

## MANAJEMEN RISIKO PADA RENCANA PENGAMANAN AIR MINUM (RPAM) OPERATOR UNTUK SUMBER AIR PERMUKAAN PDAM KRUENG PEUSANGAN KABUPATEN BIREUEN

### *RISK MANAGEMENT ON WATER SAFETY PLAN (WSP) OPERATOR FOR SURFACE WATER SOURCE AT PDAM KRUENG PEUSANGAN BIREUEN REGENCY*

Chakila<sup>1\*</sup>, Arief Sudrajat<sup>2</sup> dan Anindrya Nastiti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl Ganesha 10 Bandung 40132

\*E-mail: [cchakilazhari@gmail.com](mailto:cchakilazhari@gmail.com)

**Abstrak.** Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Krueng Peusangan menggunakan air sungai Krueng Peusangan sebagai sumber air bakunya. Pemantauan kualitas air Krueng Peusangan yang dilakukan oleh BAPEDAL Aceh pada Tahun 2016 pada periode I diklasifikasikan ke dalam “kondisi baik” dan pada Tahap II termasuk ke dalam “tercemar ringan”. Kejadian tersebut menandakan bahwa kualitas air Krueng Peusangan sangat fluktuatif dan dapat berubah kapan saja. Hal tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi PDAM Krueng Peusangan dalam mencapai kualitas air hasil olahan yang mampu memenuhi baku mutu sesuai dengan Permenkes No.492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Manajemen risiko merupakan salah satu upaya yang dapat mengendalikan seluruh risiko-risiko yang terdapat pada sumber air baku sampai ke konsumen melalui proses identifikasi, penilaian, prioritas risiko hingga pengusulan rencana perbaikan yang dapat dicapai melalui *Water Safety Plan* (WSP) atau biasa disebut Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) operator. Dari hasil penyusunan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) didapatkan 17 kejadian bahaya yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air pada air hasil olahan tiga IPA yaitu IPA Teupin Mane, IPA BRR dan IPA WKE. Secara umum, kejadian bahaya diakibatkan oleh aktivitas di hulu sungai, pemberian dosis koagulan dan desinfektan yang tidak tepat, kebocoran pipa distribusi dan pengujian kualitas air yang tidak dilakukan secara rutin untuk beberapa parameter tertentu. Untuk menangani kejadian bahaya yang teridentifikasi diperlukan 41 tindakan pengendalian. Setelah dikaji ulang, didapatkan 22 rencana perbaikan untuk menangani tema besar kejadian bahaya tersebut. Selain itu, disediakan juga upaya pemantauan operasional disertai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP), Instruksi Kerja (IK), komunikasi internal dan eksternal, program penunjang, tinjauan ulang serta kegiatan audit RPAM.

**Kata kunci:** Kejadian bahaya, risiko, kualitas, implementasi, Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM).

**Abstract.** Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Krueng Peusangan uses water from Krueng Peusangan as its source of raw water. Krueng Peusangan water quality monitoring was carried out by BAPEDAL Aceh in 2016 and the first period was classified into "good condition" and in the second period classified into "lightly polluted". This incident indicates that the quality of Krueng Peusangan water is very fluctuating and can change at any time. This is a challenge for PDAM Krueng Peusangan in achieving the quality of water that can meet the quality standards based on Permenkes No.492 of 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Risk management is a tool that can control all the risks contained in raw water sources to consumers through a process of identification, assessment, risk prioritization, and recommendation of improvement plans that can be achieved through a *Water Safety Plan* (RPAM) or commonly known as Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) operator. From the identification process, PDAM Krueng Peusangan has 17 hazard events that could cause a decrease quality of water processed by Teupin Mane WTP, BRR WTP, and WKE WTP. In general, these are caused by activities upstream of the river, dosing of coagulants and disinfectants, leakage of distribution pipes, and water quality testing that are not routinely carried out for certain parameters. To deal with the hazard events identified, 41 control measures are required. After being reviewed, there were 22 improvement plans to deal with the major theme of hazardous events. In addition, operational monitoring are also provided with *Standard Operating Procedure* (SOP), Work Instruction (IK), internal dan external communications, supporting programs, reviews and audit.

**Keywords:** Hazard event, risk, quality, implementation, *Water Safety Plan* (WSP)

## PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia di tahun 2020-2024 melalui Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) menargetkan akses air minum aman sebesar 15% dan akses air minum layak sebesar 100% dengan akses perpipaan 30% dan akses non-perpipaan 70%. Untuk mendukung rencana pemerintah tersebut, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai salah satu badan pelayanan air bersih memiliki peran yang sangat besar dalam penyediaan air bersih yang layak dan aman. Sebagai penyedia air bersih, PDAM harus memastikan bahwa air yang didistribusikan dapat memenuhi kualitas sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/SK/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dalam proses operasinya, beberapa permasalahan yang dihadapi oleh PDAM Krueng Peusangan adalah permasalahan penurunan kualitas air akibat musim hujan, kegiatan domestik dan perkebunan yang mencemari badan air, kesalahan dalam pemberian dosis koagulan dan desinfektan dan berbagai permasalahan lainnya yang mempengaruhi kualitas air hasil olahan. Permasalahan tersebut menjadi sebuah tantangan bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) karena sudah seharusnya badan penyedia layanan air minum harus memastikan keamanan penyediaan air yang mencakup sejumlah hal dari sumber air baku, *intake*, unit pengolah air minum, unit distribusi air minum hingga ke Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Pihak PDAM juga memiliki kewajiban untuk menciptakan pengelolaan dan pelayanan air minum yang menjamin aspek kualitas karena aspek tersebut berhubungan erat dengan kesehatan masyarakat. Dalam rangka mencapai pemenuhan aspek tersebut, maka diperlukan sebuah upaya pengamanan pasokan air minum baik dengan upaya perlindungan (*prevention*) dan juga pencegahan (*protection*) pencemaran badan air mulai sumber air baku sampai ke konsumen.

