

## Manajemen risiko pada sistem penyediaan air minum (SPAM) perpipaan dengan metode *failure mode and effect analysis* dan *fault tree analysis* di Kabupaten Minahasa Utara

**Stania Ekarista Bitty<sup>1,\*</sup>, Liany Amelia Hendratta<sup>2</sup>, Arthur Haris Thambas<sup>2</sup>, Grace Malingkas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

\*Corresponding authors: [ekarista.bitty@gmail.com](mailto:ekarista.bitty@gmail.com)

Submitted: 19 July 2024, Revised: 14 December 2024, Accepted: 19 December 2024

**ABSTRACT:** The construction of a piped Drinking Water Supply System in North Minahasa Regency is very much needed to meet the community's access to drinking water needs. Apart from planning and implementing SPAM construction to achieve quality and sustainable drinking water services, a risk management process is also needed to reduce and anticipate system failures. Through this research, failures and risks in the SPAM development process in North Minahasa Regency can be analyzed using appropriate risk management methods. This is to ensure the sustainability and reliability of SPAM for the communities served. To obtain the data needed in this research, researchers conducted brainstorming, direct observations in the field, interviews with parties involved in SPAM development, and filled out questionnaires. The data obtained is then analyzed using the risk management process, starting from the stages of risk identification, risk assessment, risk management, and implementation of risk management. From the results of the risk assessment using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method and the Fault Tree Analysis (FTA) method, 85 risks were identified. In the technical planning for SPAM implementation there are 19 risks, raw water units 28 risks, production units 19 risks, distribution units 12 risks, and service units 7 risks. Each SPAM component is taken for potential risk by calculating the highest RPN value, namely 324.76, for the risk of workers not using K3 equipment. Using the fault tree in the FTA method, we get 13 basic events for the risk of delays in work implementation, 11 basic events for the risk of workers not using K3 equipment, 12 basic events for construction implementation that does not follow implementation methods and plan drawings, 12 basic events for the risk of pipe leaks, and 12 basic events for water use that are not recorded by the water meter. The risk management process for piping SPAM in this research can be a reference framework for implementing further SPAM development.

**KEYWORDS:** FMEA; FTA; SPAM; management; risk.

**ABSTRAK:** Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) perpipaan dikabupaten Minahasa Utara sangat dibutuhkan dalam memenuhi akses kebutuhan air minum masyarakat. Selain merencanakan dan melaksanakan pembangunan konstruksi SPAM untuk mencapai pelayanan air minum yang berkualitas dan berkelanjutan, diperlukan juga proses manajemen risiko untuk mengurangi dan mengantisipasi kegagalan sistem. Melalui penelitian ini, kegagalan dan risiko pada proses pembangunan SPAM dikabupaten Minahasa Utara dapat dianalisis dengan metode manajemen risiko yang tepat. Hal ini guna menjamin keberlanjutan dan keandalan SPAM bagi Masyarakat yang dilayani. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, peneliti melakukan brainstorming, pengamatan langsung dilapangan, wawancara pada pihak yang terkait pembangunan SPAM, dan pengisian kuisioner. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan proses manajemen risiko, dimulai dari tahapan identifikasi risiko, penilaian risiko, pengelolaan risiko, dan implementasi terhadap pengelolaan risiko. Dari hasil penilaian risiko dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan metode Fault Tree Analysis (FTA), terdapat 85 risiko yang teridentifikasi. Pada perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM terdapat 19 risiko, unit air baku 28 risiko, unit produksi 19 risiko, unit distribusi 12 risiko, dan unit pelayanan 7 risiko. Setiap komponen SPAM diambil risiko potensial dengan menghitung nilai RPN tertinggi yaitu 324.76 pada risiko para pekerja tidak menggunakan perlengkapan K3. Dengan pohon kesalahan pada metode FTA didapat 13 basic event untuk risiko keterlambatan pelaksanaan pekerjaan, 11 basic event untuk risiko para pekerja tidak menggunakan perlengkapan K3, 12 basic event untuk pelaksanaan konstruksi yang tidak mengikuti metode pelaksanaan dan gambar rencana, 12 basic event untuk risiko pipa bocor, dan 12 basic event untuk pemakaian air yang tidak tercatat oleh meter air. Proses manajemen risiko SPAM perpipaan pada penelitian ini dapat menjadi kerangka acuan bagi pelaksanaan pembangunan SPAM selanjutnya.

**KATA KUNCI:** FMEA; FTA; SPAM; manajemen; risiko.

© The Author(s) 2024. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license.

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Minahasa Utara memiliki sumber daya air yang melimpah, tapi masih terdapat tantangan yang perlu dikendalikan dalam proses penyediaan air bersih bagi masyarakat. Beberapa daerah mengalami keterbatasan akses terhadap air bersih karena jarak, topografi, atau infrastruktur yang kurang memadai. Bahkan infratsruktur SPAM yang telah terbangun tidak beroperasi secara optimal karena adanya tahapan dalam pelaksanaan Pembangunan yang tidak sesuai. Dalam hal pemenuhan kebutuhan air yang memiliki kualitas baik dan tersedia secara menyeluruh kepada seluruh masyarakat serta berkelanjutan di wilayah kabupaten Minahasa Utara, maka perlu dilakukan upaya perbaikan pada penyelenggaraan pembangunan SPAM oleh semua pihak yang terlibat.

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang memiliki kualitas dan berkelanjutan merupakan komitmen dari pemerintah pusat dan daerah untuk dapat menyediakan kebutuhan air minum bagi masyarakat yang ada dikabupaten Minahasa Utara. Masih banyak infratsruktur Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) khususnya yang menggunakan jaringan perpipaan tidak efektif dalam memenuhi kebutuhan masyarakat karena adanya resiko yang tidak dianalisis sebelumnya (Karim et al., 2016; Tambingon et al., 2016). Bahkan dalam pengoperasiannya untuk menyediakan air minum tidak secara konsisten dan keberlanjutan dikarenakan proses perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi yang keliru.

