitar 10% - 15%, sedangkan pada variabel lainnya memiliki angka pembulatan 3 yaitu dampak yang didapatkan sedang dengan penambahan waktu pelaksanaan bertambah 5% - 10%.
- **Siklus procurement** dari 6 variabel seluruhnya memiliki angka pembulatan 3 dengan dampak risiko yang sedang dengan kemungkinan penambahan waktu pelaksanaan bertambah 5% - 10%.
- Di **siklus transportasi** dari 6 variabel hanya ditemukan 1 kejadian yang memiliki angka pembulatan 4 dan merupakan kejadian yang

sama dengan probabilitas yaitu kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor dimana kemungkinan dampak yang terjadi penambahan waktu dengan deviasi sekitar 10% - 15%. Sedangkan pada variabel lainnya memiliki angka pembulatan 3 dengan dampak risiko yang sedang dengan kemungkinan penambahan waktu pelaksanaan bertambah 5% - 10%.

- **Siklus warehouse / fabrikasi** dari 8 variabel ditemukan bahwa kejadian kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat memiliki angka pembulatan 2 dengan dampak kemungkinan kecil yaitu penambahan waktu sekitar 2% - 5% sedangkan kejadian Waktu tunggu waktu pelaksanaan sehingga menyebabkan material yang menumpuk yang memiliki nilai pembulatan 4 mengakibatkan dampak besar dengan deviasi 10% - 15%. Sedangkan 6 variabel lainnya memiliki angka pembulatan 3 dengan kemungkinan dampak sedang pada proyek.

#### 4.3 Simulasi Monte Carlo

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada metodologi penelitian, tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah penilaian risiko dengan melakukan pengolahan data dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo ini digunakan dengan tujuan untuk menginvestigasi *likelihood* dan *consequences* dari risiko – risiko pada waktu dan biaya. Langkah simulasi yang dilakukan yaitu

1. Menentukan probabilitas dari frekuensi *likelihood* dan *consequences* di setiap risikonya,
2. Membuat probabilitas kumulatif dari probabilitas sebelumnya,
3. Menentukan angka interval dari probabilitas kumulatif,
4. Membuat angka random 1 – 100 dari distribusi yang telah ditemukan di setiap variabelnya, dan
5. Melakukan bangkitan tiap responden.

Langkah – langkah ini akan dilakukan di life cycle rantai pasok konstruksi untuk memudahkan hasil evaluasi risiko. Output dari perhitungan simulasi Monte Carlo ini berupa nilai simulasi *likelihood* dan *consequences* di setiap risiko. Untuk pengaruh *likelihood* dengan *consequences* akan ditunjukkan oleh grafik scatterport. Hasil dari simulasi selanjutnya dilakukan urutan prioritas risiko – risiko untuk dapat ditangani lebih lanjut melalui rencana tindak lanjut atau mitigasi risiko. Simulasi tersebut akan dianalisis dengan menggunakan *software excel* dengan bantuan program *eastfit* untuk mencari distribusi dan program @Risk untuk menentukan nilai random dari hasil distribusi.

#### 4.3.1 Penentuan Distribusi Setiap Tahapan Risiko

Dalam kesederhanaan cara, sampling simulasi menggambarkan kemungkinan penggunaan data sampel dalam metode Monte carlo dan sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya. Apabila menghendaki model simulasi yang mengikutsertakan random dan sampling dengan distribusi probabilitas yang dapat diketahui dan ditentukan maka cara simulasi Monte carlo dipergunakan. Simulasi ini membutuhkan dua distribusi sebagai pengukur nilai random yang akan digunakan. Hasil kuisisioner yang telah dilakukan dicari distribusinya dengan menggunakan program *easy fit* yang dapat dilihat sebagai berikut :

**Tabel 4.8 Hasil Distribusi dengan Menggunakan Program Easy Fit Pada Setiap Life Cycle Risiko**

|             | Kode | Risiko  | Distribusi       |
|-------------|------|---|------------------|
| FASE DISAIN | D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal  | Poisson          |
|             | D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek   | Discrete Uniform |
|             | D3   | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas                          | Discrete Uniform |
|             | D4   | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima   | Discrete Uniform |
|             | D5   | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek | Discrete Uniform |
|             | D6   | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan                | Discrete Uniform |
|             | D7   | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang   | Discrete Uniform |
|             | D8   | Perencanaan material yang tidak matang mengakibatkan pemborosan material  | Discrete Uniform |

|                            | Kode | Risiko  | Distribusi       |
|----------------------------|------|---|------------------|
|                            | D9   | Perubahan PIC konsultan sehingga menyebabkan spek yang berubah  | Poisson          |
|                            | D10  | Permintaan khusus dari clien khusus diluar disain awal  | Discrete Uniform |
| FASE PROCUREMENT           | P1   | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier  | Discrete Uniform |
|                            | P2   | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan  | Poisson          |
|                            | P3   | Kesulitan mencari material  | Discrete Uniform |
|                            | P4   | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar  | Discrete Uniform |
|                            | P5   | Mutu materialnyg tdk sesuai dgn yg di standarkan/tdk sesuai spesifikasi   | Poisson          |
|                            | P6   | Apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) dan bisa memperluas resiko terkait biaya apabila terjadi eskalasi harga pasar (kenaikan nilai mata uang, dll) | Discrete Uniform |
| FASE TRANSPORTASI          | T1   | Waktu tunggu material yang lama   | Discrete Uniform |
|                            | T2   | Origin of material / material ekspor  | Discrete Uniform |
|                            | T3   | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan   | Poisson          |
|                            | T4   | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material  | Discrete Uniform |
|                            | T5   | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar  | Discrete Uniform |
|                            | T6   | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material   | Discrete Uniform |
| FASE WAREHOUSE & FABRIKASI | W1   | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang   | Poisson          |
|                            | W2   | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik  | Discrete Uniform |
|                            | W3   | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat   | Discrete Uniform |
|                            | W4   | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda  | Discrete Uniform |
|                            | W5   | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan  | Poisson          |
|                            | W6   | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain  | Poisson          |
|                            | W7   | Waktu tunggu waktu pelaksanan   | Discrete Uniform |
|                            | W8   | Terjadinya bongkar pasang material yang telah terpasang   | Poisson          |