Upaya yang paling efektif untuk memastikan keamanan penyediaan air minum secara konsisten adalah melalui penilaian menyeluruh dan pendekatan manajemen yang meliputi semua langkah dalam penyediaan air mulai dari pengambilan air sampai kepada konsumen. Pendekatan tersebut disebut dengan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM). Pendekatan RPAM ini dilihat sebagai strategi manajemen atau sebuah sistem yang akan memengaruhi penggunaan air secara keseluruhan dalam menyediakan air yang aman secara terus-menerus. Penerapan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) membantu PDAM dalam mengelola risiko yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Untuk menciptakan suatu sistem manajemen risiko yang terpadu, diperlukan analisis detail mengenai bagaimana kondisi eksisting pengambilan air, pengolahan air, distribusi air dan juga permasalahan yang sering dihadapi pada masing-masing tahapan tersebut. Dengan adanya RPAM, diharapkan sistem penyediaan air minum dapat memperoleh banyak manfaat terutama dalam menghasilkan air yang memenuhi standar Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/SK/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data primer didapatkan dari hasil wawancara (operator, ketua bagian teknik, ketua bagian produksi) dan observasi lapangan mengenai kondisi eksisting dan

permasalahan pada SPAM Teupin Mane dan Peusangan yang dibatasi hanya pada aspek kualitas air. Sedangkan data sekunder pada penelitian ini merupakan segala bentuk data yang didapatkan dari pihak PDAM Krueng Peusangan Bireuen yaitu data daerah pelayanan SPAM Teupin Mane dan Peusangan, data kualitas air (baku, olahan, pelanggan) dan kebutuhan bahan kimia yaitu koagulan dan desinfektan.

### Analisis Data

Manajemen risiko yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada *Water Safety Plan* (WSP) manual yang dikeluarkan oleh *World Health Organization* (WHO). Tahapan yang akan dilakukan dalam pembuatan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) ini dimulai dari pembentukan tim (M1), pembuatan rantai pasok (M2), identifikasi risiko dan penilaian risiko (M3), pembuatan daftar tindakan pengendalian, cara validasi dan prioritasasi risiko (M4), pembuatan rencana perbaikan (M5), pemantauan upaya-upaya pengawasan (M6), memastikan keefektifan WSP (M7), menyiapkan prosedur manajemen (M8), program penunjang (M9), tinjauan ulang dan evaluasi (M10). Analisis dimulai dari pemberian informasi mengenai pembentukan tim RPAM, lalu dilanjutkan dengan pembuatan rantai pasok yang disesuaikan dengan kondisi penyediaan air minum eksisting. Rantai pasok tersebut akan digunakan sebagai panduan dalam mengidentifikasi kejadian bahaya. Lalu, kejadian bahaya tersebut akan dinilai risikonya dengan menggunakan matriks semi-kuantitatif yang menghubungkan antara frekuensi/kemunculan kejadian bahaya dan derajat keparahan/konsekuensi. Setelah risiko tersebut dinilai, maka akan didapatkan angka risiko (<6, 6-9, 10-15, >15) sehingga bisa ditentukan derajat risikonya (rendah, menengah, tinggi, sangat tinggi). Setelah itu, dilanjutkan dengan analisis pada setiap modulnya. Matriks semi-kuantitatif dan kriteria yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Matriks semi-kuantitatif risiko

| Matriks Risiko           |               | Skala | Derajat Keparahannya atau Konsekuensi |        |          |        |               |
|--------------------------|---------------|-------|---------------------------------------|--------|----------|--------|---------------|
|                          |               |       | Katastrofik/sangat parah              | Besar  | Sedang   | Kecil  | Sangat kecil  |
|                          |               |       | 1                                     | 2      | 3        | 4      | 5             |
| Kemunculan/<br>frekuensi | Hampir selalu | 5     | 5                                     | 10     | 15       | 20     | 25            |
|                          | Sering        | 4     | 4                                     | 8      | 12       | 16     | 20            |
|                          | Sedang        | 3     | 3                                     | 6      | 9        | 12     | 15            |
|                          | Jarang        | 2     | 2                                     | 4      | 6        | 8      | 10            |
|                          | Sangat jarang | 1     | 1                                     | 2      | 3        | 4      | 5             |
| Angka risiko             |               |       |                                       | <6     | 6-9      | 10-15  | >15           |
| Derajat risiko           |               |       |                                       | Rendah | Menengah | Tinggi | Sangat tinggi |

(Sumber: WHO, 2009)