Adapun tujuan pelayanan air minum yaitu tersedianya air dalam jumlah yang cukup dengan kualitas yang memenuhi standar air minum, tersedianya air setiap waktu atau kesinambungan, tersedianya air dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat atau pemakai, tersedianya pemeliharaan dan operasi secara berkala (Kementerian PUPR, 2018). Untuk mengantisipasi kegagalan dan resiko yang terjadi dalam penyelenggaraan SPAM ini, maka perlu adanya acuan dalam hal mengidentifikasi, menguji, dan mengelola risiko yang ada dalam suatu proyek atau kegiatan (Kondoy et al., 2022; Septiani et al., 2016). Manajemen risiko menjadi tahapan untuk mengidentifikasi berbagai potensi resiko yang mungkin timbul dari berbagai aspek penyelenggaraan SPAM serta menjadi tahapan untuk mengurangi dan mengatasi resiko yang kemungkinan akan terjadi (Kombo Mpindou et al., 2022; Sandhyavithri & Young, 2015). Manajemen risiko merupakan proses sistematis mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan menangani potensi risiko yang dapat memengaruhi pencapaian tujuan (Putra et al., 2018; Rumimper et al., 2015; Serpell et al., 2017; Turskis et al., 2012).

Penelitian ini mengambil data dari beberapa infratsruktur SPAM yang sudah dibangun di kabupaten Minahasa Utara. Untuk mengetahui potensi resiko pada sistem ini digunakan 2 (dua) metode yaitu yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Ahmadi et

al., 2016; Juan et al., 2023) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) (Pasaribu, 2017). Dengan adanya metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ini dapat mengidentifikasi risiko potensial lebih awal, serta dapat memahami dampaknya terhadap kinerja sistem (Ahmadi et al., 2016). Sedangkan dengan menggunakan metode FTA dapat diketahui lebih jelas penyebab munculnya potensi resiko dari penyelenggaraan SPAM dikabupaten Minahasa Utara.

Penelitian ini bertujuan agar proses penyelenggaraan SPAM di Kabupaten Minahasa Utara dapat memenuhi kebutuhan air minum bagi masyarakat dan adanya pedoman untuk mengelola potensi risiko dan cara penanganannya. Dua metode yaitu metode FMEA dan FTA diperlukan dalam proses penilaian risiko karena memiliki parameter yang dapat menganalisis dampak terhadap kinerja SPAM secara keseluruhan dan membantu dalam memahami hubungan antar berbagai faktor risiko.

## 2. METODE

Tempat penelitian dipilih dari beberapa wilayah dikabupaten Minahasa Utara yang sudah memiliki sarana dan prasarana air minum. Selanjutnya, ada 2 lokasi SPAM yang akan dinilai potensi risiko dan cara penanganannya yaitu di desa Watutumou II dan desa Wori. Kondisi SPAM jaringan perpipaan di Kabupaten Minahasa Utara sampai tahun 2023, total terpasang sebanyak 13,206 unit sambungan rumah (SR) yang sudah terdaftar sebagai pelanggan di perusahaan daerah air minum (PDAM) kabupaten Minahasa Utara. Dengan total pelanggan terbanyak terdapat di kecamatan Kalawat sebanyak 4,925 SR.

Peneliti akan melakukan pengumpulan data dengan cara wawancara dan membagikan kuisioner pada pihak-pihak yang pernah terlibat dalam pelaksanaan pembangunan sistem penyediaan air minum di kabupaten Minahasa Utara yaitu dari pihak pemerintah daerah, kontraktor, konsultan, masyarakat dan PDAM sebagai salah satu lembaga pengelola. Kuisioner yang dibagikan berisi daftar risiko pada setiap proses atau aktifitas dalam pembangunan SPAM dikabupaten Minahasa Utara pada semua komponen SPAM yaitu, unit air baku, unit produksi, unit distribusi, dan unit pelayanan. Secara khusus dibuat daftar risiko juga pada tahapan perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM yang memiliki potensi penyebab kegagalan.

Data yang didapatkan dari hasil wawancara, kuisioner dan pengamatan langsung dilapangan merupakan data mentah. Maka selanjutnya perlu dilakukan proses pengolahan dan analisis data. Berikut teknik serta langkah yang dilakukan untuk memperoleh data yang akurat:

1. Mengidentifikasi potensi risiko yang kemungkinan dapat menyebabkan kegagalan pada setiap komponen SPAM di kabupaten

- Minahasa Utara mulai dari tahapan perencanaan sampai pada pemeliharaan.
2. Peneliti membuat daftar klasifikasi risiko dari masing-masing komponen SPAM sesuai identifikasi risiko pada setiap proses kegiatan penyelenggaraan SPAM.
  3. Menganalisis daftar potensial risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Sebelum menentukan nilai rating *severity*, *occurrence*, dan *detection*, peneliti harus membuat kriteria untuk masing-masing parameter.
  4. Nilai rating *severity*, *occurrence*, dan *detection* didapat dari hasil wawancara berdasarkan kriteria penilaian masing-masing parameter. Selanjutnya menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk mendapatkan risiko prioritas.
  5. Risiko prioritas yang telah didapat dari nilai RPN, selanjutnya dibuat pohon kesalahan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mendapatkan sumber masalah yang mengakibatkan kegagalan suatu sistem.
  6. Untuk masing-masing risiko akan dibuat strategi penanganan risikonya, agar dapat dijadikan sebagai kerangka acuan manajemen risiko pada SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara.

Berikut ini dapat dilihat tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Tahapan penelitian

## 2.1 Prinsip Manajemen Risiko

Dalam proses perencanaan sampai pada evaluasi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) sangat memerlukan proses manajemen risiko yang tersusun

dan sistematis. Karena pada SPAM ini terdapat banyak sekali kemungkinan suatu peristiwa yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Maka dalam melakukan manajemen risiko pada SPAM, perlu mengikuti setiap prinsip dan pedoman manajemen risiko agar permasalahan dapat ditangani dan tidak menimbulkan permasalahan yang lebih parah lagi.

Proses manajemen risiko meliputi beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan resiko yang bisa saja terjadi. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam proses manajemen risiko:

1. Identifikasi risiko  
Proses identifikasi risiko dilakukan dengan cara pengamatan langsung dilapangan dan proses wawancara pada pihak yang terlibat.
  2. Analisis risiko  
Analisis risiko dilakukan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (J. Pawar & J. Mukhopadhyay, 2015; Juan et al., 2023). Sebelum menentukan nilai rating *severity*, *occurrence*, dan *detection*, perlu dibuat kriteria untuk masing-masing parameter untuk mendapatkan nilai rating.
  3. Evaluasi risiko  
Setelah analisis, risiko-risiko dievaluasi untuk menentukan tingkat urgensi dan prioritasnya dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Juan et al., 2023).
  4. Pengelolaan risiko  
Tahapan pengelolaan risiko melibatkan pengembangan strategi dan rencana untuk mengurangi, mentransfer, atau menghindari risiko, sekaligus memanfaatkan peluang yang mungkin timbul.
  5. Implementasi Tindakan Pengelolaan Risiko  
Untuk mendapat tindakan-tindakan yang direncanakan untuk mengelola risiko yang kemudian diimplementasikan, diperlukan faktor penyebab atau akar dari permasalahan yang dihadapi. Hal ini diperlukan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mendapatkan sumber masalah yang mengakibatkan kegagalan suatu sistem.
  6. Monitoring dan review  
Hasil dari manajemen risiko perlu di kontrol dan di evaluasi secara berkala dilokasi pembangunan SPAM.
- Dengan demikian, proses manajemen risiko meliputi beberapa tahapan, seperti identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi risiko, pengelolaan risiko, implementasi tindakan pengelolaan risiko, serta monitoring dan review.