#### 4.3.2 Penentuan Risiko pada Tahapan Disain.

Sesuai langkah – langkah pada simulasi monte carlo yang telah dijelaskan pada bahasan sebelumnya, nilai simulasi *likelihood* yang telah ditemukan akan

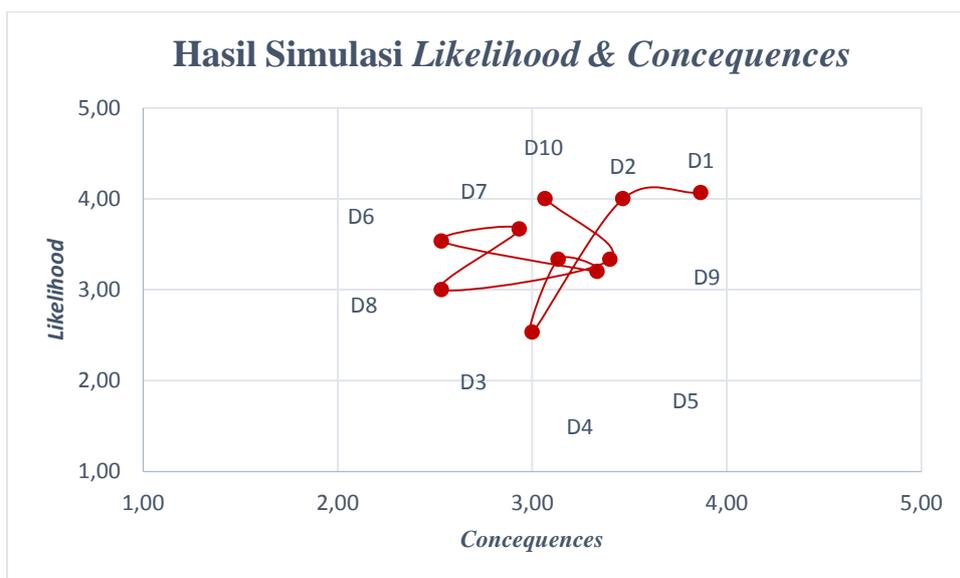
dikalikan dengan nilai simulasi untuk melihat tingkatan risiko pada risiko life cycle disain sesuai dengan tabel 4.9 berikut ini

**Tabel 4.9 Nilai Simulasi *Likelihood* dan *Consequences* Pada Tahapan Disain**

| Tahapan Life Cycle : Disain |   | Nilai simulasi<br><i>likelihood</i> | Nilai simulasi<br><i>consequences</i> | <i>l x c</i> |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| D1                          | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal  | 3.87                                | 4.07                                  | 15.72        |
| D2                          | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek   | 3.47                                | 4.00                                  | 13.87        |
| D3                          | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas                          | 3.00                                | 2.53                                  | 7.60         |
| D4                          | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima   | 3.13                                | 3.33                                  | 10.44        |
| D5                          | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek | 3.33                                | 3.20                                  | 10.67        |
| D6                          | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan                | 2.53                                | 3.53                                  | 8.95         |
| D7                          | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang   | 2.93                                | 3.67                                  | 10.76        |
| D8                          | Perencanaan material yang tidak matang mengakibatkan pemborosan material  | 2.53                                | 3.00                                  | 7.60         |
| D9                          | Perubahan PIC konsultan sehingga menyebabkan spek yang berubah  | 3.40                                | 3.33                                  | 11.33        |
| D10                         | Permintaan khusus dari clien khusus diluar disain awal  | 3.07                                | 4.00                                  | 12.27        |

Dari tabel diatas terlihat tingkatan risiko antara *likelihood* and *consequences* pada risiko perubahan pemesanan karena ketidakpastian jadwal yang telah dibuat oleh kontraktor memiliki nilai tertinggi yaitu 15,72. Risiko ini dapat menyebabkan

waktu tunggu untuk kedatangan material dan berakibat tidak hanya keterlambatan pada satu pekerjaan tetapi juga pekerjaan lain yang berkaitan. Risiko pemesanan tambahan material juga memiliki nilai tinggi kedua yaitu sekitar 13,87. Walaupun dari hasil simulasi risiko pemesanan tambahan material terjadi sering tetapi dampak dari simulasi tidak terlalu besar. Hasil perbandingan simulasi dari *likelihood* and *consequences* juga dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut :



**Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Likelihood* & *Consequences* Pada Lifecycle Disain**

### 4.3.3 Penentuan Risiko pada Tahapan Procurement.

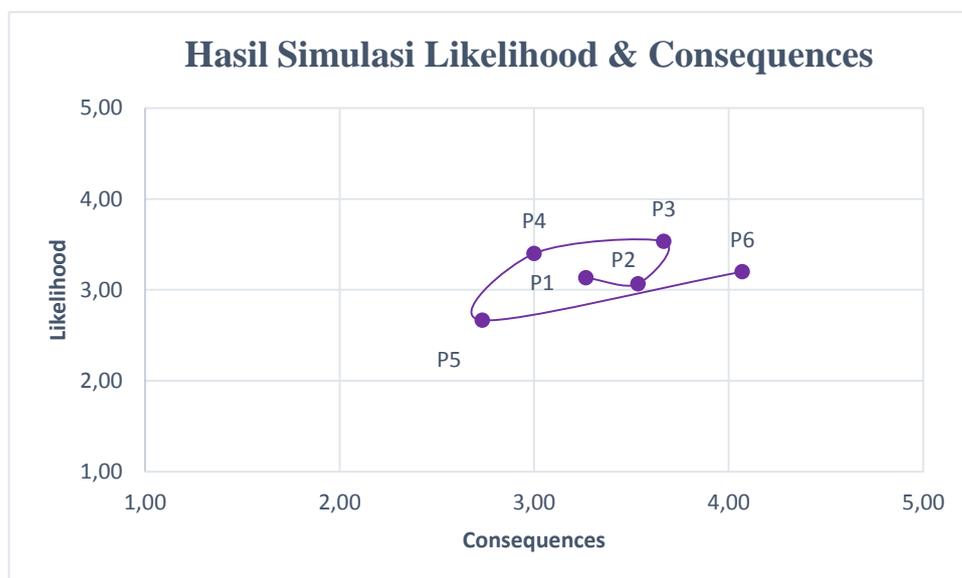
Seperti yang dilakukan sebelumnya pada tahapan lifecycle disain. Simulasi pada tahapan lifecycle procurement dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.10 Nilai Simulasi *Likelihood* dan *Consequences* Pada Tahapan Procurement**

| Tahapan Life Cycle : Procurement |  | Nilai simulasi <i>likelihood</i> | Nilai simulasi <i>consequences</i> | <i>l x c</i> |
|----------------------------------|--|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
| P1                               | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier                     | 3.27                             | 3.13                               | 10.24        |
| P2                               | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan | 3.53                             | 3.07                               | 10.84        |
| P3                               | Kesulitan mencari material   | 3.67                             | 3.53                               | 12.96        |

| Tahapan Life Cycle : Procurement |  | Nilai simulasi<br><i>likelihood</i> | Nilai simulasi<br><i>consequences</i> | <i>l x c</i> |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| P4                               | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar   | 3.00                                | 3.40                                  | 10.20        |
| P5                               | Mutu material yang tidak sesuai dengan yang di standarkan / tidak sesuai spesifikasi   | 2.73                                | 2.67                                  | 7.29         |
| P6                               | Apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) (kenaikan nilai mata uang) | 4.07                                | 3.2                                   | 13.02        |

Dari tabel diatas risiko tertinggi berada pada risiko apabila kontraktor sudah melakukan kesempatan tetapi tidak segera mengajukan *purchase order* (PO) dengan nilai 13,02. Risiko ini memiliki probabilitas yang kadang muncul tetapi bisa mengakibatkan dampak yang cukup besar. Perbandingan antara *likelihood* dan *consequences* pada lifecycle procurement dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut ini :



**Gambar 4.4 Hasil Simulasi *Likelihood & Consequences* Pada Lifecycle Procurement**

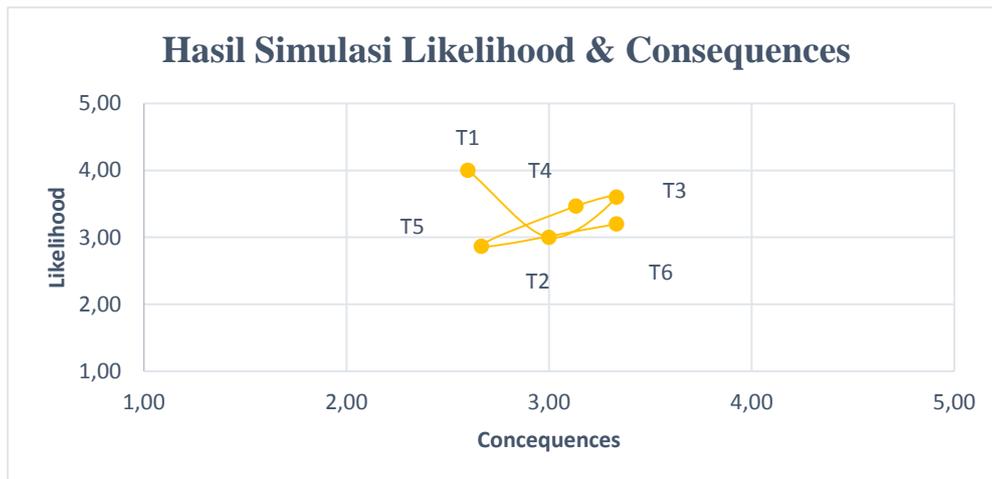
#### 4.3.4 Penentuan Risiko pada Tahapan Transportasi.