**Tabel 2.** Kriteria derajat keparahan/konsekuensi dan kemunculan/frekuensi

| Derajat keparahan/konsekuensi                                                                       | Kemunculan/frekuensi                         | Skala |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|
| Katastrofik/sangat parah (dapat menyebabkan kematian secara tiba-tiba)                              | Hampir selalu (peluang kejadian setiap hari) | 5     |
| Besar (dapat menyebabkan kesakitan pada masyarakat)                                                 | Sering (setiap minggu)                       | 4     |
| Sedang (menimbulkan dampak estetika terhadap air minum yaitu berasa, berbau dan dinilai tidak aman) | Sedang (setiap bulan)                        | 3     |

| <b>Derajat keparahan/konsekuensi</b>                                                                            | <b>Kemunculan/frekuensi</b>                  | <b>Skala</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| Kecil (menimbulkan dampak estetika terhadap air minum yaitu berasa, berbau namun masih dinilai aman dikonsumsi) | Jarang (setiap tahun)                        | 2            |
| Sangat kecil/tidak berarti/dampak tidak terdeteksi                                                              | Sangat jarang (lebih dari satu tahun sekali) | 1            |

(Sumber: Kementerian Cipta Karya, 2014)

Setelah dilakukan penilaian risiko, diberikan tindakan pengendalian dan cara validasi untuk menentukan keefektifan tindakan pengendalian untuk semua risiko rendah sampai sangat tinggi. Lalu dilakukan prioritisasi risiko dengan cara pengkajian ulang skor risiko sehingga didapatkan kejadian bahaya dan risiko mulai dari prioritas tinggi hingga prioritas rendah. Lalu diberikan rencana perbaikan untuk setiap kejadian bahaya dengan terlebih dahulu mengelompokkan kejadian bahaya berdasarkan tema besar kejadian bahaya. Pertimbangan dalam perubahan skor risiko menggunakan faktor seperti yang tertera pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Faktor yang dipertimbangkan dalam perubahan risiko

| <b>Faktor yang Dipertimbangkan</b>                                         | <b>Kondisi 1</b>                          | <b>Kondisi 2</b>                  |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Tindakan pengendalian sudah ada?                                           | Tersedia,<br>skor risiko tetap atau turun | Belum,<br>skor risiko naik        |
| Apakah tindakan pengendalian dipercaya akan bekerja efektif?               | Ya,<br>Skor risiko tetap atau turun       | Tidak,<br>skor risiko naik        |
| Apakah ada kejadian bahaya yang istimewa/besar yang terjadi baru-baru ini? | Ya,<br>skor risiko naik                   | Tidak,<br>skor risiko tetap/turun |
| Apakah kejadian bahaya berada di bawah kendali operator?                   | Ya ,<br>skor risiko tetap/ turun          | Tidak,<br>skor risiko naik        |

(Sumber: Kementerian Cipta Karya, 2014)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembentukan Tim Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM)

Pembuatan dokumen Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) dimulai dengan menggalang komitmen dari seluruh anggota hingga pembentukan tim RPAM. Tujuan dari pembentukan tim RPAM adalah untuk memastikan adanya penanggung jawab dari setiap kegiatan dari segala pihak yang terlibat dalam penyusunan, implementasi dan monitoring RPAM. Tim RPAM terdiri dari 3 tim kerja yang diketuai oleh satu orang ketua RPAM. Selain melibatkan *top* dan *middle management*, komposisi tim RPAM juga harus melibatkan staf operator sebagai pihak yang mengetahui secara detail mengenai kondisi di lapangan. Adapun tahapan dalam pembentukan tim RPAM adalah sebagai berikut.

- 1) Identifikasi keahlian yang dibutuhkan dan departemen/unit kerja harus terlibat dalam tim RPAM operator.
- 2) Diskusi dan penentuan pihak departemen/unit kerja yang akan masuk ke dalam tim RPAM.
- 3) Membuat ringkasan tertulis berupa komposisi tim RPAM (nama, departemen/unit kerja, jabatan, peran dalam tim RPAM, telepon/email) dan menyusun agenda kegiatan RPAM. Komposisi tim harus selalu sesuai dengan kondisi terbaru, sehingga apabila ada perubahan komposisi tim, tabel harus terus diperbaharui. Rangkuman tabel yang harus diisi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