## 2.2 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Menurut Soemohadiwidjojo (2017) *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah metode yang disusun untuk mengidentifikasi dan menganalisis

kegagalan pada sistem yang sudah terjadi atau yang mungkin akan terjadi, tujuannya untuk mencegah kegagalan yang memberikan dampak negatif pada hasil sebuah proses, serta menangani masalah yang cenderung menimbulkan kecacatan pada sistem.

Dalam metode FMEA, prioritas risiko bisa didapatkan dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan beberapa faktor. Risiko kerusakan dan akibatnya ditentukan oleh tiga indikator yaitu:

1. Menilai tingkat keseriusan dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan (*severity*)
2. Menilai seberapa sering kemungkinan terjadi (*occurrence*)
3. Mengukur kapasitas mengendalikan kemungkinan kegagalan (*detection*)

Dengan menghitung nilai RPN digunakan Persamaan 1 seperti dibawah ini:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

dimana S adalah nilai *severity*, O adalah nilai *occurrence*, dan D adalah nilai *detection*.

### 2.3 Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault tree analysis* (FTA) adalah model logis dan grafis yang mewakili berbagai kombinasi dari peristiwa tidak diinginkan. FTA menggunakan diagram pohon untuk menunjukkan *cause-and-effect* dari peristiwa diinginkan dan untuk berbagai penyebab kegagalan (Mayangsari, 2015). Untuk menganalisa kerusakan pada sistem dengan metode FTA ini, maka perlu dibuat fault tree atau pohon kegagalan dari sistem yang harus diperhitungkan. *Fault Tree Analysis* dibuat menurut simbol yang memiliki arti dari suatu peristiwa pada sistem, dan simbol gerbang logika untuk menjelaskan hubungan antara suatu kejadian. Ada 2 tipe notasi dasar yaitu peristiwa (*events*) dan gerbang logika (*logic gates*).

Dengan pengamatan dan pengalaman dilapangan, bisa diambil kesimpulan serta penjelasan apa penyebab terjadinya peristiwa yang menimbulkan risiko pada SPAM. Informasi dan data yang jelas dapat menjadi dasar untuk menganalisis risiko dan akar pemasalahannya. Pohon kesalahan dapat menjadi sarana untuk menjelaskan lebih rinci daftar penyebab dari suatu risiko.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemerintah pusat dan daerah memprioritaskan pelayanan air minum kepada seluruh masyarakat Indonesia termasuk didalamnya kabupaten Minahasa Utara. Mengingat betapa pentingnya ketersediaan air minum sebagai komitmen pemerintah pusat sampai ke daerah, sehingga pemerintah pun menargetkan pelayanan air minum 100% melalui program dan kegiatan infrastruktur pelayanan air minum yang dianggarkan oleh pemerintah pusat dan daerah.

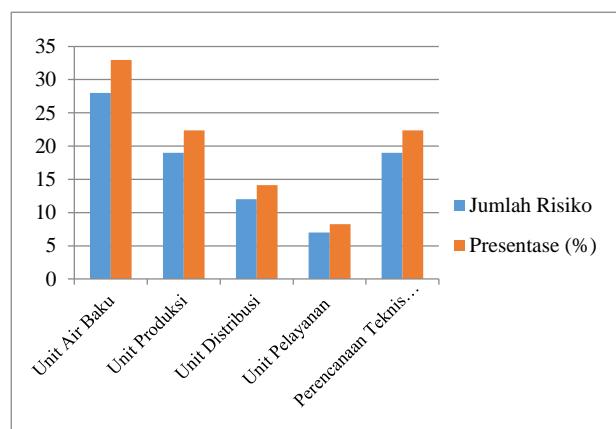
Pada penelitian ini dilakukan pada pembangunan infrastruktur SPAM dikabupaten Minahasa Utara,

dimana belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya terkait manajemen risiko pada SPAM dengan mengkaji berbagai unit SPAM yaitu unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, dan perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM perpipaan. Belum ditemukan juga pada penelitian sebelumnya yang membahas terkait manajemen risiko pada SPAM perpipaan dengan menggunakan 2 metode sekaligus yaitu metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *fault tree analysis* (FTA), apalagi yang lokasi penelitiannya berada dikabupaten Minahasa Utara.

### 3.1 Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung dilapangan dan melakukan wawancara pada pihak yang pernah terlibat pada pembangunan infrastruktur SPAM di kabupaten Minahasa Utara. Dari hasil pengumpulan data ini terdapat 85 risiko yang didapat dari hasil wawancara pada pihak yang pernah terlibat dalam proses pembangunan SPAM dan melalui pengamatan langsung dilapangan.

Daftar risiko tersebut terdiri dari 19 risiko pada perencanaan teknis SPAM, 28 risiko pada unit air baku, 19 risiko pada unit produksi, 12 risiko pada unit distribusi, dan 7 risiko pada unit pelayanan. Masing-masing presentasi risiko dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Presentase daftar risiko SPAM

Terdapat 4 komponen SPAM yang pernah diidentifikasi risikonya, namun peneliti juga melakukan identifikasi pada tahapan perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM.

### 3.2 Proses Manajemen Risiko

Menurut teori manajemen risiko yang digunakan dalam penelitian ini, tahapan manajemen risiko dimulai dengan melakukan identifikasi risiko pada setiap komponen SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara. Selanjutnya, dari daftar risiko yang telah teridentifikasi dilakukan penilaian risiko dengan melihat tingkat keparahan (*Severity*), tingkat keseringan (*Occurrence*), dan tingkat deteksi

(*Detection*) dari masing-masing risiko. Tingkat risiko tertinggi didapat dari perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*), itulah hasil dari tahapan evaluasi risiko.

