

**TESIS**

**DESAIN KEY RISK INDICATORS DAN STRATEGI  
MITIGASI PADA PENDISTRIBUSIAN AIR**

**(Studi Kasus: PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV, Sulawesi Selatan)**



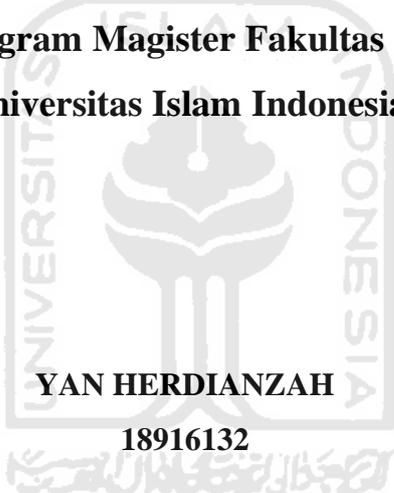
**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
PROGRAM MAGISTER FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

**TESIS**

**DESAIN KEY RISK INDICATORS DAN STRATEGI  
MITIGASI PADA PENDISTRIBUSIAN AIR**

**(Studi Kasus: PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV, Sulawesi Selatan)**

**Tesis untuk memperoleh Gelar Magister pada Program Studi  
Teknik Industri Program Magister Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



**YAN HERDIANZAH**

**18916132**

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

**2020**

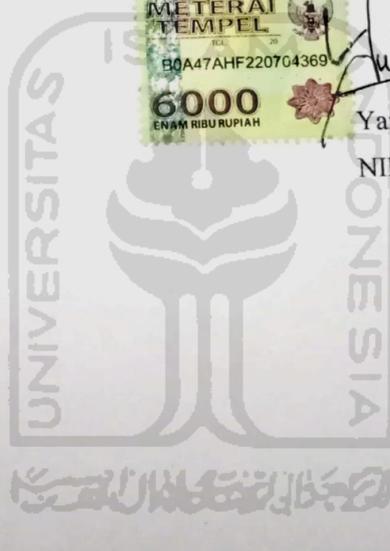
## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

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

Yogyakarta, 15 Oktober 2020



Yan Herdianzah  
NIM. 18916132





**PERUSAHAAN UMUM DAERAH AIR MINUM  
KOTA MAKASSAR**

Jalan Dr. Sam Ratulangi No. 3 PO.BOX 1082  
Telepon (0411) 850381 - 850382 - 874894 Fax. 874894  
Makassar 90113

Makassar, 15 Juli 2020

Nomor : 690/B.2/Um-Kepeg/ VII/2020  
Sifat : ---  
Perihal : **Izin Penelitian**

Kepada Yth :

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister UII**

Di,-

**Makassar**

Dengan hormat,

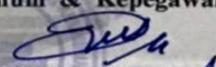
Menunjuk Surat KESBANG Nomor 070/1008-II/BKBP/VI/2020 tanggal 14 Juli 2020 dan Disposisi Direktur Umum tanggal 06 Juli 2020 perihal **Pengambilan Data** yang tersebut namanya dibawah ini :

N a m a : Yan Herdianzah  
N I M : 18916132  
Jurusan : Teknik Industri  
Pekerjaan : Mahasiswa (S2) / UII Yogyakarta  
Alamat : Gedung KH. Mas Mansur Kampus Terpadu Univ. Islam Terpadu  
Skripsi : **" DESAIN KEY RISK INDICATORS (KRI) DAN STRATEGI MITIGASI PADA PENDISTRIBUSIAN AIR DI PDAM KOTA MAKASSAR"**

Sehubungan Dengan hal tersebut kami dari Perumda Air Minum Kota Makassar bersedia menerima Mahasiswa Saudara untuk melaksanakan Penelitian dalam rangka **Penyusunan Tesis** sesuai Judul diatas yang dilaksanakan mulai tanggal 14 Juli s/d 13 Agustus 2020.

Demikian disampaikan dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

**Bagian Umum & Kepegawaian**

  
**Hi. Murniati Rivai, SH**  
Kepala Bagian

Tembusan

1. Yth. Direksi PERUMDA Makassar
2. Kepala Bagian / Kepala Wilayah PDAM Kota Makassar
3. Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister UII
4. Mahasiswa Yang Bersangkutan
5. Arsip,-

**LEMBAR PENGESAHAN**

**DESAIN KEY RISK INDICATORS DAN STRATEGI MITIGASI PADA  
PENDISTRIBUSIAN AIR**

(Studi Kasus: PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV, Sulawesi Selatan)

**TESIS**



Disusun Oleh:

Nama : Yan Herdianzah

NIM : 18916132

Yogyakarta, 6 Oktober 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

NIP. 985220101

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### DESAIN KEY RISK INDICATORS DAN STRATEGI MITIGASI PADA PENDISTRIBUSIAN AIR

(Studi Kasus: PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV, Sulawesi Selatan)

#### TESIS

Disusun Oleh:

Nama : Yan Herdianzah

NIM : 18916132

Telah dipertahankan di depan Sidang Penguji sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Master Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 4 November 2020

Tim Penguji

Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

Ketua

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

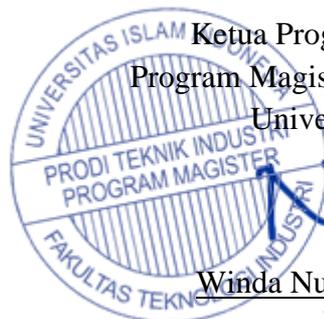
Anggota I

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

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri  
Program Magister Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



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

NIP. 025200519

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Ku persembahkan tesis ini kepada,  
Kedua orang tuaku Hamzah dan Hj.Bungatang  
Yang senantiasa dan tak henti-hentinya mendoakan, memberikan kasih sayang,  
motivasi, semangat, dan seluruh daya upaya untukku*

*Adik-adikku Febrianzah dan Siti Nur Magfirah serta seluruh keluarga  
Yang selalu mendoakan memberikan motivasi dan menyemangati*

*Teman-teman seperjuanganku di Magister Teknik Industri Angkatan XXV  
Universitas Islam Indonesia  
Terimakasih untuk semua motivasi, ilmu dan bantuannya yang telah kalian  
berikan*

*Riska Iva Riana, Asrul Fole, Erniani, Nurham Elok Pratiwi, Indra Ansyari  
Indahwati Latief, Seherdi Siman, Ari Amin, Wahyu Ismail Kurnia, Arfandi  
Ahmad, Muhammad Fachry Hafid, Muhammad Hasyim Tuankotta, Alex  
Kisanjani, teman-teman di asrama Uswatun Khasanah dan masih banyak lagi  
yang tidak bisa disebutkan namanya satu-persatu  
Terimakasih untuk semua ilmu, bantuan, motivasi, serta semangat yang selalu  
kalian berikan*

*Dan terakhir yang selalu bertanya “Kapan Tesismu Selesai?”*

*Semoga Allah SWT menjadikan kita semua hamba yang berilmu dan beramal  
shaleh  
Aamiin*

## HALAMAN MOTTO

*“Jika seseorang bepergian dengan tujuan mencari ilmu (agama), maka Allah akan menjadikan perjalanannya seperti perjalanan menuju surga”*

*Nabi Muhammad SAW*

*(HR. Bukhari)*

*“Tahapan pertama dalam mencari ilmu adalah mendengarkan, kemudian diam dan menyimak dengan penuh perhatian, lalu menjaganya, lalu mengamalkannya dan kemudian menyebarkannya”*

*(Sufyan bin Uyainah)*

*Yakin Usaha Sampai (YAKUSA)*

*(Yan Herdianzah)*



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji serta rasa penuh kesyukuran penulis penatkan kehadiran Allah.SWT yang telah memberikan berkah kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya. Sehingga pelaksanaan pengambilan data sekaligus penyusunan laporan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Serta tidak lupa khaturkan shalawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW dan para sahabatnya yang telah membawa kita dari alam gelap gulita menuju kealam terang menerang. Alhamdulillah atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul “Desain *Key Risk Indicators* dan Strategi Mitigasi pada Pendistribusian Air”.

Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh Gelar Magister pada Program Studi Teknik Industri, Program Magister Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Program Magister Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahannya dalam penyusunan laporan Tesis ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Industri, Program Magister Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, yang telah banyak memberikan bantuan serta ilmu selama menempuh pendidikan.
5. Seluruh pegawai PERUMDA Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

6. Kedua orang tuaku dan adik tercinta atas segala doa, bantuan dan kasih sayang yang tak henti-hentinya mengalir utukku.
7. Serta semua pihak yang telah membantu penulis selama proses pembuatan tesis ini namun tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tesis ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pembaca demi lengkapnya laporan tesis ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh



Yogyakarta, 15 Oktober 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yan Herdianzah'.

Yan Herdianzah  
NIM. 18916132

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMBUTAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PRASYARAT GELAR MAGISTER</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	iii
<b>KETERANGAN PELAKSANAAN TESIS</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING TESIS</b> .....	v
<b>HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI TESIS</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 Kajian Induktif .....	9
2.2 Kajian Deduktif .....	18
2.2.1 Risiko .....	18
2.2.2 <i>Key Risk Indicators</i> (KRI) .....	19
2.2.3 Manajemen Risiko .....	23
2.2.4 <i>Delphi</i> .....	26
2.2.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	28
2.2.6 <i>House of Risk</i> (HOR) .....	32
2.2.7 <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) .....	36
2.2.8 Strategi Mitigasi Risiko .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	38
3.1 Subjek dan Objek Penelitian .....	38
3.2 Lokasi Penelitian .....	38
3.3 Sumber Data .....	38
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	39
3.5 Responden Penelitian .....	40
3.6 Definisi Operasional .....	40
3.7 Metode Pengumpulan Data .....	41
3.8 Alur Penelitian .....	44

3.9 Deskripsi Tahapan Penelitian .....	46
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>49</b>
4.1 PERUMDA Kota Makassar .....	49
4.1.1 Profil Perusahaan .....	49
4.1.2 Visi & Misi PERUMDA Kota Makassar .....	50
4.1.3 Stuktur Organisasi PERUMDA Kota Makassar .....	52
4.1.4 IPA I Ratulangi PERUMDA Kota Makassar .....	53
4.1.5 Wilayah Layanan Pendistribusian Air .....	54
4.2 Identifikasi Potensi Risiko dengan Metode <i>Delphi</i> .....	56
4.2.1 Kuesioner <i>Delphi</i> Putaran I .....	57
4.2.2 Kuesioner <i>Delphi</i> Putaran II .....	61
4.3 Pengolahan Risiko Menggunakan <i>House of Risk</i> (HOR) .....	63
4.3.1 Identifikasi <i>Risk Event</i> .....	63
4.3.2 <i>House of Risk</i> Fase 1 .....	67
4.3.3 <i>House of Risk</i> Fase 2 .....	76
4.4 Penentuan <i>Key Risk Indicators</i> (KRI) .....	83
4.4.1 Analisis GAP dan Penentuan <i>Threshold</i> .....	84
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>95</b>
5.1 Pembahasan Identifikasi Risiko Dengan Metode <i>Delphi</i> .....	95
5.2 Pembahasan <i>House of Risk</i> Fase 1 .....	97
5.3 Pembahasan <i>House of Risk</i> Fase 2 .....	101
5.4 Pembahasan <i>Key Risk Indicators</i> (KRI) .....	104
5.4.1 Pembahasan Risiko Terjadinya Kebocoran yang Tidak Terdeteksi (A24) .....	104
5.4.2 Pembahasan Risiko Umur Teknis Pipa Melewati Batas Pemakaian (A1).....	107
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>109</b>
6.1 Kesimpulan .....	109
6.2 Saran .....	111

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Posisi Penelitian .....	13
Tabel 2.2	<i>Rangking Severity</i> .....	30
Tabel 2.3	<i>Rangking Occurrence</i> .....	30
Tabel 2.4	Tingkat Penilaian Risiko .....	32
Tabel 2.5	<i>Rangking Correlation</i> .....	34
Tabel 2.6	Bobot Penilaian <i>Degree of Difficulty</i> .....	36
Tabel 3.1	Tahapan Pengolahan Data .....	42
Tabel 4.1	Biodata Responden .....	58
Tabel 4.2	Potensi Risiko pada Pendistribusian Air .....	58
Tabel 4.3	Potensi Risiko Terpilih Berdasarkan Penilaian Responden .....	60
Tabel 4.4	Pengolahan Data Statistik Hasil Kuesioner <i>Delphi</i> Putaran 2 .....	61
Tabel 4.5	Daftar <i>Risk Event</i> .....	64
Tabel 4.6	Daftar <i>Risk Agent</i> .....	65
Tabel 4.7	<i>House of Risk</i> Fase 1 .....	68
Tabel 4.8	Presentase Kumulatif Hasil Pareto .....	72
Tabel 4.9	<i>Risk Agent</i> Dominan Setelah Penanganan .....	74
Tabel 4.10	Daftar Strategi Mitigasi .....	77
Tabel 4.11	<i>House of Risk</i> Fase 2 .....	79
Tabel 4.12	Urutan Prioritas Penanganan .....	80
Tabel 4.13	<i>Risk Agent</i> Dominan Setelah Perancangan Prioritas Strategi Penanganan .....	81
Tabel 4.14	GAP <i>Assesment Tool</i> A24 .....	86
Tabel 4.15	Penentuan <i>Threshold</i> KRI Informasi (Tim Lapangan) .....	88
Tabel 4.16	<i>Threshold</i> Informasi (Tim lapangan) .....	89
Tabel 4.17	Penentuan <i>Threshold</i> KRI Kehilangan Air .....	89
Tabel 4.18	<i>Threshold</i> Kehilangan Air .....	90
Tabel 4.19	GAP <i>Assesment Tool</i> A1 .....	92
Tabel 4.20	Penentuan <i>Threshold</i> KRI <i>Expired</i> .....	93
Tabel 4.21	<i>Threshold Expired</i> .....	93
Tabel 4.22	Penentuan <i>Threshold</i> KRI Penggantian Pipa Bocor .....	94
Tabel 4.23	<i>Threshold</i> Penggantian Pipa Bocor .....	94
Tabel 5.1	<i>Threshold</i> Informasi (Tim lapangan) .....	106
Tabel 5.2	<i>Threshold</i> Kehilangan Air .....	106
Tabel 5.3	<i>Threshold Expired</i> .....	108
Tabel 5.4	<i>Threshold</i> Penggantian Pipa Bocor .....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Deteksi Berbasis Metabolomik yang Tidak Tercatat .....	12
Gambar 2.2	<i>Key Risk Indicators (KRI) Roadmap</i> .....	20
Gambar 2.3	<i>Risk Management Process</i> .....	25
Gambar 2.4	<i>Probability Impact matrices</i> .....	31
Gambar 2.5	HOR Fase 1 .....	32
Gambar 2.6	HOR Fase 2 .....	34
Gambar 3.1	Tahapan Penelitian .....	44
Gambar 3.2	Kerangka Kerja untuk Mengembangkan <i>Key Risk Indicators</i> .....	48
Gambar 4.1	Stuktur Organisasi PERUMDA Kota Makassar, Sulawesi Selatan .....	51
Gambar 4.2	Proses Pengolahan Air IPA 1 Ratulangi .....	53
Gambar 4.3	Peta Wilayah Layanan PERUMDA Kota Makassar .....	55
Gambar 4.4	Perpipaan Wilayah IV PERUMDA Kota Makassar .....	55
Gambar 4.5	Hasil Pengolahan Rata-Rata Identifikasi Potensi Risiko .....	62
Gambar 4.6	Hasil Pengolahan Median Identifikasi Potensi Risiko .....	63
Gambar 4.7	Hasil Pengolahan Standar Deviasi Identifikasi Potensi Risiko .....	63
Gambar 4.8	Hasil Pengolahan <i>Inter Quartile Range</i> Identifikasi Potensi Risiko .....	63
Gambar 4.9	Diagram Pareto <i>Risk Agent</i> .....	71
Gambar 4.10	Peta Risiko Sebelum Perancangan Prioritas Strategi Penanganan .....	75
Gambar 4.11	Peta Risiko Setelah Perancangan Prioritas Strategi Mitigasi .....	82
Gambar 4.12	<i>Rootcause Analysis</i> pada Risiko A24 .....	84
Gambar 4.13	<i>Rootcause Analysis</i> pada Risiko A1 .....	90
Gambar 5.1	Lama Bekerja Responden di PERUMDA Kota Makassar .....	96

## ABSTRAK

PERUMDA Kota Makassar saat ini masih menemukan banyak risiko yang umum terjadi pada proses pendistribusian air. Hal ini menyebabkan banyaknya terjadi kerusakan pada sistem jaringan perpipaan sehingga kuantitas air yang terdistribusi kepada pelanggan tidak optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan pada risiko yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui risiko apa saja yang terjadi pada proses pendistribusian air dengan metode *Delphi* untuk mengidentifikasi potensial risiko. Menggunakan *House of Risk* (HOR) pada tahapan analisis dan evaluasi risiko untuk menentukan strategi mitigasi dan mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) untuk mengetahui *Early Warning System* (EWS). Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan observasi, wawancara, kuesioner, *brainstorming*, dan *focus group discussion* (FGD). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terdapat 16 *risk event* dan 60 *risk agent* yang teridentifikasi. Selanjutnya dilakukan strategi mitigasi pada *risk agent* menggunakan 14 *preventive action*. Berdasarkan risiko yang terpilih yaitu A24 dengan nilai indikator Informasi (Tim Lapangan) memiliki ambang batas bawah 5 jam dan ambang batas atas 8,19 jam. Koordinasi pihak eksternal memiliki ambang batas bawah 1 hari dan ambang batas atas 3 hari untuk pelaporan sebelum melakukan operasi pada area perpipaan dan A1 dengan nilai indikator *expired* dengan ambang batas bawah 20 tahun dan ambang batas atas 26 tahun dan Penggantian pipa bocor dengan ambang batas bawah 15 tahun dan ambang batas atas 16 tahun 3 bulan 2 minggu. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan mampu mendesain *key risk indicators* (KRI) pada risiko yang belum memiliki *Early Warning System* (EWS).

**Kata Kunci:** Risiko pendistribusian air, *Delphi*, *House of Risk* (HOR), *Key Risk Indicators* (KRI).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia telah menggunakan pipa besi dan baja selama lebih dari satu abad dalam sistem distribusi air minum karena kekuatan mekaniknya dan efektivitas biaya, namun kualitas air dapat memburuk akibat dari korosi pipa besi (Zhu et al., 2020). Pada saluran perpipaan pendistribusian air minum banyak ditemukan amuba dan bakteri yang bisa menimbulkan penyakit bagi manusia ketika mengkonsumsi air tersebut (Puzon., et al 2020; Yu et al., 2018). Sehingga untuk mencegah terjadinya infeksi mikroba dan penyakit, disinfeksi harus dilakukan pada pengolahan air minum agar kualitas air minum dapat meningkat dan kesehatan masyarakat terlindungi (Yu et al., 2019).

Risiko kesehatan manusia terkait sistem distribusi air minum menyebabkan perusahaan air minum beralih dari disinfektan konvensional ke disinfektan alternatif untuk meningkatkan kualitas air minum (Mian et al., 2018). Disinfektan sekunder seperti klorin dan kloramin telah diterapkan secara luas untuk meminimalkan risiko mikroba dalam air minum selama distribusi (Li et al., 2019). Untuk menjaga keamanan dalam sistem distribusi air minum, sekitar 700-900 sistem air publik di dunia melakukan disinfeksi untuk mengendalikan kontaminasi mikroba dan pertumbuhan bakteri (He et al., 2019).

Pertumbuhan komunitas mikroba sangat dipengaruhi oleh sterilisasi proses produksi, infrastruktur dan lingkungan (Potgieter et al., 2018). Program pemantauan kualitas air konvensional tidak selalu dapat mendeteksi kontaminasi mikroba air minum pada rantai produksi karena sumber perairan dan jaringan distribusi sangat rentan terhadap kontaminasi (Ikonen et al., 2017). Sistem distribusi air minum dapat menurunkan kualitas air akibat dari pertumbuhan *biofilm* dalam pipa distribusi yang dapat menyebabkan retensi patogen, difusi disinfektan terhambat, dan proliferasi rasa dan bau yang tidak enak (Waller et al., 2018; Zhang

et al., 2019). Mengenai utilitas air minum, pertumbuhan bakteri dapat menyebabkan komplikasi teknis selama distribusi (Perrin et al., 2019). Dalam proses distribusi air minum, polutan beracun sering kali ditemukan, namun disinfeksi dapat menonaktifkan dan merusak patogen oportunistik karena sifat pengoksidasi yang kuat (Han et al., 2020; Wang et al., 2018).

Risiko pendistribusian air PERUMDA masih menemukan beberapa masalah yang umum terjadi diantaranya yaitu air keruh, air berwarna, *water* meter distribusi rusak, kebocoran pada pipa transmisi dan pipa distribusi, terjadinya sambungan liar (pencurian air) sehingga *supply* air kepada pelanggan macet (Putra et al., 2017). Pada pendistribusian air minum PERUMDA risiko paling berpotensi terjadi yaitu kebocoran pipa yang tingkat risikonya rata-rata diatas 30% (Purba et al., 2015). Tingkat kehilangan air yang terdistribusi pada tahun 2018 masih besar yaitu 46,74% dan cakupan layanan pelanggan belum terpenuhi berdasarkan penanganan pengaduan pelanggan dari total 34.027 kasus, yang tertangani hanya 31.990 kasus (Dewi et al, 2019).

Pada bagian distribusi dan kehilangan air PERUMDA Kota Makassar menemukan beragam masalah yang terjadi saat proses pendistribusian air, diantaranya kebocoran pada pipa distribusi yang mengakibatkan pelayanan air bersih disejumlah wilayah tersendat, kebocoran pada pipa distribusi rata-rata disebabkan oleh proyek galian dan pengeboran bawah tanah pemasangan pipa jaringan kabel milik PT. PLN, konsekuensinya distribusi air akan lumpuh atau tidak mengalir ke rumah-rumah pelanggan dan lebih dari 20.000 pelanggan merasakan dampak dari masalah ini (Rakyatku.com, 2020).

Masalah lainnya yaitu pipa distribusi air mengalami korosi, retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi, debit air yang diperoleh pelanggan rendah, penyumbatan pada pipa distribusi, kerusakan pada katub kontrol air, rembesan pada bak air penampungan, kerusakan pada pompa distribusi dan lain-lain (PERUMDA Kota Makassar, 2020). Namun hingga saat ini PERUMDA Kota Makassar masih belum memiliki sistem manajemen risiko yang memadai dan seharusnya setiap perusahaan wajib membangun sistem manajemen risiko untuk

kelangsungan hidup perusahaan serta dapat memberikan pelayanan yang optimal bagi pelanggan.

Dalam penelitian Gonzalez et al., (2018) tentang pengembangan indikator risiko berskala besar untuk manajemen risiko bencana menggunakan metode *Risk and Resilience Monitor* (RRM) dan analisis faktor *varimax* untuk mengukur aspek risiko dan ketahanan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Xu & Xue, (2017) tentang *key risk indicators* (KRI) untuk ketahanan ruang publik menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk identifikasi, analisis, dan evaluasi indikator risiko utama. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Zhen et al., (2019) terkait dengan pendekatan berbasis risiko untuk pengembangan *key risk indicators* (KRI) pada industri perminyakan lepas pantai yang dapat digunakan untuk mengukur, memantau dan memprediksi tingkat risiko.

Chen et al., (2019) melakukan penelitian tentang *selection of key indicators* pada risiko kerusakan pipa minyak dan gas industri menggunakan metode *Delphi* dan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP) untuk mencegah dan mengurangi kerugian manusia, produksi, asset, dan lingkungan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Hegde et al., (2016) tentang pengembangan indikator risiko tabrakan untuk pemeliharaan dan perbaikan bawah laut dengan menggunakan 3 indikator berbasis risiko yaitu waktu tabrakan, waktu rata-rata, dan dampak tabrakan yang hasilnya memberikan implementasi dan tindakan untuk mengurangi risiko.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wijesiri et al., (2018) tentang penggunaan indikator risiko untuk evaluasi potensi risiko kesehatan karena kualitas air perkotaan yang buruk adapun indikator yang digunakan yaitu kekeruan air, total nitrogen, dan lemak minyak, penelitian ini menggunakan metode *Bayesian Networks* untuk memodelkan kualitas air. Selanjutnya dalam penelitian Guertler & Spinler, (2015) tentang pemantauan risiko untuk mengetahui indikator risiko utama dengan menggunakan pendekatan dinamika sistem dan analisis dampak silang, hasil penelitian ini menemukan 7 indikator risiko utama (KRI) untuk pemantauan risiko termasuk juga risiko pasokan.

Dalam penelitian Dadsena et al., (2019); Toppel & Trankler, (2019); Thons & Stewart, (2019); Ceres et al., (2019) mengatakan bahwa strategi mitigasi risiko menggunakan 3 karakteristik utama untuk perancangan strategi mitigasi yaitu biaya implementasi, strategi, dan probabilitas terjadinya risiko dan langkah-langkah mitigasi risiko berdasarkan 3 indikator mitigasi yaitu 1. risiko dan optimisasi berbasis biaya, 2. Mengukur dan memastikan signifikansi dalam pengurangan risiko, 3. Mengukur dan memastikan kemungkinan efisiensi biaya yang tinggi.

Berdasarkan penelitian Shi et al., (2018) yang mengembangkan *Key Risk Indicators* (KRI) penilaian kecelakaan pada lintasan kendaraan sebelum kecelakaan menggunakan 3 metrik sebagai indikator dasar yaitu 1. Perilaku risiko, 2. Penghindaran risiko, 3. Margin risiko, KRI dirancang untuk mengevaluasi tingkat keparahan risiko, penelitian ini menggunakan metode *hybrid* dan indikator hirarkis.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan 3 metrik sebagai indikator dasar yaitu 1. Perilaku risiko, 2. Penghindaran risiko, 3. Margin risiko, dan menggunakan metode *hybrid* dan indikator hirarkis. Sedangkan penelitian ini melakukan penambahan variabel berdasarkan penelitian sebelumnya. Adapun tahapan yang dilakukan untuk mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) yaitu 1. Memahami perilaku risiko dengan melakukan identifikasi risiko untuk mengetahui *risk event* dan *risk agent*. 2. Analisis risiko, 3. Mengevaluasi risiko, 4. Penanganan risiko, 5. Mendesain *Key Risk Indicators* (KRI).

Penelitian ini menggunakan metode *House of Risk* (HOR) yang merupakan metode untuk *manage* risiko secara proaktif, dimana *risk event* yang teridentifikasi sebagai penyebab *risk agent* dapat dikelola dengan memberikan urutan berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan (Magdalena & Vannie, 2019). Berdasarkan kajian-kajian yang telah dijelaskan di atas peneliti mencoba melakukan “Desain *Key Risk Indicators* dan Strategi Mitigasi pada Pendistribusian Air”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Risiko apa saja yang terjadi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi?
2. Bagaimana strategi mitigasi untuk mengurangi dampak risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi?
3. Bagaimana desain *Key Risk Indicators* (KRI) yang dapat dijadikan sebagai sensor awal untuk penanganan risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) dan merancang strategi mitigasi untuk menjaga kualitas air di PERUMDA Kota Makassar yang disistribusikan kepada pelanggan. Sementara secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui risiko apa saja yang terjadi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi.
2. Memberikan usulan strategi mitigasi untuk mengurangi dampak risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi.
3. Mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) yang dapat dijadikan sebagai sensor awal untuk penanganan risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi.

## 1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini mampu menghasilkan desain *Key Risk Indicators* (KRI) dan strategi mitigasi risiko yang tepat pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi, maka perlu dibuat batasan masalah. Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi yang berada di Jl. DR. Ratulangi No.3 Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
2. Penelitian ini hanya terfokus pada risiko-risiko pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi yang berada di Jl. DR. Ratulangi No.3 Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
3. Penelitian ini hanya mencakup identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi risiko, dan penanganan risiko yang dijadikan acuan untuk mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) dan strategi mitigasi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi yang berada di Jl. DR. Ratulangi No.3 Kota Makassar, Sulawesi Selatan.
4. Penelitian ini tidak mencakup evaluasi dari implementasi desain *Key Risk Indicators* (KRI) dan strategi mitigasi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi yang berada di Jl. DR. Ratulangi No.3 Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah penelitian ini yang menggunakan *House of Risk* (HOR) sebagai acuan untuk mendesain *Key Risk Indicators* (KRI) dan merancang strategi mitigasi risiko pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi agar dapat membantu untuk:

1. Membantu perusahaan dalam hal ini PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi untuk mengetahui gambaran risiko-risiko apa saja yang dihadapi dalam pendistribusian air serta dapat melakukan evaluasi terhadap upaya yang sudah dilakukan.
2. Memberikan sumbangsi pemikiran yang berkaitan dengan risiko-risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi.
3. PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi dapat mengetahui langkah mitigasi yang tepat dan efektif sehingga dapat meningkatkan kinerja perusahaan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai apa yang menjadi latar belakang dilakukan penelitian serta permasalahan yang akan diteliti dan dibahas. Selain itu pada bab ini juga dijelaskan uraian tujuan dan manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi teori yang diambil dari beberapa literature berkaitan dengan penelitian. Teori-teori tersebut menjadi acuan dalam melakukan penelitian dan ditunjang dengan penelitian-penelitian terkait sebelumnya.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan secara singkat mengenai profil PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian kali ini, dan penejelasan secara terstruktur mengenai alur proses penelitian, beserta *flow chart* penelitian yang dilakukan mulai dari objek penelitian, metode pengumpulan data, dan pengolahan data yang digunakan.

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini membahas mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data menggunakan metode yang digunakan oleh peneliti.

### **BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian bab ini membahas hasil terkait dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya menggunakan *House of Risk* (HOR) hingga didapatkan hasil akhir berupa KRI berdasarkan rumusan masalah, tujuan, dan alur penelitian yang telah dibahas sebelumnya sehingga dapat diperoleh kesimpulan dan saran dari hasil yang didapat.

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutupan dari penelitian yang dilakukan diamana menyajikan kesimpulan dan saran yang dapat ditujukan pada perusahaan dalam

melakukan perbaikan untuk kedepannya dari kekurangan yang disimpulkan pada penelitian.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Induktif (Penelitian Terdalulu)

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan pendistribusian air, diantaranya yaitu Yu et al., (2019) yang melakukan penelitian tentang disinfeksi dalam sistem distribusi air minum di pedesaan mengatakan bahwa disinfeksi merupakan bagian penting dari proses pengolahan air minum karena dapat mencegah terjadinya infeksi mikroba dan penyakit sehingga peningkatan kualitas air minum perlu dilakukan untuk melindungi kesehatan masyarakat. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ding et al., (2019) tentang pengolahan dan distribusi air minum mengatakan bahwa disinfeksi air minum membutuhkan pertukaran antara inaktivasi efek patogen yang dapat terjadi dari agen teknik dan bahan berbahaya dari pembentukan produk disinfeksi yang tidak diinginkan selama pengolahan dan distribusi air air minum.

Dalam penelitian Mian et al., (2018) yang memprioritaskan tiga kategori untuk risiko dalam pendistribusian air yaitu 1. Prioritas kritis, 2. Sedang, 3. Rendah yang hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa spesies UR-DBP, sesuai dengan skor spesies yang diukur, hasil tersebut dapat membantu pemangku kepentingan air minum untuk mengidentifikasi spesies UR-DBP yang kritis. Selanjutnya penelitian Puzon et al., (2020) tentang amuba *naegleria floweri* yang hasilnya menunjukkan bahwa NF secara musiman dapat tumbuh dalam dinding pipa distribusi karena ekologi komunitas mikroba dengan kondisi fisik dan kimia dapat mempengaruhi komunitas NF yang terkait dengan *biofilm* dinding pipa lebih tahan terhadap disinfeksi klorin yang mempertahankan residu klorin bebas yang meningkat ( $\geq 1,0$  mg / L).

Penelitian Zhu et al., (2020) tentang sistem distribusi air minum yang disimulasikan dengan kondisi yang berjalan aktual menggunakan desinfeksi UV/Cl<sub>2</sub> dan klorinasi, hasilnya setelah diuji menggunakan gen fungsional dan *pyrosequencing* menunjukkan bahwa presentase tinggi dari bakteri

daur ulang besi terdeteksi dalam *biofilm* AR dengan CL2 sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan sinar UV secara berurutan dan dosis klorin awal yang tinggi dapat menekan bakteri biomassa dalam daur ulang besi. Selanjutnya penelitian Li et al., (2019) tentang sistem distribusi menggunakan metode tinjauan sistematis yang hasilnya menunjukkan bahwa faktor-faktor penting yang dapat diidentifikasi pada sistem distribusi air yaitu suhu air, umur air, bahan perpipaan, produk korosi, pH, kondisi hidrolis, jenis residu, dosis disinfektan dan aktifitas mikroba yang menjadi parameter untuk dijadikan dasar prediksi karena banyak faktor yang diketahui dapat mempengaruhi derajat dan sifat aktifitas tersebut.

Berdasarkan penelitian He et al., (2019) tentang reaksi *floxacin* dan klorin dalam sistem distribusi air minum, hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa 1. PHK laju degradasi oleh klorin lebih tinggi daripada CIO 2 pada pH 7,4 dalam DWDS skala pilot, 2. efisiensi degradasi FLE secara signifikan dipengaruhi oleh pH, dengan degradasi FLE oleh klorin memiliki tingkat tertinggi pada pH netral, dan tingkat degradasi berkorelasi positif dengan pH (dari 6,5 ke 9) selama proses desinfeksi CIO 2, 3. material pipa dapat mempengaruhi kinerja relatif efisiensi degradasi FLE oleh klorin dan CIO 2,4.

Dalam penelitian Potgieter et al., (2018) tentang dinamika komunitas mikroba dalam sistem distribusi air skala besar menggunakan 3 strategi disinfeksi yaitu 1. Klorinasi, 2. Kloraminasi, 3. Hipoklorinasi, hasilnya menunjukkan bahwa dinamika temporal berkurang ketika air curah pindah dari pabrik pengolahan karena potensi penyemaian air curah oleh masyarakat yang relatif stabil untuk waktu yang lama yaitu *biofilm* dan endapan lepas yang melekat pada sistem distribusi air minum. Selanjutnya penelitian Ikonen et al., (2017) tentang sistem distribusi air minum menggunakan sensor *online* untuk konduktivitas listrik (EC), pH, suhu, kekeruhan, absorbansi UV pada 254 nm (UVAS SC) dan perangkat untuk menghitung partikel yang hasilnya menunjukkan bahwa puncak dalam data EC, pH, T, kekeruhan dan UVAS SC terdeteksi sesuai dengan waktu yang diprediksi.