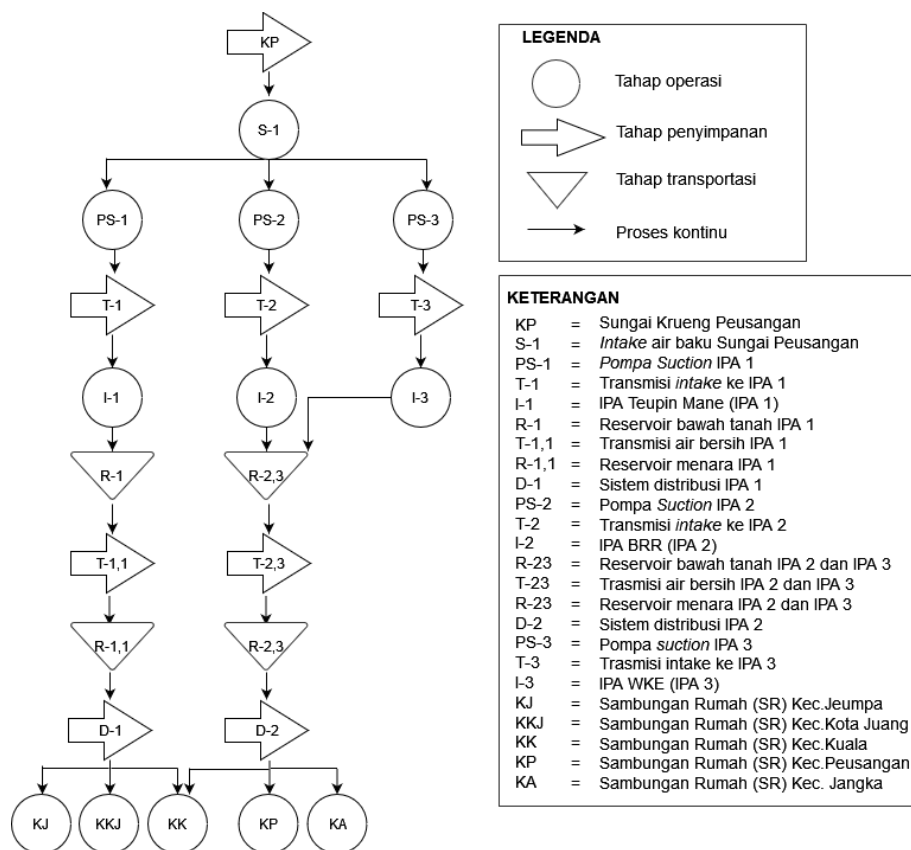
**Tabel 4.** Komposisi Tim RPAM

| Nama | Departemen/Unit Kerja | Jabatan | Peran dalam tim | Telepon, email |
|------|-----------------------|---------|-----------------|----------------|
|------|-----------------------|---------|-----------------|----------------|

- 4) Pembuatan surat tugas tim RPAM yang ditandatangani oleh manajemen puncak untuk menguatkan fungsi tim RPAM.
- 5) Gambaran struktur organisasi RPAM perlu dibuat sebagai lampiran dari surat tugas tersebut.
- 6) Pembuatan jadwal kegiatan RPAM

### Rantai Pasok

Setelah tim terbentuk, maka selanjutnya dibuat rantai pasok yang menggambarkan sistem penyediaan air minum dari sumber air baku sampai ke pelanggan. Tujuan dari rantai pasok ini adalah untuk menyediakan informasi terkait gambaran penyediaan air minum eksisting mulai dari *intake* sampai ke Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Rantai pasok dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Rantai pasok spam teupin mane dan peusangan

Dari rantai pasok di atas diketahui bahwa tiga IPA yaitu IPA Teupin Mane (I-1), IPA WKE (I-2) dan IPA BRR (I-3) memiliki satu sumber air baku yang sama yaitu Krueng

Peusangan (KP). Mula-mula air yang berasal dari Krueng Peusangan (KP) masuk ke dalam *intake* (S1), lalu akan menuju ke IPA melalui pipa transmisi (T-1, T-1, T-3). Selanjutnya air mengalami pengolahan menggunakan unit konvensional (koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi) pada I-1, I-2 dan I-3. Setelah itu, air tersebut ditampung dalam satu reservoir (R-1,1 dan R-2,3) yang dimiliki oleh ketiga IPA. Air yang berada di dalam reservoir tersebut tidak langsung didistribusikan ke pelanggan, melainkan ditransmisikan (T-1,1, T-2,3) terlebih dahulu ke reservoir pelayanan (R-1,1 dan R-2,3). Setelah itu, air didistribusikan kepada pelanggan (KJ, KKJ, KK, KP, KA) melalui sistem gravitasi.

### Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko

Melalui proses identifikasi, didapatkan 17 kejadian bahaya dari sumber air baku hingga ke Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Hasil identifikasi bahaya didapatkan dari wawancara dengan berbagai pihak PDAM dan juga pengamatan di lapangan. Setelah semua bahaya sudah teridentifikasi, maka dilakukan penilaian risiko dengan menggunakan matriks risiko semi-kuantitatif seperti pada Tabel 1. Hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6 dan Gambar 2.

Angka risiko yang didapatkan selanjutnya dikelompokkan sesuai dengan derajat risiko (rendah, menengah, tinggi dan sangat tinggi) sesuai dengan Tabel 1. Hasil penilaian risiko menunjukkan sebanyak tiga risiko merupakan skor rendah, enam risiko merupakan skor menengah, empat risiko merupakan skor tinggi dan empat risiko merupakan skor sangat tinggi. Untuk derajat keparahan risiko, skor tertinggi ada pada enam kejadian bahaya dengan skala 4 dan untuk peluang kejadian tertinggi dengan skala 5 ada pada lima kejadian bahaya sesuai yang tertera pada Tabel 5 dan Tabel 6.

### Tindakan Pengendalian, Cara Validasi dan Prioritisasi Risiko

Untuk menangani risiko yang ada, diberikan tindakan pengendalian sebanyak 41 tindakan pengendalian (termasuk 9 pengendalian eksisting). Tindakan pengendalian juga dilengkapi dengan cara validasi untuk mengetahui apakah sebuah tindakan pengendalian efektif atau tidak. Berdasarkan 17 kejadian bahaya yang teridentifikasi, didapatkan 10 tindakan pengendalian pada air baku, 2 tindakan pengendalian di *intake*, 8 tindakan pengendalian pada Instalasi Pengolahan Air (IPA), 2 tindakan pengendalian pada reservoir, 11 tindakan pengendalian pada unit distribusi, 6 tindakan pengendalian pada sistem kelistrikan dan 2 tindakan pengendalian pada Sambungan Rumah (SR) pelanggan.