### 1. Identifikasi Risiko pada SPAM

Proses identifikasi risiko pada SPAM perpipaan di kabupaten Minahasa Utara dilakukan berdasarkan pengamatan langsung di lokasi pekerjaan, wawancara dari beberapa pihak terkait pembangunan, serta dari referensi buku dan aturan terkait pengelolaan SPAM. Pelaksanaan pembangunan SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara telah berlangsung sejak tahun 2016 sampai sekarang ini.

Setiap risiko yang didapat dibagi berdasarkan komponen SPAM perpipaan yaitu unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan. Selain pada komponen SPAM, perlu didentifikasi juga pada perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM karena ditemukan beberapa risiko yang dapat memicu kegagalan pada sistem SPAM.

Ada beberapa SPAM yang sudah tidak lagi berfungsi akibat berbagai macam risiko teknis dan non teknis serta berbagai permasalahan yang terjadi. Dari hasil pengumpulan data didapat 85 risiko SPAM dikabupaten Minahasa Utara.

### 2. Penilaian Risiko pada SPAM

#### - Metode FMEA

Dari Gambar 1 diperoleh 19 risiko pada proses kegiatan perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM yang selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RPN dengan metode FMEA dan terdapat 3 risiko potensial yang dianalisis untuk mendapat nilai RPN, seperti terlihat pada Tabel 1 dibawah ini nilai RPN tertinggi pada risiko keterlambatan pelaksanaan pekerjaan.

**Tabel 1.** Risiko potensial perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM

No	Risiko/Modus Kegagalan	(S)	(O)	(D)	(RPN)
1	Tidak adanya analisis kebutuhan dan ketersediaan air bagi masyarakat	4	8	5	160
2	Perlengkapan K3 yang digunakan tidak sesuai kebutuhan dilapangan	5	7	5	175
3	Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan	5	6	6	180

Pada unit air baku telah diketahui terdapat 28 risiko pada masing-masing proses kegiatan, seperti

terlihat pada Tabel 2. Terdapat faktor penyebab terjadinya risiko ini, mulai dari faktor alam, sosial, serta faktor teknis dilapangan. Dampak yang ditimbulkan jika tidak ditangani secara serius akan membuat kegagalan sistem tersebut. Dari hasil perhitungan didapat nilai RPN yang tertinggi yaitu para pekerja tidak menggunakan perlengkapan K3.

**Tabel 2.** Risiko potensial pada unit air baku

No	Risiko/Modus Kegagalan	(S)	(O)	(D)	(RPN)
1	Tidak dilakukan pengujian air baku terlebih dahulu	8.50	8.00	4.20	285.60
2	Medan jalan yang curam dan berbahaya	7.90	8.10	3.80	243.16
3	Para pekerja tidak menggunakan perlengkapan K3	8.90	8.90	4.10	324.76

Proses produksi air pada SPAM perpipaan di kabupaten Minahasa Utara sering terkendala pada masalah anggaran. Sering kali konstruksi unit air baku yang terbangun disesuaikan dengan kondisi anggaran yang tersedia sehingga menggunakan alternatif unit air baku yang sederhana. Namun aspek kualitas air minum tetap tidak diabaikan dimana harus sesuai dengan standar yang diberlakukan.

Pada unit produksi terdapat 19 risiko, dengan 5 aktivitas dalam proses. Dengan 3 risiko potensial seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Risiko potensial pada unit produksi

No	Risiko/Modus Kegagalan	(S)	(O)	(D)	(RPN)
1	Pelaksanaan konstruksi yang tidak mengikuti metode pelaksanaan dan gambar rencana	8.10	6.30	4.50	229.64
2	Air berbau, keruh, berwarna, dan memiliki rasa	9.00	6.70	3.50	211.05
3	Penggunaan bahan kimia tidak sesuai kadar atau berlebihan	8.70	6.80	3.40	201,14

Pemilihan jenis dan dimensi pipa serta jalur yang akan dilewati pipa adalah bagian penting dalam

pelaksanaan unit distribusi SPAM. Air yang terdistribusi dengan baik dari unit air baku ke unit pelayanan, harus melewati jalur pipa yang telah direncanakan dan dirancang dengan baik. Namun, dari Tabel 3 diketahui nilai RPN tertinggi yang dapat berisiko menimbulkan kegagalan yaitu pelaksanaan konstruksi yang tidak mengikuti metode pelaksanaan dan gambar rencana.

Pada unit distribusi terdapat 12 risiko yang dapat menyebabkan kegagalan melalui 4 aktivitas dalam proses unit distribusi. Dari 3 risiko potensial pada unit distribusi didapat nilai RPN tertinggi yaitu pipa bocor. Kondisi seperti ini memang sering terjadi diberbagai Lokasi Pembangunan SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara, sehingga perlu ditangani lebih serius agar tidak terjadi kegagalan pada sistem. Risiko potensial unit distribusi dapat terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Risiko potensial pada unit distribusi

No	Risiko/Modus Kegagalan	(S)	(O)	(D)	(RPN)
1	Pipa bocor	7.80	6.20	5.20	251.47
2	Kerusakan jalan yang dilewati pipa	7.20	6.80	4.10	200.74
3	Tidak ada pemeliharaan dan pemantauan jaringan pipa secara berkala	7.70	7.10	4.10	224.15

**Tabel 5.** Risiko potensial pada unit pelayanan

No	Risiko/Modus Kegagalan	(S)	(O)	(D)	(RPN)
1	Pemakaian air yang tidak tercatat pada meter air	6.40	6.90	7.50	331.20
2	Komponen Sambungan rumah (SR) tidak sesuai spesifikasi teknis dan gambar rencana	7.40	5.90	7.17	312.90
3	Ada oknum yang mencuri atau merusak komponen Sambungan Rumah (SR)	8.20	4.10	8.67	291.37

Karena keterbatasan anggaran, masih banyak masyarakat yang belum terlayani akses penyediaan air minum. Dalam proses pemeliharaan sambungan rumah (SR) pada unit pelayanan yang sudah terpasang terdapat berbagai risiko diantaranya dapat dilihat seperti pada Tabel 5.

Terdapat 3 risiko potensial yang dapat menyebabkan kegagalan pada unit pelayanan SPAM. Nilai RPN tertinggi pada unit pelayanan yaitu pada

risiko pemakaian air yang tidak tercatat pada meter air. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, yang akan dijelaskan dengan pohon kesalahan pada metode FTA.