Penelitian Waller et al., (2018) tentang perbandingan metode kuantifikasi sel *biofilm* untuk sistem distribusi air minum menggunakan tiga metode untuk kuantifikasi sel *biofilm* yang ditumbuhkan dalam sampel *loop* pipa: *biofilm*

*heterotrophic plate count* (HPC), *biofilm biovolume* dengan *confocal laser scanning microscopy* (CLSM) dan total sel *biofilm* dengan sel *cytometry* aliran (FCM) dipasangkan dengan Syto 9. Kedua *biofilm biovolume* oleh CLSM dan jumlah sel total *biofilm* dengan FCM dievaluasi untuk kuantifikasi seluruh *biofilm* termasuk sel yang tidak hidup dan sel yang hidup. Selanjutnya penelitian Perrin et al., (2019) tentang skala temporal untuk memantau kualitas air pada sistem distribusi menggunakan *high-throughput sequencing* dari pendekatan gen 16S rRNA untuk mengkarakterisasi komunitas bakteri sistem distribusi air, hasilnya menunjukkan bahwa *high-throughput sequencing* telah memungkinkan untuk memantau DWDS lebih akurat daripada metode konvensional dengan menggambarkan seluruh keanekaragaman dan mendeteksi sedikit fluktuasi dalam komunitas bakteri, metode ini selanjutnya akan digunakan untuk mengawasi jaringan air minum.

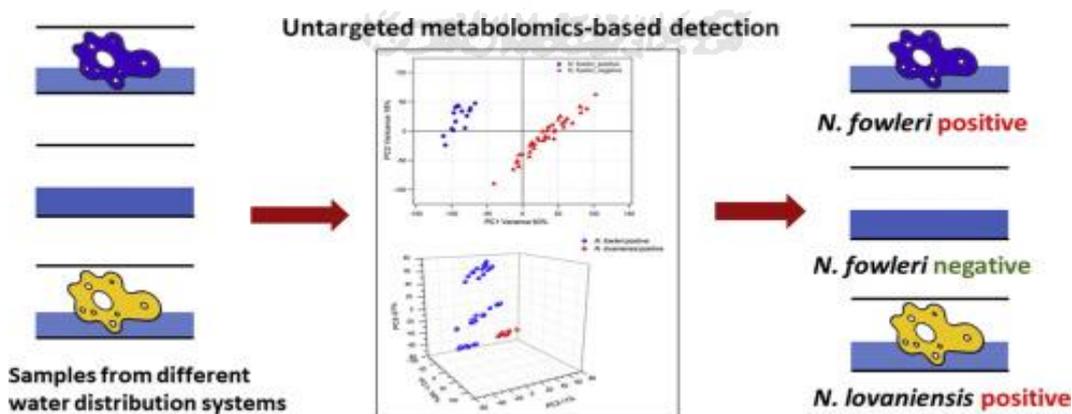
Dalam penelitian Han et al., (2020) tentang kualitas air pada distribusi air minum menggunakan analisis *toksikologi* dan *fluoresensi* penelitian ini menemukan polutan beracun, termasuk toksitas genotoksik/reproduksi yang diperoleh dalam pengolahan air minum dan juga saat proses produksi, analisis kimia adalah pendekatan yang paling umum digunakan untuk memantau kualitas air minum, tetapi sebenarnya tidak dapat mendeteksi dan mengukur semua polutan yang ada dalam sampel air minum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampel air dan air keran menunjukkan potensi mematikan, genotoksik dan reprotoxik lebih tinggi daripada sampel air sumber relatif, dan sampel air keran lebih mematikan tetapi cenderung kurang genotoksik daripada sampel air jadi yang sesuai.

Wang et al., (2018) melakukan penelitian tentang efek desinfeksi O<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub> pada korosi dan pertumbuhan patogen oportunistik dalam sistem distribusi air minum menggunakan pendekatan *reaktor annular* (ARs), hasilnya menunjukkan bahwa proses korosi dan analisis kemungkinan nomor (MPN) menunjukkan bahwa kandungan bakteri pengoksidasi besi dan bakteri pereduksi besi yang lebih tinggi dalam *biofilm* AR yang diolah dengan O<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub> yang menginduksi formasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang lebih tinggi dalam skala korosi ini menjadi lebih stabil daripada yang terbentuk di AR yang diperlakukan dengan Cl<sub>2</sub> saja. O<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub> desinfeksi

menghambat korosi dan pelepasan zat besi secara efisien dengan mengubah kandungan bakteri terkait korosi.

Berdasarkan penelitian Zhang et al., (2019) tentang pertumbuhan *biofilm* dalam sistem distribusi air minum menggunakan metode simulasi untuk mengeksplorasi terjadinya resistensi gen antibiotik (ARG) dengan 6 parameter utama (*ermA*, *ermB*, *aphA2*, *ampC*, *sulII*, dan *tetO*) dalam 3 fase sampel (air, partikel, dan *biofilm*) hasilnya menunjukkan bahwa kelimpahan dari enam ARG dalam *efluen* reaktor meningkat secara bertahap, dan dalam 120 d *efluen*, kelimpahan relatif *aphA2* dan *sul II* adalah yang tertinggi, masing-masing pada  $9,9 \times 10^{-4}$  dan  $1,3 \times 10^{-3}$ , dengan peningkatan 1,5 kali lipat dan 2,8 kali lipat, dibandingkan dengan mereka yang berada di *influen*, kelimpahan relatif dari enam ARG dalam fase *biofilm* meningkat secara signifikan ( $P < 0,05$ ) pada 120 d, yang disebabkan oleh bakteri kuat dalam *biofilm* yang baru terpapar setelah pelepasan sebagian besar *biofilm* penuaan.

Dalam penelitian Yu et al., (2018) tentang penerapan metabolomik untuk mendeteksi *pathogen naegleria fowleri* dalam sistem distribusi air minum operasional, hubungan integrasinya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Deteksi berbasis metabolomik yang tidak tercatat

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daftar fitur diagnostik yang ditemukan *Naegleria Fowleri* positif dari *Naegleria Fowleri* negatif serta *N. Lovaniensis* dapat dibedakan.

Tabel 2.1 Posisi Penelitian

No	Nama Peneliti / Tahun	Judul	Metode	Objek penelitian
1	Mian et al., (2018)	<i>Prioritization of unregulated disinfection by-products in drinking water distribution systems for human health risk mitigation: A critical review</i>	<i>Indexing Method</i>	Proses pengolahan air untuk mitigasi resiko yang ditimbulkan oleh UR-DBP melalui air minum
2	Puzon et al., (2020)	<i>Naegleria fowleri in drinking water distribution systems</i>	Metode deteksi residu klorin dan suhu	Resiko kolonisasi <i>Naegleria fowleri</i> pada sistem distribusi air
3	Yu et al., (2019)	<i>The occurrence and transformation behaviors of disinfection byproducts in drinking water distribution systems in rural areas of eastern China</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis statistik</li> <li>• <i>Pearson correlation coefficient</i></li> </ul>	Toksisitas DBP dari pabrik pengolahan kekeran konsumen
4	Ding et al., (2019)	<i>Disinfection byproduct formation during drinking water treatment and distribution: A review of unintended effects of engineering agents and materials</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Poli Diall Dimethylammonium Chloride (PDADMAC)</i></li> <li>• <i>Epichlorohydrin /Dimethylamine (ECH/DMA)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prekursor DBP alternatif</li> <li>• Transformasi DBP menjadi spesies yang lebih beracun</li> <li>• Katalisis pembentukan DBP</li> </ul>
5	Zhu et al., (2020)	<i>Effects of disinfection efficiency on microbial communities and corrosion processes in drinking water distribution systems simulated with actual running conditions</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulasi</li> <li>• AR 132LJ</li> <li>• <i>Bio Surface Technologies</i></li> </ul>	Efek efisiensi desinfeksi pada komunitas mikroba dan korosi pipa besi cor dalam sistem distribusi air minum

No	Nama Peneliti / Tahun	Judul	Metode	Objek penelitian
6	Li et al., (2019)	<i>Disinfectant residual stability leading to disinfectant decay and by-product formation in drinking water distribution systems: A systematic review</i>	<i>Model Bayesian Network</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disinfektan dan disinfeksi pembentukan produk samping</li> <li>• Aktivitas mikroba</li> <li>• Sistem perpipaan</li> </ul>
7	He et al., (2019)	<i>Reaction of fleroxacin with chlorine and chlorine dioxide in drinking water distribution systems: Kinetics, transformation mechanisms and toxicity evaluations</i>	<i>Transformation Mechanisms and Toxicity Evaluations</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fleroxacin (FLE)</li> <li>• Penilaian toksisitas</li> <li>• Disinfeksi klorin</li> <li>• Klorinasi</li> <li>• Konsentrasi pH</li> <li>• Oksidasi</li> </ul>
8	Potgieter., (2018)	<i>Long-term spatial and temporal microbial community dynamics in a large-scale drinking water distribution system with multiple disinfectant regimes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AMOVA</li> <li>• PERMANOVA</li> <li>• MRA</li> </ul>	Sistem distribusi air minum skala besar dengan berbagai jenis disinfektan
9	Ikonen et al., (2017)	<i>On-line detection of Escherichia coli intrusion in a pilot-scale drinking water distribution system</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknik pemantauan online</li> <li>• Perhitungan Integral</li> </ul>	Kontaminasi mikroba dalam sistem distribusi air
10	Waller et al., (2018)	<i>Comparison of biofilm cell quantification methods for drinking water distribution systems</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Confocal laser scanning microscopy (CLSM)</i></li> <li>• <i>Biofilm heterotrophic plate count (HPC)</i></li> </ul>	Kuantifikasi sel <i>biofilm</i> dalam sistem distribusi air minum
11	Perrin et al., (2019)	<i>Microbiome of drinking water: A full-scale spatio-temporal study to</i>	Gen 16S rRNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Hyphomicrobium</i></li> <li>• <i>Phreatobacter</i></li> </ul>

No	Nama Peneliti / Tahun	Judul	Metode	Objek penelitian
		<i>monitor water quality in the Paris distribution system</i>		
12	Han et al., (2020)	<i>An investigation of changes in water quality throughout the drinking water production/distribution chain using toxicological and fluorescence analyses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Caenorhabditis elegans</i></li> <li>• Matriks eksitasi-emisi fluoresensi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polutan beracun</li> <li>• Tosisitas genotoksik</li> <li>• Pengolahan air minum</li> <li>• Distribusi air minum</li> </ul>
13	Wang et al., (2018)	<i>Effects of O3/Cl2 disinfection on corrosion and opportunistic pathogens growth in drinking water distribution systems</i>	Simulasi dengan Model ARs dan Model 1320 LJ	Pertumbuhan pathogen dalam sistem pendistribusian air minum
14	Zhang et al., (2019)	<i>Selective antibiotic resistance genes in multiphase samples during biofilm growth in a simulated drinking water distribution system: Occurrence, correlation and low-pressure ultraviolet removal</i>	Simulasi dengan model reaktor <i>bioflm</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistensi gen antibiotik</li> <li>• Klorin dalam pipa distribusi</li> <li>• Total Carbon</li> </ul>
15	Yu et al., (2018)	<i>Application of untargeted metabolomics for the detection of pathogenic Naegleria fowleri in an operational drinking water distribution system</i>	<i>Untargeted metabolomics</i>	<i>Patogen dan Naegleria fowleri</i> dalam sistem distribusi air munum
16	Shi et al., (2018)	<i>Key risk indicators for accident assessment conditioned on pre-crash vehicle trajectory</i>	<i>Key Risk Indicators</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penilaian risiko</li> <li>• Perilaku risiko pra kecelakaan</li> <li>• Tingkat risiko</li> <li>• Penghindaran risiko</li> <li>• Margin risiko</li> </ul>

No	Nama Peneliti / Tahun	Judul	Metode	Objek penelitian
17	Cahyani et al., (2016)	Studi Implementasi Model House of Risk (HOR) untuk Mitigasi Risiko Keterlambatan Material dan Komponen Impor pada Pembangunan Kapal Baru	<i>House of Risk (HOR)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komponen-komponen impor kapal baru</li> <li>• Material</li> <li>• Risk Agent</li> <li>• Risk Event</li> </ul>
18	Magdalena & Vannie, (2019)	Analisis risiko <i>supply chain</i> dengan model <i>house of risk (HOR)</i> pada pt tatalogam lestari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>House of Risk (HOR)</i></li> <li>• SCOR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risk event</li> <li>• Risk agent</li> <li>• Plan</li> <li>• Make</li> <li>• Source</li> <li>• Delivery</li> <li>• Return</li> </ul>
19	Trenggonowati & Pertiwi, (2017)	Analisis penyebab risiko dan mitigasi risiko dengan menggunakan metode <i>house of risk</i> pada divisi pengadaan pt xyz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>House of Risk (HOR)</i></li> <li>• QFD</li> <li>• FMEA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivitas pengadaan barang dan jasa</li> <li>• Devisi Pengadaan</li> <li>• Risk event</li> <li>• Risk agent</li> <li>• Risk Mitigation</li> </ul>
20	Rakadhitya et al (2019)	Studi Kasus Mitigasi Risiko Rantai Pasok dengan Integrasi <i>House of Risk</i> dan <i>Fuzzy Logic</i> pada PT X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manajemen rantai pasok</li> <li>• <i>House of Risk (HOR)</i></li> <li>• Fuzzy logic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rantai pasok</li> <li>• Risk event</li> <li>• Risk agent</li> <li>• Risk Mitigation</li> </ul>
21	Putri, (2020)	Analisis Risiko Kegagalan Produk Mempengaruhi Kualitas Pelayanan Menggunakan <i>House Of Risk</i> Dan <i>Supply Chain Operations Reference</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>House of Risk (HOR)</i></li> <li>• <i>Supply Chain Operations Reference (SCOR)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaringan air</li> <li>• Pipa distribusi</li> <li>• Mesin</li> <li>• Fasilitas Produksi</li> <li>• Risk event</li> <li>• Risk agent</li> <li>• Risk Mitigation</li> </ul>
22	Anggrahini et al., (2018)	Manajemen Risiko Kualitas Pada Rantai Pasok Industri Pengolah Hasil Laut Skala Menengah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delphi</li> <li>• <i>House of Risk (HOR)</i></li> <li>• Manajemen Kualitas Rantai Pasok</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengelolaan hasil laut</li> <li>• Perubahan suhu</li> <li>• Penyimpangan terhadap kualitas produk</li> </ul>

No	Nama Peneliti / Tahun	Judul	Metode	Objek penelitian
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Supply Chain Operations Reference</i> (SCOR)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keamanan pangan</li> <li>• <i>Risk event</i></li> <li>• <i>Risk agent</i></li> <li>• <i>Risk Mitigation</i></li> </ul>
23	Yan Herdianzah (2020)	Desain <i>key risk indicators</i> dan strategi mitigasi pada pendistribusian air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Key Risk Indicators</i></li> <li>• <i>Delphi</i></li> <li>• <i>House of Risk</i> (HOR)</li> </ul>	Risiko-risiko pada sistem pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV Ratulangi

Pendekatan *House of Risk* (HOR) telah banyak dipergunakan dalam beberapa penelitian terdahulu seperti dijelaskan sebelumnya pada latar belakang penelitian ini dan juga dalam permasalahan yang konkrit dengan basis empiris serta melibatkan pemikiran berbagai ahli dalam disiplin ilmu yang berbeda. Namun pendekatan HOR yang berfokus pada desain *key risk indicators* (KRI) dan strategi mitigasi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV Ratulangi, belum ditemukan. Untuk itu, sangat penting untuk dilakukan penelitian tersebut dalam upaya pencapaian tujuan perusahaan dengan menggunakan pendekatan HOR yang terbukti handal dalam memetakan risiko-risiko yang dapat mengakibatkan tujuan perusahaan tidak tercapai serta mampu memberikan usulan strategi mitigasi untuk penanganan sumber risiko. Sumber risiko yang paling potensial akan dijadikan indikator utama untuk mendesain KRI. Kebaruan penelitian adalah menggunakan metode HOR untuk mendesain KRI dan memberikan usulan strategi mitigasi risiko dengan menggunakan 5 tahapan untuk mendesain KRI yaitu 1. Memahami perilaku risiko dengan melakukan identifikasi risiko untuk mengetahui *risk event* dan *risk agent*. 2. Melakukan analisis risiko, 3. Mengevaluasi risiko, 4. Melakukan mitigasi risiko, 5. Mendesain KRI.

## **2.2 Kajian Deduktif (Tinjauan Pustaka)**

Kajian deduktif digunakan sebagai acuan dari teori-teori dan prinsip yang sesuai dengan permasalahan yang terlibat dalam penelitian:

### **2.2.1 Risiko**

Risiko adalah sesuatu yang mengarah pada ketidakpastian atas terjadinya suatu peristiwa selama selang waktu tertentu yang mana peristiwa tersebut menyebabkan suatu kerugian baik itu kerugian kecil yang tidak begitu berarti maupun kerugian besar yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dari suatu perusahaan. Risiko pada umumnya dipandang sebagai sesuatu yang negatif, seperti kehilangan, bahaya, dan konsekuensi lainnya. Kerugian tersebut merupakan bentuk ketidakpastian yang seharusnya dipahami dan dikelola secara efektif oleh organisasi sebagai bagian dari strategi sehingga dapat menjadi nilai tambah dan mendukung pencapaian tujuan organisasi (Sumajouw & Sompie, 2014).

Sumber-sumber penyebab risiko menurut Sumajouw & Sompie, (2014) dapat dibedakan atas 4 jenis yaitu:

1. Risiko Internal, yaitu risiko yang berasal dari dalam perusahaan itu sendiri.
2. Risiko Eksternal, yaitu risiko yang berasal dari luar perusahaan atau lingkungan luar perusahaan.
3. Risiko Keuangan, adalah risiko yang disebabkan oleh faktor-faktor ekonomi dan keuangan, seperti perubahan harga, tingkat bunga, dan mata uang.
4. Risiko Operasional, adalah semua risiko yang tidak termasuk risiko keuangan.

Risiko operasional disebabkan oleh faktor-faktor manusia, alam, dan teknologi.

Risiko merupakan ancaman terhadap kehidupan, properti atau keuntungan finansial akibat bahaya yang terjadi secara umum risiko dikaitkan dengan kemungkinan (probabilitas) terjadinya peristiwa diluar yang diharapkan variasi dalam hal-hal yang mungkin terjadi secara alami atau kemungkinan terjadinya peristiwa diluar yang diharapkan yang merupakan ancaman terhadap properti dan keuntungan finansial akibat bahaya yang terjadi (Labombang, 2011).

Menurut Labombang, (2011) secara umum risiko dapat diklasifikasikan menurut berbagai sudut pandang yang tergantung dari dari kebutuhan dalam penanganannya, yaitu:

1. Risiko murni dan risiko spekulatif (*Pure risk and speculative risk*)

Risiko murni dianggap sebagai suatu ketidakpastian yang dikaitkan dengan adanya suatu luaran (*outcome*) yaitu kerugian. Contoh risiko murni kecelakaan kerja di proyek. Karena itu risiko murni dikenal dengan nama risiko statis. Risiko spekulatif mengandung dua keluaran yaitu kerugian (*loss*) dan keuntungan (*gain*). Risiko spekulatif dikenal sebagai risiko dinamis. Contoh risiko spekulatif pada perusahaan asuransi jika risiko yang dijamin terjadi maka pihak asuransi akan mengalami kerugian karena harus menanggung uang pertanggungan sebesar nilai kerugian yang terjadi tetapi bila risiko yang dijamin tidak terjadi maka perusahaan akan memperoleh keuntungan.

2. Risiko terhadap benda dan manusia

Dimana risiko terhadap benda adalah risiko yang menimpa benda seperti rumah terbakar sedangkan risiko terhadap manusia adalah risiko yang menimpa manusia seperti risiko hari tua, kematian dsb.

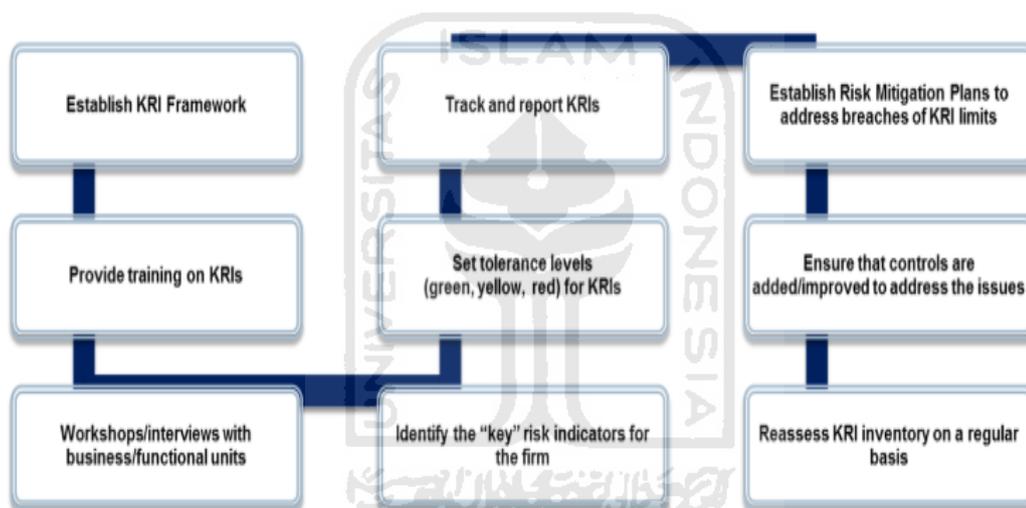
3. Risiko fundamental dan risiko khusus (*fundamental risk and particular risk*)

Risiko fundamental adalah risiko yang kemungkinannya dapat timbul pada hampir sebagian besar anggota masyarakat dan tidak dapat disalahkan pada seseorang atau beberapa orang sebagai penyebabnya, contoh risiko fundamental: bencana alam, peperangan. Risiko khusus adalah risiko yang bersumber dari peristiwa-peristiwa yang mandiri dimana sifat dari risiko ini adalah tidak selalu bersifat bencana, bisa dikendalikan atau umumnya dapat diasuransikan. Contoh risiko khusus: jatuhnya kapal terbang, kandasnya kapal dan lain-lain.

### 2.2.2 Key Risk Indicators (KRI)

KRI (*Key Risk Indicator*) merupakan metrik atau indikator yang dapat mengindikasikan paparan, kehilangan atau biasa disebut “masalah”. Segala hal yang dapat melakukan suatu fungsi tersebut dapat dianggap sebagai suatu indikator risiko. Indikator menjadi sebuah kunci ketika melacak sebuah kejadian yang sangat penting, ataupun indikator yang berperan sangat baik dan cocok dalam melakukan hal tersebut, pada risiko operasional sendiri dapat didefinisikan sebagai risiko kerugian akibat proses, sistem, kinerja manusia, atau peristiwa eksternal yang tidak memadai atau gagal (Shi et al., 2018).

Pada penetapan KRI dari berbagai indikator-indikator pengukuran risiko, perlu memperhatikan beberapa hal, antara lain KRI yang ditetapkan harus bersifat SMART (*Specific, Measurable, Accurate, Realistic, dan Timebound*) dan mampu digunakan untuk memprediksi kejadian yang akan datang, mengumpulkan leading dan lagging indikator dalam penerapan manajemen risiko yang efektif, dan mempermudah perusahaan dalam monitoring, pada penetapan *threshold* dilakukan penentuan dan pemvalidasian hal-hal yang memicu *threshold* yang akan ditetapkan, didasarkan pada kemampuan setiap perusahaan, dan bertepatan dengan risk appetite setiap perusahaan (Strachnyi, 2015).



Gambar 2.2 *Key Risk Indicators (KRI) roadmap* (Strachnyi, 2015).

Proses *Key Risk Indicators (KRI)* menurut Strachnyi, (2015) sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi *Key Risk Indicators (KRI)*

- Identifikasi metrik yang ada
- Nilai kesenjangan dan tingkatkan metrik
- Identifikasi KRI melalui penilaian mandiri kendali risiko (RCSA) - wawancara unit bisnis
- Jangan terlalu mengandalkan mereka; fokus pada indikator yang melacak perubahan dalam profil risiko atau efektivitas lingkungan kontrol

- Berkonsentrasilah pada risiko signifikan dan penyebabnya serta pertimbangkan indikator berwawasan ke depan dan historis
  - Pertimbangkan nilai dan angka *absolut*, rasio, persentase, penuaan, dan lain-lain
  - Data tentang KRI harus dikumpulkan secara sistematis dan konsisten agar bermakna, misalnya, setiap bulan.
2. Temukan *Key Risk Indicators* (KRI)
    - Pilih KRI yang terukur, bermakna dan prediktif (indikator utama)
    - Kumpulkan gabungan indikator terkemuka dan tertinggal untuk manajemen risiko yang efektif
    - Jangan pilih terlalu banyak KRI yang:
      - Terlalu sulit untuk dikelola (melacak)
      - Mungkin menjadi tidak terkendali
      - Pilih hanya yang memberikan informasi bermanfaat
  3. Pengaturan ambang batas *Key Risk Indicators* (KRI)
    - Menentukan dan memvalidasi level pemicu atau ambang batas
    - Berdasarkan toleransi industri atau penerimaan internal
    - Dewan direksi harus menyetujui ambang batas
    - Seharusnya bertepatan dengan pernyataan *risk appetite*
  4. Pelacakan & pelaporan *Key Risk Indicators* (KRI)
    - Pelacakan berkala KRI (bulanan, mingguan, tergantung pada apa yang diwakili KRI)
    - KRI harus dilaporkan secara teratur dan prosedur eskalasi harus dilakukan (sebagai bagian dari kerangka kerja KRI) untuk memastikan pelaporan yang tepat waktu kepada manajemen dan dewan
    - Berbagai KRI akan memiliki tingkat eskalasi yang berbeda. Ketika ragu, naik lebih tinggi tetapi jangan membuang terlalu banyak informasi pada manajemen / dewan karena mereka akan kewalahan
  5. Rencana mitigasi risiko
    - Rencana mitigasi risiko (RMP) harus ditetapkan untuk item berisiko tinggi

- Item dengan tingkat keparahan yang tinggi atau frekuensi kejadian yang tinggi perlu memiliki RMP untuk mengurangi risiko dan meningkatkan kontrol
- Tentukan apa yang berisiko tinggi dengan menilai tingkat kontrol
- Lacak RMP untuk memastikan bahwa kontrol ditingkatkan dan risiko dimitigasi. Laporkan RMP ke manajemen / dewan, dan tetapkan tanggal penyelesaian target
- Pelaporan KRI kepada kepala unit bisnis oleh pemilik KRI. Kepala unit bisnis kemudian melaporkan ke manajemen risiko. Manajemen risiko melaporkan kepada dewan risiko dan jika berlaku, dewan penuh.
- Ini dapat membantu meningkatkan struktur tata kelola perusahaan.

#### 6. Peran dan tanggung jawab

- Manajemen risiko
  - Buat Kerangka dan berikan pelatihan
  - Bimbingan dan tantangan proses pemilihan KRI
  - Pelaporan / Eskalasi pelanggaran
  - Identifikasi Tren
- Unit bisnis
  - Identifikasi KRI
  - Tetapkan ambang batas
  - Monitor posisi
  - Menambah pelanggaran batas manajemen
- Audit internal
  - Validasi dan jaminan seputar proses KRI
  - Masukkan output ke dalam rencana audit
  - Nilai efektivitas kontrol untuk KRI yang dilanggar atau berwarna kuning

#### 7. Tantangan

Tantangan potensial untuk membentuk kerangka kerja KRI yang efektif meliputi:

- Membuat unit bisnis ikut serta dalam kebutuhan akan KRI

- Menunjukkan efek (positif) yang dapat terjadi pada perusahaan secara keseluruhan dan untuk setiap unit bisnis
- Mungkin menghasilkan menyisihkan lebih banyak modal
- Identifikasi KRI terbukti sulit
- Kurangnya sumber daya untuk melacak KRI

### 2.2.3 Manajemen Risiko

Konsep dasar manajemen risiko yang dapat dipahami oleh pihak manajemen perusahaan adalah manajemen risiko hanya sebuah pendekatan, tetapi manajemen risiko merupakan strategi fleksibel yang dapat diterapkan untuk berbagai skala industri, manajemen risiko merupakan suatu usaha untuk mengetahui, menganalisis serta mengendalikan risiko dalam setiap kegiatan perusahaan dengan tujuan untuk memperoleh efektifitas dan efisiensi yang lebih tinggi (Darmawi, 2000).

Menurut Darmawi, (2000) terdapat 4 siklus manajemen risiko, diantaranya identifikasi risiko, pengukuran risiko, pemetaan risiko, model pengolahan risiko dan pengawasan dan pengendalian risiko. Sedangkan menurut (Hanafi, 2006) manajemen risiko dilakukan melalui 3 proses, yaitu:

#### 1. Identifikasi risiko

Pada tahap pertama ini, identifikasi risiko dilakukan untuk mengidentifikasi risiko-risiko apa saja yang dihadapi oleh suatu organisasi.

#### 2. Evaluasi dan pengukuran risiko

Tujuan dari evaluasi risiko adalah untuk memahami risiko dengan lebih baik agar mudah mengendalikan risiko tersebut. Evaluasi yang lebih sistematis dilakukan untuk mengukur risiko.

#### 3. Pengolahan Risiko

Risiko harus dikelola dengan baik agar organisasi atau perusahaan akan menerima konsekuensi yang lebih serius, misalnya kerugian yang besar. Risiko dapat dikelola dengan berbagai cara, seperti penghindaran, ditahan (*retention*), diversifikasi, atau ditransfer ke pihak lain, pengendalian risiko, dan pendanaan risiko.

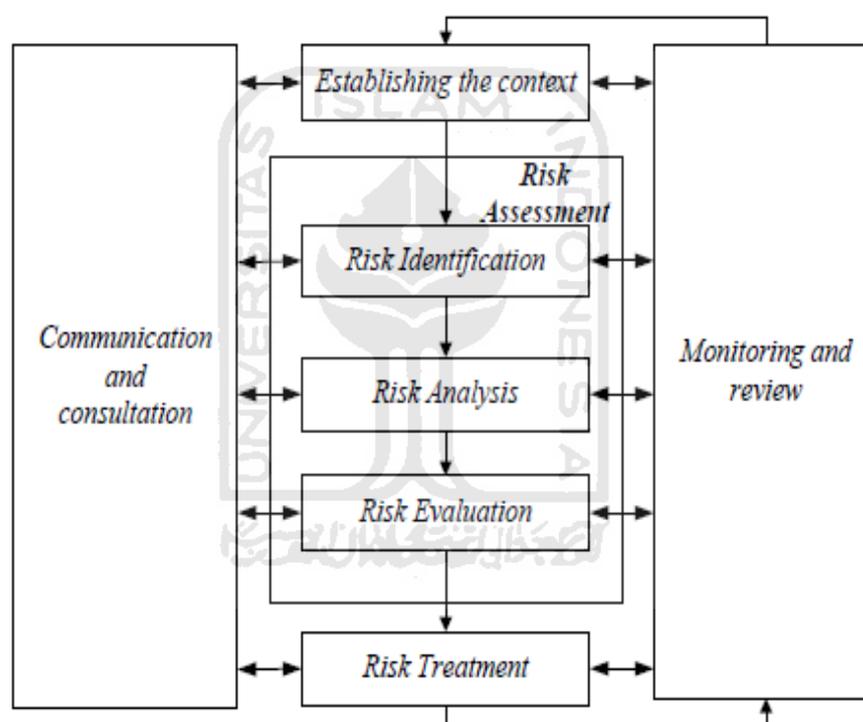
Kemudian pada ISO 31000:2009 memiliki 11 prinsip untuk mengelolah risiko, diantaranya:

1. Manajemen risiko menciptakan nilai tambah. Manajemen risiko memberi kontribusi dalam pencapaian objektif dan peningkatan perusahaan.
2. Manajemen risiko merupakan bagian integral proses dalam organisasi. Manajemen risiko merupakan tanggung jawab manajemen.
3. Manajemen risiko merupakan bagian dari pengambilan keputusan. Manajemen risiko membantu dalam pengambilan keputusan dengan informasi yang cukup. Agar dapat menentukan apakah suatu risiko dapat diterima atau diperlukan penanganan risiko.
4. Manajemen risiko secara eksplisit menangani ketidakpastian. Manajemen risiko menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, sifat alami dari ketidakpastian dan bagaimana penanganannya.
5. Manajemen risiko bersifat sistematis, terstruktur, dan tepat waktu. Manajemen risiko memiliki kontribusi terhadap efisiensi dan hasil yang konsisten, dapat dibandingkan dan diandalkan.
6. Manajemen risiko berdasarkan informasi terbaik yang tersedia. Masukan untuk pengelolah risiko didasarkan oleh sumber informasi seperti pengalaman, pengamatan dan pertimbangan pakar.
7. Manajemen risiko dibuat sesuai kebutuhan. Manajemen risiko disesuaikan dengan bentuk perusahaan dan kebutuhannya.
8. Manajemen risiko memperhitungkan faktor manusia dan budaya. Manajemen risiko dalam suatu perusahaan memperhitungkan kemampuan, pandangan, dan tujuan pihak-pihak yang berkaitan dengan perusahaan baik internal maupun eksternal yang menghambat tercapainya tujuan perusahaan.
9. Manajemen risiko bersifat transparan dan inklusif. Semua pemangku kepentingan dalam perusahaan dilibatkan dalam proses manajemen risiko, sehingga manajemen risiko tetap relevan dan mengikuti perkembangan jaman.
10. Manajemen risiko bersifat dynamics, iterative, dan responsive terhadap perubahan. Perubahan terkait dengan peristiwa internal dan eksternal, perubahan pengetahuan, serta diterapkannya pemantauan dan peninjauan, risiko baru,

risiko yang ada hilang atau berubah. Maka perusahaan harus memastikan bahwa manajemen risiko terus menerus memantau dan menanggapi perubahan.

11. Manajemen risiko memfasilitasi perbaikan dan pengembangan berkelanjutan perusahaan. Perusahaan harus mengembangkan dan mengimplementasikan strategi untuk perbaikan kematangan manajemen risiko mereka beserta aspek lainnya dalam perusahaan.

Gambar 2.3 berikut merupakan *framework* (kerangka kerja) manajemen risiko ISO 31000:2009.



Gambar. 2.3 *Risk Management Process* (ISO 31000, 2009).

Proses pengolahan risiko menurut ISO 31000 seharusnya merupakan bagian yang terintegrasi, melekat dalam budaya dan praktek manajemen menurut proses bisnis perusahaan. Menurut ISO 31000, risk assessment merupakan bagian yang paling penting dalam pengolahan risiko. Berdasarkan *framework* diatas memaparkan bahwa proses manajemen risiko terdiri dari tiga proses besar, yaitu:

1. Penetapan konteks, bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengungkapkan sasaran organisasi, lingkungan dimana yang hendak dicapai
2. Penilaian risiko, bagian ini terdiri dari:
  - a. Identifikasi risiko, mengidentifikasi risiko apa saja yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan perusahaan
  - b. Analisis risiko, menganalisis kemungkinan dan dampak dari risiko yang telah teridentifikasi
  - c. Evaluasi risiko, membandingkan hasil analisis risiko dengan kriteria risiko untuk menentukan bagaimana penanganannya
3. Penanganan risiko, terdiri dari:
  - a. Menghindari risiko
  - b. Mitigasi risiko
  - c. Transfer risiko
  - d. Menerima risiko

#### 2.2.4 Delphi

Metode *Delphi* pertama kali dikembangkan oleh Norman Dalkey, Nicholas Rescher, Olaf Hermer beserta asosiasinya dalam *Rand Corporation* pada awal tahun 1950-an. Metode ini pada awalnya digunakan untuk menciptakan sebuah metode dengan menggunakan pendapat para ahli untuk peramalan *trend* terkait dengan potensi militer ilmu pengetahuan dan teknologi masa depan dan pengaruhnya terhadap isu-isu politik (Somerville, 2007).