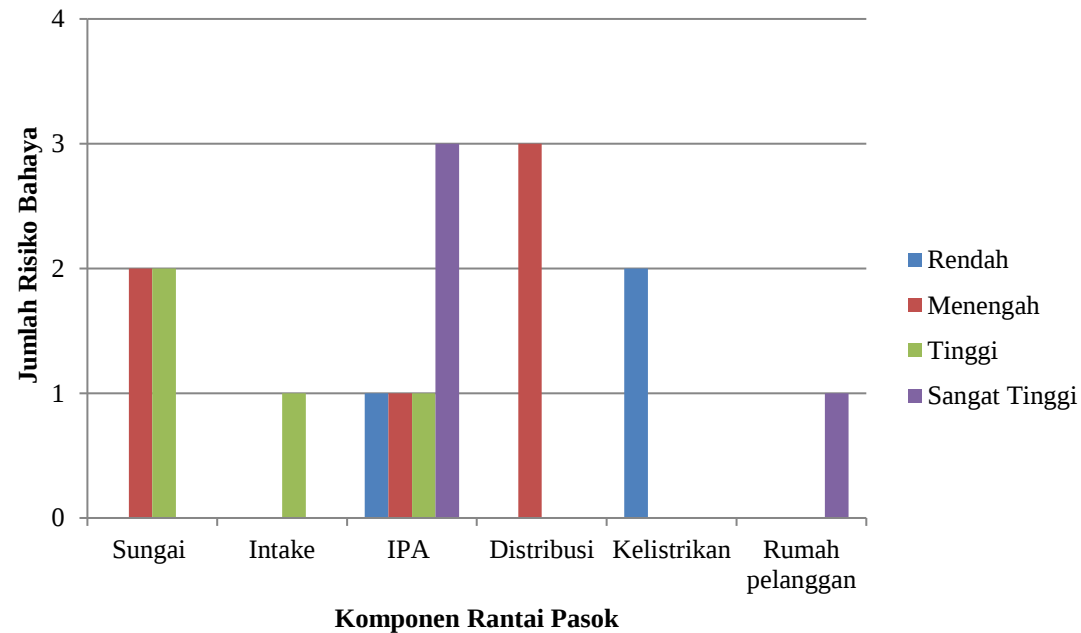
Dalam membuat daftar tindakan pengendalian, terdapat beberapa tindakan pengendalian yang sama untuk beberapa kejadian bahaya yang berbeda pada setiap sistem. Tindakan pengendalian pada sumber air baku yang awalnya berjumlah 10 dirangkum menjadi 6 tindakan pengendalian yaitu pembangunan unit prasedimentasi, penambahan *koagulan aid*, pengadaan stok koagulan dan *koagulan aid*, melakukan koordinasi dengan Dinas ESDM dan dinas PU Kabupaten Bireuen, menerapkan mekanisme *Payment for Environmental Service* (PES), dan pengadaan lokakarya seminar mengenai pentingnya pengamanan sumber air baku bagi *stakeholder* dan masyarakat setempat. Tindakan pengendalian yang diberikan pada *intake* adalah melakukan pengecekan rutin dan membuat SOP.

**Tabel 5.** Daftar kejadian bahaya dan skor risiko

| Kejadian Bahaya                                                                                                                                           | Derajat keparahan | Frekuensi/Kemunculan | Angka risiko |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|--------------|
| <b>Sumber air baku (Sungai Peusangan)</b>                                                                                                                 |                   |                      |              |
| Air sungai memiliki kekeruhan yang tinggi karena pengikisan tepian sungai akibat curah hujan yang tinggi di hulu sungai                                   | 3                 | 2                    | 6            |
| Air sungai memiliki kekeruhan yang tinggi karena terlepasnya kandungan sedimen dari kegiatan penambangan pasir ilegal di sekitar <i>intake</i>            | 3                 | 4                    | 12           |
| Air sungai memiliki kekeruhan yang tinggi karena masuknya sedimen akibat erosi di tebing sungai                                                           | 3                 | 3                    | 9            |
| Air sungai tercemar oleh senyawa kimia karena masuknya limbah cair domestik dan pupuk dari sektor perkebunan yang dibawa aliran air hujan                 | 4                 | 3                    | 12           |
| <b>Unit penyadap air baku (<i>intake</i>)</b>                                                                                                             |                   |                      |              |
| Kualitas air baku terkait parameter fisik dan kimia tidak dapat dipastikan sesuai standar karena pemantauan operasional di <i>intake</i> tidak dilakukan  | 3                 | 5                    | 15           |
| <b>Unit Koagulasi</b>                                                                                                                                     |                   |                      |              |
| Air yang diolah tidak mampu membentuk mikroflok sehingga air masih keruh karena dosis koagulan yang diinjeksikan tidak berdasarkan uji laboratorium       | 4                 | 5                    | 20           |
| Air yang diolah tidak mendapat dosis koagulan yang cukup sehingga air masih keruh karena kebocoran pada sisi injeksi dosing tawas                         | 2                 | 1                    | 2            |
| <b>Unit Filtrasi</b>                                                                                                                                      |                   |                      |              |
| Air hasil olahan masih keruh dikarenakan media filtrasi yang sudah tidak terstratifikasi sehingga penyaringan tidak optimal                               | 3                 | 3                    | 9            |
| <b>Unit desinfeksi</b>                                                                                                                                    |                   |                      |              |
| Air hasil olahan bau kaporit dan mengandung mikroorganisme karena injeksi khlorin yang kurang atau berlebihan yang tidak didasarkan pada uji laboratorium | 4                 | 5                    | 20           |
| Air hasil olahan masih terkontaminasi mikroorganisme karena tidak ada klorin yang diinjeksikan pada air tersebut                                          | 4                 | 3                    | 12           |
| Air hasil olahan masih terkontaminasi oleh mikroorganisme karena tidak ada klorin yang diinjeksikan pada air tersebut                                     | 4                 | 5                    | 20           |
| <b>Unit Distribusi</b>                                                                                                                                    |                   |                      |              |
| Mikroorganisme masuk ke dalam pipa distribusi utama yang mengalami kebocoran akibat proyek pelebaran jalan                                                | 3                 | 2                    | 6            |
| Mikroorganisme masuk ke dalam pipa distribusi sekunder yang mengalami kebocoran karena kondisi pipa yang sudah tua                                        | 3                 | 2                    | 6            |
| Mikroorganisme masuk ke dalam pipa distribusi tersier (pelanggan) yang mengalami kebocoran karena kegiatan yang dilakukan di sekitar pipa                 | 3                 | 2                    | 6            |