#### - Metode FTA

Analisis risiko dengan menggunakan metode FTA dapat membantu mengetahui apa saja penyebab kemungkinan kegagalan dari suatu SPAM. Risiko potensial yang telah dikaji sebelumnya dengan metode FMEA, akan dibuat pemodelan FTA dengan pohon kesalahan. Pada pohon kesalahan diuraikan beberapa faktor risiko kedalam 3 (tiga) peristiwa yaitu *top event*, *intermediate event*, dan *basic event*.

Dalam penelitian ini, *top event* adalah 3 risiko potensial dengan nilai RPN tertinggi dari masing-masing komponen SPAM yang akan dicari penyebab masalahnya. *Intermediate event* adalah faktor penyebab yang melibatkan data yang didapat dilapangan. Dan terakhir yaitu *basic event* yang merupakan faktor dasar penyebab terjadinya masalah pada komponen SPAM. Masing-masing peristiwa pada risiko potensial akan dihubungkan dengan simbol-simbol yang digunakan dalam metode FTA.

Masing-masing risiko potensial pada komponen SPAM akan dibuat pohon kesalahan, dengan membaginya melalui beberapa faktor risiko yaitu untuk unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, serta pada perencanaan teknis SPAM. Setiap unit akan dijabarkan penyebab dari suatu risiko yang mungkin terjadi, agar dapat mencari cara untuk bisa menangani risiko tersebut.

Hasil yang didapat dari pembuatan pohon kesalahan terhadap risiko potensial pada komponen SPAM yaitu pada risiko keterlambatan pelaksanaan pekerjaan terdapat 13 akar permasalahan, risiko para pekerja tidak menggunakan 60 perlengkapan K3 terdapat 11 akar permasalahan, risiko pelaksanaan konstruksi yang tidak mengikuti metode pelaksanaan dan gambar rencana terdapat 12 akar permasalahan, risiko pipa bocor terdapat 12 akar permasalahan, dan risiko pemakaian air yang tidak tercatat oleh meter air terdapat 12 akar permasalahan.

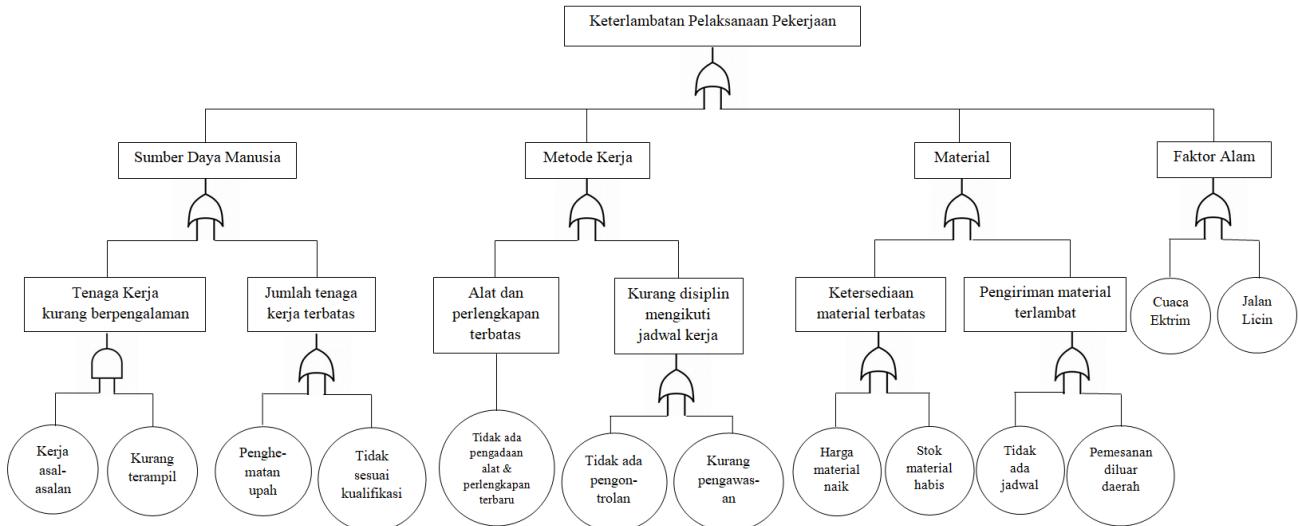
Memang tidak dapat dihindari akar permasalahan lain yang mungkin dapat menjadi penyebab dari munculnya suatu masalah selain dari yang didapat dalam penelitian ini. Sebab lebih banyak mendapat sumber masalah, maka akan lebih tepat dalam melakukan penanganan dari suatu masalah

#### - Keterlambatan Pelaksanaan Pekerjaan

Hasil analisis dengan metode FTA pada risiko keterlambatan pelaksanaan pekerjaan, dilihat dari uraian pohon kesalahan terdapat 13 *basic event* dengan 4 faktor permasalahan utama yang akan dibuat solusinya. Dengan mengetahui akar permasalahan

dari suatu peristiwa maka akan lebih mudah untuk melakukan penanganan. Banyak faktor yang menyebabkan pekerjaan menjadi terlambat seperti

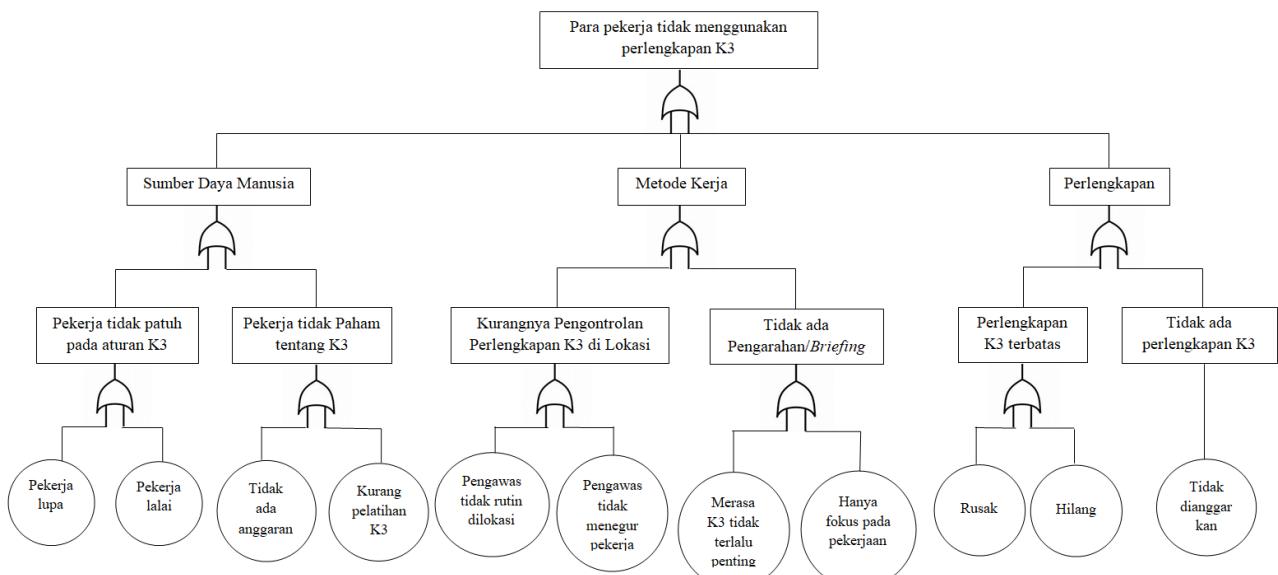
faktor alam, sumber daya manusia, metode kerja, serta ketersediaan material.