Metode *Delphi* merupakan proses berkelompok yang digunakan untuk melakukan survei dan mengumpulkan pendapat pada ahli dalam bidang tertentu, metode *Delphi* bertujuan untuk mencapai konsesus dari serangkaian proses penggalan informasi dan telah diaplikasikan dalam hal pengambilan kebijakan, perencanaan, atau ide yang berdasarkan pada pemikiran atau *judgement*, dalam melakukan metode ini diperlukan pendapat dan *judgement* dari para ahli serta praktisi, konsesus dalam metode delphi terjadi apabila memiliki presentase sebesar 80% dari seluruh anggota dengan skala penilaian 0-7 *Ulschcak* atau paling tidak

70% dengan rata-rata nilai tiap item poin kuesioner adalah 3 atau 4 skala *Likert* dan memiliki median paling sedikit 3,25 (Yousuf, 2007).

#### A. Prosedur *Delphi*

Jumlah dari iterasi kuesioner *Delphi* bisa tiga sampai lima tergantung pada derajat kesesuaian dan jumlah penambahan informasi selama berlaku (Widiasih, 2015). Langkah-langkah dasar dari proses *Delphi* adalah sebagai berikut (Yousuf, 2007).

1. Kuisisioner pertama yang dikirim ke panel ahli dapat meminta daftar pendapat yang melibatkan pengalaman dan penilaian, daftar prediksi, dan daftar kegiatan yang direkomendasikan.
2. Pada kuisisioner kedua, salinan daftar kolektif dikirim ke masing-masing ahli dan mereka diminta untuk menilai atau mengevaluasi setiap item oleh beberapa kriteria penting
3. Kuisisioner ketiga termasuk daftar peringkat yang ditunjukkan, dan konsensus (jika ada). Para ahli diminta untuk merevisi pendapat mereka atau mendiskusikan alasan mereka jika tidak konsensus dengan kelompok.

#### B. Kelebihan Metode *Delphi*

Widiasih, (2015) mengatakan bahwa metode *Delphi* memiliki kelebihan antara lain sebagai berikut:

1. Masing-masing responden memiliki waktu yang cukup untuk mempertimbangkan masing-masing bagian dan jika perlu melihat informasi yang diperlukan untuk mengisi kuesioner
2. Menghindari tekanan sosial psikologi
3. Perhatian langsung pada masalah
4. Memenuhi kerangka kerja
5. Menghasilkan catatan dokumen yang tepat

Metode *Delphi* menjadi alternatif yang sangat berguna untuk situasi ketika data obyektif tidak tercapai, ada kekurangan bukti empiris, atau penelitian eksperimental tidak realistis atau tidak etis. Selain dengan metode wawancara, *Delphi* menyediakan alternatif yang lebih handal dan efisien untuk memecahkan masalah ini dengan ketidakpastian yang tinggi (Chan et al., 2001).

### C. Kekurangan Metode *Delphi*

Widiasih, (2015) mengatakan bahwa metode *Delphi* memiliki kekurangan antara lain sebagai berikut:

1. Lambat dan menghabiskan waktu
2. Responden dapat salah mengerti terhadap kuesioner atau tidak memenuhi keterampilan komunikasi dalam bentuk tulisan
3. Konsep *Delphi* adalah ahli. Para ahli akan mempresentasikan opini yang tidak dapat dipertahankan secara ilmiah dan melebih-lebihkan
4. Mengasumsikan bahwa *Delphi* dapat menjadi pengganti untuk semua komunikasi manusia di berbagai situasi

#### **2.2.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pertama kali dikembangkan pada tanggal 9 November 1949 dalam sebuah buku yang berjudul “*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*” yang digunakan sebagai metode analisis reliabilitas untuk menentukan dampak dari kegagalan sistem dan peralatan, kemudian kegagalan tersebut diklasifikasikan dan dikaitkan dengan dampaknya terhadap kesuksesan misi dan keselamatan personel dan peralatan. Dan pada tahun 1960an FMEA pertama kali dirumuskan pada industri pesawat terbang pada saat pengerjaan program Apollo. Menurut Unit Engineering PT MAK (2004), FMEA secara umum dapat didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi 3 hal, yaitu:

1. Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain dan proses suatu produk selama siklus hidupnya
2. Efek dari kegagalan yang potensial dari sistem, desain dan proses suatu produk
3. Tingkat kekritisitas efek kegagalan terhadap fungsi proses atau produk

FMEA merupakan prosedur dalam evaluasi desain yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan produk dan menentukan dampak dari tiap-tiap kegagalan tersebut terhadap kinerja sistem. Prosedur ini secara formal mendokumentasikan standar praktek, menghasilkan *record* historis, dan menyediakan basis data untuk perbaikan dimasa mendatang. Prosedur FMEA ini

merupakan urutan langkah logis yang dimulai dari analisis tingkatan sub-sistem atau komponen yang lebih rendah (Mobley, 2000).

*Failure Mode and Effect Analysis* merupakan metode yang berguna untuk (Stamatis, 2003):

- a. Membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengeliminasi kegagalan yang diketahui dan berpengaruh dalam sistem, desain dan proses manufaktur sebelum sampai ke tangan pelanggan.
- b. Memfasilitasi komunikasi inter-departemen
- c. Merupakan dokumentasi dari produk dan proses terbaru
- d. Membantu mencegah terjadinya permasalahan
- e. Mengidentifikasi bentuk kegagalan produk atau proses sebelum terjadi
- f. Menentukan akibat dan keseriusan kegagalan atau kerusakan tersebut
- g. Mengidentifikasi penyebab dan kemungkinan terjadinya kerusakan
- h. Mengidentifikasi cara pengontrolan dan keefektifan pengontrolan tersebut
- i. Menghitung dan memprioritaskan risiko berkaitan dengan kerusakan yang terjadi
- j. Menyusun tindakan yang akan dilakukan untuk mengurangi risiko

Terdapat dua jenis FMEA, yaitu (McDermott, 1996):

#### 1. Desain FMEA

Desain FMEA digunakan setelah rancangan sistem telah ditentukan. Desain FMEA akan mengarahkan modus kegagalan atau kegagalan kedalam tingkatan komponen dan digunakan untuk menganalisis produk sebelum digunakan proses manufaktur.

#### 2. Proses FMEA

FMEA ini akan menguji modus kesalahan atau kegagalan dari setiap tahap dan proses manufaktur maupun perakitan sebuah produk. Tipe ini harus memperhatikan dimana modus kesalahan atau kegagalan yang mempengaruhi secara langsung terhadap kualitas, kekuatan, dan produk akhir yang dihasilkan.

FMEA menggunakan 3 kriteria penilaian, namun dalam metode HOR hanya menggunakan 2 kriteria dari FMEA (Pujawan & Geraldin, 2009). Kriteria yang digunakan sebagai berikut:

### 1. *Severity*

*Severity* adalah tingkat keparahan atau keseriusan efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan. Nilai rangking *severity* diantara 1 sampai 10, dimana skala 1 menunjukkan tidak ada dampak dan skala 10 menunjukkan dampak bahaya (Shahin, 2004). Tabel 2.2 berikut merupakan rangking nilai *severity*:

Tabel 2.2 Rangking *Severity*

No	Skala	Keterangan
1	1	Tidak ada dampak
2	2	Sangat sedikit
3	3	Sedikit
4	4	Kecil
5	5	Sedang
6	6	Signifikan
7	7	Besar
8	8	Sangat besar
9	9	Serius
10	10	Berbahaya

### 2. *Occurrence*

*Occurrence* adalah tingkat frekuensi kejadian dari kegagalan. Nilai *occurrence* antara 1 sampai 10, dimana skala 1 menunjukkan hampir tidak pernah terjadi dan skala 10 menunjukkan hampir pasti terjadi (Shahin,2004). Tabel 2.3 berikut merupakan rangking nilai *occurrence*:

Tabel 2.3 Rangking *Occurrence*

No	Skala	Keterangan
1	1	Hampir Tidak Pernah
2	2	Tipis/Sangat Kecil
3	3	Sangat Sedikit
4	4	Sedikit
5	5	Kecil
6	6	Sedang
7	7	Cukup Tinggi
8	8	Tinggi
9	9	Sangat Tinggi
10	10	Hampir Pasti

Untuk mengetahui daerah prioritas dari suatu risiko, maka menggunakan perhitungan *probability impact matrix*. Menurut Nanda et al., (2014) dasar perhitungan *probability impact matrix* atau peta risiko berbeda dari perhitungan *risk priority number* pada metode FMEA. Metode FMEA menggunakan tiga kriteria penilaian sedangkan menurut Williams, (1993) *probability impact matrix* hanya menggunakan dua kriteria, yaitu nilai tingkat keparahan (*severity*) dan nilai tingkat probabilitas terjadinya (*occurrence*). Gambar 2.4 berikut merupakan gambar *probability impact matrix*:

Probabilitas	Sangat Tinggi					
	Tinggi					
	Sedang					
	Rendah					
	Sangat Rendah					
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
		Dampak				

Gambar 2.4 *Probability Impact Matrix*

Keterangan:

Dampak = *Severity*

Probabilitas = *Occurrence*

Risiko yang berada pada area hijau menunjukkan bahwa risiko pada posisi rendah. Risiko yang berada pada area kuning menunjukkan risiko pada posisi sedang. Kemudian risiko yang berada pada area merah menunjukkan risiko pada posisi tinggi atau kritis, terdapat lima tingkatan dalam penilaian risiko, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi (Nanda et al., 2014). Setiap tingkatan memiliki *range* yang ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Tingkat penilaian risiko

Tingkatan	Dampak/Severity	Probabilitas/Occurrence
Sangat Rendah	1-4	1-4
Rendah	5	5
Sedang	6	6
Tinggi	7-8	7-8
Sangat Tinggi	9-10	9-10

### 2.2.6 House of Risk (HOR)

*House of risk* (HOR) merupakan suatu model manajemen risiko rantai pasok menggunakan metode konsep *House of Quality* dan *Failure modes and effects analysis* (FMEA) untuk menyusun suatu *framework* dalam mengelola risiko *supply chain* (Pujawan & Geraldin, 2009). Pendekatan HOR ini difokuskan terhadap tindakan pencegahan untuk mengurangi probabilitas terjadinya agen risiko. Risiko muncul akibat dipicu oleh faktor agen risiko. *Risk agent* atau agen risiko adalah penyebab terjadinya suatu kejadian risiko. Sedangkan *risk event* atau kejadian risiko adalah terjadinya sebuah peristiwa yang menyebabkan potensi kerugian. Maka, dengan mengurangi agen risiko berarti mengurangi timbulnya beberapa kejadian risiko yang ada. Pendekatan HOR terdiri dari 2 fase, yaitu:

#### 1. *House of risk* (HOR) fase 1

Pada fase ke 1 ini adalah fase peringkisan ragen risiko. Fase ini digunakan untuk menentukan agen risiko yang diprioritaskan untuk tindakan pencegahan.

Gambar 2.5 dibawah ini merupakan template HOR fase 1:

Business Processes	Risk Event (E <sub>i</sub> )	Risk Agents (A <sub>j</sub> )							Severity of Risk event i (S <sub>i</sub> )
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	
<i>Plan</i>	E <sub>1</sub>	R11	R12	R13					S1
	E <sub>2</sub>								S2
<i>Source</i>	E <sub>3</sub>	R21	R22						S3
	E <sub>4</sub>								S4
<i>Make</i>	E <sub>5</sub>	R31							S5
	E <sub>6</sub>								S6
<i>Deliver</i>	E <sub>7</sub>								S7
	E <sub>8</sub>								S8
<i>Return</i>	E <sub>9</sub>								S9
<i>Occurrence of Agent j</i>		O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	
<i>Aggregate Risk Potential j</i>		AR	AR	AR	AR	ARP	ARP	ARP	
<i>Priority rank of agent j</i>		P1	P2	P3	P4	5	6	7	

Gambar 2.5 HOR Fase I

Keterangan:

A1, A2, A3... An = *Risk Agent*

E1, E2, E3.... En = *Risk Event*

O1, O2, O3...On = Nilai *occurrence* dari *risk agent* (Ai)

S1, S2, S3...Sn = Nilai *Severiy* dari *risk event* (Ei)

ARP1, ARP2, ARP...ARPN = *Aggregrate Risk Priority*

P1, P2, P3...Pn = Peringkat *risk agent* berdasarkan nilai ARP

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengerjaan HOR fase 1:

- a. Tahap pertama pada fase ini adalah melakukan identifikasi proses bisnis
- b. Tahap kedua, mengidentifikasi kejadian risiko yang terdapat pada proses bisnis perusahaan
- c. Tahap ketiga adalah mengidentifikasi tingkat dampak (*severity*) suatu kejadian risiko. *Severity* merupakan rating dari keseriusan dari akibat kegagalan yang terjadi. Pembobotan nilai *severity* pada kejadian risiko (*risk event*) dengan skala 1 sampai 10 dimana 1 tidak memberi dampak dan 10 artinya berbahaya atau dampak yang ekstrim, ranking penilaian *severity* pada tabel 2.2.
- d. Tahap keempat, mengidentifikasi agen penyebab risiko yang memicu munculnya risiko dan identifikasi probabilitas terjadinya agen risiko. *Occurrence* atau *likelihood* adalah kemungkinan tingkat sering terjadinya suatu penyebab terjadinya kegagalan. Pembobotan nilai *occurrence* pada agen risiko (*risk agent*) dengan skala 1 sampai 10, dimana 1 artinya hampir tidak pernah terjadi dan 10 artinya sering terjadi. Tabel penilaian *severity* pada tabel 2.3.
- e. Tahap kelima adalah mengidentifikasi korelasi (*correlation*) antar suatu kejadian risiko dengan agen penyebab risiko. *Correlation* merupakan rating hubungan antara risiko terjadi (*risk event*) dengan sumber risiko (*risk agent*). Pembobotan nilai korelasi antara *risk event* dan *risk agent* dengan skala nilai korelasi pada tabel 2.5 berikut (Pujawan & Geraldin, 2009):

Tabel 2.5 Rangkaing *Correlation*

Rangking	Keterangan
0	Tidak ada hubungan
1	Hubungan lemah
3	Hubungan sedang
9	Hubungan kuat

f. Tahap keenam, menentukan nilai *Aggregate risk potential* (ARP). Nilai tersebut untuk menentukan prioritas agen risiko yang perlu ditangani terlebih dahulu. Rumus perhitungan ARP adalah sebagai berikut (Pujawan & Geraldin, 2009).

$$ARP_j = O_j \sum Si Rij \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- ARP = Nilai *Aggregate Risk Priority*
- Oj = Nilai *occurrence risk agent*
- Si = Nilai *severity risk event*
- Rij = Korelasi antara *risk event* dan *risk agent*

g. Tahap terakhir pada fase ini adalah mengurutkan agen risiko berdasarkan nilai ARP.

2. *House of Risk* (HOR) Fase 2

Selanjutnya merupakan tahap HOR fase 2, pada tahap ini akan diadakan pemilihan sejumlah tindakan yang efektif untuk mengurangi probabilitas dari *risk agent*.

Gambar 2.6 dibawah ini merupakan template HOR fase 2:

<i>To be Treated Risk Agent (A<sub>j</sub>)</i>	<i>Preventive Action (PA<sub>i</sub>)</i>					<i>Aggregate Risk Potentials (ARP<sub>j</sub>)</i>
	PA <sub>1</sub>	PA <sub>2</sub>	PA <sub>3</sub>	PA <sub>4</sub>	PA <sub>5</sub>	
A <sub>1</sub>	E <sub>11</sub>					ARP <sub>1</sub>
A <sub>2</sub>						ARP <sub>2</sub>
A <sub>3</sub>						ARP <sub>3</sub>
A <sub>4</sub>						ARP <sub>4</sub>
<i>Total effectiveness of action k</i>	TE <sub>1</sub>	TE <sub>2</sub>	TE <sub>3</sub>	TE <sub>4</sub>	TE <sub>5</sub>	
<i>Degree of difficulty performing action k</i>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>		D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	
<i>Effectiveness to difficulty ratio</i>	ETD <sub>1</sub>	ETD <sub>2</sub>	EID <sub>3</sub>	ETD <sub>4</sub>	ETD <sub>5</sub>	
<i>Rank of priority</i>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	

Gambar 2.6 HOR Fase 2

Keterangan:

A1, A2, A3...An = *Risk Agent* yang terpilih untuk dilakukan penanganan

P1, P2, P3 ...Pn = Strategi penanganan yang akan dilakukan

E11, E12, E13...Enn = Korelasi antara strategi penanganan dan *risk agent*

ARP1, ARP2, ARP3...ARPN = *Aggregate Risk Priority* dari *risk agent*

TE1, TE2, TE3...Ten = Total efektivitas dari setiap aksi penanganan

D1, D2, D3...Dn = Tingkat kesulitan dalam penerapan aksi penanganan

ETD1, ETD2, ETD3...ETDn = Total efektivitas dibagi dengan derajat kesulitan

R1, R2, R3...Rn = Peringkat dari setiap aksi penanganan berdasarkan urutan nilai ETD tertinggi

Berikut merupakan langkah-langkah pengerjaan HOR fase 2:

- a. Tahap pertama pada fase ini adalah memilih sejumlah agen risiko berdasarkan nilai ARP tertinggi untuk masing-masing penyebab risiko (*risk agent*).
- b. Tahap kedua, mengidentifikasi tindakan pencegahan yang efektif untuk menangani terjadinya agen risiko.
- c. Tahap ketiga, menentukan besarnya korelasi antar tiap tindakan dan agen risiko. Dalam penentuan nilai korelasi antara *risk agent* dan *preventive action*, kriteria penilainya terdapat pada tabel 2.5
- d. Tahap keempat, menghitung nilai total efektivitas pada tiap tindakan. Rumus perhitungan total efektivitas dari setiap tindakan: (Pujawan & Geraldin, 2009).

$$TE_k = \sum_j ARP_j E_{jk} \dots \dots \dots (2).$$

Keterangan:

TEk = Total Efektivitas dari setiap tindakan

ARP = Nilai *Aggregate Risk Priority*

Ejk = Hubungan tiap tindakan dan tiap sumber risiko

- e. Tahap kelima, menentukan besarnya tingkat kesulitan dalam melakukan tiap tindakan pencegahan. Ketentuan dalam bobot penilaian *Degree of Difficulty performing action* atau derajat kesulitan dari pelaksanaan pencegahan dengan bobot nilai sesuai pada tabel 2.6 berikut (Kristanto & Hariastuti, 2014).

Tabel 2.6 Bobot Penilaian *Degree of Difficulty*

<b>Bobot</b>	<b>Keterangan</b>
3	Aksi mitigasi mudah untuk diterapkan
4	Aksi mitigasi agak susah untuk diterapkan
5	Aksi mitigasi susah untuk diterapkan

- f. Tahap keenam, menghitung total efektivitas untuk ratio tingkat kesulitan. rumus perhitungan total efektif tindakan (Pujawan & Geraldin, 2009).

Keterangan:

TEk = Total Efektivitas dari setiap tindakan

Dk = Tingkat derajat kesulitan dalam melakukan tiap tindakan

- g. Tahap terakhir, merangking tiap tindakan berdasarkan urutan nilai ETD tertinggi

### 2.2.7 Focus Group Discussion (FGD)

*Focus Group Discussion* (FGD) adalah metode partisipatif yang spesifik dalam menggabungkan pemikiran pada suatu kelompok guna mengendalikan permasalahan tertentu. Menurut Paramita & Kristiana, (2013) FGD merupakan salah satu teknik pengumpulan data kualitatif yang banyak digunakan, khususnya oleh pembuat keputusan atau peneliti, karena relative cepat selesai dan lebih murah. Teknik ini digunakan dengan tujuan untuk mengungkap pemikiran dari suatu kelompok berdasarkan hasil diskusi yang terpusat terhadap suatu permasalahan tertentu. Jumlah ideal FGD adalah 7-11 orang, namun ada juga yang menyarankan jumlah peserta FGD 4-7 orang (Koentjoro, 2005).

### 2.2.8 Strategi Mitigasi Risiko

Menurut Toppel & Trankler, (2019) salah satu strategi untuk mengurangi dampak risiko yaitu melakukan transfer risiko, misalnya kontak kerja energi dan asuransi efisiensi energi dengan mengurangi penghematan tagihan energi berisiko karena hal tersebut dapat menyebabkan daya tarik yang subjektif. Dadsena et al., (2019)

mengatakan bahwa pentingnya mempertimbangkan sumber daya selama analisis risiko dan menyarankan bahwa analisis risiko kuantitatif dibawah kendala anggaran akan menambah kekokohan dalam proses pengambilan keputusan mitigasi risiko, untuk mengurangi dampak risiko, model optimasi multi objektif dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan tingkat kebutuhan strategi mitigasi risiko.

Untuk mewujudkan mitigasi yang efektif dengan biaya rendah, penting untuk membuat proses pengambilan keputusan yang komprehensif dan mengembangkan perangkat lunak, kebanyakan langkah mitigasi yang tersedia didasarkan pada pengontrolan, tindakan mitigasi yang tersedia bervariasi dalam biaya, kesulitan operasional, keandalan, dan rentang aplikasi dan efek mitigasi (Zhang et al., 2019).



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Subjek dan Objek Penelitian**

Subjek pada penelitian ini adalah kepala bagian distribusi & kehilangan air, kepala seksi pemeliharaan, kepala bagian perencanaan teknik, dan kepala seksi perencanaan dan pengawasan. yang ada di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV Ratulangi, Sulawesi Selatan. Sedangkan Objek penelitian ini adalah risiko pada proses pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar wilayah IV, Sulawesi Selatan.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini di Jl. DR. Ratulangi No. 3, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada tingkat permasalahan paling tinggi yang terjadi pada proses pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV Ratulangi, Sulawesi Selatan.

#### **3.3 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Data primer**

Data primer merupakan data yang langsung didapat dari sumbernya. Data ini harus didapat melalui narasumber atau *expert* yang dijadikan sebagai sarana untuk mendapatkan informasi. Penelitian ini menggunakan data primer untuk mendapatkan informasi langsung mengenai dampak risiko dan sumber risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV melalui wawancara, kuesioner, *brainstorming*, dan *focus group discussion* (FGD) dengan tim yang dipimpin oleh kepala bagian distribusi, kepala seksi pemeliharaan, kepala bagian perencanaan teknik, dan kepala seksi perencanaan & pengawasan, serta peneliti. Adapun data primer yang dibutuhkan dari *expert* yaitu, potensi risiko pada proses pendistribusian air di PERUMDA, dampak

risiko (*risk event*), sumber risiko (*risk agent*), nilai *severity*, nilai *occurrence*, korelasi *risk event* dan *risk agent*, pembobotan *severity* dan *occurrence* sebelum dilakukan penanganan, perancangan *preventive action* (PA), pembobotan *severity* dan *occurrence* setelah dilakukan penanganan, *risk agent* yang akan dijadikan untuk mendesain KRI, penentuan indikator utama, dan pembobotan matrik *the gap assesement tool*.

## 2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak secara langsung diperoleh dan data diperoleh melalui sumber lain seperti dokumentasi perusahaan berupa foto perusahaan, jurnal dari tahun 2000 hingga 2020, buku dan lain-lain. Data sekunder ini sifatnya mendukung keperluan data primer.

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Berikut pengumpulan data diperlukan dalam menunjang penelitian ini:

#### 1. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada Kepala Bagian Distribusi mengenai proses pendistribusian air di PERUMDA untuk mengetahui potensial risiko.

#### 2. Observasi

Observasi dengan cara melakukan peninjauan langsung pada proses pendistribusian air.

#### 3. Kuesioner

Pengumpulan data dengan teknik kuesioner kepada *expert* dengan menggunakan kuesioner *Delphi* putaran I untuk mengidentifikasi potensial risiko, kemudian digunakan kuesioner *Delphi* putaran 2 untuk penilaian potensi risiko agar dapat mencapai konsensus.

#### 4. *Brainstorming*

Pengumpulan data dengan teknik *brainstorming* dilakukan untuk memvalidasi hasil kuesioner *Delphi* putaran I, dibutuhkan kesepakatan (mufakat) dari *expert* sebelum dilanjutkan pada tahapan penilaian potensi risiko untuk kuesioner *Delphi* putaran 2.

### 5. *Focus Group Discussion* (FGD)

Pada penelitian ini jumlah peserta FGD sebanyak 4 orang, hal ini berdasarkan penelitian Koentjoro, (2005) yang menyarankan jumlah peserta FGD sebanyak 4-7 orang. FGD digunakan pada HOR fase 1 dan 2 untuk mendapatkan nilai *severity*, *occurrence*, korelasi antara *risk event* dan *risk agent* serta menentukan strategi mitigasi. Peserta FGD merupakan *expert* dari *expert judgement* yang memiliki beberapa kriteria sebagai berikut:

- a. Bersedia menjadi *expert*
- b. Laki-laki/ Perempuan
- c. Dalam kondisi sehat
- d. Pengalaman kerja dibidangnya minimal 5 tahun
- e. Memiliki pengetahuan yang menunjang dibidangnya

### 6. Kajian literatur

Kajian literatur merupakan pencarian informasi mengenai metode maupun permasalahan yang diangkat pada penelitian kali ini melalui situs internet, jurnal, buku, dan lain sebagainya.

### 3.5 Responden Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat 4 responden yang memenuhi kriteria untuk dijadikan sebagai *expert judgement*. Kriteria *expert* untuk *expert judgement* adalah memiliki pendidikan yang menunjang dibidangnya (Kusuma, 2008) dan memiliki pengalaman kerja dibidangnya (Magdalena, 2013). Adapun *expert* yang dipilih pada penelitian ini yaitu kepala bagian distribusi, kepala seksi pemeliharaan, kepala bagian perencanaan teknik, dan kepala seksi perencanaan & pengawasan. penentuan *expert* tersebut disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

### 3.6 Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini yang dimaksud adalah unsur penelitian yang terkait dengan variabel yang terdapat dalam judul penelitian ataupun yang tercakup dalam paradigma penelitian sesuai dengan hasil perumusan masalah. Aspek-aspek yang diteliti dalam penelitian ini meliputi risiko-risiko yang terjadi

pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi. Maka definisi operasional yang perlu dijelaskan yaitu:

1. Distribusi Air

Distribusi air yang dimaksud dalam hal ini yaitu proses pendistribusian air bersih dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) sampai pada pengguna atau pelanggan.

2. Risiko potensial

Risiko potensial yang dimaksud adalah proses identifikasi risiko yang berpotensi menghambat tujuan perusahaan. Dalam hal ini risiko pernah terjadi maupun belum pernah terjadi pada proses pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV.

3. Dampak Risiko (*Risk Event*)

Dampak risiko adalah tingkat keparahan yang terjadi yang dapat merugikan perusahaan baik secara materi maupun biaya. Dalam hal ini dampak risiko yang dimaksud yaitu yang terjadi pada proses pendistribusian air.

4. Sumber Risiko (*Risk Agent*)

Sumber risiko merupakan penyebab dari terjadinya suatu risiko yang diupayakan untuk diberikan penanganan agar tidak menyebabkan kerugian yang berkelanjutan.

5. Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko adalah upaya yang dapat dilakukan perusahaan untuk dapat mengurangi potensi terjadinya suatu kejadian yang merugikan bagi perusahaan.

6. *Key Risk Indikator* (KRI)

KRI merupakan peringatan dini sebelum terjadi risiko, indikator utama yang menyebabkan terjadinya risiko akan dijadikan sebagai prioritas untuk penanganan.

### **3.7 Metode Pengolahan Data**

Berikut ini dijelaskan tahapan-tahapan pengolahan data seperti yang ada pada tabel 3.1.

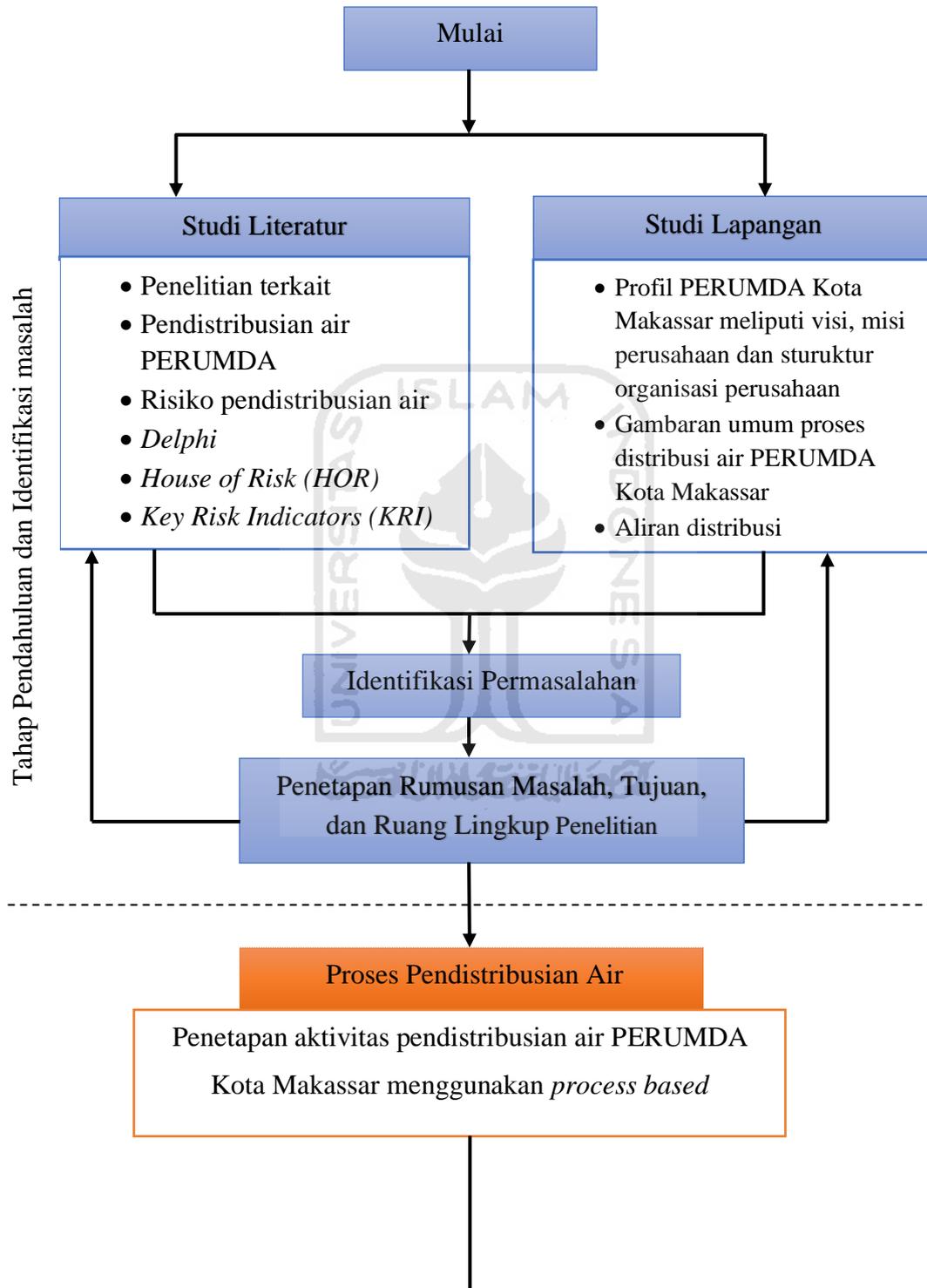
Tabel 3.1 Tahapan Pengolahan Data

No	Tahapan Pengolahan Data
1	<p>Identifikasi potensi risiko</p> <p>Identifikasi risiko potensial dilakukan dengan menggunakan metode <i>Delphi</i>, identifikasi ini dilakukan guna untuk memastikan bahwa semua risiko yang mungkin terjadi berhasil diidentifikasi. Pada penelitian ini kuesioner <i>Delphi</i> disebarakan kepada responden dengan 2 putaran dimana putaran 1 untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan responden terhadap potensi risiko, kemudian kuesioner putaran 2 responden memberikan penilaian pada masing-masing potensi risiko hingga mencapai konsensus.</p>
2	<p>Penilaian risiko</p> <p>Setelah potensi risiko dan agen risiko berhasil diidentifikasi, pada tahap ini dilakukan penilaian terhadap risiko dengan menentukan tingkat dampak (<i>severity</i>) dan probabilitas kejadian (<i>occurance</i>), tingkat toleransi antara <i>risk event</i> dan <i>risk agent</i>. Tahapan ini dilakukan dengan pembobotan berdasarkan pendapat <i>expert</i> sesuai dengan metode <i>House of Risk</i> (HOR) fase 1 melalui <i>Focus Group Discussion</i> (FGD).</p>
3	<p>Evaluasi Risiko</p> <p>Pada tahapan ini dilakukan pemeringkatan untuk menentukan prioritas <i>risk agent</i> sehingga dapat diketahui <i>risk agent</i> yang paling mempengaruhi pendistribusian air. Tahapan penilaian risiko dan evaluasi risiko dilakukan dengan metode HOR fase 1. Dalam lanjutan ini dilakukan penentuan prioritas sumber risiko dengan cara mencari korelasi yang tertinggi antara sumber risiko dan kejadian risiko dengan penentuan <i>Aggregate Risk Potential</i> (ARP) sehingga hasil prioritas dapat dianalisa pada proses berikutnya yaitu HOR fase 2.</p>
4	<p>Mitigasi</p> <p>Pada tahapan ini dilakukan perancangan strategi mitigasi/penanganan untuk dapat diterapkan pada pendistribusian air PERUMDA Kota</p>

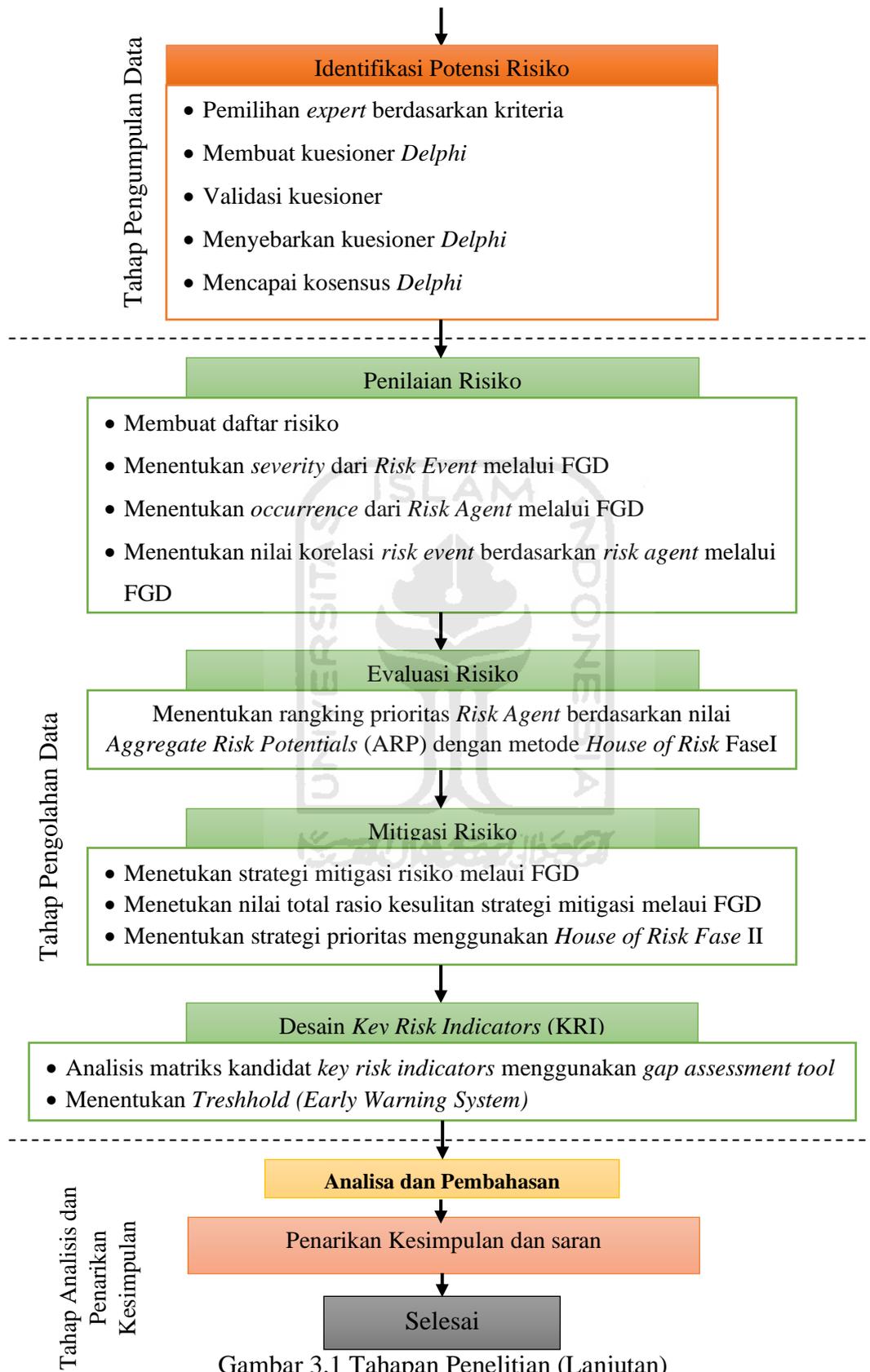
No	Tahapan Pengolahan Data
	<p>Makassar agar dapat mengurangi dampak <i>risk agent</i> dalam pendistribusian air. Penentuan strategi mitigasi dilakukan melalui FGD. Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan metode HOR fase 2. Dalam lanjutan ini beberapa sumber risiko yang telah dipilih dilakukan analisa penentuan prioritas tindakan meminimalkan yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan cara mencari korelasi yang tertinggi antara sumber risiko dan tindakan penanganan. Sehingga dihasilkan prioritas pemilihan tindakan untuk mengurangi dampak risiko dan mengetahui strategi mitigasi yang paling efektif</p>
5	<p>Desain <i>Key Risk Indicators</i> (KRI)</p> <p>Setelah melakukan pengolahan data, peneliti akan menemukan indikator dari <i>risk agent</i> yang paling potensial, kemudian indikator tersebut akan dijadikan sebagai indikator kunci dalam menyusun KRI sebagaimana prosedur penyusunan KRI.</p>
6	<p>Pembahasan dan Penarikan Kesimpulan dan Saran</p> <p>Tahap pengambilan kesimpulan bertujuan untuk menarik suatu kesimpulan dalam menjawab tujuan penelitian yang dilakukan. Adapun pemberian saran dan rekomendasi diharapkan dapat dijadikan bahan masukan/pertimbangan yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan dan perbaikan penelitian selanjutnya.</p>

### 3.8 Tahapan Penelitian

Gambar 3.1 Berikut ini merupakan tahapan penelitian:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian (Lanjutan)

### 3.9 Deskripsi Tahapan Penelitian

Adapun deskripsi tahapan penelitian untuk dapat menyelesaikan penelitian ini diuraikan dibawah ini:

#### 1. Studi Lapangan

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah proses studi lapangan atau observasi dengan cara melakukan kunjungan secara langsung pada obyek penelitian yaitu perusahaan PERUMDA Kota Makassar. Selanjutnya hasil dari studi lapangan ini dijadikan acuan yang melatar-belakangi penulis dalam melakukan penelitian dengan disiplin ilmu yang sesuai dengan kondisi yang ada pada obyek penelitian.