Simulasi pada tahapan lifecycle transportasi dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini :

**Tabel 4.11** Nilai Simulasi *Likelihood* dan *Consequences* Pada Tahapan Transportasi

| Tahapan Life Cycle : Transportasi |  | Nilai simulasi<br><i>likelihood</i> | Nilai simulasi<br><i>consequences</i> | <i>l x c</i> |
|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| T1                                | Waktu tunggu material yang lama  | 4.00                                | 2.60                                  | 10.40        |
| T2                                | Origin of material / material ekspor   | 3.00                                | 3.00                                  | 9.00         |
| T3                                | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan  | 3.60                                | 3.33                                  | 12.00        |
| T4                                | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material | 3.47                                | 3.13                                  | 10.86        |
| T5                                | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar   | 2.87                                | 2.67                                  | 7.64         |
| T6                                | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material  | 3.20                                | 3.33                                  | 10.67        |

Risiko terbesar dari lifecycle transportasi dengan nilai 10,86 berada pada kurangnya manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material. Manajemen kontraktor dalam pengelolaan material yang dipesan, waktu pemesanana hingga menuju lokasi proyek menjadi pertimbangan agar proyek tidak mengalami waktu tunggu material dan mengganggu paket pekerjaan lainnya. Perbandingan *likelihood* dan *consequences* pada lifecycle transportasi dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini:



**Gambar 4.5 Hasil Simulasi *Likelihood & Consequences* Pada Lifecycle Transportasi**

#### 4.3.5 Penentuan Risiko pada Tahapan Warehouse / Fabrikasi.

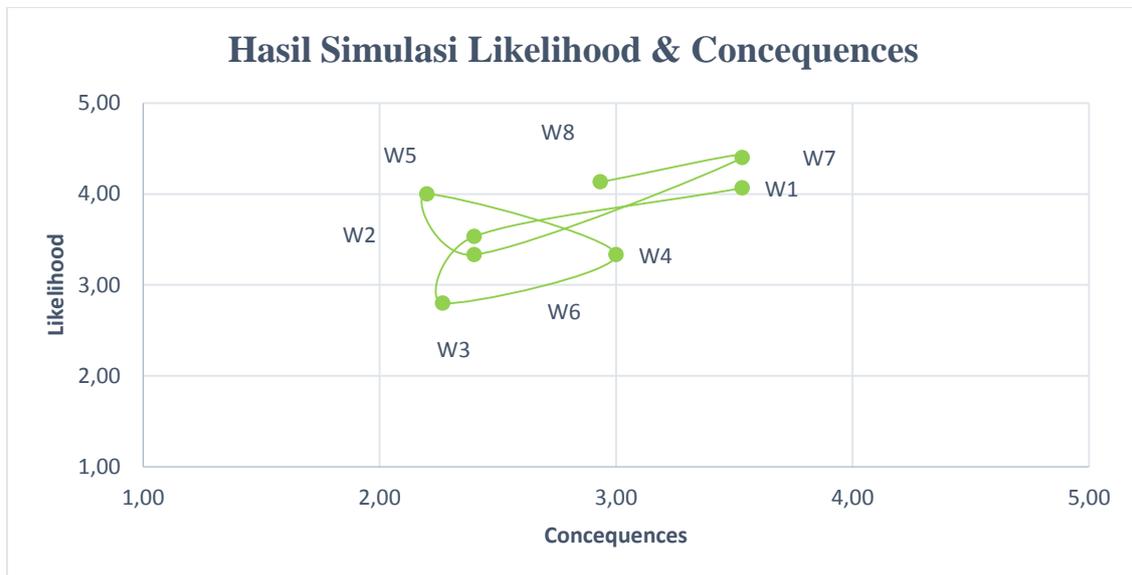
Pada tahapan lifecycle warehouse / fabrikasi, risiko terjadi dikarenakan standar penyimpanan material atau material saat akan dilakukan pemasangan. Dari risiko yang dikelompokkan dalam warehouse / fabrikasi, simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini :

**Tabel 4.12 Nilai Simulasi *Likelihood* dan *Consequences* Pada Tahapan Warehouse**

| Tahapan Life Cycle : Warehouse |   | Nilai simulasi <i>likelihood</i> | Nilai simulasi <i>consequences</i> | $l \times c$ |
|--------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|--------------|
| W1                             | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang   | 3.53                             | 4.07                               | 14.37        |
| W2                             | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik  | 2.40                             | 3.53                               | 8.48         |
| W3                             | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat | 2.27                             | 2.80                               | 6.35         |
| W4                             | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda  | 3.00                             | 3.33                               | 10.00        |
| W5                             | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan  | 2.20                             | 4.00                               | 8.80         |

| Tahapan Life Cycle : Warehouse |  | Nilai simulasi<br><i>likelihood</i> | Nilai simulasi<br><i>consequences</i> | <i>l x c</i> |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| W6                             | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain | 2.40                                | 3.33                                  | 8.00         |
| W7                             | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan   | 3.53                                | 4.40                                  | 15.55        |
| W8                             | Terjadinya bongkar pasang material yang telah terpasang  | 2.93                                | 4.13                                  | 12.12        |

Dari hasil simulasi di tabel 4.12 terlihat bahwa semakin lamanya pelaksanaan dilapangan maka dapat menjadi penumpukkan material di gudang sehingga material lain tidak dapat dilakukan pengiriman ke lokasi proyek. Hal ini bisa menghambat paket pekerjaan lainnya. Perbandingan antara *likelihood* dan *consequences* dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini



**Gambar 4.6 Hasil Simulasi *Likelihood* & *Consequences* Pada Lifecycle Warehouse / Fabrikasi**

#### 4.4. Penentuan Tingkatan Risiko

Hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan tidak dapat langsung ditemukan strategi yang tepat dalam pengelolaan strategi mitigasi risiko rantai

pasok konstruksi. Perlu adanya penentuan tingkatan risiko agar dapat diketahui tingkatan risiko yang perlu di transfer, dikurangi atau di terima. Penentuan tingkatan risiko ini ditentukan menggunakan perhitungan dari nilai rata – rata simulasi probabilitas *likelihood* dikalikan dengan nilai rata – rata dari probabilitas *concequences* pada setiap risiko dalam life cycle rantai pasok konstruksi. Hasil perhitungan tingkat risiko ini selanjutnya dilakukan kumulatif risiko dan persentase kumulatif risiko dengan menggunakan analisis pareto. Risiko yang memiliki nilai kumulatif 20% akan dianggap merupakan 80% yang dapat menyebabkan kemungkinan risiko pada dampak dan biaya. Tingkatan risiko selanjutnya akan digunakan untuk menentukan ranking risiko dan mengetahui mitigasi dari risiko yang paling kritis pada proyek konstruksi apartemen. Dari hasil nilai risiko kumulatif, perhitungan rangking seluruh risiko dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini :

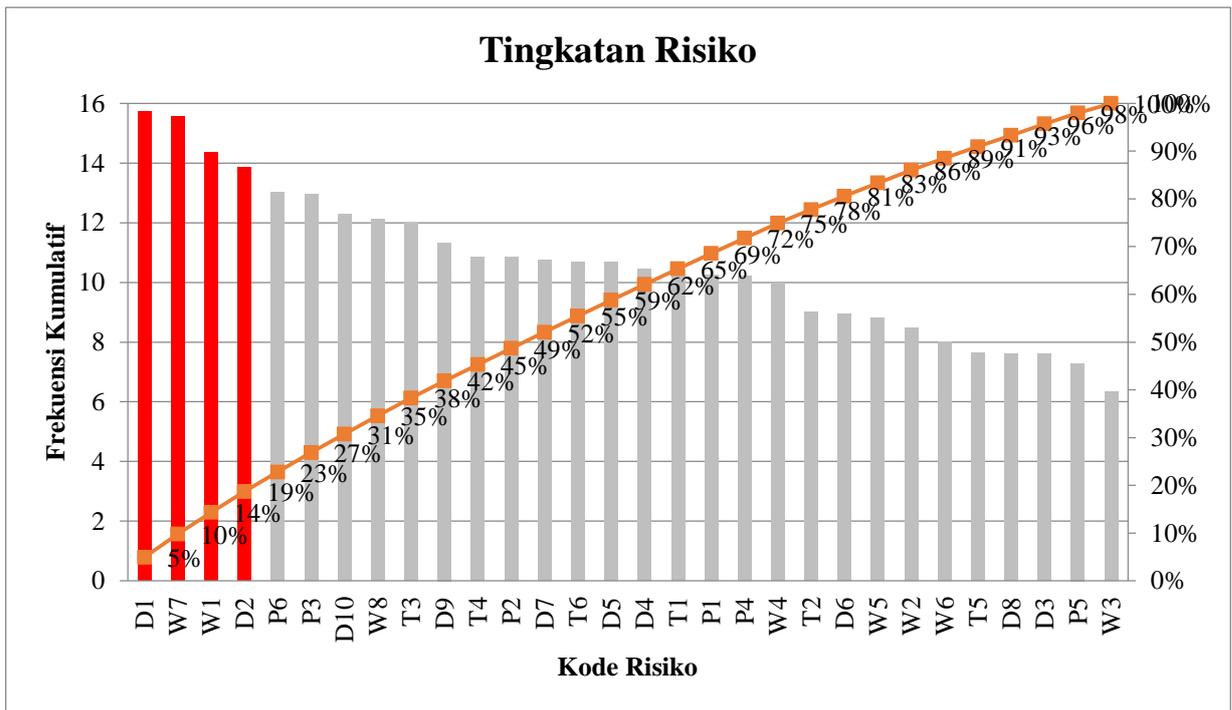
**Tabel 4.13 Tingkatan Risiko**

| No | Kode | Indikator Kejadian   | $R = l \times c$ | Frekuensi kumulatif | % Frekuensi kumulatif |
|----|------|--|------------------|---------------------|-----------------------|
| 1  | D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal   | 15,72            | 15,72               | 5%                    |
| 2  | W7   | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan   | 15,55            | 31,27               | 10%                   |
| 3  | W1   | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang  | 14,37            | 45,64               | 14%                   |
| 4  | D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek  | 13,87            | 59,51               | 19%                   |
| 5  | P6   | Apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) (kenaikan nilai mata uang) | 13,02            | 72,53               | 23%                   |
| 6  | P3   | Kesulitan mencari material   | 12,96            | 85,49               | 27%                   |
| 7  | D10  | Permintaan khusus dari clien khusus diluar disain awal   | 12,27            | 97,76               | 31%                   |
| 8  | W8   | Terjadinya bongkar pasang material yang telah terpasang  | 12,12            | 109,88              | 35%                   |