**Gambar 2.** Pohon kesalahan perencanaan teknis penyelenggaraan SPAM

- Para Pekerja tidak menggunakan Perlengkapan K3  
Kasus kecelakaan pada pembangunan SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara memang termasuk rendah. Sekalipun demikian, keselamatan kerja adalah prioritas utama yang harus diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi. Maka dari itu, ketaatannya

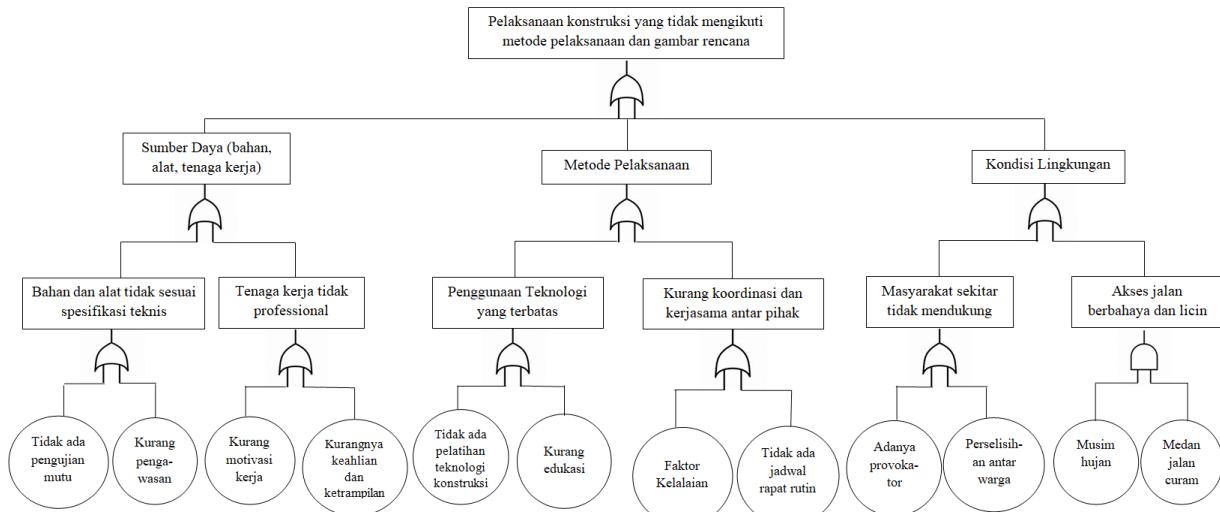
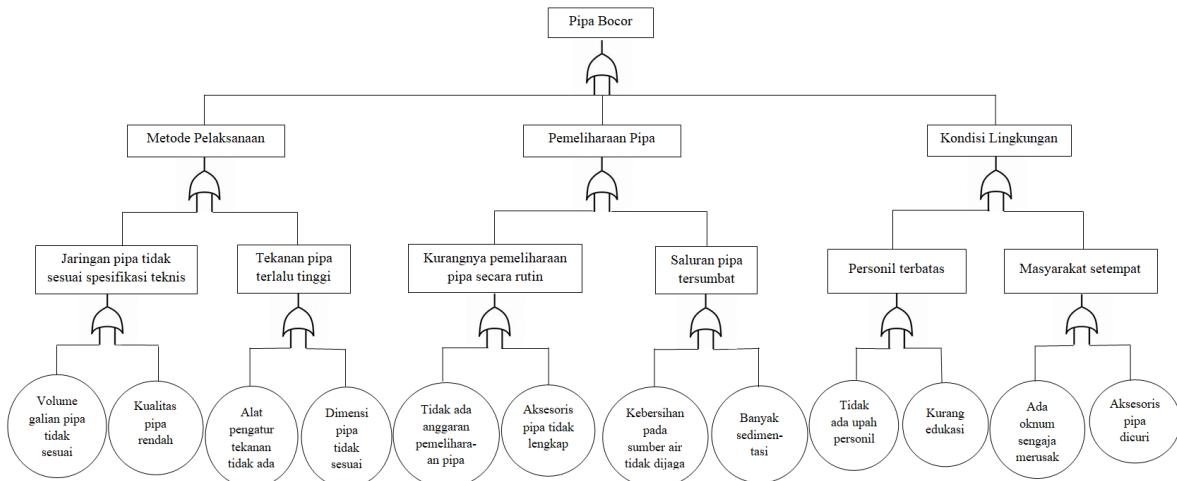
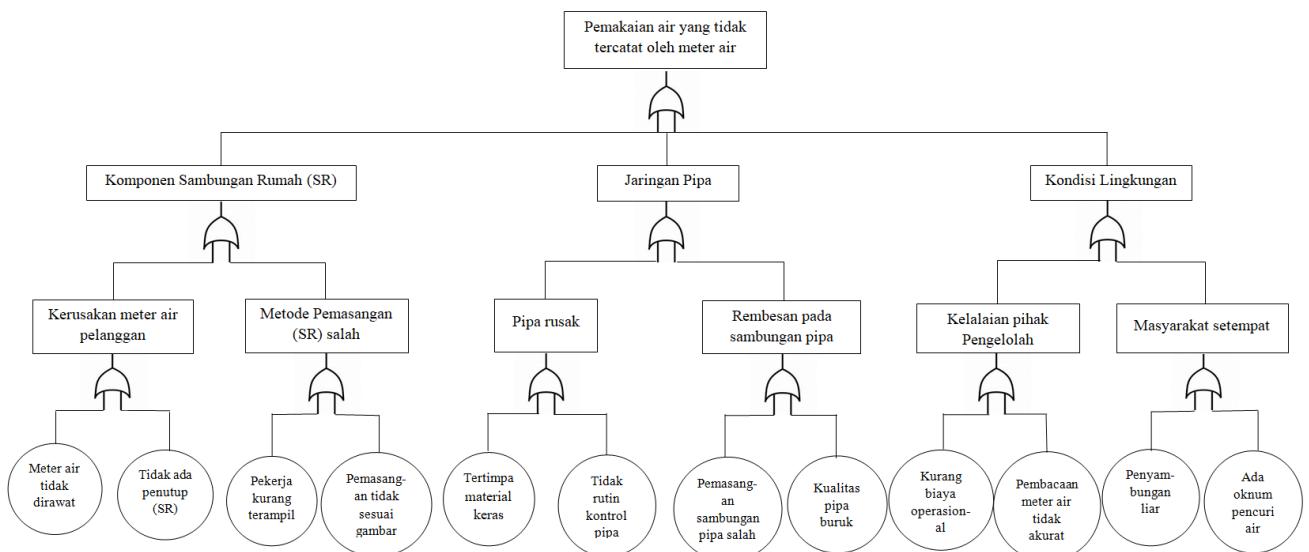
dalam menggunakan perlengkapan K3 tidak boleh disepakati. Akar permasalahan yang didapat dari risiko para pekerja tidak menggunakan perlengkapan K3 yaitu 11 basic event dengan 3 faktor utama yaitu sumber daya manusia, metode kerja, dan ketersediaan perlengkapan K3.