#### 2. Studi Literatur

Tahapan selanjutnya yang dapat dilakukan secara paralel dengan studi lapangan ialah studi literatur. Studi literatur merupakan tahap pencarian referensi yang mendukung diadakannya penelitian. Referensi yang digunakan bisa dengan membaca *textbook*, *e-book*, penelitian tugas akhir dan jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Dari membaca beberapa literatur, kemudian diperoleh suatu permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini. Studi literatur yang ada berhubungan dengan sistem pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar, KRI, manajemen risiko, *Delphi*, FMEA dan HOR.

#### 3. Identifikasi Permasalahan

Tahapan selanjutnya ialah melakukan identifikasi permasalahan yang ada di PERUMDA Kota Makassar dengan melakukan observasi langsung dan wawancara dengan Kepala bagian distribusi untuk mendapatkan informasi mengenai permasalahan yang ada di perusahaan.

#### 4. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Setelah tahap identifikasi permasalahan yang disesuaikan dengan studi literatur dan studi lapangan, maka dirumuskan mengenai rumusan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta penetapan batasan dan asumsi penelitian.

#### 5. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data penelitian dengan teknik wawancara, *questioner*, *Focus Group Discussion* (FGD) dan *brainstorming* yang meliputi data potensi kejadian risiko dan sumber risiko.

## 6. Pengolahan Data

Pada tahap ini data-data yang sudah dikumpulkan pada tahap pengumpulan data melalui identifikasi risiko dengan menggunakan metode *Delphi* berupa data potensi kejadian risiko beserta nilai *severity* (tingkat kerugian) dan sumber risiko beserta nilai *occurance* (probabilitas terjadi), selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan tahapan korelasi potensi kejadian risiko dengan agen risiko. Kemudian setelah didapatkan nilai korelasi antara potensi kejadian risiko dengan agen risiko, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan tahapan *House of Risk* yang dimulai dari *House of Risk 1* yang menghitung prioritas agen risiko yang akan diperbaiki berdasarkan korelasi antara beberapa potensi kejadian risiko dengan sumber-sumber risiko yang sudah diidentifikasi sebelumnya. Hasil dari *House of Risk 1* ialah berupa prioritas agen risiko. Prioritas agen risiko yang dihasilkan dari tahapan *House of Risk 1* selanjutnya dimasukkan dalam tahapan *House of Risk 2* yang akan menghasilkan prioritas tindakan pencegahan risiko berdasarkan korelasi antara agen-agen risiko dengan tindakan-tindakan pencegahan risiko beserta penentuan tingkat kesulitan penerapan tindakan pencegahan terhadap agen risiko tersebut. Dari tahapan *House of Risk 2* dihasilkan prioritas tindakan pencegahan yang selanjutnya dianalisa dan ditentukan strategi mitigasi yang sesuai dengan tindakan pencegahan risiko tersebut.

Setelah perhitungan menggunakan *House of Risk* dilakukan, maka selanjutnya memilih *risk agent* yang paling berpotensi untuk menghambat pencapaian sasaran, adapun kerangka kerja penyusunan KRI pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka Kerja Untuk Mengembangkan *Key Risk Indikator*

## 7. Analisis dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil dari pengolahan data dengan metode *House of Risk* (HOR) dari tahap HOR fase 1 dan HOR fase 2 yang telah dilakukan yaitu beberapa tindakan perbaikan untuk menghasilkan beberapa strategi mitigasi risiko. Strategi mitigasi risiko yang telah ditetapkan merupakan rekomendasi untuk perusahaan dalam melakukan perbaikan dalam sistem pendistribusian air.

## 8. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini disusun kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian untuk menjawab beberapa tujuan penelitian yang ingin dicapai. Pada tahapan ini juga diberikan saran sebagai bentuk rekomendasi kepada obyek penelitian maupun penelitian selanjutnya mengenai pengelolaan risiko dalam perspektif pendistribusian air dengan pendekatan *House of Risk* (HOR).

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 PERUMDA Kota Makassar

##### 4.1.1 Profil Perusahaan

Perusahaan Umum Daerah (PERUMDA) Kota Makassar, terus menerus mengalami perkembangan melalui tahap demi tahap dalam lintasan sejarah yang cukup panjang, berawal pada tahun 1924 dengan dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) I Ratulangi oleh pemerintah Hindia Belanda dengan nama *Waterleidjding Bedrijf* kapasitas produksi terpasang 50 l/d, kemudian pada jaman pendudukan Jepang tahun 1937 ditingkatkan menjadi 100 l/d. Air baku diambil dari Sungai Jeneberang terletak 7 km disebelah selatan kota Makassar, dipompa melalui saluran tertutup ke Instalasi Ratulangi.

Hingga saat ini PERUMDA Kota Makassar telah memiliki 5 Instalasi Pengolahan Air (IPA) diantaranya Instalasi Pengolahan Air I Ratulangi Jl. DR. Ratulangi No. 3 Dibangun sejak tahun 1924 oleh Belanda. Kapasitas produksi terpasang 50 l/d Intake Sungguminasa Kab. Gowa Sumber Air Baku: Sungai Jeneberang. Tahun 1976 perubahan status PERUMDA, dari Dinas Air Minum menjadi Perusahaan Air Minum Kota madya Ujung Pandang sesuai dengan Perda No. 21/P/II/1976, dengan kapasitas produksi terpasang PERUMDA turun menjadi 50 l/d disebabkan karena usia.

Instalasi Pengolahan Air II Panaikang Jl. Urip Somohardjo No. 442335 Kapasitas produksi terpasang 1000 liter/d Intake: Jl. Abdullah Dg. Sirua Sumber Air Baku di Sungai Lekopanccing Kab. Maros Melayani Zone di daerah Makassar: 1, 2, 11, 12, 17, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 42 waduk (*Ground Reservoir*): 10.000 m<sup>3</sup>. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi penduduk Kota Makassar yang makin meningkat, maka pada tahun 1977 dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) II Panaikang dengan kapasitas tahap pertama 500 l/d. Sumber Air baku diambil dari Bendung Lekopanccing Sungai Maros sejauh 29,6 Km dari

Kota Makassar, kemudian tahun 1989 IPA Panaikang ditingkatkan kapasitasnya menjadi 1000 l/d.

Instalasi Pengolahan Air III Antang Jl. Antang Raya Kapasitas produksi terpasang 90 l/d Intake Sal. Air baku IPA II Melayani Zone 34 waduk (*Ground Reservoir*): 106,5 m<sup>3</sup>. Tahun 1985 melalui paket pembangunan Perum Perumnas dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) III Antang dengan kapasitas awal 20 l/d, kemudian tahun 1992 dibangun IPA Antang 2 (dua) dengan demikian total kapasitas IPA Antang menjadi 40 l/d, dari 2 (dua) Instalasi Pengolahan Air. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih khususnya pada wilayah pelayanan IPA Antang dimana jumlah pelanggan terus bertambah, maka pada tahun 2003 PERUMDA Kota Makassar menambah kapasitas produksi IPA Antang dari 40 liter/d menjadi 90 liter/detik. Instalasi Pengolahan Air IV Maccini Sombala Kapasitas Produksi Terpasang 200 liter /detik. Intake, Malengkeri, Sumber Air Baku: Sungai Jeneberang, Melayani Zone, 16,10, *Ground Reservoir*: 400 m<sup>3</sup>. Tahun 1993 lewat paket bantuan hibah pemerintah pusat, dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) IV Maccini Sombala kapasitas terpasang 200 l/, sumber air baku Sungai Jeneberang. Instalasi Pengolahan Air V Somba Opu. Jl. Poros Malino (Batang Kaluku) Kab. Gowa, Kapasitas produksi terpasang 1000 l/d, Intake Dam Bili-Bili, Sumber Air Baku : Dam Bili-Bili, Melayani Zone: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 35,43, *Ground Reservoir* : 12.000 m<sup>3</sup>.

#### **4.1.2 Visi & Misi PERUMDA Kota Makassar**

Dalam menjalankan fungsinya, PERUMDA Kota Makassar berpedoman pada visi & misi yang ingin dicapai perusahaan. Visi & Misi tersebut adalah sebagai berikut:

##### 1. Visi

Menjadi Perusahaan Daerah Air Minum yang SEHAT, UNTUNG & TERKEMUKA di Indonesia yang TERBAIK, MANDIRI & PROFESIONAL dan berwawasan global.

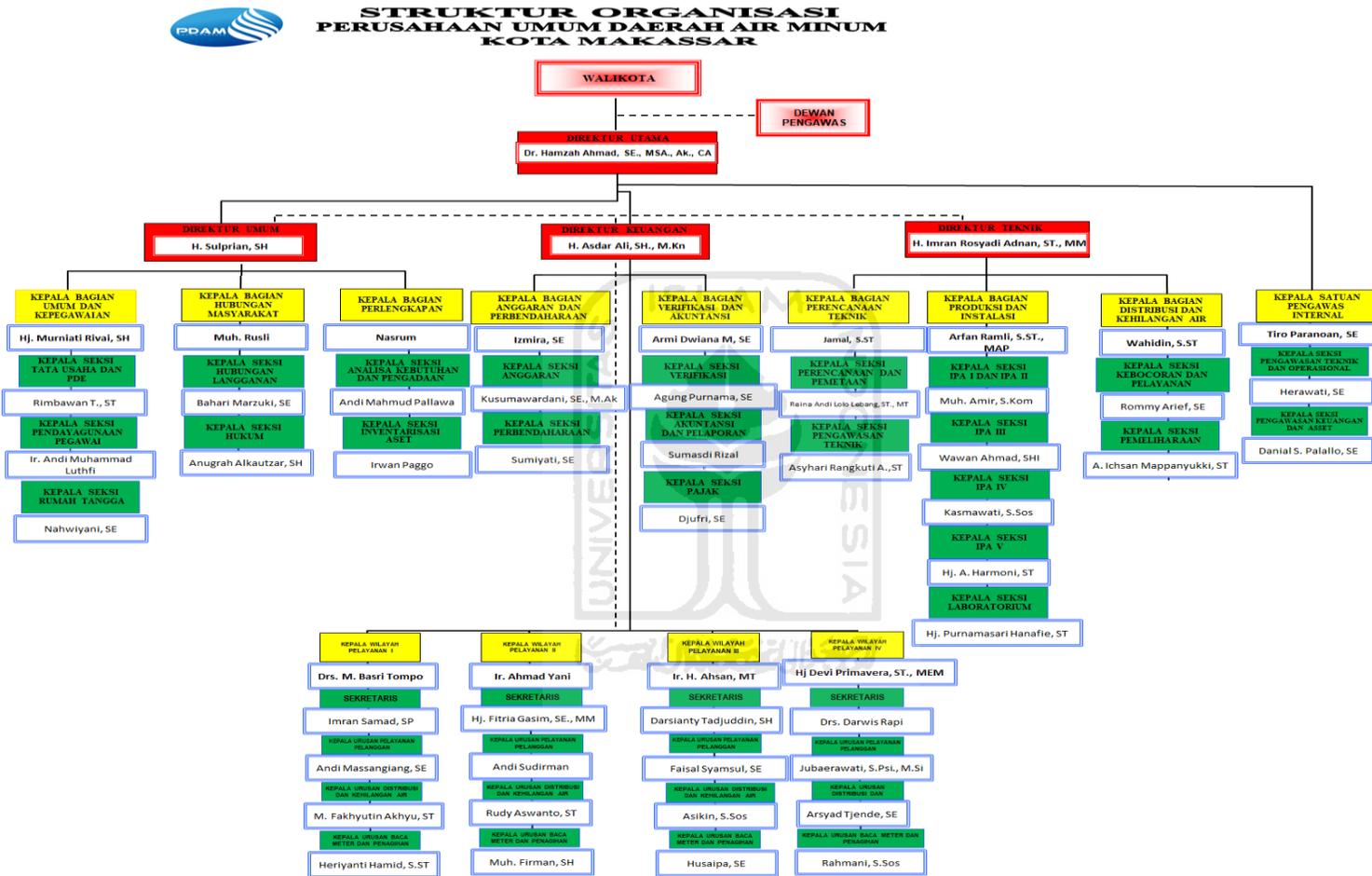
##### 2. Misi

- Memberikan pelayanan air minum sesuai standar kesehatan dengan tersedianya air baku yang optimal.

- Menyediakan air minum yang BERKUALITAS, KUANTITAS dan KONTINUITAS.
- Memenuhi cakupan layanan air minum yang maksimal kepada masyarakat.
- Menjadikan perusahaan yang profesional dengan sumber daya yang kompetensi dan berdaya saing global.
- Memenuhi kinerja keuangan yang mandiri dan produktifitas serta berdaya saing global.

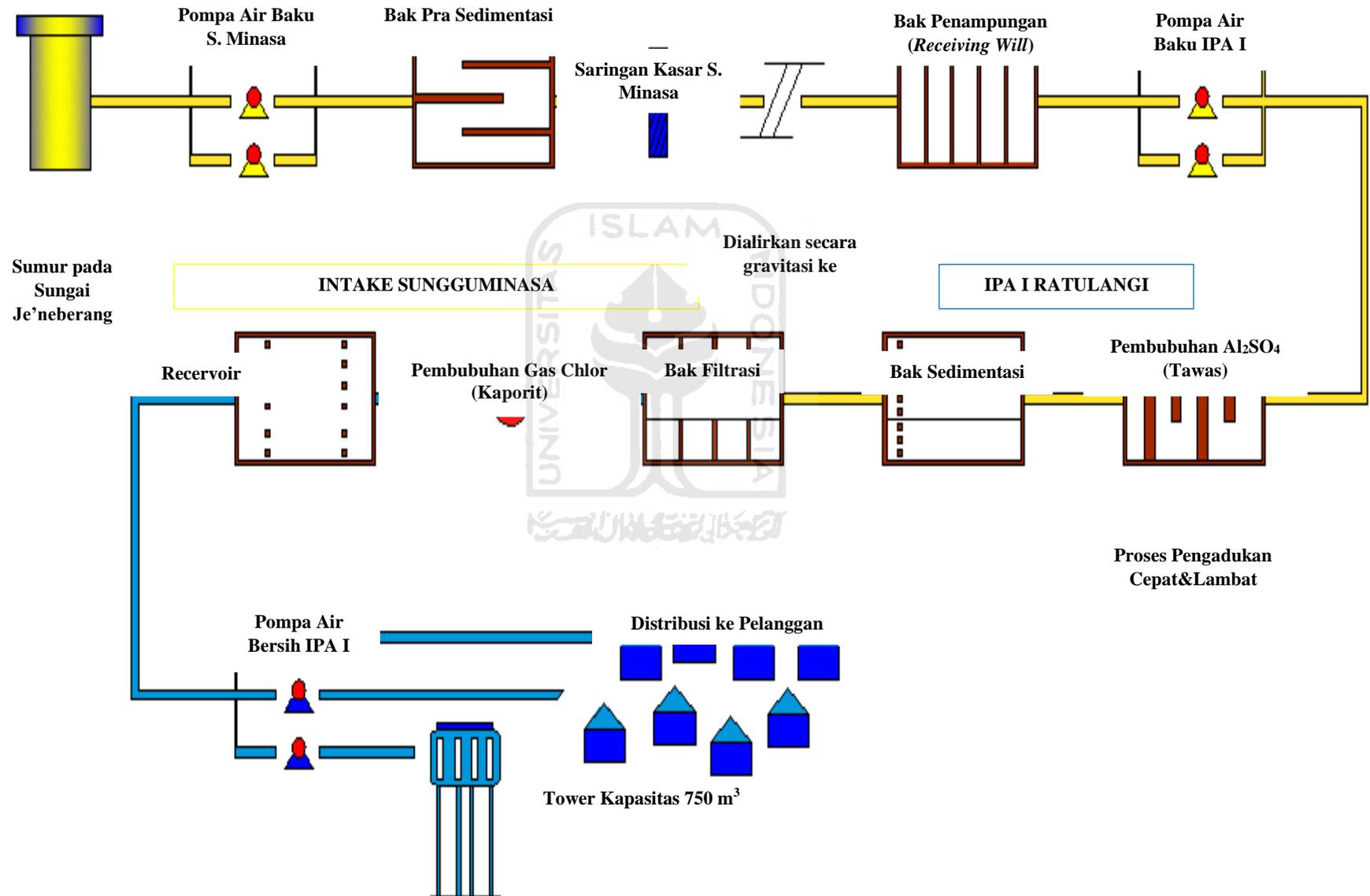


### 4.1.3 Stuktur Organisasi PERUMDA Kota Makassar



Gambar 4.1 Stuktur Organisasi PERUMDA Kota Makassar, Sulawesi Selatan

#### 4.1.4 IPA-I Ratulangi PERUMDA Kota Makassar



Gambar 4.2 Proses Pengolahan Air IPA-I Ratulangi

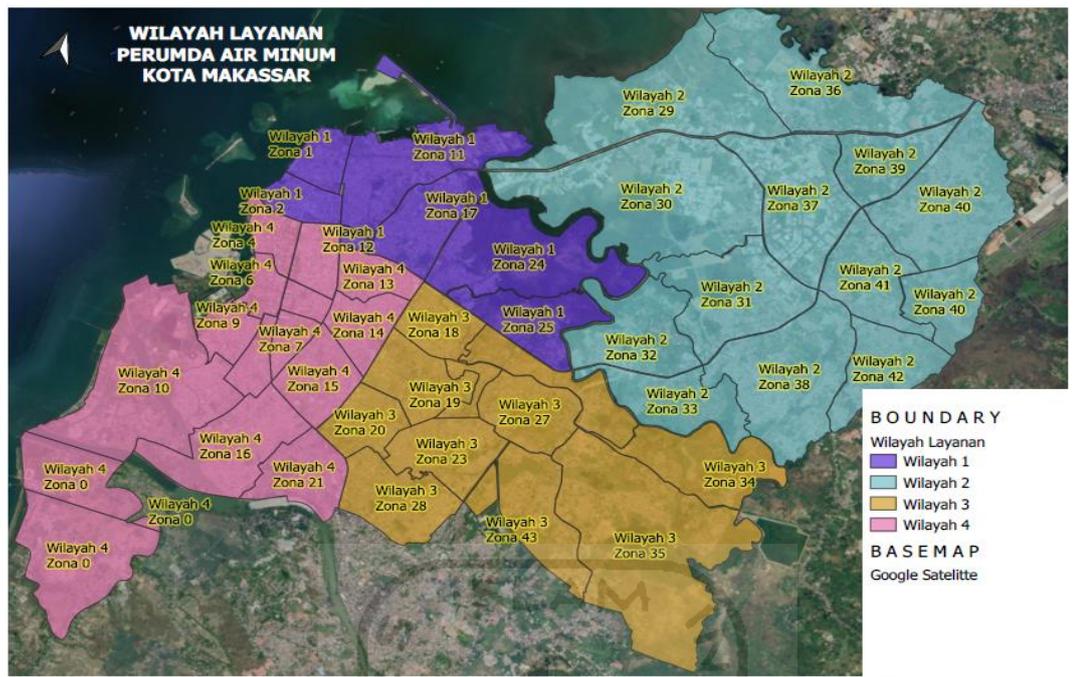
Instalasi pengolahan air PERUMDA Kota Makassar terbagi atas 5 yaitu IPA I (Ratulangi), IPA II (Panaikang), IPA III (Antang), IPA IV (Maccini Sombala), dan IPA V (Somba Opu). Sumber air baku PERUMDA Kota Makassar dibedakan atas 2 jenis, yaitu berasal dari air permukaan dan air sumur dalam, air permukaan yaitu bersumber dari sungai, danau, bendungan dan lain-lain kemudian sumur dalam yaitu air yang diperoleh dari sumur galian atau sumur bor.

Terhusus pada IPA IV Ratulangi, intake di sungai Jeneberang kemudian dialirkan melalui saluran transmisi ke pre-sedimentasi dimana air diendapkan dari partikel diskrit dan zat padat lainnya yang bisa mengendap secara gravitasi, selanjutnya melalui monitoring laboratorium, air yang memenuhi standar akan diproses di bagian koagulasi yaitu dilakukan proses destabilisasi partikel koloid atau kotoran yang terkandung dalam air, proses ini dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat tawas (aluminium sulfat) dengan pengadukan secara perlahan agar tawas yang tercampur dalam air dapat mengikat partikel kotoran agar memudahkan pengendapan kotoran pada proses sedimentasi.

Selanjutnya air akan di filterisasi untuk mereduksi jumlah bakteri, menghilangkan zat warna, bau dan rasa. Selanjutnya proses terakhir yaitu klorinasi, penambahan zat klorin yang berfungsi untuk membunuh bakteri atau mikroba. Setelah air selesai diolah, air akan dimasukkan ditempat penampungan sementara di dalam *reservoir* dengan kapasitas  $1800 m^3$  sebelum didistribusikan kepada pelanggan.

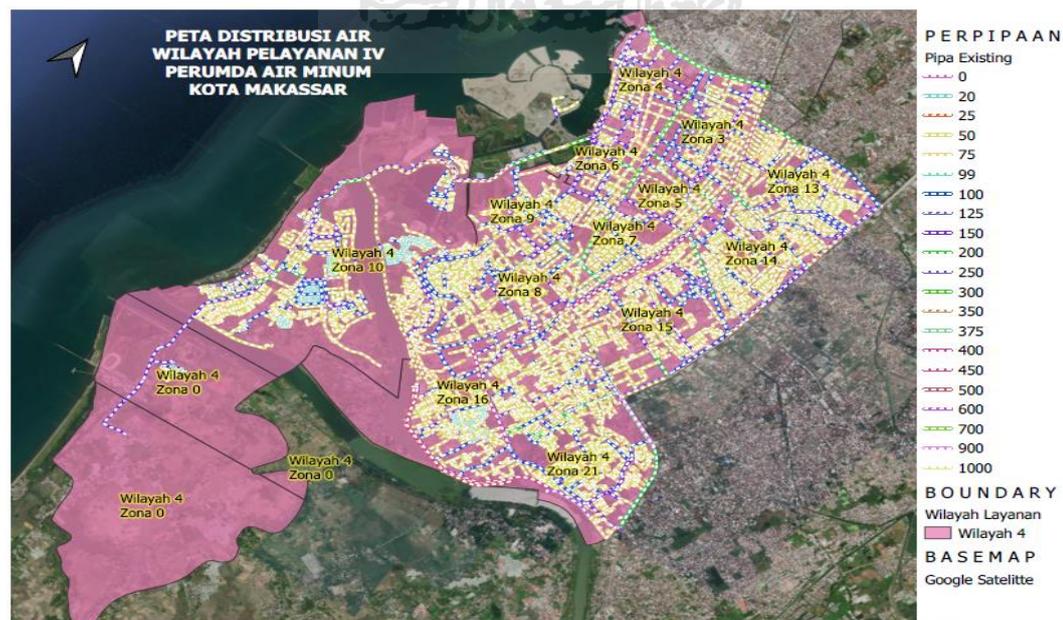
#### **4.1.5 Wilayah Layanan Pendistribusian Air**

Pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar terbagi atas IV wilayah yaitu wilayah I Andalas, Wilayah II Bumi Tamalanrea Permai (BTP), Wilayah III Racing Center dan Wilayah IV Ratulangi. Masing-masing wilayah melayani beberapa zona pendistribusian air yang disalurkan ke rumah-rumah masyarakat, perkantoran, perhotelan, sekolah dan lain-lain. Berikut merupakan peta wilayah pendistribusian dan perpipaan PERUMDA Kota Makassar dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.3 Peta Wilayah Layanan PERUMDA Kota Makassar

Wilayah I mendistribusikan air ke zona: 1, 2, 11, 12, 17, 24, 25. Wilayah II mendistribusikan air ke zona: 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42. Wilayah III mendistribusikan air ke zona: 18, 19, 20, 23, 27, 28, 34, 35, 43. Wilayah IV mendistribusikan air ke zona: 0, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 21.



Gambar 4.4 Perpipaan Wilayah IV PERUMDA Kota Makassar

## 4.2 Identifikasi Potensi Risiko dengan Metode *Delphi*

Proses identifikasi risiko pada penelitian ini menggunakan *expert judgment* melalui metode *Delphi*. *Expert judgement* merupakan kumpulan data yang diberikan oleh seorang pakar (*expert*) terhadap suatu permasalahan teknis (Meyer & Booker, 1991). *Expert judgement* umumnya dilakukan dengan tiga metode. Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan kuesioner *Delphi* dan 2 metode dari *expert judgement* diantaranya:

1. *Individual interview*, metode ini dilakukan dengan cara wawancara secara tatap muka dengan *expert*
2. *Interactive Group*, metode ini dilakukan melalui diskusi kelompok dimana para pakar dapat berinteraksi dan berdiskusi satu sama lainnya

Meyer & Booker, (1991) menjabarkan langkah-langkah dalam melaksanakan metode *expert judgement* sebagai berikut:

1. Menentukan ruang lingkup pertanyaan dan memilih pertanyaan
2. Menyempurnakan pertanyaan
3. Memilih *expert* yang kompeten
4. Memilih metode *expert judgement*
5. Memunculkan dan mendokumentasikan penilaian ahli

Kriteria *expert* untuk *expert judgement* adalah memiliki pendidikan yang menunjang dibidangnya (Kusuma, 2008) dan memiliki pengalaman kerja dibidangnya (Magdalena, 2013). Metode *Delphi* merupakan metode analitis yang dapat memperkuat *brainstorming* dan wawancara. Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan beberapa responden yang memahami atau terlibat secara langsung dalam pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV Ratulangi. Adapun proses metode *Delphi* dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Membentuk tim monitor, yang mana harus memahami dan mendalami persoalan dalam penelitian ini. Adapun anggota tim ini meliputi peneliti yang merupakan pelaksana metode *Delphi* dan yang menjadi pengarah yaitu dosen pembimbing yang berperan memberikan saran dan arahan selama proses penelitian berlangsung, dan kepala bagian distribusi dan kehilangan air (DKA) untuk

membantu dalam memfasilitasi penelitian dengan responden dan memberikan saran selama proses penelitian berlangsung.

2. Memilih pakar atau narasumber yang terlibat secara langsung pada pendistribusian air yang kemudian dijadikan sebagai responden dalam proses keputusan metode *Delphi*.
3. Pemberian informasi kepada responden tentang maksud dan tujuan dari dilakukannya metode *Delphi*. Pada tahap ini dilakukan pemaparan tujuan dilakukannya survei berupa kuesioner *Delphi* kepada calon responden.
4. Penyebaran kuesioner kepada responden. Kuesioner tahap I bersifat terbuka untuk mengetahui pemahaman responden mengenai potensi risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV dan ditunjang dengan penelitian terkait.
5. Peneliti melakukan pengumpulan dan pengolahan data hasil kuesioner tahap I untuk kemudian dirangkum menjadi dasar dalam pengajuan kuesioner tahap II.
6. Peneliti membuat dan menyebarkan kuesioner tahap II untuk mendapatkan penilaian persetujuan pernyataan potensi risiko dengan menggunakan skala likert 1-5 mulai dari sangat tidak setuju, tidak setuju, ragu-ragu, setuju dan sangat setuju. Mengulang prosedur poin ke-5 tahapan dilakukan hingga mencapai *consensus*.

#### **4.2.1 Kuesioner *Delphi* Putaran I**

Kuesioner *Delphi* putaran I bertujuan untuk menggali informasi terkait latar belakang responden yang terpilih. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bahwa responden benar-benar memahami pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV berdasarkan pada latar belakang dan pengalaman yang dimiliki. Terdapat 4 responden pada penelitian ini, yang terdiri dari kepala bagian distribusi, kepala seksi pemeliharaan, kepala bagian perencanaan teknik dan kepala seksi perencanaan dan pengawasan yang ada di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV Ratulangi. Adapun data responden penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Biodata Responden

No	Nama	Jabatan	Bekerja Sejak	Pendidikan
1	Wahidin, S. ST	Kepala Bagian Distribusi	1996	S1
2	A. Ichsan. M, ST	Kepala Seksi Pemeliharaan	2005	S1
3	Jamal Malla, S.ST	Kepala Bagian Perencanaan Teknik	1996	S1
4	Reina Andi Lolo, ST., MT	Kepala Seksi Perencanaan dan Pengawasan	2003	S2

Kuesioner *Delphi* putaran I dilakukan mulai dari hari Selasa tanggal 21 – 28 Juli 2020. Dalam kuesioner *Delphi* putaran I ini, responden memberikan jawabannya tentang sejauh mana pemahaman yang dimiliki berkaitan dengan pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV. Pegetahuan dan pemahaman yang dimiliki oleh responden seputar pendistribusian air rata-rata lebih dari 15 tahun. Sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa para responden yang terpilih dalam penelitian ini layak dijadikan sebagai sumber pengambilan data dengan menggunakan metode *Delphi*.