| No | Kode | Indikator Kejadian   | R = l x c | Frekuensi kumulatif | % Frekuensi kumulatif |
|----|------|--|-----------|---------------------|-----------------------|
| 9  | T3   | Pengiriman ulang material karena mutu material tidak sesuai spesifikasi seperti pemesanan  | 12        | 121,88              | 38%                   |
| 10 | D9   | Perubahan PIC konsultan sehingga menyebabkan spek yang berubah   | 11,33     | 133,21              | 42%                   |
| 11 | T4   | Kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material | 10,86     | 144,07              | 45%                   |
| 12 | P2   | Pemesanan ulang material karena material masih kurang untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan   | 10,84     | 154,91              | 49%                   |
| 13 | D7   | Pemesanan tambahan material karena perubahan fungsi ruang  | 10,76     | 165,67              | 52%                   |
| 14 | T6   | Keterlambatan material karena kecelakaan transportasi pengangkut material  | 10,67     | 176,34              | 55%                   |
| 15 | D5   | Kesalahan dalam spek material / perbedaan antara BQ & gambar yang mengakibatkan kurangnya persediaan material di proyek          | 10,67     | 187,01              | 59%                   |
| 16 | D4   | Pengiriman ulang material karena perbedaan gambar dan spesifikasi yang diterima  | 10,44     | 197,45              | 62%                   |
| 17 | T1   | Waktu tunggu material yang lama  | 10,4      | 207,85              | 65%                   |
| 18 | P1   | Penundaan pengiriman material karena keterbatasan stok dari supplier   | 10,24     | 218,09              | 69%                   |
| 19 | P4   | Penundaan pengiriman material karena masalah financial yang tidak lancar   | 10,2      | 228,29              | 72%                   |
| 20 | W4   | Kerusakan alat pengangkutan material saat pelaksanaan dapat menyebabkan pekerjaan tertunda                                       | 10        | 238,29              | 75%                   |
| 21 | T2   | Origin of material / material ekspor   | 9         | 247,29              | 78%                   |
| 22 | D6   | Ditail disain yang tidak lengkap mengakibatkan tidak matangnya kuantitas dari material yang akan dipesan                         | 8,95      | 256,24              | 81%                   |

| No | Kode | Indikator Kejadian   | $R = l \times c$ | Frekuensi kumulatif | % Frekuensi kumulatif |
|----|------|--|------------------|---------------------|-----------------------|
| 23 | W5   | Pemesanan ulang karena kerusakan / kehilangan material di gudang penyimpanan   | 8,8              | 265,04              | 83%                   |
| 24 | W2   | Keterlambatan material karena kendala produksi di pabrik   | 8,48             | 273,52              | 86%                   |
| 25 | W6   | Material terlalu dini tiba di proyek karena tidak tepatnya waktu pemesanan kebutuhan material sehingga memenuhi gudang penyimpanan & bisa membatalkan pemesanan material yang lain | 8                | 281,52              | 89%                   |
| 26 | T5   | Komunikasi antara subkontraktor kurang berjalan lancar   | 7,64             | 289,16              | 91%                   |
| 27 | D8   | Perencanaan material yang tidak matang mengakibatkan pemborosan material   | 7,6              | 296,76              | 93%                   |
| 28 | D3   | Pengiriman ulang material karena kesalahan pekerjaan dari instruksi yang diberikan tidak jelas   | 7,6              | 304,36              | 96%                   |
| 29 | P5   | Mutu material yang tidak sesuai dengan yang di standarkan / tidak sesuai spesifikasi   | 7,29             | 311,65              | 98%                   |
| 30 | W3   | Kelalaian dari subkontraktor & kontraktor dalam penanganan material menyebabkan pemasokan ulang dari material yang tidak tersimpan dengan tepat                                    | 6,35             | 318,00              | 100%                  |

Berdasarkan hasil penilaian risiko rantai pasok konstruksi pada tabel 4.13 diatas dapat dilihat bahwa tingkatan risiko pada yang berada pada rentang kurang dari 20% atau memiliki high risk adalah saat terjadi perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal, lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan, kerugian material dari kontraktor karena ada waktu tunggu yang terbuang, dan pemesanan tambahan material karena perubahan spek. Hal ini juga ditunjukkan oleh bagan 4.7 untuk melihat risiko tertinggi dari risiko-risiko diatas.



**Gambar 4.7 Tingkatan Risiko Kumulatif**

Pada gambar 4.7 diagram pareto diatas menjelaskan bahwa dari 30 risiko rantai pasok konstruksi terdapat 4 risiko pada risiko tinggi, sedangkan untuk risiko lainnya perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk menentukan bahwa risiko tersebut medium ataupun rendah. Penilaian dari tingkatan risiko dengan menggunakan diagram pareto ini dapat menjadi acuan dalam penentuan respon risiko dari setiap risiko tersebut.

#### 4.5. Penentuan Risiko Prioritas

Dari hasil tingkatan risiko pada setiap risiko rantai pasok konstruksi pada gambar 4.13, maka dapat diketahui risiko – risiko yang akan dilakukan mitigasi dengan brainstorming dengan project Manager. Dari metode penelitian awal, maka ditentukan bahwa risiko yang menjadi prioritas untuk dicari respon risiko adalah risiko – risiko yang termasuk kedalam katagori tinggi. Tabel rekapitulasi risiko prioritas dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut

**Tabel 4.14 Risiko Prioritas Rantai Pasok Proyek Konstruksi**

| No | Kode | Risiko   | Rangking |
|----|------|--|----------|
| 1  | D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal | High     |
| 2  | W7   | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan                             | High     |
| 3  | W1   | Kerugian material dari kontraktor karena ada waktu menunggu yg terbuang    | High     |
| 4  | D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek                          | High     |