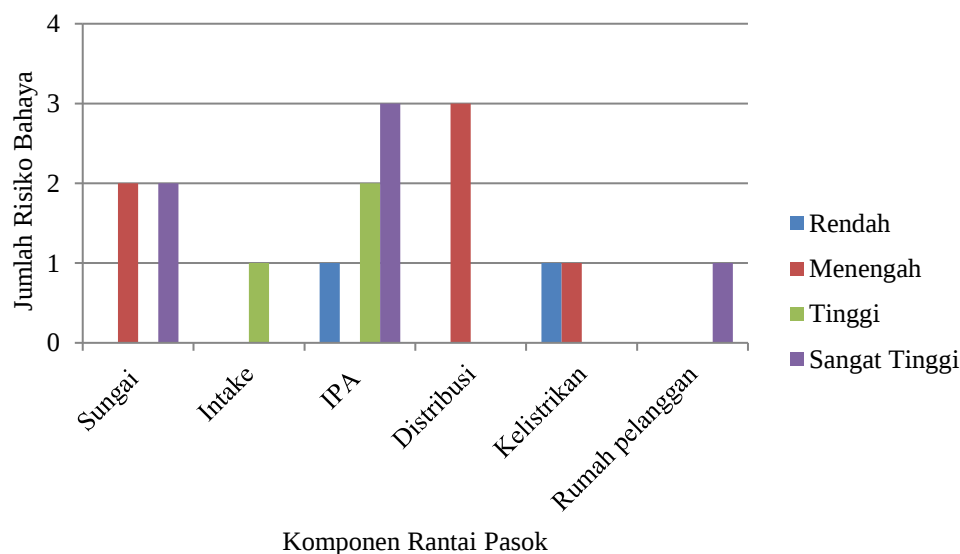
**Tabel 6.** Potensi kejadian bahaya dan angka risiko

| Kejadian Bahaya                                                                                                                                                                                           | Derajat keparahan | Frekuensi/ Kemunculan | Angka risiko |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|
| <b>Sistem kelistrikan</b>                                                                                                                                                                                 |                   |                       |              |
| Air yang diolah masih keruh dan masih mengandung mikroorganisme karena voltase (tegangan) listrik yang rendah menyebabkan pompa dosing tidak mampu menginjeksikan koagulan dan desinfektan secara optimal | 3                 | 1                     | 3            |
| Kontrol panel dimasuki oleh debu dan kotoran akibat tidak adanya pembersihan rutin yang dilakukan                                                                                                         | 3                 | 1                     | 3            |
| <b>Sambungan rumah pelanggan</b>                                                                                                                                                                          |                   |                       |              |
| Kualitas air baku terkait parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi tidak dapat dipastikan sesuai standar kesehatan karena pemantauan operasional di keran pelanggan tidak dilakukan                      | 4                 | 5                     | 20           |

**Gambar 2.** Hasil penilaian risiko

Sedangkan tindakan pengendalian pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah menggunakan sistem SCD (*Streaming Current Detector*) untuk menginjeksikan koagulan, melakukan *jar test* pada air baku, mengganti dan memperbaiki pipa dosing tawas yang bocor, perbaikan pipa bocor dengan *seal type*, mengganti media filter, melakukan uji Daya Pengikat Klor (DPC), lokakarya kepada masyarakat mengenai pentingnya proses desinfeksi, dan pengecekan rutin pada air hasil olahan. Tindakan pengendalian pada sistem distribusi berjumlah 11 tindakan pengendalian yang dirangkum menjadi 5 tindakan pengendalian untuk seluruh kejadian bahaya pada sistem distribusi. Tindakan pengendalian tersebut adalah membentuk tim inspeksi lapangan untuk mengecek kebocoran pipa, mengganti pipa yang mengalami korosi dan memiliki angka kebocoran tinggi dengan spesifikasi pipa yang lebih baik, pengontrolan distribusi air dan pendeteksi kebocoran menggunakan sistem SCADA, melakukan koordinasi dan komunikasi dengan pihak kontraktor pelaksanaan pelebaran jalan, dan penyuluhan kepada pelanggan PDAM agar tidak membangun bangunan atau melakukan kegiatan di atas pipa distribusi. Tindakan pengendalian pada sambungan rumah pelanggan adalah pembuatan SOP pengujian kualitas air pelanggan dan membentuk tim untuk melakukan pengujian kualitas air secara rutin. Lalu tindakan pengendalian yang diberikan untuk kejadian bahaya pada sistem kelistrikan adalah penyediaan genset sebagai suplai listrik cadangan, pembuatan SOP pelaksanaan koordinasi dengan pihak PLN, melakukan koordinasi dengan PLN untuk setiap kejadian yang menyebabkan voltase listrik menurun, pembuatan SOP pembersihan kontrol panel, pembersihan kontrol panel rutin dengan menggunakan *electric contact cleaner* dan pembersihan ruangan kontrol panel.