**Gambar 3.** Pohon kesalahan pada unit air baku

- Pelaksanaan Konstruksi yang tidak mengikuti Metode Pelaksanaan dan Gambar Rencana  
Salah satu penyebab kegagalan konstruksi SPAM yaitu adanya kelalaian dari pihak pelaksana dalam mengikuti dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan metode pelaksanaan dan gambar rencana. Pada

pelaksanaan unit produksi, risiko seperti ini tidak boleh diabaikan. Dari pohon kesalahan bisa dilihat terdapat 12 basic event dari risiko ini dan 3 faktor utama yang harus mendapat penanganan agar tidak menyebabkan permasalahan dikemudian hari.

**Gambar 4.** Pohon kesalahan pada unit produksi**Gambar 5.** Pohon kesalahan pada unit distribusi**Gambar 6.** Pohon kesalahan pada unit pelayanan

- Pipa Bocor

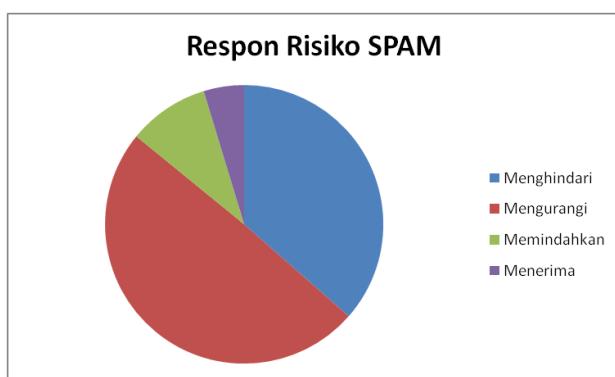
Pada pembangunan SPAM jaringan perpipaan dikabupaten Minahasa Utara, banyak faktor yang menyebabkan pipa mengalami kebocoran. Risiko pipa bocor ini memiliki 12 *basic event* seperti yang dapat dilihat pada pohon kesalahan. Risiko ini tidak dapat dianggap biasa karena memiliki pengaruh yang fatal jika tidak ditangani dengan serius.

- Pemakaian air yang tidak tercatat oleh meter air

Risiko pemakaian air yang tidak tercatat oleh meter air atau sering disebut dengan kehilangan air ini banyak ditemui pada setiap pembangunan SPAM termasuk dikabupaten Minahasa Utara. Dari hasil pembuatan pohon kesalahan dengan metode FTA ini, terdapat 12 basic event dengan 3 faktor utama yang didapat dari risiko pemakaian air yang tidak tercatat oleh meter air.

### 3. Pengelolaan Risiko

Pengelolaan risiko yang tepat akan mempengaruhi cara kerja juga mengurangi dampak kegagalan sistem. Untuk menyusun strategi penanganan dari setiap risiko pada SPAM perpipaan, perlu dibuat kategori peringkat mulai dari rendah, sedang, dan tinggi. Serta merespon setiap risiko, apakah termasuk pada respon menghindari, mengurangi, menerima, atau memindahkan risiko tersebut. Berikut ini respon risiko dalam bentuk diagram dibawah ini.



Gambar 7. Diagram respon Risiko SPAM

Jumlah respon risiko menghindari yaitu 36.47%, respon risiko mengurangi yaitu 49.41%, respon risiko memindahkan yaitu 9.41%, dan respon risiko menerima yaitu 4.70%.

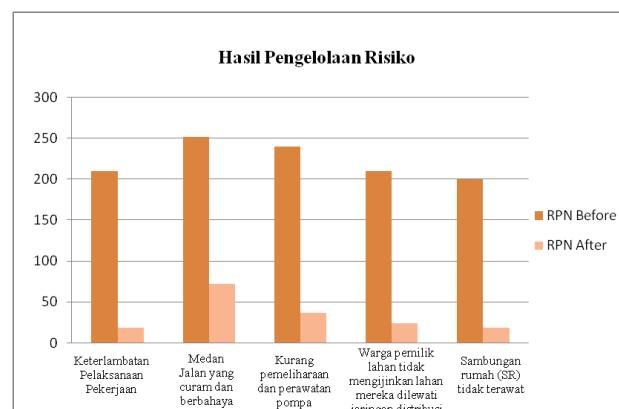
### 4. Implementasi Terhadap Pengelolaan Risiko

Implementasi terhadap pengelolaan risiko adalah pelaksanaan dan penerapan yang menjadi solusi untuk menghadapi berbagai risiko yang terdapat dalam pembangunan SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara. Ada 2 lokasi pekerjaan pembangunan SPAM perpipaan yaitu didesa Watutumou Kecamatan Kalawat dan didesa Wori Kecamatan Wori. Risiko potensial pada masing-masing lokasi ini, selanjutnya

akan dilakukan penerapan strategi penanganan yang tepat.