Proses mengumpulkan potensi-potensi risiko dari beberapa referensi penelitian terkait dilakukan sebagai penunjang pada penelitian ini. Kuesioner *Delphi* putaran I juga memuat beberapa hasil penelitian terkait potensi risiko berdasarkan pemetaan aktivitas distribusi air yang dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Potensi Risiko pada Pendistribusian Air

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber
1	<b>Perpipaan</b>	Air yang terdistribusi kepada pelanggan keruh	Zhu et al., 2020
2		Korosi pada pipa distribusi	Zhu et al., 2020
3		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berbau	
4		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berasa	Zhu et al., 2020

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber
5		Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan	Martaningtyas & Ariesyady, 2018
6		Air tidak terdistribusi secara optimal	Martaningtyas & Ariesyady, 2018
7		Kerusakan peralatan pada bagian distribusi	Martaningtyas & Ariesyady, 2018
8		Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi	Barton et al., 2019
9		Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi	Barton et al., 2019
10		Penipisan dinding pipa distribusi	Barton et al., 2019
11		Debit air yang diperoleh pelanggan rendah	Juliarba et al., 2017
12		Air terkontaminasi	Vairavamoorthy et al., 2007
13		Perubahan pada skala pipa	Imran et al., 2020
14		Penyumbatan pada pipa distribusi	Gao et al., 2019
15		Kerusakan pada katub kontrol air	Phan et al., 2019
16		Perubahan warna pada air yang terdistribusi	Sunny et al., 2020
17		Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)	Weber et al., 2020
18		Kebocoran pipa pada bagian sambungan	Liu et al., 2020
19	<b>Persediaan/ Penampungan</b>	Debit air pada pemampungan menurun	Chen et al., 2020
20		Peningkatan pertumbuhan mikro bakteri pada penampungan air	Uddameri et al., 2020
21		Rembesan pada bak penampungan air	Orojloo et al., 2018
22		Kebocoran pada bak penampungan air	Rasyid et al., 2016
23	<b>Fasilitas</b>	Kerusakan pada pompa distribusi	Putra et al., 2017
24		Kerusakan pada water meter distribusi	Putra et al., 2017
25		Kerusakan panel listrik	Chen et al., 2020
26		Penuaan dini pada peralatan distribusi air	Orojloo et al., 2018
27		Terjadi penyimpangan prosedur kerja saat melakukan penanganan di lapangan	Putra et al., 2017
28		Kesalahan pemasangan jaringan pipa transmisi dan distribusi oleh kontraktor tidak sesuai dengan spesifikasi	Putra et al., 2017
29	<b>Perencanaan &amp; pengawasan</b>	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)	Putra et al., 2017
30		Ketidaksesuaian prediksi kerusakan yang terjadi dilapangan	Putra et al., 2017
31		Pekerja sulit memonitoring tekanan air pada jaringan pipa.	Putra et al., 2017
32		Kehilangan air pada proses distribusi	Orojloo et al., 2018

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber
33		Kesalahan operator dalam operasi manual	Orojloo et al., 2018
34		Terjadi pencurian peralatan	Orojloo et al., 2018
35		Maintenance peralatan tidak sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan sebelumnya	Orojloo et al., 2018

Hasil kuesioner *Delphi* putaran I menghasilkan 16 potensi risiko berdasarkan penilaian *expert*. Hasil identifikasi potensi risiko pada *Delphi* putaran I kemudian dijadikan dasar dalam pembuatan kuesioner *Delphi* putaran II. Potensi risiko tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Potensi risiko terpilih berdasarkan penilaian responden

No	Indikator	Potensi Risiko
1	Perpipaan	Korosi pada pipa distribusi
2		Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan
3		Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi
4		Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi
5		Penipisan dinding pipa distribusi
6		Debit air yang diperoleh pelanggan rendah
7		Penyumbatan pada pipa distribusi
8		Kerusakan pada katub kontrol air
9		Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)
10		Kebocoran pipa pada bagian sambungan
11	Persediaan/Penampungan	Debit air pada pemampungan menurun
12	Fasilitas	Kerusakan pada pompa distribusi
13		Kerusakan pada water meter distribusi
14		Penuaan dini pada peralatan distribusi air
15	Perencanaan & pengawasan	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)
16		Kehilangan air pada proses distribusi

#### 4.2.2 Kuesioner *Delphi* Putaran II

Pada kuesioner *Delphi* putaran II dijelaskan semua potensi risiko yang diambil dari *expert* yang memiliki nilai risiko. Putaran II dilakukan untuk meminta pernyataan setuju atau tidak dengan hasil identifikasi potensi risiko pada kuesioner *Delphi* putaran I. potensi risiko yang teridentifikasi sebanyak 16 potensi risiko diberikan penilaian dengan menggunakan skala likers 1-5. Apabila responden sangat tidak setuju dengan pernyataan maka diberikan nilai 1, apabila responden tidak setuju dengan pernyataan maka diberikan nilai 2, apabila responden ragu-ragu dengan pernyataan maka diberikan nilai 3, apabila responden setuju dengan pernyataan maka diberikan nilai 4, dan apabila responden sangat setuju dengan pernyataan maka diberikan nilai 5. Kuesioner *Delphi* putaran II dilakukan pada tanggal 30 Juli – 5 Agustus 2020.

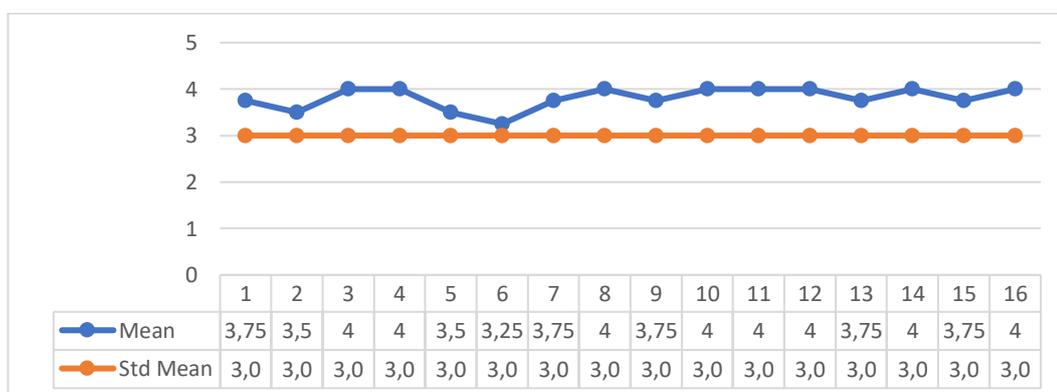
Setelah kuesioner *Delphi* II telah diisi oleh responden, selanjutnya dilakukan pengolahan data secara statistik yang meliputi penentuan nilai rata-rata (mean), nilai tengah (median), standar deviasi, dan jangkauan inter kuartil (*Inter Quartile Range/IQR*). Pada tabel 4.4 menunjukkan hasil pengolahan identifikasi potensi risiko dari kuesioner *Delphi* Putaran II.

Tabel 4.4 Pengolahan data statistik hasil kuesioner *Delphi* putaran II

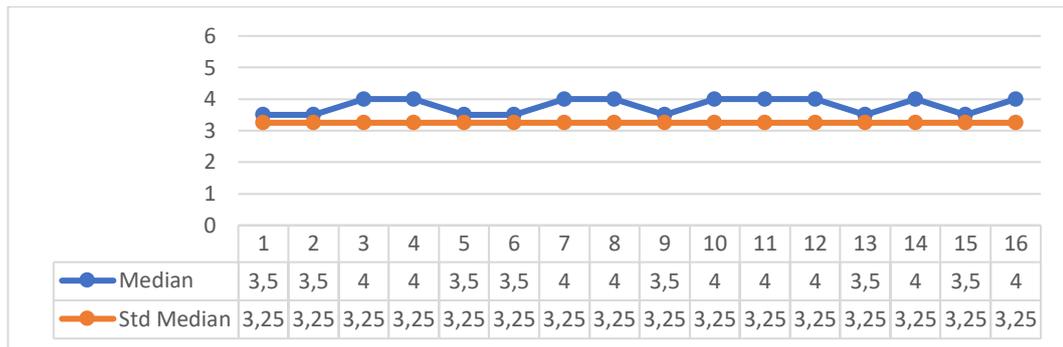
Kode	Potensi Risiko	Mean	Median	Stdv	IQR
1	Korosi pada pipa distribusi	3,75	3,5	1,0	1,25
2	Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan	3,5	3,5	1,3	1,5
3	Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi	4	4	0,8	0,5
4	Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi	4	4	0,8	0,5
5	Penipisan dinding pipa distribusi	3,5	3,5	1,3	1,5
6	Debit air yang diperoleh pelanggan rendah	3,25	3,5	1,0	1,25
7	Penyumbatan pada pipa distribusi	3,75	4	1,3	0,75

Kode	Potensi Risiko	Mean	Median	Stdv	IQR
8	Kerusakan pada katub kontrol air	4	4	0,8	0,5
9	Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)	3,75	3,5	1,0	1,25
10	Kebocoran pipa pada bagian sambungan	4	4	0,8	0,5
11	Debit air pada pemampungan menurun	4	4	0,8	0,5
12	Kerusakan pada pompa distribusi	4	4	0,8	0,5
13	Kerusakan pada water meter distribusi	3,75	3,5	1,0	1,25
14	Penuaan dini pada peralatan distribusi air	4	4	0,8	0,5
15	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)	3,75	3,5	1,0	1,25
16	Kehilangan air pada proses distribusi	4	4	0,8	0,5

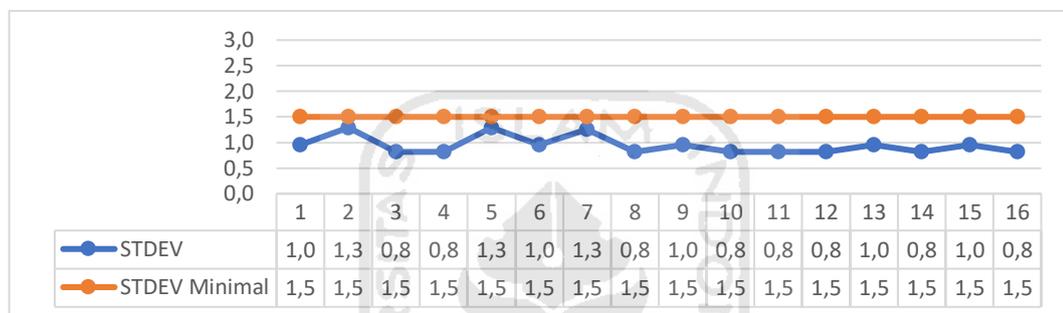
Menurut Hsu & Sandford, (2007) menyarankan paling tidak 70% dengan rata-rata nilai tiap item poin kuesioner adalah tiga atau empat skala likert dan memiliki nilai median paling sedikit 3,25. Menurut Gainnarou, (2014) kuesioner *Delphi* dikatakan kosensus jika nilai standar deviasi di bawah 1,5 dan nilai IQR dibawah 2,5. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata responden setuju dengan daftar potensi risiko yang sudah teridentifikasi pada kuesioner *Delphi* putaran I dan mencapai *consensus*. Berdasarkan hasil perhitungan statistik yang ditampilkan pada tabel 4.4 sebelumnya, kemudian dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah dalam penentuan rata-rata potensi risiko seperti pada gambar 4.5 hingga gambar 4.8 sebagai berikut.



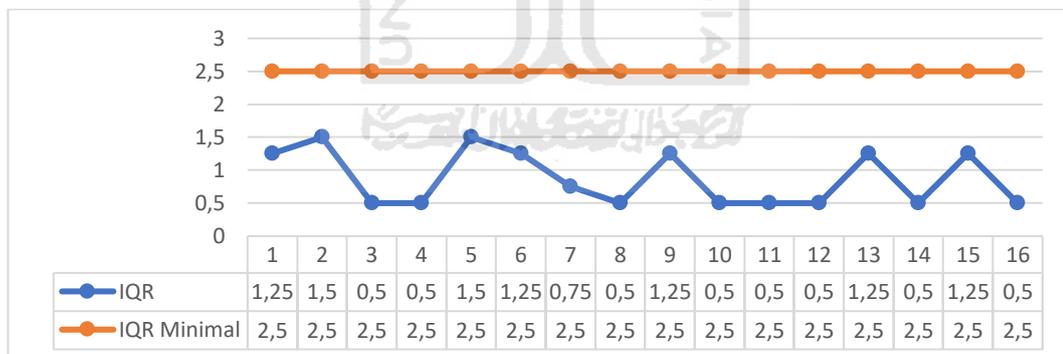
Gambar 4.5 Hasil pengolahan rata-rata identifikasi potensi risiko



Gambar 4.6 Hasil pengolahan median identifikasi potensi risiko



Gambar 4.7 Hasil pengolahan standar deviasi identifikasi potensi risiko



Gambar 4.8 Hasil pengolahan *Inter Quartile Range* identifikasi potensi risiko

### 4.3 Pengolahan Risiko Menggunakan *House of Risk* (HOR)

#### 4.3.1 Identifikasi *Risk Event*

Berdasarkan *consensus Delphi* putaran kedua diperoleh 16 *risk event*. Kemudian identifikasi risiko dilakukan dengan menggunakan metode *House of Risk* (HOR). Menurut Christopher & Peck, (2004) bahwa alasan dari penggunaan HOR

merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk menganalisis penyebab potensial timbulnya suatu risiko, probabilitas kemunculannya dan bagaimana cara pencegahannya. Metode HOR yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 2 kriteria FMEA yaitu probabilitas terjadinya risiko (*occurrence*) dan dampak risiko (*severity*). Pembobotan nilai dari variabel tersebut dilakukan melalui *Focus Group Discussion* (FGD) dengan *expert*.

Berdasarkan kuesioner *Delphi* putaran 2 dapat diidentifikasi bahwa *risk event* yang terjadi pada pendistribusian air sebanyak 16 kejadian risiko. Tabel 4.5 berikut merupakan hasil identifikasi *risk event*:

Tabel 4.5 Daftar *Risk Event*

No	<i>Risk Event</i>	Kode	<i>Severity</i>	<i>Potential Impact</i>
1	Korosi pada pipa distribusi	E1	6	Kebocoran pada pipa
2	Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan	E2	8	Debit air yang diperoleh pelanggan rendah
3	Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi	E3	6	Air yang mengalir tidak sesuai dengan debit kebutuhan pelanggan
4	Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi	E4	6	Mempercepat laju korosi pada pipa
5	Penipisan dinding pipa distribusi	E5	5	Pipa pecah
6	Debit air yang diperoleh pelanggan rendah	E6	9	Tidak dapat memenuhi kebutuhan air rata-rata pelanggan
7	Penyumbatan pada pipa distribusi	E7	7	Retakan yang berujung kebocoran di saluran air
8	Kerusakan pada katub kontrol air	E8	6	Kapasitas aliran air terganggu
9	Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)	E9	9	Air tercampur material lain (keruh dan berbau)
10	Kebocoran pipa pada bagian sambungan	E10	6	Terjadi perubahan tekanan air

No	Risk Event	Kode	Severity	Potential Impact
11	Debit air pada pemampungan menurun	E11	5	Debit distribusi berkurang
12	Kerusakan pada pompa distribusi	E12	7	Wilayah layanan <i>supply</i> air macet total
13	Kerusakan pada water meter distribusi	E13	6	Tidak dapat mengetahui jumlah kubikasi air
14	Penuaan dini pada peralatan distribusi air	E14	5	Menambah biaya perbaikan tak terduga
15	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)	E15	10	Pasokan air PERUMDA berkurang
16	Kehilangan air pada proses distribusi	E16	8	Debit air yang di <i>supply</i> ke pelanggan berkurang

Tabel diatas memaparkan hasil pembobotan nilai *severity* dari setiap kejadian risiko. Pembobotan diatas didapat dari pendapat *expert* dengan 1 kriteria yang ada didalam metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, yaitu *severity* yang menyatakan tingkat keparahan apabila suatu *failure mode* terjadi. Dan *potential impact* merupakan dampak yang ditimbulkan jika risiko tersebut terjadi. Setelah mengetahui kategori dari setiap risiko maka langkah selanjutnya mencari *risk agent*. Tabel 4.6 dibawah ini menunjukkan hasil identifikasi *risk agent* dari setiap *risk event*:

Tabel 4.6 Daftar *Risk Agent*

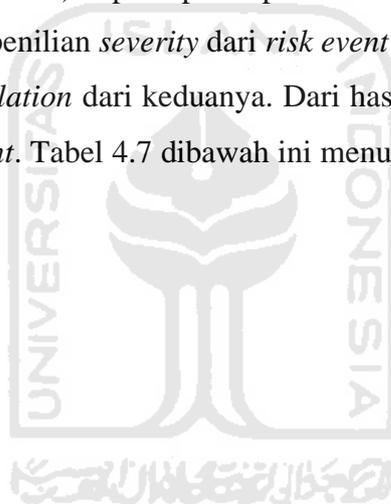
No	Risk Agent	Kode	Occurrence
1	Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian	A1	5
2	Penggalian drainase	A2	6
3	Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan	A3	5
4	Getaran beban dari luar	A4	5
5	Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis	A5	8
6	Tidak memiliki sistem peringatan dini	A6	7
7	Korosi erosi (Pengikisan dinding pipa)	A7	5
8	Banyaknya katub pengatur air yang rusak	A8	4
9	Terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air	A9	4

No	Risk Agent	Kode	Occurrence
10	Kurangnya tekanan air	A10	6
11	Banyak material yang terbawa arus saat aliran air deras	A11	4
12	Tersumbat akar pohon	A12	4
13	Umur katub sudah melewati masa penggunaannya	A13	9
14	Adanya tekanan tinggi dari luar pipa	A14	4
15	Kualitas pipa tidak memenuhi standar	A15	3
16	Ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol	A16	4
17	Kebocoran atau rembesan pada reservoir	A17	5
18	Arus listrik PLN tidak stabil	A18	4
19	Umur pompa melewati batas masa pemakaian	A19	2
20	Meteran air sudah terlalu tua	A20	9
21	Kurangnya perawatan pada peralatan	A21	5
22	Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan	A22	10
23	Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah	A23	4
24	Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi	A24	8
25	Stuktur tanah yang lembab	A25	2
26	Terendam air got	A26	1
27	Kedalaman penanaman pipa yang cukup dangkal	A27	1
28	Beban dari parkir kendaraan	A28	1
29	Pembangunan perumahan	A29	2
30	Pembangunan fasilitas pemerintah	A30	1
31	Pengecekan yang tidak sistematis	A31	1
32	Dinding pipa yang sudah terlalu tipis	A32	1
33	Tekanan air yang dinamis	A33	1
34	Pertumbuhan mikrobakteri	A34	1
34	Rembesan pada sambungan pipa	A35	1
36	Pintu air ditutup sementara	A36	2
37	Diameter pipa mengecil	A37	1
38	Tanah yang terbawa arus saat perbaikan pipa bocor	A38	2
39	Benturan peralatan saat maintenance	A39	1
40	Katub yang digunakan tidak sesuai standar	A40	1
41	Sambungan terlepas	A41	2
42	Penggalian pondasi	A42	2
43	Posisi sambungan pipa salah ditempatkan	A43	1
44	Lem yang digunakan tidak sesuai standar	A44	1
45	Proses pembersihan penampungan	A45	1
46	Air gratis	A46	2
47	Kurangnya perawatan pada pompa	A47	1
48	Jadwal maintenance tidak teratur	A48	1
49	Terbentur benda eksternal	A49	1
50	Kesalahan pemasangan water meter	A50	2
51	Tertumpuk digudang dalam waktu lama	A51	1
52	Kesalahan penempatan peralatan	A52	1

No	Risk Agent	Kode	Occurrence
53	Ketidakmampuan dalam pembayaran air	A53	2
54	Banyak pipa yang tidak tertanam	A54	2
55	Pembayaran air yang terlalu mahal	A55	2
56	Kesalahan pembacaan water meter	A56	2
57	Air dialihkan untuk pemadaman kebakaran	A57	1
58	Waktu penanganan kebocoran pipa yang lama	A58	1
59	Informasi kebocoran terlambat dikelola	A59	2
60	Pipa pecah	A60	1

#### 4.3.1 House of Risk Fase I

Identifikasi dan penilaian *risk event* maupun *risk agent* dilakukan dengan cara *Focus Group Discussion* (FGD) kepada pihak perusahaan dengan membentuk tim dan data kuesioner untuk penilaian *severity* dari *risk event* dan penilaian *occurrence* dari *risk agent* serta *correlation* dari keduanya. Dari hasil identifikasi terdapat 16 *risk event* dan 24 *risk agent*. Tabel 4.7 dibawah ini menunjukkan hasil pengolahan data HOR fase 1:



Tabel 4.7 House of Risk Fase I (A1-A24)

Risk Event (Ei)	Risk Agent (Ai)																								Severity
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	
E1	9				3		9														1			3	6
E2	9	9	9	3	1			3		1		9		3		3							1	9	8
E3		9	1	3	1									9	1						1	1			6
E4	3	1	1	3	1	1	9							3	1									3	6
E5	3				3		9								1						3	1			5
E6		3	3		3	3		3	9	9		9	1			9	3	1					9	3	9
E7					3	3					3	9													7
E8								9	1				9								1				6
E9	3	9	9	1			3							1											9
E10	1	3	1								1														6
E11								1	9								9								5
E12						1		1	9										9	1	3				7
E13					3						3										9	3			6
E14					1	3	3					3									9	1			5
E15					9											9						9	9		10
E16		9	3		3	3						9				9	3					3	9	9	8
<b>Occurrence</b>	5	6	5	5	8	7	5	4	4	6	4	4	9	4	3	4	5	4	2	9	5	10	4	8	
<b>ARP</b>	960	1980	1110	345	1904	700	975	468	780	678	84	1608	567	444	51	1068	480	36	126	549	585	1300	1004	1656	
<b>Rank</b>	10	1	6	20	2	12	9	18	11	13	22	4	15	19	23	7	17	24	21	16	14	5	8	3	

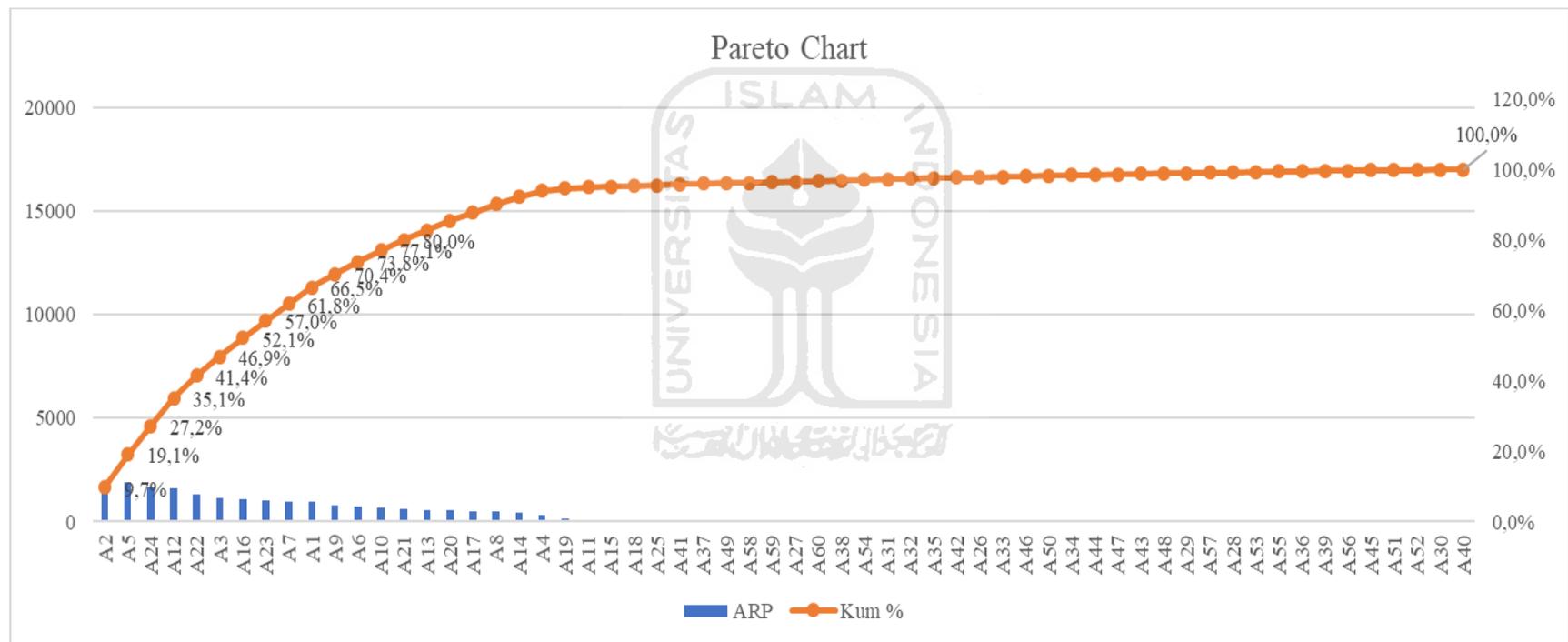
Tabel 4.7 *House of Risk* Fase I (Lanjutan A25-A43)

Risk Event (E <sub>i</sub> )	Risk Agent (A <sub>i</sub> )																			Severity
	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	
E1	3	3								1	1									6
E2			3	1			1	1	1										1	8
E3				1	1	1		1	1									1		6
E4		1		1			3	1		1	1									6
E5		1						1	1	3			1							5
E6								1	1	1	1	1	1	1			1			9
E7													3	1						7
E8															3	1				6
E9			1								1						1	1		9
E10					1	1		1											3	6
E11																				5
E12																				7
E13																				6
E14							1													5
E15																				10
E16																				8
<b>Occurrence</b>	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1	
<b>ARP</b>	36	29	33	20	24	12	31	31	28	27	30	18	35	32	18	6	36	30	26	
<b>Rank</b>	25	32	28	38	36	42	30	30	33	34	31	39	26	29	39	43	25	31	35	

Tabel 4.7 *House of Risk* Fase I (Lanjutan A44-A60)

<i>Risk Event</i> (E <sub>i</sub> )	<i>Risk Agent</i> (A <sub>i</sub> )																<i>Severity</i>	
	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59		A60
E1											1							6
E2																		8
E3						1												6
E4						1												6
E5																		5
E6			1											1	3	1	1	9
E7																		7
E8																		6
E9	1																	9
E10	3																	6
E11		3	1											1				5
E12				3	3													7
E13				1		3												6
E14					1	1			3	3								5
E15										1	1	1						10
E16							1						1	1	1	1	3	8
<b><i>Occurrence</i></b>	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	
<b><i>ARP</i></b>	27	15	28	27	26	35	28	15	15	20	32	20	16	22	35	34	33	
<b><i>Rank</i></b>	34	41	33	34	35	26	33	41	41	38	29	38	40	37	26	27	28	

Berdasarkan nilai ARP yang telah didapat dari perhitungan tabel diatas, maka selanjutnya menentukan *risk agent* dominan dengan pendekatan pareto. Penggunaan diagram pareto untuk menentukan sumber risiko dominan. Menurut Caesaron & Tandianto, (2014) diagram pareto dibuat dengan menggunakan persentase komulatif dari setiap ARP dari *risk agent*. Gambar 4.9 dibawah ini menunjukkan diagram pareto *risk agent*:



Gambar 4.9 Diagram Pareto *Risk Agent*

Tabel 4.8 Presentase Kumulatif Hasil Pareto

<i>Risk Agent</i> (Rank)	ARP	Persentase (%)	Kumulatif (%)
A2	1980	9,71%	9,7%
A5	1904	9,34%	19,1%
A24	1656	8,12%	27,2%
A12	1608	7,89%	35,1%
A22	1300	6,38%	41,4%
A3	1110	5,44%	46,9%
A16	1068	5,24%	52,1%
A23	1004	4,92%	57,0%
A7	975	4,78%	61,8%
A1	960	4,71%	66,5%
A9	780	3,83%	70,4%
A6	700	3,43%	73,8%
A10	678	3,33%	77,1%
A21	585	2,87%	80,0%
A13	567	2,78%	82,8%
A20	549	2,69%	85,5%
A17	480	2,35%	87,8%
A8	468	2,30%	90,1%
A14	444	2,18%	92,3%
A4	345	1,69%	94,0%
A19	126	0,62%	94,6%
A11	84	0,41%	95,0%
A15	51	0,25%	95,3%
A18	36	0,18%	95,4%
A25	36	0,18%	95,6%
A41	36	0,18%	95,8%
A37	35	0,17%	96,0%
A49	35	0,17%	96,1%
A58	35	0,17%	96,3%
A59	34	0,17%	96,5%
A27	33	0,16%	96,6%
A60	33	0,16%	96,8%
A38	32	0,16%	97,0%
A54	32	0,16%	97,1%
A31	31	0,15%	97,3%
A32	31	0,15%	97,4%
A35	30	0,15%	97,6%

<b>Risk Agent (Rank)</b>	<b>ARP</b>	<b>Persentase (%)</b>	<b>Kumulatif (%)</b>
A42	30	0,15%	97,7%
A26	29	0,14%	97,9%
A33	28	0,14%	98,0%
A46	28	0,14%	98,1%
A50	28	0,14%	98,3%
A34	27	0,13%	98,4%
A44	27	0,13%	98,5%
A47	27	0,13%	98,7%
A43	26	0,13%	98,8%
A48	26	0,13%	98,9%
A29	24	0,12%	99,0%
A57	22	0,11%	99,1%
A28	20	0,10%	99,2%
A53	20	0,10%	99,3%
A55	20	0,10%	99,4%
A36	18	0,09%	99,5%
A39	18	0,09%	99,6%
A56	16	0,08%	99,7%
A45	15	0,07%	99,8%
A51	15	0,07%	99,8%
A52	15	0,07%	99,9%
A30	12	0,06%	100,0%
A40	6	0,03%	100,0%
	<b>20.388</b>	<b>100,0%</b>	

Berdasarkan prinsip diagram pareto 80/20, diambil sebanyak 80,0% *risk agent* untuk dilakukan perancangan strategi penanganann yang diharapkan dapat mempengaruhi perbaikan 20,0% *risk agent* lainnya. Ada 14 *risk agent* dominan dari total 60 *risk agent* dalam aktivitas pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV. Berikut tabel 4.9 merupakan daftar *risk agent* dominan beserta nilai *severity* serta *occurence* yang digunakan untuk melakukan pemetaan risiko:

Tabel 4.9 *Risk Agent* Dominan Sebelum Penanganan

No	Code	Risk Agent	Severity	Occurrence
1	A2	Penggalian drainase	9	6
2	A5	Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis	7	8
3	A24	Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi	9	8
4	A12	Tersumbat akar pohon	8	4
5	A22	Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan	8	10
6	A3	Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan	6	5
7	A16	Ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol	7	4
8	A23	Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah	7	4
9	A7	Korosi erosi (Pengikisan dinding pipa)	7	5
10	A1	Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian	9	5
11	A9	Terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air	7	4
12	A6	Tidak memiliki sistem peringatan dini	6	7
13	A10	Kurangnya tekanan air	6	5
14	A21	Kurangnya perawatan pada peralatan	6	5

Nilai risiko dari *risk agent* penggalian drainase sebesar 54, *risk agent* kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis sebesar 56, *risk agent* terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi sebesar 72, *risk agent* tersumbat akar pohon sebesar 32, *risk agent* kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan sebesar 80 dan *risk agent* galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan sebesar 55, *risk agent* adanya jaringan pipa yang terpasang diluar control sebesar 28, *risk agent* pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah sebesar 28, *risk agent* korosi erosi (pengikisan dinding pipa) sebesar 35, *risk agent* umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian sebesar 45, *risk agent* terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air sebesar 28, *risk agent* tidak memiliki sistem peringatan dini sebesar 42, *risk agent* Kurangnya tekanan air sebesar 20,d dan Kurangnya perawatan pada

peralatan sebesar 16. Setelah mengetahui daftar sumber risiko yang dominan maka selanjutnya membuat peta risiko. Peta risiko berguna untuk melihat kondisi risiko sebelum diberikannya penanganan. Gambar 4.10 menunjukkan posisi *risk agent* dominan sebelum dilakukan penanganan:

Probabilitas	Sangat Tinggi				A22	
	Tinggi			A6	A5	A24
	Sedang					A2
	Rendah			A3, A10, A21	A7	A1
	Sangat Rendah				A12, A16, A23, A9	
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Dampak						

Gambar 4.10 Peta Risiko Sebelum Perancangan Prioritas Strategi Penanganan

Keterangan:

Hijau = Posisi risiko ringan

Kuning = Posisi risiko sedang

Merah = Posisi risiko kritis

Penentuan posisi risiko menggunakan nilai *severity* dan *occurrence*. Dimana nilai *severity* untuk kategori dampak dan nilai *occurrence* untuk kategori probabilitas. Kemudian dimasukkan kedalam peta risiko dengan kriteria yang terdapat pada tabel 2.3 sebelumnya. *Risk agent* A2 memiliki probabilitas sedang dan dampak yang sangat tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A5 memiliki probabilitas tinggi dan dampak yang tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A24 memiliki probabilitas tinggi dengan dampak sangat tinggi

sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A12 memiliki probabilitas sangat rendah dan dampak tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area kuning yang berarti risiko sedang. *Risk agent* A22 memiliki probabilitas sangat tinggi dan dampak tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A3, A10, A21 memiliki probabilitas rendah dan dampak sedang sehingga *risk agent* ini terletak pada area kuning yang berarti risiko sedang. *Risk agent* A16, A23, A9, memiliki probabilitas sangat rendah dan dampak tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area kuning yang berarti risiko sedang. *Risk agent* A7 memiliki probabilitas rendah dan dampak tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A1 memiliki probabilitas rendah dan dampak sangat tinggi sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis. *Risk agent* A6 memiliki probabilitas tinggi dan dampak sedang sehingga *risk agent* ini terletak pada area merah yang berarti risiko kritis.

Dari pemetaan sumber risiko ke dalam *risk map*, dapat diketahui bahwa terdapat 7 *risk agent* berada pada area merah yang berarti menunjukkan risiko pada posisi tinggi atau kritis sehingga risiko ini wajib dimitigasi secepatnya. Dan 7 *risk agent* yang berada pada area kuning yang berarti risiko pada posisi sedang sehingga perlu dikelola secara rutin dan pengendalian yang efektif serta strategi harus dilaksanakan. Dilihat dari kondisi risiko-risiko yang ada, maka perlu dirancang strategi penanganannya agar tidak terjadi gangguan pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV.

#### **4.3.2 House of Risk Fase II**

Setelah menyelesaikan tahap HOR fase 1 maka selanjutnya memasuki tahap HOR fase 2. Dari hasil *focus group discussion* (FGD) dihasilkan 14 strategi penanganan *risk agent*. Tabel 4.10 berikut merupakan daftar penanganan *risk agent*:

Tabel 4.10 Daftar Strategi Mitigasi

Code (Ai)	Risk Agent	Code Strategi	Strategi
A2	Penggalian drainase	PA1	Melakukan koordinasi kepada pelaksana perbaikan drainase dan pengawasan langsung
A5	Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis	PA2	Pemasangan <i>Leak Noise Correlator</i> (LNC) alat teknologi pencarian kebocoran secara aktif
A24	Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi	PA3	Pemasangan <i>valve</i> disetiap percabangan untuk pendeteksi kebocoran
A12	Tersumbat akar pohon	PA4	Melakukan inspeksi berkala pada jaringan pipa
A22	Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan	PA5	Mengambil tindakan tegas dengan memutuskan sambungan
A3	Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan	PA6	Pihak eksternal wajib berkoordinasi dengan PERUMDA sebelum melakukan operasi di area perpipaan
A16	Ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol	PA7	Pengawasan pada aktivitas proyek eksternal PERUMDA
A23	Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah	PA8	Melakukan kalibrasi pada meter air pelanggan secara berkala
A7	Korosi erosi (Pengikisan dinding pipa)	PA9	Pemantauan potensial korosi secara berkala
A1	Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian	PA10	Membuat data base umur pipa untuk peringatan dini
A9	Terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air	PA11	Disiplin dalam melaksanakan <i>maintenance</i> secara rutin
A6	Tidak memiliki sistem peringatan dini	PA12	Melakukan penyisiran pipa ketika tekanan air sedang stabil (Malam hari)
A10	Kurangnya tekanan air	PA13	Menambah kapasitas persediaan air sebelum memasuki musim kemarau (Sumur dalam)
A21	Kurangnya perawatan pada peralatan	PA14	Membuat penjadwalan perawatan peralatan

HOR fase 2 digunakan untuk menentukan tindakan yang pertama dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan dari penerapan. Tabel 4.11 berikut merupakan perhitungan HOR fase 2.