#### **4.6. Respon Risiko**

Mitigasi didapatkan dari hasil brainstorming dengan pihak yang berhubungan langsung dengan risiko rantai pasok proyek konstruksi yaitu Project Manager. Project manager akan memberikan respon risiko sesuai dengan ketentuan atau teknik yang biasa digunakan untuk melakukan respon risiko (*Project Management Institute, 2004*). Dipilihnya project manager dikarenakan mempunyai kebijakan dan keputusan akan risiko – risiko rantai pasok yang timbul di proyek konstruksi. Wawancara yang dilakukan dengan kesepakatan urutan prioritas respon risiko sebagai berikut :

- a. Mengurangi risiko (mitigation) dengan melakukan upaya agar probabilitas dari risiko tersebut berkurang atau dampak yang ditimbulkan berkurang atau berkurang pada probabilitas dan dampak, sehingga tingkat risiko dapat berkurang. Biaya yang digunakan untuk menurunkan dampak maupun probabilitas harus lebih kecil dari kerugian yang ditimbulkan
- b. Memindahkan risiko (transfer) dilakukan apabila mitigasi yang dilakukan masih menyisakan dampak yang besar maupun probabilitas yang tinggi
- c. Menerima risiko (acceptance) dilakukan apabila langkah a dan b yang dilakukan dirasa masih menyisakan potensi risiko, sehingga perlu adanya persiapan cadangan termasuk biaya, waktu, dan sumber daya lainnya untuk risiko tersebut.
- d. Menghindari risiko (Avoidance) dilakukan apabila langkah a, b, dan c dirasakan tidak dapat mengurangi dampak maupun probabilitas risiko,

sehingga biaya yang dikeluarkan untuk menurunkan dampak tersebut jauh lebih besar dari kerugian yang dapat ditimbulkan.

Dari hasil kesepakatan tersebut diatas, maka Project Manager diberikan kesempatan untuk memilih respon dan memberikan masukan secara terbuka agar dapat diambil keputusan yang mufakat. Respon risiko tersebut dirangkum dalam tabel 4.15 berikut ini :

**Tabel 4.15 Respon Risiko Prioritas Rantai Pasok Proyek Konstruksi**

| Kode | Risiko   | Potensi Kerugian   | Respon Tindakan   |
|------|--|--|---|
| D1   | Perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal       | Beton tidak dapat dilakukan pemesanan karena pekerjaan di lapangan belum siap dan biaya dimungkinkan bertambah | Pengurangan → mencari supplier cor yang mempunyai jarak dengan proyek yang tidak terlalu jauh sehingga apabila tiba-tiba dilakukan pengecoran tidak terjadi waktu tunggu yang lama.   |
| W7   | Lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan                                   | Pekerjaan yang tidak tepat waktu karena terjadi penundaan pengadaan material                                   | Pengurangan → dampak dapat dikurangi dengan terlebih dulu mengajukan ijin pengecoran kepada manajemen konstruksi dan melakukan koordinasi dengan paket pekerjaan lain yang berhubungan dengan pengecoran seperti pekerjaan MEP dan lain-lain                  |
| W1   | Kerugian material cor yang sudah dilakuakn karena ada waktu menunggu yg terbuang | Waktu yang terbuang karena pekerjaan dilakukan kembali seperti asal  | Pengurangan → sebelum dilakukan cor terlebih dahulu menginformasikan adanya pengecoran . apabila kontraktor lain masih tidak bisa melakukan pekerjaanya hingga waktu pengecoran maka biaya akan ditagihkan kepada kontraktor yang telah melakukan pekerjaanya |
| D2   | Pemesanan tambahan material karena perubahan spek                                | Perubahan spek dapat mengakibatkan bobok ulang pada cor yang telah dilakuakn                                   | perubahan → lebih teliti kepada disain terutama kepada shop drawing yang diajukan karena shop drawing dapat digunakan sebagai acuan apakah pekerjaan telah sesuai dengan rencana disain awal  |

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab analisis dan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menganalisis biaya tinggi pada material – material pekerjaan struktur, arsitektur dan mekanikal elektrikal plumbing dapat sebagai acuan bahwa biaya yang memiliki kumulative 20% merupakan 80% kemungkinan material tersebut terjadi risiko proyek terutama pada waktu dan biaya proyek. Nilai kumulative pada proyek Apartemen A ditemukan pada material pengecoran / beton pada pekerjaan struktur.
2. Simulasi pada penelitian ini menggunakan proses interval dan angka random. Angka random dihitung berdasarkan distribusi poisson dan diskrit uniform. Hasil simulasi ini akan dijadikan laporan kepada project manager sebagai pertimbangan adanya risiko di setiap pasokan material dengan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan bahwa :
  - a. Pada tahapan lifecycle disain risiko tertinggi terjadi pada perubahan pemesanan karena ketidakpastian kontraktor dalam menyusun jadwal dengan nilai 15,72.
  - b. Pada tahapan lifecycle procurement risiko tertinggi terjadi pada apabila kontraktor sudah melakukan kesepakatan harga dengan supplier tetapi tidak segera mengajukan Purchase Order (PO) (kenaikan nilai mata uang) dengan nilai 13,02.
  - c. Pada tahapan lifecycle transportasi risiko tertinggi terjadi pada kurangnya kemampuan manajerial dari sub kontraktor sehingga pekerjaan tidak tepat waktu dan terjadi penundaan pengadaan material dengan nilai 10,86