- Pembangunan SPAM desa Watutumou II

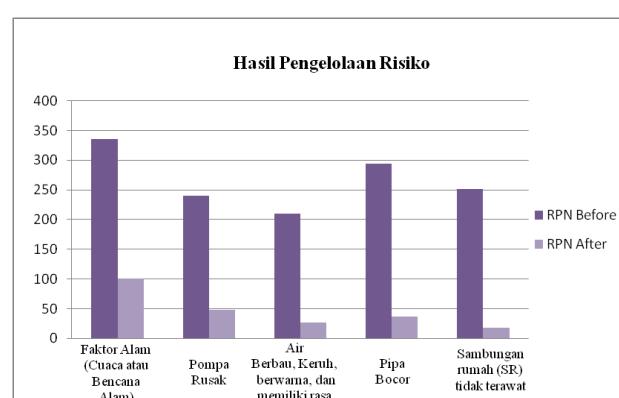
Pembangunan SPAM desa Watutumou II berada di kecamatan Kalawat kabupaten Minahasa Utara. SPAM Watutumou II memiliki kapasitas intake sebesar 100 liter/detik yang diambil dari daerah aliran sungai Tondano. Untuk kapasitas produksi dari SPAM Watutumou II ini memiliki kapasitas sebesar 20 liter/detik dengan *idle capacity* 20 liter/detik. Pada Gambar 8, telah dilakukan pengelolaan risiko potensial dari SPAM Watutumou II yang strategi penanganannya telah diimplementasikan sehingga memberikan hasil dari nilai RPN yang berubah dari nilai RPN sebelumnya.



Gambar 8. Hasil pengelolaan risiko SPAM Desa Watutumou II

- Pembangunan SPAM desa Wori

SPAM didesa Wori terdiri dari bangunan unit air baku, bangunan IPA, jaringan distribusi, hingga pada sambungan rumah. Untuk kapasitas produksi dari SPAM Wori ini memiliki kapasitas sebesar 10 liter/detik dengan *idle capacity* 7.5 liter/detik. Setelah pengelolaan risiko potensial dilakukan, strategi penanganannya telah diimplementasikan dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 9. Hasil pengelolaan risiko SPAM Desa Wori

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang manajemen risiko pada SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara dengan 2 metode yaitu metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat diketahui berbagai potensi risiko yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem. Namun, dengan adanya 2 metode yang digunakan yaitu metode FMEA dan FTA memudahkan untuk mengetahui risiko potensial dan akar penyebab risiko tersebut. Hal ini dapat memudahkan untuk melakukan penanganan risiko pada setiap komponen SPAM perpipaan.

Penanganan risiko harus melibatkan semua pihak yang terkait pada pembangunan SPAM perpipaan dikabupaten Minahasa Utara. Tidak semua risiko harus ditangani secara bersamaan. Pada analisis ini semua risiko telah dibuatkan strategi penanganannya yaitu mulai dari risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi 324.76 yaitu para pekerja tidak memakai perlengkapan K3 sampai nilai RPN terendah 12 yaitu harga satuan yang digunakan tidak sesuai standar yang berlaku.

Diketahui bahwa penelitian ini memiliki keterbatasan baik dalam tahapan penelitian maupun dalam pengumpulan data. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan pada manajemen risiko SPAM perpipaan di kabupaten Minahasa Utara dengan menggunakan metode penilaian risiko lainnya selain metode FMEA dan metode FTA, serta mengkaji berbagai dokumen perencanaan SPAM untuk mendapatkan data yang dibutuhkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Minahasa Utara dari kepala dinas, kepala bidang Bangunan Gedung dan Permukiman, kontraktor, konsultan, dan rekan sekerja yang sudah membantu dalam ketersediaan data untuk penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, M., Behzadian, K., Ardestir, A., & Kapelan, Z. (2016). Comprehensive risk management using fuzzy FMEA and MCDA techniques in highway construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(2), 300–310.  
<https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1068847>
- J. Pawar, G., & J.Mukhopadhyay, S. (2015). Application of Design Failure Modes and Effect Analysis (DFMEA) to Vertical Roller Mill Gearbox. *International Journal of Engineering Research*, 4(12), 663–667.  
<https://doi.org/10.17950/ijer/v4s12/1207>
- Juan, Y.-K., Sheu, U.-Y., & Chen, K.-S. (2023). Application Of Statistical Data And Methods To Establish RPN Ratings Of FMEA Method For Construction Projects. *Journal Of Civil Engineering And Management*, 29(7), 662–668.  
<https://doi.org/10.3846/jcem.2023.19942>
- Karim, I. A. N. S. A., Supit, C. J., & Hendratta, L. A. (2016). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. *Jurnal Sipil Statik*, 4(11), 705–714.
- Kementerian PUPR. (2018). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 Tahun 2016 Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Kombo Mpindou, G. O. M., Escuder Bueno, I., & Chordà Ramón, E. (2022). Risk analysis methods of water supply systems: comprehensive review from source to tap. *Applied Water Science*, 12(4), 56.  
<https://doi.org/10.1007/s13201-022-01586-7>
- Kondoy, R. S. R., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2022). Pemodelan Risiko Terhadap Pelaku Pekerjaan Konstruksi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Di Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 99–112.
- Pasaribu, H. P. (2017). *Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Mengidentifikasi Potensi Dan Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Gedung* [Tesis]. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Putra, Z., Chan, S., & Iha, M. (2018). Desain Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 Pada Pdam Tirta Meulaboh. *Ekombis: Jurnal Fakultas Ekonomi*, 3(1).  
<https://doi.org/10.35308/ekombis.v3i1.398>
- Rumimper, R. R., Sompie, B. F., & Sumajouw, M. D. J. (2015). Analisis Resiko Pada Proyek Konstruksi Perumahan Di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(2), 381–389.
- Sandhyavithri, A., & Young, R. (2015). Risk management in water supply. *30th WEDC International Conference*, 629–631.
- Septiani, H., Wibowo, M. A., & Syafrudin, S. (2016). Aplikasi Manajemen Risiko pada Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Regional Jawa Tengah (Studi Kasus pada Pembangunan Jaringan Transmisi SPAM Regional Bregas). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 21(2), 123.  
<https://doi.org/10.14710/mkts.v21i2.11238>
- Serpell, A., Ferrada, X., & Rubio, N. L. (2017). Fostering the effective usage of risk management in construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(7), 858–867.  
<https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1321578>
- Tambingon, D. P., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. F. (2016). Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih Di Desa Pakuure Tinanian. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 541–550.
- Turskis, Z., Gajzler, M., & Dziadosz, A. (2012). Reliability, Risk Management, and Contingency of Construction Processes and Projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(2), 290–298.  
<https://doi.org/10.3846/13923730.2012.672931>