Tabel 4.11 *House of Risk* Fase 2

<i>Risk Agent (Ai)</i>	<i>Preventive Action (PAk)</i>														<b>ARP</b>
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7	PA8	PA9	PA10	PA11	PA12	PA13	PA14	
Penggalian drainase	3														1980
Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis		9													1904
Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi			9												1656
Tersumbat akar pohon				9											1608
Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan					3										1300
Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan						9									1110
Ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol							9								1068
Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah								9							1004
Korosi erosi (Pengikisan dinding pipa)									9						975
Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian										3					960
Terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air											9				780
Tidak memiliki sistem peringatan dini												3			700
Kurangnya tekanan air													3		678
Kurangnya perawatan pada peralatan														3	585
<b>Total Effectiveness of Action (TEk)</b>	5940	17136	14904	14472	3900	9990	9612	9036	8775	2880	7020	2100	2034	1755	
<b>Degree of Difficulty preforming Action (Dk)</b>	4	5	5	3	3	4	3	3	4	5	3	3	5	4	
<b>Effectiveness to Difficulty Ratio (ETD)</b>	1485	3427	2981	4824	1300	2498	3204	3012	2194	576	2340	700	407	439	
<b>Rank of Priority</b>	9	2	5	1	10	6	3	4	8	12	7	11	14	13	

Keterangan:

- Ai = *Risk Agent* yang terpilih untuk dilakukan penanganan  
 Pi = *Preventive action* atau strategi penanganan yang akan dilakukan  
 ARPi = *Aggregate Risk Priority* dari *risk agent*  
 Tek = Total efektivitas dari setiap aksi penanganan  
 Dk = Tingkat kesulitan dalam penerapan aksi penanganan  
 ETD = *Effectiveness difficulty performing action*  
 Rank = Peringkat dari setiap aksi penanganan berdasarkan urutan nilai ETD tertinggi

Berdasarkan perhitungan HOR fase 2 didapat urutan prioritas penanganan yang ditunjukkan pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12 Urutan Prioritas Penanganan

No	<i>Preventive action</i>	<i>Code</i>
1	Melakukan inspeksi berkala pada jaringan pipa	PA4
2	Pemasangan <i>Leak Noise Correlator</i> (LNC) alat teknologi pencarian kebocoran secara aktif	PA2
3	Pengawasan pada aktivitas proyek eksternal PERUMDA	PA7
4	Melakukan kalibrasi pada meter air pelanggan secara berkala	PA8
5	Pemasangan <i>valve</i> disetiap percabangan untuk pendeteksi kebocoran	PA3
6	Pihak eksternal wajib berkoordinasi dengan PERUMDA sebelum melakukan operasi di area perpipaan	PA6
7	Disiplin dalam melaksanakan <i>maintenance</i> secara rutin	PA11
8	Pemantauan potensial korosi secara berkala	PA9
9	Melakukan koordinasi kepada pelaksana perbaikan drainase dan pengawasan langsung	PA1
10	Mengambil tindakan tegas dengan memutuskan sambungan	PA5
11	Melakukan penyisiran pipa ketika tekanan air sedang stabil (Malam hari)	PA12
12	Membuat data base umur pipa untuk peringatan dini	PA10
13	Menambah kapasitas persediaan air sebelum memasuki musim kemarau (Sumur dalam)	PA14
14	Membuat penjadwalan perawatan peralatan	PA13

Setelah menilai tingkat efektivitas dari strategi penanganannya, maka dilakukan penilaian *severity* dan *occurrence* lagi untuk melihat kondisi *risk agent* setelah adanya perancangan prioritas strategi penanganan yang dibuat. Penilaian ini berdasarkan pendapat para *expert* dengan membentuk *focus group discussion*. Tabel 4.13 berikut merupakan nilai *severity* dan *occurrence risk agent* setelah dilakukan perancangan penanganan.

Tabel 4.13 *Risk agent* Dominan Setelah Perancangan Prioritas Strategi Penanganan

No	Code	Risk Agent	Severity	Occurrence
1	A2	Penggalian drainase	6	5
2	A5	Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis	5	7
3	A24	Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi	4	5
4	A12	Tersumbat akar pohon	6	3
5	A22	Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan	6	6
6	A3	Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan	5	4
7	A16	Ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol	6	3
8	A23	Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah	5	3
9	A7	Korosi erosi (Pengikisan dinding pipa)	7	4
10	A1	Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian	7	4
11	A9	Terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air	6	3
12	A6	Tidak memiliki sistem peringatan dini	5	7
13	A10	Kurangnya tekanan air	5	3
14	A21	Kurangnya perawatan pada peralatan	5	4

Terjadi penurunan nilai risiko setelah ada strategi perancangan penanganan yaitu *risk agent* penggalian drainase nilai risiko awal sebesar 54 kemudian turun menjadi 30, *risk agent* kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis dengan nilai risiko awal sebesar 56 kemudian turun menjadi 35, *risk agent* terjadinya kebocoran

yang tidak terdeteksi nilai risiko awal sebesar 72 kemudian turun menjadi 20, *risk agent* tersumbat akar pohon nilai risiko awal sebesar 32 turun menjadi 18, *risk agent* kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan nilai risiko awal sebesar 80 turun menjadi 36, *risk agent* galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan nilai risiko awal sebesar 55 turun menjadi 20, *risk agent* ada jaringan pipa terpasang diluar kontrol nilai risiko awal sebesar 28 turun menjadi 18, *risk agent* pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah nilai risiko awal sebesar 28 turun menjadi 15, *risk agent* korosi erosi (pengikisan dinding pipa) nilai risiko awal sebesar 35 turun menjadi 28, *risk agent* umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian nilai risiko awal sebesar 45 turun menjadi 28, *risk agent* terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air nilai risiko awal sebesar 28 turun menjadi 18, *risk agent* tidak memiliki sistem peringatan dini nilai risiko awal sebesar 42 turun menjadi 35, *risk agent* kurangnya tekanan air nilai risiko awal sebesar 30 turun menjadi 15, *risk agent* kurangnya perawatan pada peralatan nilai risiko awal sebesar 30 turun menjadi 20. Setelah adanya strategi penanganan berada pada area hijau berarti risiko ringan. Hal yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan kearah yang lebih positif untuk setiap *risk agent* setelah ada strategi mitigasi.

Probabilitas	Sangat Tinggi				
	Tinggi		A5, A6		
	Sedang			A22	
	Rendah			A2, A24	
	Sangat Rendah		A23, A3, A10, A21	A16, A9, A12	A7, A1
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Dampak					

Gambar 4.11 Peta Risiko Setelah Perancangan Prioritas Strategi Mitigasi

Keterangan:

Hijau = Posisi risiko ringan

Kuning = Posisi risiko sedang

Merah = Posisi risiko kritis

Dari hasil pemetaan *risk agent* diatas, dapat diketahui bahwa terdapat 5 *risk agent* berada pada area hijau yang berarti menunjukkan risiko pada posisi ringan sehingga hanya perlu pemantauan singkat dengan pengendalian normal sudah mencukupi. Dan terdapat 7 *risk agent* berada pada area kuning yang berarti menunjukkan risiko pada posisi sedang sehingga masih perlu dikelola secara rutin dengan pengendalian yang efektif serta strategi harus dilaksanakan. Berdasarkan gambar peta risiko 4.10 sebelum penanganan dan gambar peta risiko 4.11 sesudah dirancang penanganan, dapat dilihat bahwa terjadi perubahan posisi *risk agent*. *Risk agent* A5, A6, A22, A2, A24, A7 dan A1, sebelum ada penanganan agen risiko ini berada pada area merah yang berarti risiko kritis dan setelah penanganan agen risiko ini berada pada area kuning yang berarti risiko sedang. *Risk agent* A23, A3, A16, A9, A12, A10, dan A21 sebelum ada penanganan *risk agent* ini berada pada area kuning yang berarti risiko sedang dan setelah penanganan *risk agent* ini berada pada area hijau yang berarti risiko ringan. Dari perubahan tersebut dapat diketahui bahwa terjadi perubahan yang baik terhadap posisi *risk agent* karena nilai *severity* dan *occurrence* dari *risk agent* mengalami penurunan.

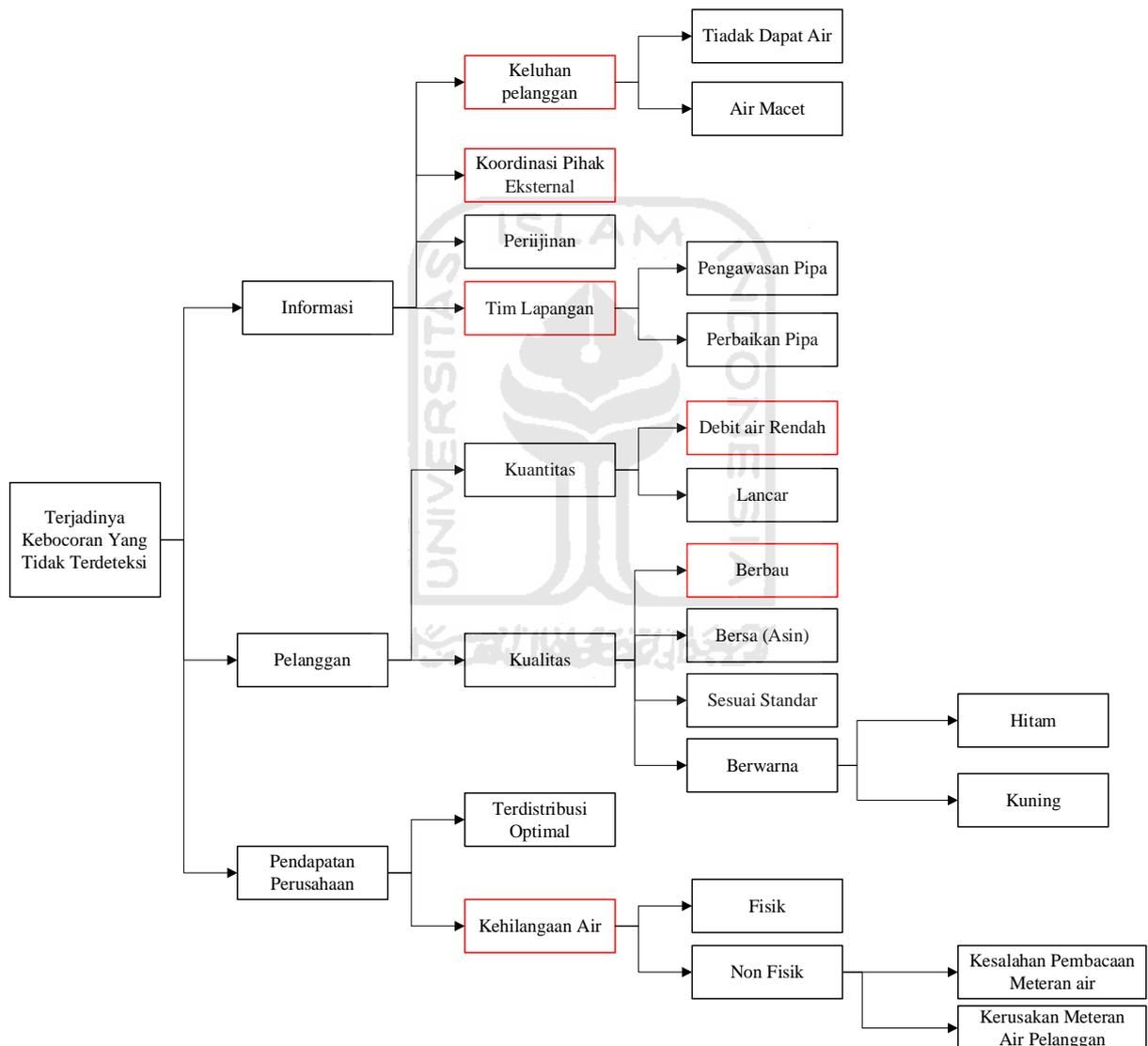
#### 4.4 Penentuan *Key Risk Indicators* (KRI)

Tahap terakhir dari desain *Key Risk Indicators* dan strategi mitigasi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar adalah menentukan KRI dari identifikasi risiko dengan metode *Delphi* kemudian tahapan analisis, evaluasi dan penanganan risiko dengan menggunakan *House of Risk* (HOR). Dengan risiko yang terpilih adalah terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24) dan Umur teknis pipa melewati batas pemakaian (A1). Selanjutnya dilakukan analisis gap dan penentuan *threshold* setelah diketahui *metrics*, sehingga dapat dilakukan analisa lanjutan untuk menentukan *Early Warning System* (EWS)

#### 4.4.1 Analisis GAP dan penentuan *Threshold*

Setelah diketahui potensi KRI yang didapatkan dari penentuan indikator berdasarkan pendapat *expert* yang mengacu pada visi, misi perusahaan, tahap selanjutnya melakukan evaluasi kelayakan dan efektifitas tiap-tiap indikator (*metrics*) yang ada dengan menggunakan “*The GAP Assessment Tool*”.

##### 1. *Rootcause* analisis dari risiko Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24)



Gambar 4.12 *Rootcause* analisis pada risiko (A24)

Pada gambar diatas terkait dengan risiko terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24) ditemukan 6 indikator risiko berdasarkan penilaian dari *expert* yang selanjutnya akan digunakan pada penentuan *The GAP Assessment Tool*:

1. Keluhan Pelanggan
2. Kehilangan air
- 3. Informasi (Tim lapangan)**
4. Debit air rendah
5. Kualiatas (berbau)
- 6. Koordinasi pihak eksternal**



Tabel 4. 14 GAP Assessment Tool A24

No	Dimension	Assessment Question	Low Value (1)	Medium Value (3)	High Value (5)	Metrics					
						1	2	3	4	5	6
1	Frekuensi	Frekuensi munculnya kejadian	Tidak jelas. Sebulan sekali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelas</li> <li>- Seminggu sekali</li> <li>- Tidak jelas apakah berhubungan dengan potensial risiko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelas</li> <li>- Harian atau lebih kecil</li> <li>- Jelas berhubungan dengan potensial risiko</li> </ul>	3	4	5	5	2	5
2.	<i>Trigger Level</i>	Munculnya <i>trigger level</i> dan <i>analytically sound</i>	Tidak teridentifikasi	<i>Trigger level</i> teridentifikasi namun tidak dapat dianalisa	<i>Trigger level</i> teridentifikasi dan dapat dianalisa	3	4	5	5	3	4
3	Kriteria Evaluasi	Hubungan kriteria eskalasi dan <i>trigger level</i>	Tidak ada kriteria eskalasi	Ada kriteria eskalasi, namun tidak jelas penanggung jawab dan tidak terdokumentasi	Jelas kriteria eskalasi, penanggung jawab, dan terdokumentasi	1	3	5	3	4	5

No	Dimension	Assessment Question	Low Value (1)	Medium Value (3)	High Value (5)	Metrics					
						1	2	3	4	5	6
4	<i>Leading/lagging</i>	<i>Leading</i> atau <i>Lagging</i>	Tidak jelas apakah berhubungan langsung dengan resiko	Berhubungan dengan <i>control</i> dan <i>root-cause</i> , namun tidak cukup ' <i>leading</i> ' untuk menekan resiko	Berhubungan dengan 'major' <i>root-cause</i> , dan dapat menekan resiko	3	3	4	3	5	4
5	<i>Ownership</i>	Kejelasan penanggungjawab	Tidak jelas, dan biasanya <i>Ad-hoc</i>	Jelas, namun sering berubah, dan tidak jelas <i>job function</i>	Jelas, dan merupakan bagian dari <i>job function</i>	5	3	5	5	2	5
6	<i>Historical data</i>	Data historis	Data baru, dan tidak ada <i>historical data</i>	Data historis ada, namun tidak dapat <i>di-trace</i>	Data historis ada, dan dapat <i>di-trace</i>	1	3	4	3	2	4
7	<i>Data Accuracy</i>	Keakuratan data	<i>Reliable</i> , namun tidak dapat dipastikan keakuratannya. Proses data <i>collection subjective</i>	<i>Reliable</i> , akurasi data tidak subjektif (data objektif), namun tingkat <i>error</i> data cukup tinggi	<i>Reliable</i> , data historis terkumpul secara periodik. Tingkat kesalahan <i>collect</i> sangat rendah	5	4	5	3	2	5
<i>Average Score</i>						3.0	3,4	<b>4,7</b>	3,9	2,9	<b>4,6</b>

Berdasarkan hasil analisa *GAP Assessment Tool* dapat diketahui *Key Risk Indicator* dengan nilai tertinggi terdapat pada informasi (tim lapangan) dengan *average score* 4,7 dan koordinasi pihak eksternal dengan *average score* 4,6.

Dari dua *Key Risk Indicator* terbesar tersebut kemudian dilakukan penentuan parameter *Threshold* dimana ambang batas bawah (*Medium Threshold*) yaitu memberikan suatu peristiwa resiko dapat terjadi dengan kemungkinan kecil dan ambang batas atas (*High Threshold*) merupakan ambang maksimum yang memberikan indikasi bahwa suatu peristiwa dapat terjadi dengan kemungkinan besar. Penentuan *Threshold* pada *Key Risk Indicator* dengan menggunakan rumus

$$(\text{Var} = \text{Za} \times \sigma \times \text{Exposure}) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

Var = *Value at Risk* (Risiko Maksimum)

Za = Variabel dari kurva normal sesuai tingkat keyakinan

$\sigma$  = Standar Deviasi

*Exposure* = Objek yang rentan terhadap risiko

- a. Penentuan *threshold* informasi tim (lapangan) pada risiko terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24) dapat dijelaskan pada tabel 4.15 dan 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Penentuan *Threshold* KRI Informasi (tim lapangan)

Informasi Tim Lapangan	Objek Yang Rentan Terhadap Risiko ( <i>Exposure</i> )		Standar Deviasi ( $\sigma$ )	Tingkat Keyakinan (Za)	Risiko Maksimum (Var)
	Rendah	Tinggi			
Pipa Bocor / Hari	1	5	2,8	95%	8,06
Penanganan (Jam)	5	24	13,44	95%	63,82

$$\begin{aligned} \text{Pipa Bocor /Hari} &= \text{Kejadian terendah} \times \text{Risiko minimal} / 100 \\ &= 1 \times 8,06 / 100 = 0,08 \end{aligned}$$

$$\text{Penanganan Pipa Bocor (jam)} = \text{Kejadian terendah} \times \text{Risiko Maksimum} / 100$$

$$\begin{aligned}
 &= 5 \times 63,82 / 100 = 3,19 \\
 \text{Threshold Maksimum} &= \text{Risiko Terendah} + \text{Penanganan Pipa Bocor} \\
 &= 5 + 3,19 \\
 &= 8,19 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 *Threshold* Informasi (tim lapangan)

Peristiwa Indikator Resiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Informasi (Tim Lapangan)	5 Jam	8,19 Jam	Satuan Jam Per Kejadian Dalam Hari

- b. Penentuan *threshold* koordinasi pihak eksternal pada risiko terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24) dapat dijelaskan pada tabel 4.17 dan 4.18 sebagai berikut:

Tabel 4.17 Penentuan *Threshold* KRI Koordinasi Pihak Eksternal

Koordinasi Pihak Eksternal	Objek Yang Rentan Terhadap Risiko ( <i>Exposure</i> )		Standar Deviasi ( $\sigma$ )	Tingkat Keyakinan ( $Z_a$ )	Risiko Maksimum (VaR)
	Rendah	Tinggi			
Pelaporan (Hari)	1	4	2,12	95%	2

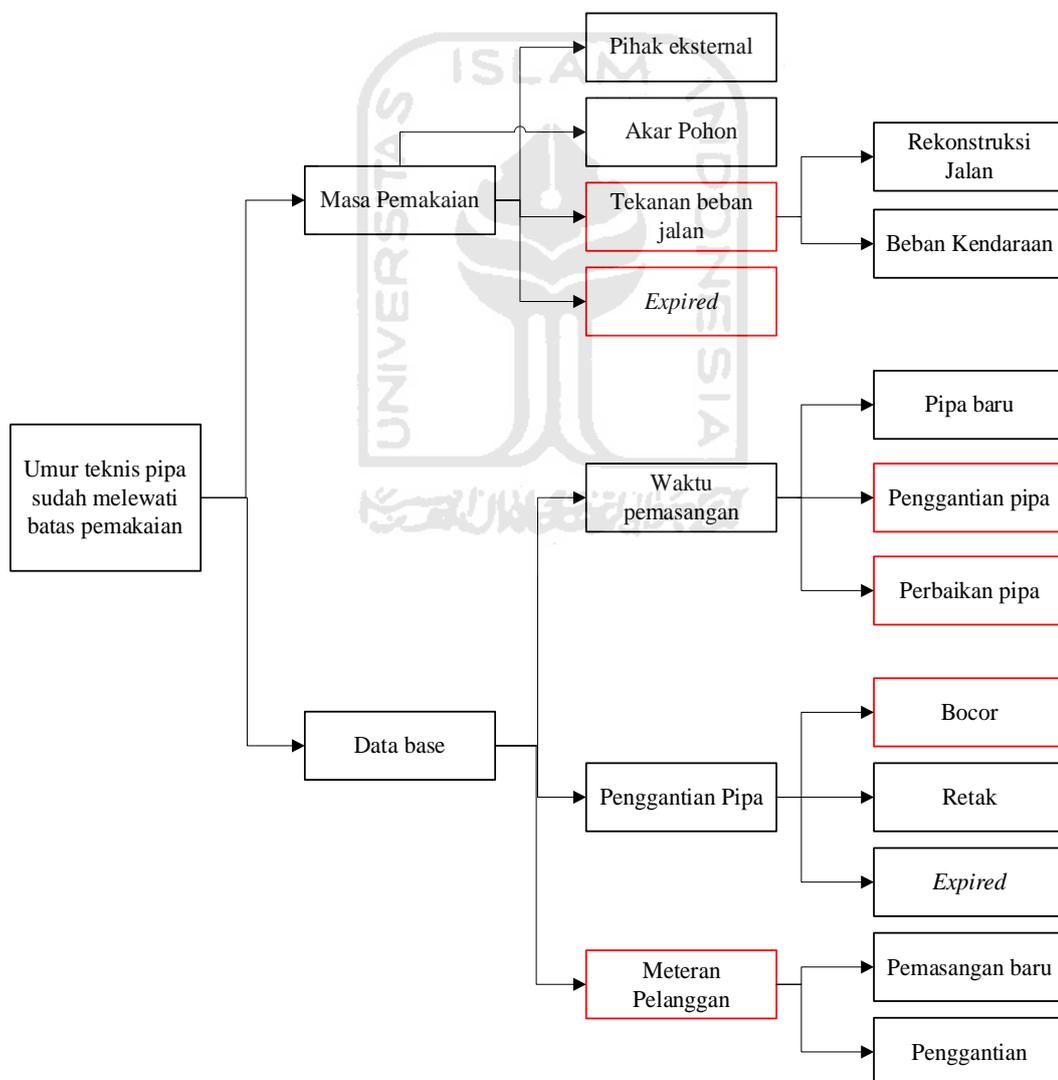
$$\begin{aligned}
 \text{Koordinasi pihak eksternal} &= \text{Risiko minimum} \times \sigma \times Z_a \\
 &= 1 \times 2,12 \times 95\% \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Threshold Maksimum} &= \text{Risiko Minimum} + \text{Risiko Maksimum} \\
 &= 1 + 2 \\
 &= 3 \text{ Hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18 *Threshold* Kehilangan air

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Koordinasi Pihak Eksternal (Pelaporan)	1	3	Hari (Pada setiap kegiatan operasi)

2. *Rootcause analysis* dari risiko Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1).

Gambar 4.13 *Rootcause analysis* pada risiko (A1)

Pada gambar diatas terkait dengan risiko umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1) ditemukan 6 indikator risiko berdasarkan penilaian dari *expert* yang selanjutnya akan digunakan pada penentuan *The GAP Assessment Tool*:

1. Tekanan beban jalan
2. ***Expired***
3. Waktu penggantian pipa
4. Waktu perbaikan pipa
5. **Data penggantian pipa bocor**
6. Data meteran pelanggan



Tabel 4. 19 GAP Assessment Tool A1

No	Dimension	Assessment Question	Low Value (1)	Medium Value (3)	High Value (5)	Metrics					
						1	2	3	4	5	6
1	Frekuensi	Frekuensi munculnya kejadian	Tidak jelas. Sebulan sekali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelas</li> <li>- Seminggu sekali</li> <li>- Tidak jelas apakah berhubungan dengan potensial risiko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelas</li> <li>- Harian atau lebih kecil</li> <li>- Jelas berhubungan dengan potensial risiko</li> </ul>	5	5	3	4	5	2
2.	<i>Trigger Level</i>	Munculnya <i>trigger level</i> dan <i>analytically sound</i>	Tidak teridentifikasi	<i>Trigger level</i> teridentifikasi namun tidak dapat dianalisa	<i>Trigger level</i> teridentifikasi dan dapat dianalisa	4	5	4	3	3	4
3	Kriteria Evaluasi	Hubungan kriteria eskalasi dan <i>trigger level</i>	Tidak ada kriteria eskalasi	Ada kriteria eskalasi, namun tidak jelas penanggung jawab dan tidak terdokumentasi	Jelas kriteria eskalasi, penanggung jawab, dan terdokumentasi	3	4	5	5	5	1

No	Dimension	Assessment Question	Low Value (1)	Medium Value (3)	High Value (5)	Metrics					
						1	2	3	4	5	6
4	<i>Leading/lagging</i>	<i>Leading</i> atau <i>Lagging</i>	Tidak jelas apakah berhubungan langsung dengan resiko	Berhubungan dengan <i>control</i> dan <i>root-cause</i> , namun tidak cukup ' <i>leading</i> ' untuk menekan resiko	Berhubungan dengan 'major' <i>root-cause</i> , dan dapat menekan resiko	3	5	3	3	5	2
5	<i>Ownership</i>	Kejelasan penanggungjawab	Tidak jelas, dan biasanya <i>Ad-hoc</i>	Jelas, namun sering berubah, dan tidak jelas <i>job function</i>	Jelas, dan merupakan bagian dari <i>job function</i>	3	5	5	5	5	5
6	<i>Historical data</i>	Data historis	Data baru, dan tidak ada <i>historical data</i>	Data historis ada, namun tidak dapat <i>di-trace</i>	Data historis ada, dan dapat <i>di-trace</i>	2	4	4	4	4	5
7	<i>Data Accuracy</i>	Keakuratan data	<i>Reliable</i> , namun tidak dapat dipastikan keakuratannya. Proses data <i>collection subjective</i>	<i>Reliable</i> , akurasi data tidak subjektif (data objektif), namun tingkat <i>error</i> data cukup tinggi	<i>Reliable</i> , data historis terkumpul secara periodik. Tingkat kesalahan <i>collect</i> sangat rendah	3	4	3	2	4	3
<i>Average Score</i>						3,3	<b>4,6</b>	3,9	3,7	<b>4,4</b>	3,1

Berdasarkan hasil analisa *GAP Assessment Tool* dapat diketahui *Key Risk Indicator* dengan nilai tertinggi terdapat pada *Expired* dengan *average score* 4,6 dan penggantian pipa bocor dengan *average score* 4,4.

- a. Penentuan *threshold Expired* pada risiko umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1) dapat dijelaskan pada tabel 4.20 dan 4.21 sebagai berikut:

Tabel 4.20 Penentuan *Threshold KRI Expired*

<i>Expired</i>	Objek Yang Rentan Terhadap Risiko ( <i>Exposure</i> )		Standar Deviasi ( $\sigma$ )	Tingkat Keyakinan ( $Z_a$ )	Risiko Maksimum (VaR)
	Rendah	Tinggi			
Waktu Pemakaian (Tahun)	20	30	7,07	95%	134

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pemakaian Maksimum} &= \text{Rata-Rata Usia Pemakaian} \times \text{Risiko Maksimum} / 100 \\ &= 25 \times 134 / 100 \\ &= 33 \% \text{ dan } 20 \times 33\% = 6 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Threshold Maksimum Expired} &= \text{usia terendah} + \text{Resiko maksimum} \\ &= 20 + 6 = 26 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4.21 *Threshold Expired*

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
<i>Expired</i>	20	26	Tahun

- b. Penentuan *threshold* penggantian pipa bocor pada risiko umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1) dapat dijelaskan pada tabel 4.22 dan 4.23 sebagai berikut:

Tabel 4.22 Penentuan *Threshold* KRI Penggantian Pipa Bocor

Penggantian Pipa Bocor	Objek Yang Rentan Terhadap Risiko ( <i>Exposure</i> )		Standar Deviasi ( $\sigma$ )	Tingkat Keyakinan ( $Z_a$ )	Risiko Maksimum (VaR)
	Rendah	Tinggi			
Waktu Pemakaian (Tahun)	15	20	3,54	95%	50

Waktu Penggunaan Maksimum = Rata-Rata Penggunaan Pipa x Risiko Maksimum / 100

$$= 17,5 \times 50 / 100$$

$$= 8,81 \% \text{ atau } 15 \times 8,81 \% = 1,32 \text{ Tahun}$$

*Threshold* Maksimum Penggantian Pipa Bocor = Usia Terendah + Waktu Penggunaan Maksimum

$$= 15 + 1,32 = 16,32 \text{ Tahun}$$

Tabel 4.23 *Threshold* Penggantian Pipa Bocor

Peristiwa Indikator Resiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Penggantian Pipa Bocor	15	16,32	Tahun

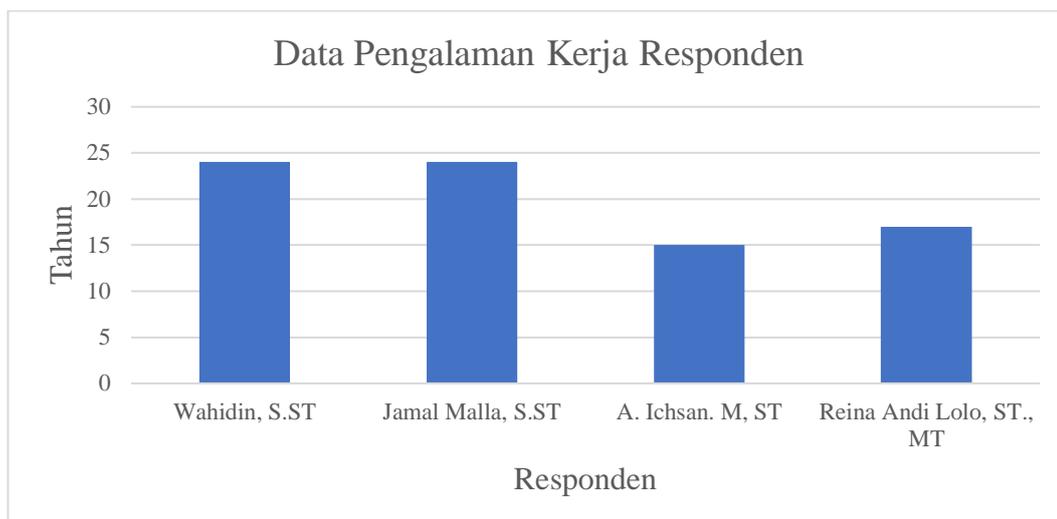
## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Pembahasan Identifikasi Risiko dengan Metode *Delphi*

Pada penelitian ini metode *Delphi* dilakukan sebanyak dua kali putaran. Putaran pertama merupakan pertanyaan-pertanyaan terbuka untuk mengetahui tingkat pemahaman responden terhadap permasalahan yang akan diteliti. Pada putaran pertama kuesioner *Delphi* diberikan kepada 4 responden yang bekerja di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV dimana 2 responden bekerja pada bagian distribusi & kehilangan air dan 2 responden lagi bekerja di bagian perencanaan teknik. Menurut Widiasih, (2015) ukuran jumlah responden pada metode *Delphi* tidak terlalu penting, adapun yang penting adalah keterwakilan disetiap elemen yang terlibat dalam aktivitas/permasalahan yang akan diteliti. Keempat responden merupakan pegawai yang telah memiliki pengalaman kerja cukup lama.

Menurut Chen & Pauraj, (2004) *expert* (responden) merupakan orang-orang ahli yang terlibat dalam metode *Delphi* dengan mengacu pada profesional dan memiliki pengetahuan khusus/berpengalaman, yang terbukti dengan beberapa persyaratan tertentu seperti perjanjian kerja (SK), kualifikasi profesional, pengalaman kerja dan publikasi yang relevan. Beberapa peneliti mengadopsi kriteria yang jelas untuk memenuhi syarat menjadi ahli, misalnya mengadopsi pengalaman kerja dan keterlibatan dalam jenis proyek tertentu sebagai kriteria utama untuk memenuhi persyaratan menjadi seorang ahli. Data kerja atau pengalaman kerja responden dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5.1 Lama bekerja responden di PERUMDA Kota Makassar

Berdasarkan gambar 5.1 di atas, dapat diketahui bahwa rata-rata responden memiliki pengalaman kerja lebih dari 10 tahun. Secara keseluruhan responden penelitian ini sudah memenuhi kriteria sebagai *expert* dibidangnya sebagaimana yang disyaratkan (Chen & Pauraj, 2004).

Dari kuesioner *Delphi* putaran I didapatkan informasi mengenai potensi risiko yang menghambat proses pendistribusian air. Kuesioner *Delphi* putaran I berhasil mengidentifikasi 16 *risk event* pada aktivitas pendistribusian air. 16 *risk event* tersebut kemudian diidentifikasi dan dinilai kembali oleh responden pada kuesioner *Delphi* putaran II.

Pada kuesioner *Delphi* putaran II, dilakukan penilaian potensi risiko dengan skala *likert* 1-5 terkait persetujuan responden terhadap pernyataan yang telah diidentifikasi pada kuesioner *Delphi* putaran I. Metode *Delphi* memerlukan respon statistik untuk mengukur derajat perbedaan opini *expert* yang terlibat dalam penelitian. Terdapat 3 ukuran statistik yang diperlukan dalam metode *Delphi*, Pertama, *central tendency* merupakan bilangan yang dianggap mewakili dan menggambarkan semua data. Kedua, *disperse* yang merupakan upaya untuk mengetahui sebaran data yang terpecah dari rata-ratanya, pengukuran ini dapat dilakukan dengan menggunakan pengukuran standar deviasi. Ketiga, distribusi frekuensi yang pada prinsipnya adalah menyusun dan mengatur data kuantitatif ke beberapa kelas data yang sama sehingga dapat menggambarkan karakteristik data,

hal ini dapat dilakukan dengan pengukuran *Interval Quartil Range* (IQR) (Zatar et al., 2016).