- d. Pada tahapan lifecycle warehouse / fabrikasi risiko tertinggi terjadi pada lamanya pelaksanaan salah satu paket pekerjaan dengan nilai 15,55
3. Pada diagram scatter plot menunjukkan bahwa tidak selalu nilai likelihood yang tinggi akan menyebabkan consequences yang tinggi juga.
4. Respon risiko dilakukan dengan sesuai dengan ranking pada tingkatan risiko. Pada risiko-risiko yang masuk dalam risiko tinggi akan dilakukan wawancara kembali dengan project manager. Dari 4 risiko yang masuk kedalam kategori tinggi seluruhnya diputuskan dilakukan pengurangan dampak risiko dengan mengikuti standart operasional proyek konstruksi berupa pengajuan ijin material dan ijin pelaksanaan pekerjaan, serta memperhatikan jumlah pasokan di gudang tidak boleh kurang dari 30% agar tidak terjadi waktu tunggu dilapangan.
5. Rekomendasi respon risiko lebih kepada perencanaan disain yang matang, rapat koordinasi rutin, dan kerjasamana yang baik dengan supplier

## **5.2. Saran**

Penelitian ini masih banyak kekurangan yang ada, sehingga perlu didakan beberapa tindakan yang dapat mengembangkan hasil dari penelitian ini. Beberapa saran yang dapat diberikan adalah :

1. Faktor risiko dalam penelitian ini dapat digunakan acuan data awal (default) untuk proyek konstruksi lain sebelum masa pelaksanaan agar risiko proyek dapat dimanajemen di awal proyek daripada di saat proyek konstruksi sedang berlangsung.
2. Penerapan respon risiko yang telah disampaikan project manager dapat dilihat kembali pada variabel risiko yang diteliti selama masa proyek, sehingga dapat dilihat apakah respon tersebut efektif dan efisien

3. Untuk penelitian selanjutnya dapat lebih fokus pada satu material sehingga simulasi menghasilkan perhitungan dan tingkat risiko yang lebih akura

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Hani. 2017. Impact Assessment of Construction Supply Chain Risk Changes on Project Time and Cost. University of Waterloo-Canada.
- Ahmed, Ammar. 2007. A Review of Techniques for Risk Management in Project. A Internation Journal Vol. 14 No. 1
- Bankval, Lars et all. 2010. Interdependence in Supply Chains and Project in Construction. Supply Chain Management: An International Journal. Vol 15
- Beamon. Benita M. 1998. Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. International Journal of Production Economics Vol. 55 No. 3 pp. 281-294
- Cagliano, Anna Corinna et all. 2010. Mengaktifkan Proses Manajemen Risiko SCOR dengan Pendekatan Berbasis Kinerja Teoritis. Itali
- Cahyo, Winda Nur. 2018. Pendekatan Simulasi Monte Carlo untuk Pemilihan Alternatif Dengan Decision Tree pada Nilai Outcome yang Probabilistik. Teknoin, Volume 13, Nomor 2, Desember 2008, 11-17 ISSN: 0853-8697
- Caillaud, Emmanuel. 2017. A Framework For a Knowledge Based System for Risk Management in Concurrent Engineering. Hal Archives Ouvertes.
- Chapman, Chris, Et all. 2003. Project Risk Management Second Edition: Processes, techniques, and Insight. School of Management, University of Southampton, UK
- Dulmin, Riccardo. 2012. Supply Chain Management : A Review of Implementation Risks in the Construction Industry. Business Process Management Journal.
- F. S Hillier dan G. J. Lieberman, Introdaction to Operation Research, 7 ndEd, McGraw-Hill Higher Eduction, New York, 2001

- H. A. Taha, Operation Research an Introduction, 8 th Ed, Pearson Prentice, Upper Saddle River, 2007.
- Hart, Barry.20016.AS.NZS 4360 SET Risk management SET. Standarts Australia
- Hatmono, Jati Utomo D. 2017. Model Simulasi Risiko Rantai Pasok Material Proyek Konstruksi Gedung. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kwak, Y. H., & Ingall, L. 2007. Exploring Monte Carlo Simulation Application For Project Management. Risk Management 9 44-57.
- Monte Carlo Method. 2018. Online. [http://www.riskglossary.com/link/monte\\_carlo\\_method.htm](http://www.riskglossary.com/link/monte_carlo_method.htm) diakses pada tgl. 15 Juli 2018.
- Prabowo, Arvin Irshad et all. 2017. Analisis Risiko Rantai Pasok Beton Ready Mix Pada Proyek Hotel Batiqa Surabaya. Diakses pada jurnal teknik ITS
- Project Management Institute. 2004.A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide (3rd ed.). Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute.
- Risku, Timo Ala. 2004. Material Delivery Problems in Construction Project: A Possible Solution. International Journal of Production Economic, in press.
- Sutowijoyo, Hendro. 2010. Manajemen Risiko Pada Supply Chain Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya. Diakses pada Prosiding Seminar MMT XII.
- Tazehzadeh, Moh. Nima. 2014. Investigation of Supply Chain Risk Management Implementation in Canadian Construction Industry. Canada
- W. L. Winston dan S. C. Albright Partical Management Science, 3 thRev, Cengage Learning, South Western, 2007.
- Yuwana, Aris Setya. 2017. Simulasi Kegiatan Bongkat Muat Petikemas untuk Optimasi Jumlah Combine Tractor Terminal (CTT) PT. Terminal Teluk Lamong. Tesis Magister Manajemen Teknik. ITS Surabaya.