Adapun cara validasi yang diberikan untuk tindakan pengendalian eksisting berupa evaluasi kualitas air olahan berdasarkan hasil uji kualitas air, sedangkan cara validasi untuk usulan tindakan pengendalian yang diberikan divalidasi menggunakan literatur. Setelah pembuatan tindakan pengendalian dan cara validasi, dilakukan prioritisasi melalui hasil pengkajian ulang skor risiko yang didapatkan melalui keputusan bersama dengan pihak PDAM. Faktor pertimbangan yang digunakan pada proses pengkajian ulang tertera pada Tabel 3. Hasil pengkajian ulang untuk prioritisasi risiko dari setiap kejadian bahaya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Hasil pengkajian ulang skor risiko

Dari hasil pengkajian ulang, didapatkan kejadian bahaya dari prioritas tinggi sampai ke prioritas paling rendah. Adapun kejadian bahaya yang menjadi prioritas ada 9 kejadian bahaya yaitu air sungai memiliki kekeruhan tinggi karena terlepasnya sedimen dari kegiatan penambangan pasir ilegal, air sungai tercemar oleh senyawa kimia karena masuknya limbah cair domestik dan pupuk dari sektor perkebunan, kualitas air baku terkait parameter fisik dan kimia tidak dapat dipastikan sesuai standar, air yang diolah tidak mampu membentuk mikroflok sehingga air masih keruh karena dosis koagulan yang tidak sesuai, air hasil olahan masih keruh karena media filtrasi yang sudah tidak terstratifikasi sehingga penyaringan tidak optimal, air hasil olahan bau kaporit dan mengandung mikroorganisme karena injeksi khlorin tidak sesuai, air hasil olahan masih terkontaminasi mikroorganisme karena tidak ada khlorin yang diinjeksikan, kualitas air baku (parameter fisika, kimia dan mikrobiologi) tidak dapat dipastikan sesuai standar kesehatan karena pemantauan operasional di reservoir dan keran pelanggan tidak dilakukan.

### **Rencana Perbaikan**

Setiap kejadian bahaya dapat memiliki satu atau lebih tindakan pengendalian yang sama. Sehingga untuk memudahkan pembuatan rencana perbaikan, setiap kejadian bahaya tersebut dikelompokkan terlebih dahulu berdasarkan tema besar kejadian bahaya dan harus disertai dengan penanggung jawab untuk setiap rencana perbaikan yang diberikan. Dari pengelompokan tema besar kejadian bahaya, didapatkan 22 rencana perbaikan untuk menangani tema besar kejadian bahaya tersebut. Pengelompokan tema besar kejadian bahaya terdiri dari faktor alam dan aktivitas di hulu dan hilir sungai yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai, tidak ada pengecekan rutin kualitas air yang dilakukan pada *intake*, reservoir dan keran pelanggan, penginjeksian bahan kimia tidak berdasarkan hasil uji laboratorium, kebocoran pipa operasional, pompa dosing tidak mampu bekerja secara optimal, dan tidak adanya pembersihan rutin dan penggantian media filter.

Rencana perbaikan untuk tema besar kejadian bahaya faktor alam dan aktivitas di hulu sungai berjumlah tiga rencana perbaikan yang ditujukan untuk meningkatkan kualitas air sungai. Rencana perbaikan tersebut terdiri dari pembangunan unit prasedimentasi, koordinasi dengan berbagai pihak berkepentingan (Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) dan Dinas PU Cipta Karya Kabupaten Bireuen) dan pengadaan lokakarya atau seminar mengenai pentingnya pengamanan sumber air baku bagi *stakeholder* dan masyarakat setempat. Selanjutnya untuk tema besar kejadian bahaya tidak adanya pengecekan rutin kualitas air pada *intake*, reservoir, dan keran pelanggan diberikan tiga rencana perbaikan. Rencana tersebut berupa pembuatan SOP pengujian kualitas air, pembuatan jadwal pengecekan rutin sesuai dengan frekuensi pengujian sampel pada Permenkes No.736 Tahun 2010 dan pembentukan tim inspeksi atau pengujian kualitas air. Rencana perbaikan diatas berada di bawah tanggung jawab bagian teknik sub perencanaan.