Hasil dari pengolahan data kuesioner putaran II menunjukkan nilai *Mean* setiap potensi risiko berkisar antara 3,25 hingga 4,00 dengan standar minimum 3,00. Nilai *Median* terendah adalah 3,5 hingga 4,00 dengan standar minimum 3,25. Standar deviasi berkisar antara 1,3 hingga 0,8 dengan standar maksimum 1,5 dan IQR berkisaran antara 1,5 hingga 0,5 dengan standar maksimum 2,5. Menurut Hsu & Sandford, (2007) menyarankan paling tidak 70% dengan nilai rata-rata tiap item poin kuesioner adalah 3 atau 4 skala *likert* dan memiliki nilai median paling sedikit 3,25.

Menurut Gainnarou, (2014) kuesioner *Delphi* dikatakan konsensus kalau nilai standar deviasi dibawah 1,5 dan nilai IQR di bawah 2,5. Dengan demikian hasil kuesioner putaran II dinyatakan sudah mencapai konsensus (persetujuan seluruh responden).

## 5.2 Pembahasan *House of Risk* Fase 1

Dari hasil identifikasi risiko menggunakan metode *House of Risk* (HOR) pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV, teridentifikasi 16 *risk event* dan 60 *risk agent*. Model HOR fase 1 ini merupakan matrik yang digunakan untuk menentukan risiko dominan yang terjadi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV. Pembobotan nilai yang telah dilakukan pada *risk event*, *risk agent*, dan nilai *correlation* dijadikan sebagai input dalam pengisian model matrik HOR fase 1 pada tabel 4.7. penentuan risiko dominan berdasarkan nilai *Aggregate Risk Potensial* (ARP) terbesar. Pada tabel 4.7 dapat diketahui informasi nilai ARP tertinggi, yaitu *risk agent* A2 penggalan drainase. Nilai ARP yang telah didapatkan kemudian dimasukkan kedalam diagram pareto untuk dapat mengetahui risiko-risiko dominan berdasarkan prinsip pareto. Pada gambar 4.9 diketahui bahwa terdapat 12 *risk agent* dominan yang teridentifikasi dari hasil HOR fase 1 yang telah dipareto, adapun deskripsi dari 12 *risk agent* sebagai berikut:

1. Penggalian drainase (A2)

*Risk agent* ini memiliki nilai *aggregate risk potential* tertinggi. Nilai ARP pada *risk agent* ini yaitu sebesar 1980. Penggalian drainase yang sering kali dilakukan oleh pekerjaan umum (PU) mengakibatkan kebocoran pada pipa jaringan utama milik PERUMDA Kota Makassar dan juga menimbulkan kerugian air secara fisik. *Risk agent* ini dirata-ratakan terjadi oleh bagian DKA 3 hingga 5 kali per bulan. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A2 berada pada area merah atau risiko tinggi dengan nilai sebesar 54.

2. Kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis (A5)

*Risk agent* ini memiliki nilai ARP sebesar 1904. Pihak PERUMDA masih mengalami kesulitan dalam mendeteksi kebocoran pada pipa distribusi, karena untuk sistem pemantauan pipa masih menggunakan LNC manual yang hanya mampu mendeteksi getaran atau gelombang suara sehingga ketika terjadi kebocoran pada pipa, debit air yang diperoleh pelanggan rendah atau bahkan tidak dapat air. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A5 berada pada area merah atau risiko tinggi dengan nilai sebesar 56.

3. Terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24)

*Risk agent* ini memiliki nilai ARP sebesar 1656. Kebocoran pipa distribusi yang tidak terdeteksi dikarenakan belum dipasang alat seperti *Leak Noise Correlator* (LNC) alat teknologi pencarian kebocoran secara aktif atau pemasangan *valve* di setiap percabangan pada pipa distribusi. Pihak PERUMDA belum melakukan pengadaan LNC otomatis dan pemasangan *valve* pada jaringan perpipaan. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A2 berada pada area merah atau risiko tinggi dengan nilai sebesar 72.

4. Tersumbat akar pohon (A12)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 1608. Penanaman pohon untuk penghijauan penataan kota di area jalur perpipaan mengakibatkan banyak pipa menjadi penyok bahkan sampai bocor karena pihak PERUMDA tidak memperhatikan usia pohon yang ditanam pada area perpipaan. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A12 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 32

5. Kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan (A22)  
Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 1300. Pengontrolan dan pengawasan perpipaan yang kurang dari PERUMDA mengakibatkan debit air yang diperoleh pelanggan menjadi rendah karena tim yang ditugaskan untuk pengawasan terkait dengan pencurian air hanya menunggu laporan dari pelanggan yang tidak dapat air kemudian dilakukan pengecekan pada jalur pipa tersebut. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A22 berada pada area merah dengan nilai sebesar 80.
6. Galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan (A3)  
*Risk agent* ini memiliki nilai ARP sebesar 1110. Penggantian kabel yang dilakukan oleh pihak PLN pada proses penggalian tidak memperhatikan adanya jaringan pipa PERUMDA yang mengakibatkan retakan mikro pada pipa distribusi bahkan benturan dari alat berat mengakibatkan pipa menjadi bocor. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A3 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 55.
7. Ada jaringan pipa yang terpasang di luar kontrol (A16)  
*Risk agent* ini memiliki nilai ARP sebesar 1068. Pemasangan pipa oleh pihak eksternal yang tidak sesuai dengan kualitas dan standar kerja PERUMDA mengakibatkan rembesan pada sambungan bahkan pipa terlepas. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A16 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 28.
8. Pemasangan pipa di instalasi sambungan rumah (A23)  
*Risk agent* ini memiliki nilai ARP sebesar 1004. Pemasangan pipa yang dimaksud yaitu pencurian air yang disebabkan oleh kurangnya pengawasan pada instalasi perpipaan pelanggan. Kerena pelaku pencurian memasang pipa sebelum water meter sehingga tim penertiban kesulitan dalam mendeteksi sambungan pipa liar. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A23 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 28.
9. Korosi erosi (pengikisan dinding pipa) (A7)  
Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 975. Pengikisan dinding pipa disebabkan oleh peningkatan pertumbuhan mikro bakteri yang mengendap pada lapisan

pipa, sehingga korosi erosi akan menjadikan pipa rentan terhadap kebocoran. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A7 berada pada area merah dengan nilai sebesar 35.

10. Umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 960. Pipa yang digunakan PERUMDA rata-rata sudah melewati batas pemakaian dimana usia ideal penggunaan yaitu 20 sampai 30 tahun, tetapi faktanya 30% pipa yang terpasang sudah melebihi usia maksimal. Hal ini disebabkan karena pihak perusahaan belum mampu melakukan penggantian pipa secara optimal sehingga mengakibatkan banyaknya kerusakan pada pipa distribusi. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A45 berada pada area merah dengan nilai sebesar 45.

11. Terjadinya kerusakan pada instalasi pengolahan air (A9)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 780. Kerusakan pada IPA disebabkan oleh penjadwalan *maintenance* yang kurang tepat mengakibatkan debit air pada penampungan (*reservoir*) menurun, sehingga proses distribusi air tidak optimal. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A9 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 28.

12. Tidak memiliki sistem peringatan dini (A6)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 700. Pihak PERUMDA belum menyediakan alat untuk mendeteksi kebocoran pada pipa bagian sambungan akibatnya tidak dapat diketahui kehilangan air secara detail. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A6 berada pada area merah dengan nilai sebesar 42.

13. Kurangnya tekanan air (A10)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 678. Musim kemarau menyebabkan persediaan air baku untuk produksi berkurang bahkan sampai mengalami keringan, hal ini yang menyebabkan tekanan air pada proses distribusi tidak stabil. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A10 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 30.

14. Kurangnya perawatan pada peralatan (A21)

Nilai ARP pada *risk agent* ini sebesar 585. Banyaknya peralatan yang rusak sebelum melewati masa pemakaian menjadi tugas besar bagi PERUMDA

untuk membuat jadwal perawatan. Berdasarkan peta risiko pada gambar 4.10, A10 berada pada area kuning dengan nilai sebesar 30.

### 5.3 Pembahasan *House of Risk* Fase 2

Pada HOR fase 2 dilakukan perumusan strategi penanganan risiko dengan membentuk *focus group discussion* (FGD) yang melibatkan kepala bagian distribusi & kehilangan air, kepala bagian perencanaan teknik, kepala seksi pemeliharaan, kepala seksi perencanaan & pengawasan, dan peneliti. Hasil yang telah diperoleh dari HOR fase 1 menjadi input untuk tahapan selanjutnya yaitu HOR fase 2. Berikut ini merupakan deskripsi strategi mitigasi yang di prioritaskan:

1. Melakukan inspeksi berkala pada jaringan pipa (PA4)  
Pipa yang penyok bahkan sampai bocor salah satunya disebabkan oleh tersumbat akar pohon, sehingga perlu adanya inspeksi berkala pada jaringan untuk mengetahui kondisi fisik pipa khususnya jalur yang di atasnya terdapat pohon besar. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 3 yang berarti mudah untuk diterapkan.
2. Pemasangan *Leak Noise Correlator* (LNC) alat teknologi pencarian kebocoran secara aktif (PA2)  
PERUMDA Kota Makassar saat ini belum memiliki *Leak Noise Correlator* (LNC) yang terpasang permanen pada pipa distribusi untuk mendeteksi kebocoran secara otomatis, hal ini dikarenakan harga alat tersebut yang menjadi pertimbangan bagi perusahaan untuk melakukan pengadaan, disamping itu jumlah percabangan pada sistem perpipaan juga menjadi pertimbangan untuk pemasangan LNC. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 5 yang berarti susah untuk diterapkan.
3. Pengawasan pada aktivitas proyek eksternal PERUMDA (PA7)  
Penerapan strategi ini memiliki nilai derajat kesulitan sebesar 3 yang berarti mudah untuk diterapkan. Langkah untuk melakukan strategi ini yaitu berkoordinasi dengan pihak eksternal kemudian membuat jadwal operasi sebagai informasi kepada pihak PERUMDA terkait adanya aktivitas proyek untuk kemudian dilakukan pengawasan pada saat perbaikan pipa.

4. Melakukan kalibrasi pada meter air pelanggan secara berkala (PA8)  
Langkah untuk melakukan strategi ini yaitu dengan melakukan pengecekan pada meteran air pelanggan secara berkala khususnya untuk meteran yang telah melewati batas pemakaian. Kalibrasi meteran air baiknya dilakukan 3 kali dalam sebulan untuk keakuratan pembacaan kubikasi pemakaian air. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 3 yang berarti mudah untuk diterapkan.
5. Pemasangan *valve* disetiap percabangan untuk pendeteksi kebocoran (PA3)  
Untuk mengurangi dampak terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi, pihak PERUMDA dapat melakukan pemasangan *valve* pada pipa distribusi pelanggan untuk mengatur tekanan air yang terdistribusi sehingga ketika terjadi kebocoran mudah untuk diidentifikasi. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 5 yang berarti susah untuk diterapkan.
6. Pihak eksternal wajib berkoordinasi dengan PERUMDA sebelum melakukan operasi di area perpipaan (PA6)  
Penerapan strategi ini memiliki derajat kesulitan sebesar 4 yang berarti agak susah untuk diterapkan. Pihak eksternal seperti pekerjaan umum (PU) sebaiknya melakukan koordinasi sebelum beroperasi di area perpipaan sehingga pihak PERUMDA dapat melakukan pemantauan secara langsung untuk mengurangi risiko kerusakan pipa.
7. Disiplin dalam melaksanakan *maintenance* secara rutin (PA11)  
Penjadwalan *maintenance* di PERUMDA sudah terjadwal, namun dalam pelaksanaannya masih sering tidak mengikuti jadwal, oleh karena itu diperlukan kedisiplinan dalam mengikuti jadwal yang sudah ada untuk mengurangi potensi kerusakan pada instalasi pengolahan air. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 3 yang berarti mudah untuk diterapkan.
8. Pemantauan potensial korosi secara berkala (PA9)  
Penerapan strategi ini memiliki derajat kesulitan sebesar 4 yang berarti agak susah untuk diterapkan. Dalam pelaksanaannya pihak PERUMDA harus melakukan pemantauan pipa secara berkala pada area pipa yang rentan terhadap korosi misalnya pipa yang terendam air dan bercampur lumpur, usia

pipa yang sudah tidak layak pakai dan lain-lain. Untuk mengetahui kondisi pipa akibat erosi korosi (pengikisan dinding pipa).

9. Melakukan koordinasi kepada pelaksana perbaikan drainase (PA1)  
Strategi ini dalam pelaksanaannya pihak PERUMDA harus melakukan koordinasi kepada pelaksana perbaikan drainase sebelum dilakukan penggalian di area perpipaan guna untuk menghindari kerusakan dan kebocoran pada pipa distribusi. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 4 yang berarti agak susah untuk diterapkan.
10. Mengambil tindakan tegas dengan memutuskan sambungan (PA5)  
Strategi ini dilakukan sebagai tindakan tegas kepada pelaku pencurian air sebelum diproses sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan. Untuk memberikan peringatan pada pelaku agar tidak melakukan tindakan yang sama. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 3 yang berarti mudah untuk diterapkan.
11. Melakukan penyisiran pipa ketika tekanan air sedang stabil (Malam hari) (PA12)  
Penerapan strategi ini memiliki derajat kesulitan sebesar 4 yang berarti agak susah untuk diterapkan. Langkah untuk strategi ini yaitu melakukan penyisiran pipa pada malam hari ketika tekanan air sedang stabil untuk lebih memudahkan dalam mendeteksi kebocoran.
12. Membuat data base umur pipa untuk peringatan dini (PA10)  
Langkah untuk strategi ini yaitu dengan mengumpulkan data waktu pemasangan pipa, penggantian, penyambungan dan perbaikan kemudian dijadikan sebagai data base guna untuk memudahkan pihak PERUMDA dalam mengetahui dan mengontrol usia teknis penggunaan pipa. Dalam penerapan strategi ini derajat kesulitannya adalah 5 yang berarti susah untuk diterapkan. Berdasarkan hasil diskusi strategi ini tidak memerlukan biaya yang besar.
13. Menambah kapasitas persediaan air sebelum memasuki musim kemarau (Sumur dalam) (PA14)  
Penerapan strategi ini yaitu dengan melakukan penambahan kapasitas persediaan air baku sebelum memasuki musim kemarau, dikarenakan di Kota

Makassar memiliki waktu kemarau yang sangat panjang menyebabkan air yang disistribusikan kepada pelanggan sangat rendah bahkan sampai tidak dapat air. Untuk membuat tekanan air stabil maka dibutuhkan tambahan sumur dalam atau sumber air permukaan sebagai *safety stock*.

14. Membuat penjadwalan perawatan peralatan (A13)

Penjadwalan perawatan peralatan menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan sebagai bentuk pemeliharaan asset yang baik, dan juga peralatan dapat menjadi awet hingga dapat digunakan sesuai dengan usia pemakaian.

#### 5.4 Pembahasan *Key Risk Indicators* (KRI)

Pada penentuan KRI berdasarkan peta risiko yang dipilih oleh *expert* yaitu terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24) dan umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1) berada pada area kuning yang berarti menunjukkan risiko sedang sehingga masih perlu dikelola secara rutin dengan pengendalian yang efektif serta strategi mitigasi harus dilaksanakan.

##### 5.4.1 Pembahasan Risiko Terjadinya Kebocoran yang Tidak Terdeteksi (A24)

Berdasarkan *routcause analysis* pada risiko A24 terdapat 6 indikator utama yang dijadikan sebagai parameter untuk menentukan KRI diantaranya yaitu:

1. Keluhan pelanggan

Kasus yang menjadi keluhan utama pelanggan yaitu tidak dapat air dan distribusi air tidak mengalir secara optimal (air macet) keluhan ini dilaporkan kepada pihak PERUMDA yang mengelolah informasi keluhan pelanggan dalam hal ini adalah hubungan masyarakat (humas) selanjutnya respon dari pihak perusahaan minimal 5 jam setelah laporan diterima dan maksimal 24 jam. Keluhan pelanggan memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 3,0.

2. Kehilangan air

Tingginya tingkat kehilangan air fisik dan non fisik yang dialami PERUMDA Kota Makassar rata-rata mencapai 40% sampai 50% per bulan, hal ini

mengakibatkan penurunan pendapatan perusahaan setiap bulan. Kehilangan air memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 3,4.

3. Informasi (Tim lapangan)

PERUMDA Kota Makassar memiliki seksi kebocoran yang bertugas untuk penanganan dan pengawasan pipa bocor, rata-rata melaporkan kejadian kebocoran pipa sebanyak 1 sampai 5 pipa bocor yang ditemukan dalam sehari. Hal ini mengakibatkan tingkat kehilangan air PERUMDA sangat tinggi hingga mencapai 40% sampai 50% perbulan. Informasi (Tim lapangan) memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,7.

4. Debit air rendah

Jumlah air yang diterima pelanggan ketika terjadi kebocoran pipa akan mengalami penurunan yang sangat signifikan bahkan sampai 0 m<sup>3</sup> /Jam dimana debit air ideal yang seharusnya didapatkan yaitu 1,6 m<sup>3</sup> /Jam. Debit air rendah memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 3,9.

5. Kualitas (Berbau)

Kualitas air yang berbau diterima pelanggan ketika terjadi kebocoran di area drainase, air selokan masuk melalui lubang pipa bocor kemudian terkontaminasi dengan air bersih dalam pipa distribusi sehingga air yang sampai kepada pelanggan berbau. Laporan dari pelanggan yang diterima oleh pihak PERUMDA terkait air berbau rata-rata 3 kali per minggu dan kasus seperti ini langsung diberikan penindakan khusus dengan waktu respon minimal 5 jam dan maksimal 24 jam. Kualitas (Berbau) memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 2,9.

6. Koordinasi pihak eksternal

Keterlambatan informasi yang diterima oleh pihak PERUMDA dari pihak eksternal setelah melakukan operasi di area perpipaan yang mengakibatkan pipa rusak, bocor, retak dan lain-lain rata-rata 1 sampai 3 hari. Koordinasi pihak eksternal memiliki nilai matrik pada *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,6.

Dalam menentukan KRI pada *The GAP Assessment Tool* yaitu nilainya harus berada diatas 4. KRI yang terpilih adalah informasi (tim lapangan) dengan nilai *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,7 dan koordinasi pihak eksternal dengan nilai *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,6. Penentuan *Threshold* pada KRI informasi (tim lapangan) dan kehilangan air dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 dibawah ini:

Tabel 5.1 *Threshold* Informasi (tim lapangan)

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Informasi (Tim Lapangan)	5 Jam	8,19 Jam	Satuan Jam Per Kejadian Dalam Hari

Berdasarkan tabel 5.1 peristiwa indikator risiko kunci informasi (tim lapangan) didapatkan ambang batas bawah yaitu 5 jam waktu minimal untuk penanganan pipa bocor dan ambang batas atas yaitu 8 jam 19 menit yang menjadi peringatan dini sebelum dampak risiko semakin parah.

Tabel 5.2 *Threshold* Koordinasi pihak eksternal

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Koordinasi Pihak Eksternal (Pelaporan)	1	3	Hari (Pada setiap kegiatan operasi)

Pada tabel 5.2 peristiwa indikator risiko kunci koordinasi pihak eksternal didapatkan ambang batas bawah yaitu 1 hari minimum pelaporan sebelum melakukan kegiatan operasi galian diarea perpipaan dan ambang batas atas yaitu 3 hari maksimum pelaporan yang menjadi peringatan dini pihak PERUMDA untuk melakukan pengawasan langsung di area galian pihak eksternal.

#### 5.4.2 Pembahasan Risiko Umur Teknis Pipa Melewati Batas Pemakaian (A1)

Berdasarkan *routcause analysis* pada risiko A1 terdapat 6 indikator utama yang dijadikan sebagai parameter untuk menentukan *key risk indicator* diantaranya yaitu:

1. Tekanan beban jalan

Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan pada pipa distribusi yaitu terkait dengan tekanan beban jalan yang disebabkan oleh kendaraan pengangkut material pyoyek pembangunan dan rekonstruksi jalan raya. Hal ini dikarenakan banyaknya jalur pipa distribusi yang berada pada bahu jalan utama bahkan tepat berada di bawah jalan raya.

2. *Expired*

Pipa yang terpasang pada jaringan distribusi rata-rata telah melewati batas usia pemakaian, dimana masa ideal penggunaan pipa berkisar antara 20 sampai 30 tahun. Sedangkan usia pipa yang terpasang saat ini rata-rata sudah berusia lebih dari masa ideal penggunaan, karena pihak perusahaan belum melakukan penggantian pipa secara optimal.

3. Waktu penggantian pipa

Pada proses penggantian pipa yang dilakukan oleh tim lapangan saat ini belum memiliki *database* yang lengkap, hanya berasumsi dengan melihat kondisi fisik untuk mengetahui berapa usia pipa. Sehingga sulit bagi perusahaan untuk mengidentifikasi usia pasti pipa yang terpasang

4. Waktu perbaikan pipa

PERUMDA saat ini belum memiliki *database* yang lengkap terkait dengan waktu perbaikan pipa, hanya berasumsi dengan melihat kondisi fisik untuk mengetahui berapa usia pipa. Sehingga sulit bagi perusahaan untuk mengidentifikasi usia pasti pipa yang terpasang

5. Data penggantian pipa bocor

Presentase penggantian pipa bocor setiap bulan rata-rata 30% sampai 40%. Perusahaan saat ini belum membuat *database* terkait dengan penggantian pipa bocor. Oleh karena itu sulit bagi PERUMDA untuk mengidentifikasi usia pipa yang terpasang.

#### 6. Data meteran pelanggan

Meteran air yang digunakan pelanggan saat ini rata-rata sudah melewati batas penggunaan, karena masa ideal penggunaan hanya 5 sampai 10 tahun. Sehingga perlu dilakukan pendataan pada penggantian meteran. Untuk memudahkan PERUMDA dalam mengontrol masa kelayakan penggunaan.

KRI yang terpilih adalah *expired* dengan nilai *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,6 dan data penggantian pipa bocor dengan nilai *The GAP Assessment Tool* sebesar 4,4. Penentuan *Threshold* pada KRI *expired* dan penggantian pipa bocor dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4 dibawah ini:

Tabel 5.3 *Threshold Expired*

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
<i>Expired</i>	20	26	Tahun

Berdasarkan tabel 5.3 peristiwa indikator risiko kunci *expired* didapatkan ambang batas bawah yaitu 20 tahun waktu minimal untuk penggunaan pipa dan ambang batas atas yaitu 26 tahun yang menjadi peringatan dini sebelum dampak risiko semakin parah.

Tabel 5.4 *Threshold Penggantian Pipa Bocor*

Peristiwa Indikator Risiko Kunci	Parameter		
	Ambang Batas Bawah	Ambang Batas Atas	Satuan Ukur
Penggantian Pipa Bocor	15	16,32	Tahun

Pada tabel 5.4 peristiwa indikator risiko kunci penggantian pipa bocor didapatkan ambang batas bawah yaitu 15 tahun minimal masa penggunaan dan 16 tahun 3 bulan 2 minggu yang menjadi peringatan dini sebelum dampak risiko semakin parah.

## BAB VI

### KESIMPULAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV terkait dengan desain *key risk indicators* (KRI) dan strategi mitigasi pendistribusian air, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat 16 *risk event* dan 60 *risk agent* pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV. Pada HOR fase 1 didapatkan 12 *risk agent* yang menjadi prioritas penanganan yaitu penggalian drainase, kurangnya sistem pemantauan pipa otomatis, terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi, tersumbat akar pohon, kurangnya pengawasan dari pihak internal perusahaan, galian pemasangan kabel dari pihak eksternal perusahaan, ada jaringan pipa yang terpasang diluar kontrol, pemasangan pipa diinstalasi sambungan rumah, korosi erosi (pengikisan dinding pipa), umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian, terjadi kerusakan pada instalasi pengolahan air, tidak memiliki sistem peringatan dini, kurangnya tekanan air, dan kurangnya perawatan pada peralatan.
2. Berdasarkan hasil HOR fase 2 didapatkan strategi mitigasi yaitu pengawasan langsung dilapangan, pengadaan *Leak Noise Correlator* (LNC) alat teknologi pencarian kebocoran secara aktif, melakukan inspeksi berkala pada jaringan pipa, meningkatkan pengawasan dari perusahaan, mengenakan denda sesuai dengan ketentuan perusahaan, pengawasan pada aktivitas proyek eksternal PERUMDA, melakukan kalibrasi pada meter air pelanggan secara berkala, Pemasangan *valve* disetiap percabangan untuk pendeteksi kebocoran, Mengganti pipa yang sudah berpotensi rusak, Rehabilitasi pipa baru untuk mengganti pipa yang tidak layak pakai, Pihak eksternal wajib berkoordinasi dengan PERUMDA sebelum melakukan operasi di area perpipaan, Disiplin dalam melaksanakan *maintenance* secara rutin, Pemantauan potensial korosi secara berkala,

3. Melakukan koordinasi kepada pelaksana perbaikan drainase, Mengambil tindakan tegas dengan memutuskan sambungan, Menerapkan penjadwalan pengawasan perpipaan yang efektif, melakukan penyisiran pipa ketika tekanan air sedang stabil (Malam hari), membuat data base umur pipa untuk peringatan dini, membuat penjadwalan perawatan peralatan, dan menambah kapasitas persediaan air sebelum memasuki musim kemarau. *Risk agent* A5, A6, A22, A2, A24, A7 dan A1, sebelum dilakukan penanganan *risk agent* ini berada pada area merah yang berarti risiko kritis dan setelah penanganan *risk agent* ini turun di area kuning yang berarti risiko sedang. Selanjutnya *risk agent* A23, A3, A16, A9, A12, A10, dan A21 sebelum dilakukan penanganan *risk agent* ini berada pada area kuning yang berarti risiko sedang dan setelah penanganan *risk agent* turun di area hijau yang berarti risiko ringan.
4. Terdapat 2 *risk agent* pada peta risiko setelah dilakukan strategi mitigasi yang dijadikan sebagai dasar untuk mendesain KRI yaitu:
  - Risiko terjadinya kebocoran yang tidak terdeteksi (A24). Terdapat 2 indikator yang terpilih berdasarkan *The GAP Assessment Tool* yaitu informasi (tim lapangan) memiliki nilai matrik sebesar 4,7 dengan nilai *Early Warning System* (EWS) ambang batas bawah yaitu 5 jam dan ambang batas atas yaitu 8 jam 19 menit waktu penanganan per kejadian dan koordinasi tim lapangan memiliki nilai matrik sebesar 4,6 dengan nilai EWS ambang batas bawah yaitu 1 hari dan ambang batas atas yaitu 3 hari untuk pelaporan sebelum melakukan penggalian di area perpipaan PERUMDA.
  - Risiko umur teknis pipa sudah melewati batas pemakaian (A1). Terdapat 2 indikator yang terpilih berdasarkan *The GAP Assessment Tool* yaitu *expired* memiliki nilai matrik sebesar 4,6 dengan nilai EWS ambang batas bawah yaitu 20 tahun dan ambang batas atas yaitu 26 tahun masa pemakaian pipa distribusi. Dan penggantian pipa bocor memiliki nilai matrik sebesar 4,4 dengan nilai EWS ambang batas

bawah yaitu 15 tahun dan ambang batas atas 16 tahun 3 bulan 2 minggu waktu pemakaian setelah penggantian pipa bocor.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV terkait penelitian ini adalah dapat menerapkan strategi mitigasi yang telah diprioritaskan untuk mengurangi dampak risiko dan untuk penelitian selanjutnya, peneliti diharapkan mampu mendesain *key risk indicators* (KRI) pada risiko yang belum memiliki *Early Warning System* (EWS).



## DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, D., Karningsih, P. D., Yuniasri, R. 2018. Manajemen risiko kualitas pada rantai pasok industri pengolah hasil laut skala menengah. *Jurnal Sisfo*, Vol. 07, No. 02, pp. 121-130.
- Barton, N. A., Farewell, T. S., Hallet, S. H., Acland, T. F. 2019. Improving pipe failure predictions: Factors affecting pipe failure in drinking water networks. *Water Research*, Vol. 164, 114926.
- Caesaron, D., & Tandianto. T. 2014. Penerapan metode six sigma dengan pendekatan DMAIC proses handling painted body BMW X3 (studi kasus: PT. tjahja sakti motor). *Jurnal PASTI*, Vol. 9, No. 3, pp. 248-256.
- Cahyani, Z. D., Rejeki, S., Pribadi, W., Baihaqi, I. 2016. Studi implementasi model house of risk (hor) untuk mitigasi risiko keterlambatan material dan komponen impor pada pembangunan kapal baru. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5, No. 2, pp. 52-59.
- Ceres, R. L., Forest, C. E., Keller, K. 2019. Optimization of multiple storm surge risk mitigation strategies for an island city on a wedge. *Enviromental Modelling & Software*, Vol. 119, pp. 341-353.
- Chan, A. P. C., Yung, E. H. K., Lam, P. T. I., Tam, C. M., Cheung, S. O. 2001. Application of Delphi Method in Selection of procurement system for construction projects. *Journal of Construction Management and Economic*, Vol. 19, No. 7, pp. 699-718.
- Chen, L. J., & Pauraj, A. 2004. Towards a theory of supply chain management: the construct and measurment. *Journal of Operation Management*, Vol. 22, No. 2, pp. 119-150.
- Chen, L., Huang, K., Zhou, J., Duan, H. F., Zhang, J., Wang, D., Qiu, H. 2020. Multiple-risk assessment of water supply, hydropower and environment nexus in the water resources system. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 268, 122057.
- Chen, X., Wu, Z., Chen, W., Kang, R., He, X., Miao, Y. 2019. Selection of key indicators for reputation loss in oil and gas pipeline failure event. *Engineering Failure Analysis*, Vol. 99, pp. 69-84.
- Christopher, M., & Peck, H. 2004. Building the Resilient supply chain. *International Journal Logistics Management*. Vol. 15, No. 2, pp. 1-13.

- Dadsena, K. K., Sarmah, S. P., Naikan, V. N. A., Jena, S. K. 2019. Optimal budget allocation for risk mitigation strategy in trucking industry: an integrated approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 121, pp. 37-55.
- Darmawi, H. 2000. *Manajemen Risiko*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Dewi, M. C., Mursalim, M., Lannai, D. 2019. Analisis penerapan balance scorecard dalam mengukur kinerja perusahaan pada PDAM Kota Makassar. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, Vol.2, No. 4, pp. 36-47.
- Ding, S., Deng, Y., Bond, T., Fang, C., Cao, Z., Chu, W. 2019. Disinfection byproduct formation during drinking water treatment and distribution: a review of unintended effects of engineering agents and materials. *Water Research*, Vol. 160, pp. 313-329.
- Gainnarou, L. 2014. Using delphi technique to build consensus in practise. *International Journal of Business Sciences and Applied Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 65-82.
- Gao, J., Liu, Q., Song, L., Shi, B. 2019. Risk assessment of heavy metals in pipe scales and loose deposits formed in drinking water distribution systems. *Science of The Total Environment*, Vol. 652, pp. 1387-1395.
- Gonzalez, D. P., Monsalve, M., Moris, R., Herrera, C. 2018. Risk and resilience monitor: development of multiscale and multilevel indicators for disaster risk management for the communes and urban areas of Chile. *Applied Geography*, Vol. 94, pp. 262-271.
- Guertler, B., & Spinler, S. 2015. Supply risk interrelationships and the derivation of key supply risk indicators. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 92, pp. 224-236.
- Han, X., Ji, X., Ma, X., Liu, J. L., He, Z. Y., Chang, W., Tang, F., Liu, A. L. 2020. An investigation of changes in water quality throughout the drinking water production/distribution chain using toxicological and fluorescence analyses. *Journal Environmental Science*, Vol. 87, pp. 310-318.
- Hanafi, M. M. 2006. *Manajemen Risiko*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- He, G., Zhang, T., Zheng, F., Li, C., Zhang, Q., Dong, F., Huang, Y. 2019. Reaction of fleroxacin with chlorine and chlorine dioxide in drinking water distribution systems: kinetics, transformation mechanisms and toxicity evaluations. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 374, pp. 1191-1203.

- Hegde, J., Utne, I. B., Schjolberg, I. 2016. Development of collision risk indicators for autonomous subsea inspection maintenance and repair. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 44, pp. 440-452.
- Hsu, C. C., & Sanford, B. A. 2007. The delphi technique: making sense of consensus. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, Vol. 12, No. 10, pp. 1-8.
- Ikonen, J., Pitkanen, T., Kosse, P., Ciszek, R., Kolehmainen, M., Miettinen, I. T. 2017. On-line detection of Escherichia coli intrusion in a pilot-scale drinking water distribution system. *Journal of Environmental Management*, Vol. 198, pp. 384-392.
- Imran, U., Khan, M., Jamal, R., Sahulka, S. Q., Goel, R., Mahar, R., Weidhaas, J. 2020. Probabilistic risk assessment of water distribution system in hyderabad, Pakistan reveals unacceptable health hazards and areas for rehabilitation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 191, 110233.
- ISO 31000:2009. *Risk Management-Principles and guidelines*.
- Juliarba, M., Rachmawati, S. D. J., Handayani, D. A. 2017. Tindakan pengendalian untuk mengamankan resiko pada spam pdam kota Denpasar dengan rpam operator, *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 2, No. 2, pp. 1-12.
- Koentjoro, N. 2005. *Metode-Metode Penelitian Masyarakat*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Kristanto, B. R., & Hariastuti, N. L. P. 2014. Aplikasi model house of risk (hor) untuk mitigasi risiko pada supply chain bahan baku kulit. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 13, No. 2, pp. 149-157.
- Kusuma, P. S. 2008. *Kriteria Pemilihan Lahan Rusunami yang Menjadi Daya Tarik Konsumen*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Labombang, M. 2011. Manajemen risiko dalam proyek konstruksi. *Jurnal SMARTek*, Vol. 9, No. 1, pp. 39-46.
- Lagu, A. M. H. R., Amansyah, M., Mubarak, F. 2016. Gambaran penyediaan air bersih PDAM kota Makassar tahun 2015. *Public Health Science Journal*, Vol. 8, No. 2, pp. 171-179.
- Li, R. A., Mcdonald, J. A., Sathasivan, A., Khan, S. J. 2019. Disinfectant residual stability leading to disinfectant decay and by-product formation in drinking water distribution systems: a systematic review. *Water Research*, Vol. 153, pp. 335-348.

- Liu, W., Song, Z., Ouyang, M., Li, J. 2020. Recovery-based seismic resilience enhancement strategies of water distribution networks. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 203, 107008.
- Magdalena, H. 2013. *Strategi Memilih Perangkat Lunak Pembagi. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, Yogyakarta: Universitas Atmajaya.
- Magdalena, R., & Vannie. 2019. Analisis risiko supply chain dengan model house of risk (hor) pada pt tatalogam lestari. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 14, No. 2, pp. 53-62.
- Martaningtyas, M., Ariesyady, H. D., 2018. Identifikasi bahaya dan analisis risiko pada jaringan pipa transmisi crude oil di pt.x. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 24, No. 2, pp. 12-22.
- McDermott, R. E. J. M. 1996. *The Basics of FMEA*. New York: Productivity Press.
- Meyer., & Booker. 1991. *Eliciting and Analyzing Expert Judgement: A Practical Guide*. London: Academia Press Limited.
- Mian, H. R., Hu, G., Hewage, K., Rodriguez, M. J., Sadiq, R. 2018. Prioritization of unregulated disinfection by-products in drinking water distribution systems for human health risk mitigation: a critical review. *Water Research*, Vol. 147, pp. 112-131.
- Mobley, W. H. 2000. *Pergantian Karyawan Sebab Akibat dan Pengendaliannya*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.
- Nanda, L., Hartanti, L. P., Runtuk, J. K. 2014. Analisis risiko kualitas produk dalam proses produksi miniatur bis dengan metode failure mode and effect analysis pada usaha kecil menengah niki kayoe. *Gema Aktualita*, Vol. 3, No. 2, pp. 71-82.
- Orojloo, M., Shahdany S. M. H., Roozbahani, A. 2018. Developing an integrated risk management framework for agricultural water conveyance and distribution systems within fuzzy decisionmaking approaches. *Science of The Total Enviromental*, Vol. 627, pp. 1363-1376.
- Paramita, A., Kristiana, L. 2013. Teknik Focus Group Discussion Dalam Penelitian Kualitatif. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, Vol. 16, No. 2, pp. 117-127.
- Perrin, Y., Bouchon, D., Delafont, V., Moulin, L., Hechard, Y. 2019. Microbiome of drinking water: a full-scale spatio-temporal study to monitor water quality in the Paris distribution system. *Water Research*, Vol. 149, pp. 375-385.

- Phan, H. C., Dhar, A. S., Hu, G., Sadiq, R. 2019. Managing water main breaks in distribution networks—A risk-based decision making. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 191, 106581.
- Potgieter, S., Pinto, A., Sigudu, M., Preez, H. D., Ncube, E., Venter, S. 2018. Long-term spatial and temporal microbial community dynamics in a large-scale drinking water distribution system with multiple disinfectant regimes. *Water Research*, Vol. 139, pp. 406-419.
- Pujawan, I. N., & Geraldin, L. H. 2009. House of risk: a model for proactive supply risk management. *Business Process Management Journal*, Vol. 15, No. 6, pp. 953-967.
- Purba, E. A., Kurnia, B. A. K., Handayani, J. U. D., Kistiani, F. 2015. Analisa manajemen risiko pada proyek PDAM Semarang (studi kasus: proyek pemipaan ipa kaligarang Semarang barat). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 4, pp. 274-282.
- Putra, Z., Chan, S., Iha, M. 2017. Desain manajemen risiko berbasis ISO 31000 pada PDAM tirta Meulaboh. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen dan Ekonomi Bisnis*, Vol. 1, pp. 1-16.
- Putri, I. N. 2002. Analisis risiko kegagalan produk mempengaruhi kualitas pelayanan menggunakan house of risk dan supply chain operations reference. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, Vol. 02, No. 01, pp. 19-23.
- Puzon, G. J., Miller, H. C., Malnowski, N., Walsh, T., Morgan, M. J. 2020. *Naegleria fowleri* in drinking water distribution systems. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, Vol. 16, pp. 22-27.yu
- Rakadhitya, R., Hartono, N., Laurence. 2019. Studi kasus mitigasi risiko rantai pasok dengan integrasi house of risk dan fuzzy logic pada pt x. *Journal of Integrated System*, Vol. 2, No. 2, pp. 192-207.
- Rakyatku.com, 2020. Jelang PSBB Distribusi Air Bersih Tersendat ke 20 Ribu Pelanggan PDAM di Makassar. [Cited: 28 Juli 2020]. Available at: <https://rakyatku.com/read/183707/jelang-psbb-distribusi-air-bersihtersendat-ke-20-ribu-pelanggan-pdamdimakassar#:~:text=Pembenahan%20pipa%20bocor%20milik%20PDAM%20Makassar.&text=Pipa%20tersebut%20bocor%20akibat%20proyek,Pipa%20pdamtersebut%20berdiameter%201000%20milimeter>.
- Rasyid, R., Sumarauw, J. S. B., Palandeng, I. D. 2016. Analisis persediaan air bersih di pt. air Manado. *Jurnal EMBA*, Vol. 5, No. 1, pp. 206-214.

- Shahin, A. 2004. Integration of FMEA and the Kano model: an exploratory examination. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 21, No. 7, pp. 731-746.
- Shi, X., Wong, Y. D., Li, M. Z. F., Chai, C. 2018. Key risk indicators for accident assessment conditioned on pre-crash vehicle trajectory. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 117, pp. 346-356.
- Somerville, A. J. 2007. *Critical Factors affecting the meaningful assesment of student learning outcomes: A Delphi Study of the opinions of Comminstalisasi College personnel*. Corvallis: Doctoral Dissertation.
- Stamatis, D. H. 2003. *Failure Mode and Effect Analysis FMEA from Theory to Execution*. Wisconsin: ASQC Quality Press.
- Strachnyi, K. 2015. Operational risk: key risk indicators (KRIs). [Cited: 25 April 2020]. Available at: <https://www.workiva.com/blog/operational-risk-key-risk-indicators-kris>.
- Sumajouw, M. D. J., & Sompie, B. F. 2014. Manajemen risiko pada perusahaan jasa pelaksana kontruksi di provinsi Papua (studi kasus di kabupaten Sarmi). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol. 4, No. 2, pp. 109-118.
- Sunny, I., Husband, P. S., Boxall, J. B. 2020. Impact of hydraulic interventions on chronic and acute material loading and discolouration risk in drinking water distribution systems. *Water Research*, Vol. 169, 115224.
- Thons, S., & Stewart, M. G. 2019. On decision optimality of terrorism risk mitigation measures for iconic bridges, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 188, pp. 574-583.
- Toppel, J., & Trankler, T. 2019. Modeling energy efficiency insurances and energy performance contracts for a quantitative comparison of risk mitigation potential. *Energy Economics*, Vol. 80, pp. 842-859.
- Trenggonowati, D. L., & Pertiwi, N. A. 2017. Analisis penyebab risiko dan mitigasi risiko dengan menggunakan metode house of risk pada divisi pengadaan pt xyz. *Journal Industrial Servicess*, Vol. 3, No. 1a, pp. 1-7.
- Uddameri, V., Ghaseminejad, A., Hernandez, E. A. 2020. A tiered stochastic framework for assessing crop yield loss risks due to water scarcity under different uncertainty levels. *Agricultural Water Management*, Vol. 238, 106226.

- Vairavamorthy, K., Yan, J., Galgale, H. M., Gorantiwar, S. D., 2007. Ira-wds: a gis-based risk analysis tool for water distribution systems. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 22, No. 7, pp. 951-965.
- Waller, S. A., Packman, A. I., Hausner, M. 2018. Comparison of biofilm cell quantification methods for drinking water distribution systems. *Journal of Microbiological Methods*, Vol. 144, pp. 8-21.
- Wang, H., Hu, C., Zhang, S., Liu, L., Xing, X. 2018. Effects of O3/Cl2 disinfection on corrosion and opportunistic pathogens growth in drinking water distribution systems. *Journal Environmental Science*, Vol. 73, pp. 38-46.
- Wardhana, I. N. W. 2017. Enterprise risk management-key risk indicators. [Cited: 11 September 2020]. Available at: <https://www.slideshare.net/wisnuwnyoman/09-enterprise-risk-management-telkom-2011-key-risk-indicators>.
- Weber, R., Huzsvar, T., Hor, C. 2020. Vulnerability analysis of water distribution networks to accidental pipe burst. *Water Research*, Vol. 184, 116178.
- Widiasih, W., Karningsih, D. P., Ciptomulyono, U., 2015. Development of integrated model for managing risk in lean manufacturing implementation: a case study in an Indonesian manufacturing company. *Procedia Manufacturing*, Vol. 4, pp. 282-290.
- Wijesiri, B., Deilami, K., Mcgree, J., Goonetilleke, A. 2018. Use of surrogate indicators for the evaluation of potential health risks due to poor urban water quality: a bayesian network approach. *Environmental Pollution*, Vol. 233, pp. 655-661.
- Williams, M. 1993. *Nutrition for The Growing Years*. Plycon Press: California.
- Xu, H., & Xue, B. 2017. Key indicators for the resilience of complex urban public spaces. *Journal of Building Engineering*, Vol. 12, pp. 306-313.
- Yousuf, M. I. 2007. Using experts' opinion through delphi technique. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, Vol. 12, No. 4, pp. 1-8.
- Yu, Y., Ma, X., Chen, R., Li, G., Tao, H., Shi, B. 2019. The occurrence and transformation behaviors of disinfection byproducts in drinking water distribution systems in rural areas of eastern China. *Chemosphere*, Vol. 228, pp. 101-109.

- Yu, Z., Miller, H. C., Puzon, G. J., Clowers, B. H. 2018. Application of untargeted metabolomics for the detection of pathogenic *Naegleria fowleri* in an operational drinking water distribution system. *Water Research*, Vol. 145, pp. 678-686.
- Zatar, A., Katili, P. B., Suparno. 2016. Penentuan kriteria kualitatif penentu dalam pemilihan objek audit internal menggunakan metode Delphi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-6.
- Zhang, B., Guan, Z., Lu, N., Hasan, A. R., Wang, Q., Xu, B. 2019. Trapped annular pressure caused by thermal expansion in oil and gas wells: a review of prediction approaches, risk assessment and mitigation strategies. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 172, pp. 70-82.
- Zhang, M., Wang, L., Xu, M., Zheo, H., Wang, S., Wang, Y. J., Bai, M., Zhang, C. 2019. Selective antibiotic resistance genes in multiphase samples during biofilm growth in a simulated drinking water distribution system: Occurrence, correlation and low-pressure ultraviolet removal. *Science of The Total Environment*, Vol. 649, pp. 146-155.
- Zhen, X., Vinnem, J., Naess, S. 2019. Building safety in the offshore petroleum industry: development of risk-based major hazard risk indicators at a national level. *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 128, pp. 295-306.
- Zhu, Y., Chen, L., Xiao, H., Shen, F., deng, S., Zhang, S., He, J., Song, C., Wang, X., Zhang, J., Gong, L., Hu, C. 2020. Effects of disinfection efficiency on microbial communities and corrosion processes in drinking water distribution systems simulated with actual running conditions. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 88, pp. 273-282.

## LAMPIRAN

### 1. KUESIONER *DELPHI*

#### LAMPIRAN 1

#### KUESIONER *QUALITATIVE PILOT STUDY* DAN BIOGRAFI RESPONDEN

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Tujuan dari *pilot study* ini adalah untuk evaluasi efektivitas dan validitas instrumen survei (kuesioner) pada penelitian terkait desain *Key Risk Indicators* (KRI) dan mitigasi risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV. Hasil dari *pilot study* ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas instrumen survei (kuesioner) sehingga dapat mengumpulkan informasi secara akurat dan terukur. Atas kesediaan Bapak/Ibu berkontribusi dalam penelitian ini, kami haturkan terima kasih.

#### Bagian I: Profil Responden

Nama :  
Jabatan :  
Bekerja Sejak :  
Pendidikan Terakhir :  
No. Hp :

#### Bagian II: Pertanyaan

Bapak/Ibu dimohon untuk membaca draft instrumen penelitian terlebih dahulu sebelum menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Apakah Bapak/Ibu menemukan istilah yang tidak familiar atau sulit dipahami? Apakah Bapak/Ibu memiliki saran perubahan?  
.....
2. Apakah petunjuk pada kuisisioner sudah cukup jelas?  
.....
3. Apakah pertanyaan atau intruksi lainnya cukup dapat dipahami?  
.....

4. Apakah format kuisisioner sudah tepat?

.....

5. Apakah kuisisioner terlalu panjang? Apakah terdapat bagian yang perlu ditingkatkan?

.....

6. Apakah terdapat pertanyaan yang terlalu sensitif untuk ditanyakan?

.....

7. Secara keseluruhan, apakah kuisisioner relevan untuk konsep penelitian tersebut?

.....

8. Apakah terdapat hal lain yang perlu ditingkatkan?

.....

Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

**Peneliti**

Yan Herdianzah

Program Studi Magister Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia

No. Hp: 085396707189

E-mail: [yanherdianzah@gmail.com](mailto:yanherdianzah@gmail.com)

## LAMPIRAN 2



### PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI

### UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

### KUISIONER DELPHI – Putaran I

### IDENTIFIKASI RISIKO MELALUI PENDEKATAN METODE DELPHI

Kuisisioner ini bertujuan untuk melakukan identifikasi dan analisis mengenai potensi risiko pada pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar wilayah IV. Hasil kuisisioner akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik (penelitian tugas akhir). Kuisisioner berikut terdiri atas tiga bagian, Bapak/Ibu dimohon mengikuti petunjuk pengisian pada tiap-tiap bagian. Atas kerjasama dan kesediaan Bapak/Ibu dalam mengisi kuisisioner, kami ucapkan terima kasih.

#### BAGIAN I

**Petunjuk Pengisian: Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!**

1. Jelaskan sesuai dengan pengetahuan dan pemahaman Bapak/Ibu mengenai proses pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar wilayah IV sampai pada pelanggan?  
.....
2. Dari proses pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar wilayah IV, aktivitas manakah yang paling dipahami dan pernah dilakukan Bapak/Ibu?  
.....
3. Berapa lama pengalaman Bapak/Ibu dalam pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar wilayah IV?  
.....

## BAGIAN II

Petunjuk Pengisian: Pada daftar potensi risiko di bawah ini, responden hanya perlu mengisikan tanda centang (√) pada kolom “Ya” atau “Tidak”. Jawaban “Ya” apabila risiko tersebut berpotensi terjadi atau pernah terjadi dan “Tidak” apabila risiko tersebut tidak berpotensi dan tidak pernah terjadi pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar.

Daftar Potensi Risiko

No	Indikator	Potensi Risiko	Konfirmasi	
			Ya	Tidak
1	<b>Perpipaan</b>	Air yang terdistribusi kepada pelanggan keruh		
2		Korosi pada pipa distribusi		
3		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berbau		
4		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berasa		
5		Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan		
6		Air tidak terdistribusi secara optimal		
7		Kerusakan peralatan pada bagian distribusi		
8		Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi		
9		Retakan mikro yang sulit teridentifiksasi pada jaringan pipa distribusi		
10		Penipisan dinding pipa distribusi		
11		Debit air yang diperoleh pelanggan rendah		
12		Air terkontaminasi		
13		Perubahan pada skala pipa		
14		Penyumbatan pada pipa distribusi		
15		Kerusakan pada katub kontrol air		
16		Perubahan warna pada air yang terdistribusi		
17		Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)		
18		Kebocoran pipa pada bagian sambungan		

No	Indikator	Potensi Risiko	Konfirmasi	
			Ya	Tidak
19	<b>Persediaan/ Penampungan</b>	Debit air pada pemampungan menurun		
20		Peningkatan pertumbuhan mikro bakteri pada penampungan air		
21		Rembesan pada bak penampungan air		
22		Kebocoran pada bak penampungan air		
23	<b>Fasilitas</b>	Kerusakan pada pompa distribusi		
24		Kerusakan pada water meter distribusi		
25		Kerusakan panel listrik		
26		Penuaan dini pada peralatan distribusi air		
27	<b>Perencanaan &amp; pengawasan</b>	Terjadi penyimpangan prosedur kerja saat melakukan penanganan di lapangan		
28		Kesalahan pemasangan jaringan pipa transmisi dan distribusi oleh kontraktor tidak sesuai dengan spesifikasi		
29		Terjadinya sambungan liar (pencurian air)		
30		Ketidaksesuaian prediksi kerusakan yang terjadi dilapangan		
31		Pekerja sulit memonitoring tekanan air pada jaringan pipa.		
32		Kehilangan air pada proses distribusi		
33		Kesalahan operator dalam operasi manual		
34		Terjadi pencurian peralatan		
35		Maintenance peralatan tidak sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan sebelumnya		

### BAGIAN III

**Petunjuk Pengisian: Isilah tabel di bawah ini!**

Pada bagian ini, Bapak/Ibu akan diminta untuk menuliskan potensi-potensi risiko yang tidak terdapat pada 36 potensi risiko yang telah dikumpulkan dari penelitian sebelumnya tentang risiko pada pendistribusian air PERUMDA. Apa saja yang mungkin terjadi pada pendistribusian air sampai pada pelanggan? Risiko adalah hambatan/permasalahan yang dapat mempengaruhi kelancaran pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV.

Contoh risiko pada pendistribusian air PERUMDA.

- Kebocoran pada pipa distribusi

NO	Potensi Risiko
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

## BAGIAN IV

### BIODATA RESPONDEN

Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi biodata responden berikut yang bertujuan untuk pendataan biografi responden. Data akan kami rahasiakan dan tidak disebarluaskan untuk kegiatan profit/komersial lainnya.

Nama :  
Pekerjaan :  
Mulai Bekerja : Bulan \_\_\_\_\_ Tahun \_\_\_\_\_  
Pendidikan :  
Bidang Keahlian :  
Alamat Tinggal :

Apabila terdapat tambahan potensi risiko yang tidak terdapat dalam daftar potensi risiko di atas, mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk menambahkan pada tabel sebelumnya (Kuisisioner Bagian III). Apabila Bapak/Ibu memiliki pertanyaan mengenai kuisisioner ini dapat menghubungi Yan Herdianzah pada nomor HP. 085396707189 atau email: [yanherdianzah@gmail.com](mailto:yanherdianzah@gmail.com)

Terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu meluangkan waktu untuk mengisi kuisisioner penelitian ini. Semua informasi yang Bapak/Ibu berikan dalam kuisisioner ini dijamin kerahasiaannya dan hanya dipakai untuk kepentingan penelitian.

### LAMPIRAN 3



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
KUISIONER DELPHI – Putaran II  
IDENTIFIKASI RISIKO MELALUI METODE DELPHI**

Kuisisioner ini bertujuan untuk melakukan identifikasi dan analisis mengenai potensi risiko pada pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV. Hasil kuisisioner akan diolah lebih lanjut dan digunakan untuk kepentingan akademik (penelitian tugas akhir). Kuisisioner berikut terdiri atas tiga bagian, Bapak/Ibu dimohon mengikuti petunjuk pengisian pada tiap-tiap bagian. Atas kerjasama dan kesediaan Bapak/Ibu dalam mengisi kuisisioner, kami ucapkan terima kasih.

#### RINGKASAN HASIL PUTARAN I

Pada kuisisioner tahap I telah dilakukan penjarangan informasi mengenai potensi risiko pendistribusian air dengan berpedoman pada aktivitas pendistribusian air di PERUMDA Kota Makassar wilayah IV. Berdasarkan hasil kuisisioner tahap I diperoleh data berkaitan dengan responden yang dipilih, dan hasilnya membuktikan bahwa responden memang sangat memahami hal-hal yang terkait dengan pendistribusian air. Selain itu, juga diperoleh beberapa potensi risiko pendistribusian air sebagai berikut:

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber
1	<b>Perpipaan</b>	Air yang terdistribusi kepada pelanggan keruh	Zhu et al., 2020
2		Korosi pada pipa distribusi	Zhu et al., 2020
3		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berbau	
4		Air yang terdistribusi kepada pelanggan berasa	Zhu et al., 2020
5		Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan	Martaningtyas & Ariesyady, 2018

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber	
6		Air tidak terdistribusi secara optimal	Martaningtyas & Ariesyady, 2018	
7		Kerusakan peralatan pada bagian distribusi	Martaningtyas & Ariesyady, 2018	
8		Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi	Barton et al., 2019	
9		Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi	Barton et al., 2019	
10		Penipisan dinding pipa distribusi	Barton et al., 2019	
11		Debit air yang diperoleh pelanggan rendah	Juliarba et al., 2017	
12		Air terkontaminasi	Vairavamoorthy et al., 2007	
13		Perubahan pada skala pipa	Imran et al., 2020	
14		Penyumbatan pada pipa distribusi	Gao et al., 2019	
15		Kerusakan pada katub kontrol air	Phan et al., 2019	
16		Perubahan warna pada air yang terdistribusi	Sunny et al., 2020	
17		Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)	Weber et al., 2020	
18		Kebocoran pipa pada bagian sambungan	Liu et al., 2020	
19		<b>Persediaan/ Penampungan</b>	Debit air pada pemampungan menurun	Chen et al., 2020
20			Peningkatan pertumbuhan mikro bakteri pada penampungan air	Uddameri et al., 2020
21			Rembesan pada bak penampungan air	Orojloo et al., 2018
22			Kebocoran pada bak penampungan air	Rasyid et al., 2016
23	<b>Fasilitas</b>	Kerusakan pada pompa distribusi	Putra et al., 2017	
24		Kerusakan pada water meter distribusi	Putra et al., 2017	

No	Indikator	Potensi Risiko	Sumber
25	<b>Perencanaan &amp; pengawasan</b>	Kerusakan panel listrik	Chen et al., 2020
26		Penuaan dini pada peralatan distribusi air	Orojloo et al., 2018
27		Terjadi penyimpangan prosedur kerja saat melakukan penanganan di lapangan	Putra et al., 2017
28		Kesalahan pemasangan jaringan pipa transmisi dan distribusi oleh kontraktor tidak sesuai dengan spesifikasi	Putra et al., 2017
29		Terjadinya sambungan liar (pencurian air)	Putra et al., 2017
30		Ketidaksesuaian prediksi kerusakan yang terjadi dilapangan	Putra et al., 2017
31		Pekerja sulit memonitoring tekanan air pada jaringan pipa.	Putra et al., 2017
32		Kehilangan air pada proses distribusi	Orojloo et al., 2018
33		Kesalahan operator dalam operasi manual	Orojloo et al., 2018
34		Terjadi pencurian peralatan	Orojloo et al., 2018
35	Maintenance peralatan tidak sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan sebelumnya	Orojloo et al., 2018	

## KUESIONER DELPHI TAHAP II

### BIODATA RESPONDEN

Mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi biodata responden berikut yang bertujuan untuk pendataan biografi responden. Data akan kami rahasiakan dan tidak disebarluaskan untuk kegiatan profit/komersial lainnya.

Nama :  
Bagian :  
Mulai Bekerja :  
Pendidikan :  
Bidang Keahlian :  
Alamat Tinggal :

Apabila Bapak/Ibu memiliki pertanyaan mengenai kuisisioner ini dapat menghubungi Yan Herdianzah pada nomor HP. 085396707189 atau email: yanherdianzah@gmail.com.

**Petunjuk Pengisian:** Pada tahap ini, Bapak/Ibu dimohon untuk menilai masing-masing potensi risiko dengan memberikan tanda centang pada nilai yang dikehendaki.

#### Keterangan:

1. Sangat tidak setuju
2. Tidak Setuju
3. Ragu-ragu
4. Setuju
5. Sangat setuju

No	Indikator	Potensi Risiko	Nilai				
			1	2	3	4	5
1	Perpipaan	Korosi pada pipa distribusi					
2		Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan					

No	Indikator	Potensi Risiko	Nilai				
			1	2	3	4	5
3		Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi					
4		Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi					
5		Penipisan dinding pipa distribusi					
6		Debit air yang diperoleh pelanggan rendah					
7		Penyumbatan pada pipa distribusi					
8		Kerusakan pada katub kontrol air					
9		Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)					
10		Kebocoran pipa pada bagian sambungan					
11	Persediaan/ Penampungan	Debit air pada pemampungan menurun					
12	Fasilitas	Kerusakan pada pompa distribusi					
13		Kerusakan pada water meter distribusi					
14		Penuaan dini pada peralatan distribusi air					

No	Indikator	Potensi Risiko	Nilai				
			1	2	3	4	5
15	Perencanaan & pengawasan	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)					
16		Kehilangan air pada proses distribusi					



## BERITA ACARA BRAINSTORMING

Pada kuesioner tahap I dilakukan penjaringan informasi mengenai potensi risiko pendistribusian air dengan berpedoman pada aktivitas pendistribusian air di PDAM Kota Makassar wilayah IV. Selanjutnya dilakukan validasi dengan cara *brainstorming* kepada ke 4 *expert* untuk mendapatkan hasil mufakat dari kuesioner Delphi putaran I. Maka dihasilkan 16 potensi risiko yang terpilih adalah sebagai berikut.

No	Potensi Risiko
1	Korosi pada pipa distribusi
2	Kerusakan pada pipa distribusi air yang mengalir ke rumah-rumah pelanggan
3	Pipa yang terpasang dibawah tanah penyok dan sulit teridentifikasi
4	Retakan mikro yang sulit teridentifikasi pada jaringan pipa distribusi
5	Penipisan dinding pipa distribusi
6	Debit air yang diperoleh pelanggan rendah
7	Penyumbatan pada pipa distribusi
8	Kerusakan pada katub kontrol air
9	Terjadi semburan pipa tunggal yang tidak disengaja (pipa pecah)
10	Kebocoran pipa pada bagian sambungan
11	Debit air pada pemampungan menurun
12	Kerusakan pada pompa distribusi
13	Kerusakan pada water meter distribusi
14	Penuaan dini pada peralatan distribusi air
15	Terjadinya sambungan liar (pencurian air)
16	Kehilangan air pada proses distribusi

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan kesepakatan dari *expert* yang selanjutnya akan dijadikan untuk penilaian pada kuesioner delphi putaran II. Adapun responden yang ikut serta pada kegiatan tersebut pada Hari, Rabu 29 Juli 2020 yaitu:

- 1 Wahidin, S. ST
- 2 A. Ichsan. M, ST
- 3 Jamal Malla, S. ST
- 4 Reina Andi Lolo, ST., MT

1.

3.

2.

4.

## **2. House of Risk (HOR)**

### ***Focus Group Discussion 1***

Pada hari : Jumat, 14 Agustus 2020

Tempat : PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV

Pukul : 09.00-11-30 WITA

### **Naskah pembukaan**

Assalamualaikum Wr. Wb

Terima kasih atas kehadiran bapak dan Ibu pada pagi hari ini. Saya Yan Herdianzah, dan saya akan mencoba memfasilitasi diskusi kali ini. Tujuan dari pertemuan pagi ini adalah untuk melakukan penilaian terhadap dampak risiko dan sumber risiko yang berpotensi pada pendistribusian air PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV. Ketua pada diskusi kali ini adalah Kepala Bagian Distribusi dan juga yang ikut serta yaitu Kepala Bagian Perencanaan Teknik, Kepala Seksi Pemeliharaan, dan Kepala Seksi Perencanaan & Pengawasan.

Susunan acara pada pagi ini adalah sebagai berikut:

Pembukaan	: 09:00 - 09:10
Kata sambutan Ketua	: 09:15 - 09:25
Diskusi	: 09:30 - 11:20
Penutupan	: 11:25 - 11:30

Selanjutnya langsung saja kata sambutan oleh bapak Wahidin, S.ST selaku Kepala Bagian Distribusi, kepada bapak waktu dan tempat dipersihlakan.

### **Kata sambutan**

Terimakasih untuk pak Yan Herdianzah yang menjadi fasilitator untuk diskusi kali ini, terima kasih juga untuk rekan-rekan yang bersedia hadir. Semoga dari diskusi hari ini dapat menjadi bahan masukan untuk perusahaan agar perusahaan dapat menjadi lebih baik dan lebih maju. Untuk detail data dan bahasan yang akan kita bahas saya serahkan ke fasilitator untuk menjelaskan kegiatan diskusi kali ini.

## **Diskusi**

1. (Menampilkan *template house of risk* fase 1)  
Pada sesi ini menampilkan *template house of risk* menggunakan proyektor.
2. (Penjelasan *template house of risk*)  
Pada sesi ini memaparkan penjelasan mengenai *template house of risk*, apa yang dimaksud *severity, occurrence, correlation*.
3. (Penyebaran kriteria untuk pembobotan)  
Pada sesi ini pembagian kriteria untuk pembobotan *occurrence, correlation*.  
Pada sesi ini menjelaskan juga maksud dari setiap kriteria yang digunakan
4. (Pembobotan)
5. Pada sesi ini dilakukan pembobotan dengan pertimbangan dan pendapat dari setiap *expert*

## **Penutupan:**

Alhamdulillah telah selesai diskusi kita kali ini. Hasil dari diskusi kali ini adalah pembobotan dampak risiko dan sumber risiko. Dimana dari hasil ini nantinya akan saya olah terlebih dahulu kemudian menentukan sumber risiko yang prioritas untuk segera dilakukan penanganan. Akan diadakan FGD kedua untuk merancang strategi penanganannya, diharapkan bapak-bapak dapat meluangkan waktunya lagi. Sekian dari saya apabila ada salah kata saya mohon maaf. Wassalamualaikum Wr. Wb

## **Hasil:**

1. Penilaian *Severity* dari *risk event*
2. Penilaian *occurrence* dari *risk agent*
3. Penilaian *correlation* antara *Risk event* dan *Risk agent*

## **Kendala:**

1. Penentuan jadwal FGD susah, Karena setiap *expert* mempunyai kesibukan masing-masing

## BERITA ACARA FOCUS GROUP DISCUSSION 1

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan penilaian *Severity*, *Occurrence* dan nilai korelasi *Risk Event* terhadap *Risk Agent* dari *expert* yang selanjutnya akan ditindak lanjuti sebagaimana mestinya. Adapun responden yang ikut serta pada kegiatan tersebut yaitu:

1 Wahidin, S. ST

1.

2 A. Ichsan. M, ST

2.

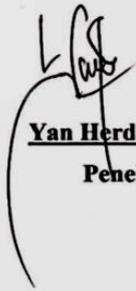
3 Jamal Malla, S. ST

3.

4 Reina Andi Lolo, ST., MT

4.

Makassar, 14 Agustus 2020

  
**Yan Herdianzah**  
Peneliti

## ***Focus Group Discussion 2***

Pada hari : Rabu, 21 Agustus 2020  
Tempat : PERUMDA Kota Makassar Wilayah IV  
Pukul : 09.00 - 11-30 WITA

### **Naskah pembukaan**

Assalamualaikum Wr. Wb

Terima kasih atas kehadiran Bapak/Ibu pada pagi hari ini. Hari ini merupakan pertemuan kedua dalam FGD. Saya Yan Herdianzah, dan saya akan memfasilitasi diskusi kedua kali ini. Tujuan dari pertemuan pagi ini adalah untuk merancang strategi penanganan, pemberian bobot dan memprioritaskannya. Ketua pada diskusi kali ini adalah Kepala Bagian Distribusi dan juga yang ikut serta yaitu Kepala Bagian Perencanaan Teknik, Kepala Seksi Pemeliharaan, dan Kepala Seksi Perencanaan & Pengawasan.

Susunan acara pada pagi ini adalah sebagai berikut:

Pembukaan	: 09:00 - 09:10
Kata sambutan Ketua	: 09:15 - 09:25
Diskusi	: 09:30 - 11:20
Penutupan	: 11:25 - 11:30

Selanjutnya langsung saja kata sambutan oleh bapak Wahidin, S.ST selaku Kepala Bagian Distribusi, kepada bapak waktu dan tempat dipersihlakan.

### **Kata sambutan**

Terimakasih untuk pak Yan Herdianzah yang menjadi fasilitator untuk diskusi kali ini, terima kasih juga untuk rekan-rekan yang bersedia hadir. Semoga dari diskusi hari ini dapat menjadi bahan masukan untuk perusahaan agar perusahaan dapat menjadi lebih baik dan lebih maju. Untuk detail data dan bahasan yang akan kita bahas saya serahkan ke fasilitator untuk menjelaskan kegiatan diskusi kali ini.

## Diskusi

1. Menampilkan hasil *house of risk fase 1*
  - Pada sesi ini menampilkan hasil *house of risk fase 1* menggunakan proyektor. Kemudian menjelaskan hasilnya, dimana hasilnya berupa urutan risiko dominan berdasarkan nilai ARP yang didapat dari perhitungan hor 1.
2. Penjelasan template *house of risk*
  - Pada sesi ini memaparkan penjelasan mengenai template *house of risk fase 2*.
3. Membuat rancangan strategi *preventive action*
  - Pada sesi ini dilakukan perancangan strategi yang sesuai bagi perusahaan. Strategi yang dirancang ada yang sudah diterapkan oleh perusahaan dan ada juga yang belum.
4. Penyebaran kriteria untuk pembobotan
  - Pada sesi ini pembagian kriteria untuk pembobotan *correlation* dan derajat kesulitan (Dk). Pada sesi ini menjelaskan juga maksud dari setiap kriteria yang digunakan.
5. Pembobotan
  - Pada sesi ini dilakukan pembobotan dengan pertimbangan dan pendapat dari setiap *expert*.

## Penutupan:

Alhamdulillah, telah selesai diskusi kita kali ini. Hasil dari diskusi kali ini adalah urutan prioritas strategi penanganan untuk sumber risiko dominan. Dari rancangan strategi tersebut diharapkan bisa menjadi acuan untuk perusahaan dalam melakukan tindakan terhadap risiko-risiko yang ada. Sekian diskusi ini, saya mengucapkan terima kasih untuk Bapak/Ibu yang telah bersedia hadir dan meluangkan waktunya. Saya mohon maaf atas segala kesalahan yang saya lakukan baik disengaja ataupun tidak.

## Hasil:

1. Pembobotan nilai DK atau derajat kesulitan dari strategi penanganan yang dibuat
2. Pembobotan *correlation* antara strategi penanganan dengan *risk agent*
3. Perhitungan nilai *Effectiveness to difficulty* (TED)
4. Urutan strategi penanganan yang diprioritaskan

## Kendala:

Penentuan jadwal FGD susah, Karena setiap *expert* mempunyai kesibukan masing-masing.

## BERITA ACARA FOCUS GROUP DISCUSSION 2

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan pembobotan nilai DK atau derajat kesulitan dari strategi penanganan yang dibuat, Pembobotan *correlation* antara strategi penanganan dengan *risk agent*, Perhitungan nilai *Effectiveness to difficulty* (TED), Urutan strategi penanganan yang diprioritaskan dari *expert* yang selanjutnya akan ditindak lanjuti sebagaimana mestinya. Adapun responden yang ikut serta pada kegiatan tersebut yaitu:

- 1 Wahidin, S. ST
- 2 A. Ichsan. M, ST
- 3 Jamal Malla, S. ST
- 4 Reina Andi Lolo, ST., MT

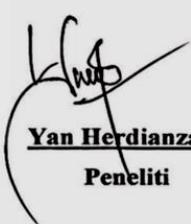
1.

2.

3.

4.

Makassar, 21 Agustus 2020

  
**Yan Herdianzah**  
Peneliti