Tema besar kejadian bahaya penginjeksian bahan kimia yang dilakukan tidak berdasarkan uji laboratorium memiliki empat rencana perbaikan yang berada di bawah tanggung jawab bagian teknik sub produksi. Rencana perbaikan tersebut meliputi penginjeksian koagulan dan pengecekan kekeruhan dengan menggunakan alat *Streaming Current Detector* (SCD), melakukan *jar-test* pada air baku, uji Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk menentukan dosis optimum desinfektan dan melakukan lokakarya kepada masyarakat setempat (pelanggan PDAM) terkait pentingnya proses desinfeksi pada pengolahan air. Selanjutnya untuk tema

besar kejadian bahaya kebocoran pipa-pipa operasional memiliki enam rencana perbaikan yang berada di bawah tanggung jawab bagian produksi (sub distribusi dan operator lapangan). Rencana perbaikan tersebut adalah pergantian pipa yang mengalami korosi dan kebocoran, pengontrolan distribusi air dengan sistem kontrol *real time* (SCADA), melakukan koordinasi dan komunikasi dengan pihak kontraktor pelaksana proyek pelebaran jalan, penggantian pipa bocor dengan menyiapkan pipa cadangan, penyuluhan kepada pelanggan pdam agar tidak membangun bangunan atau melakukan kegiatan lainnya di atas pipa dan penggantian pipa yang bocor dengan pipa yang baru. Tema besar kejadian bahaya berupa pompa dosing tidak mampu bekerja secara optimal diperbaiki dengan dua rencana perbaikan yang berada di bawah tanggung jawab bagian teknik sub produksi. Rencana perbaikan yang diberikan adalah pembuatan SOP pelaksanaan koordinasi dengan pihak PLN dan melakukan koordinasi dengan pihak PLN untuk setiap kejadian yang menyebabkan voltase (tegangan) listrik menurun. Lalu untuk tema besar kejadian bahaya tidak adanya pembersihan rutin dan penggantian media filter dapat diperbaiki dengan empat tindakan pengendalian yang berada di bawah tanggung jawab bagian teknik sub produksi dan operator IPA. Rencana perbaikan tersebut adalah pembuatan SOP pembersihan kontrol panel, pembersihan kontrol panel dengan menggunakan *electric contact cleaner*, pembersihan ruangan kontrol panel dan penggantian media filter lama dengan filter baru dengan pengujian *sieve analysis*.

### **Pemantauan Operasional**

Pemantauan operasional yang diberikan terkait dengan pemantauan kualitas air dari sumber air baku (Sungai Peusangan) hingga ke pemantauan pada keran Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Pemantauan pada sumber air baku terdiri dari pengujian kualitas air lengkap sesuai dengan PP No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pengawasan kegiatan penambangan pasir ilegal dan pembuangan limbah sektor domestik dan perkebunan. Selanjutnya, juga diberikan usulan pemantauan kualitas air baku pada *intake* (kekeruhan, pH, suhu), unit koagulasi (kekeruhan, kondisi pipa koagulan), unit flokulasi (pH, makroflok), reservoir (parameter mengacu pada Permenkes No.492 Tahun 2010, sisa khlor), dan pemantauan pada jaringan distribusi (parameter mengacu pada Permenkes No.492 Tahun 2010, sisa khlor dan kegiatan sekitar pipa distribusi).

### **Memastikan Keefektifan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM)**

Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) harus dipastikan keefektifannya dalam mengelola seluruh kejadian bahaya dan risiko untuk mengetahui bahwa tindakan pengendalian dan upaya pengawasan yang dilakukan berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tindakan yang dilakukan bersama untuk membuktikan bahwa Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) berfungsi secara efektif adalah dengan kegiatan pemantauan kepatuhan (operasional), audit internal dan eksternal terhadap kegiatan operasional dan kepuasan konsumen. Pemantauan kepatuhan dilakukan untuk mendapatkan bukti bahwa semua cara pengendalian yang telah disusun benar-benar dijalankan dan dipatuhi oleh setiap pihak yang terlibat. Penilaian dan pemeriksaan kepatuhan juga dapat dilakukan melalui audit internal dan eksternal. Audit biasanya dilakukan oleh pengaudit independen yang memenuhi syarat. Pemantauan operasional bisa dilakukan sekaligus dengan pemantauan verifikasi yang dilakukan secara rutin untuk membantu keberjalanan program pemantauan. Pemantauan verifikasi untuk kualitas

mikrobiologi air dapat dilakukan dengan menggunakan indikator seperti bakteri indikator feses *E.Coli* atau *Coliform* yang tahan akan suhu tinggi. Untuk pemantauan verifikasi parameter kimia dilakukan dengan pengukuran langsung dan tidak menggunakan indikator. Keseluruhan kegiatan yang dilakukan tersebut harus dapat menjamin dihasilkannya air yang memenuhi standar kesehatan sehingga dapat meningkatkan kepuasan konsumen.

### Prosedur Manajemen

Prosedur manajemen yang dilakukan dalam Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) mengacu pada pengoperasian sistem secara normal dengan mengikuti *Standard Operating Procedures* (SOP) dan Instruksi Kerja (IK), pengoperasian sistem dalam keadaan insiden dengan mengikuti tindakan-tindakan korektif dan juga bagaimana menyusun strategi komunikasi untuk menyampaikan informasi kepada pihak internal dan eksternal. *Standard Operating Procedures* (SOP) dan Instruksi Kerja (IK) dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rincian *Standard Operating Procedures* (SOP) dan Instruksi Kerja (IK)

| Kategori                                         | <i>Standard Operating Procedures</i> (SOP)                                                                                          | Instruksi Kerja (IK)                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistem air baku dan intake                       | Penyampaian informasi dan komunikasi terhadap pihak eksternal terkait                                                               | Survey kegiatan penambangan pasir ilegal dan survey titik pembuangan limbah domestik dan perkebunan                           |
|                                                  | Pengawasan kualitas air                                                                                                             | Pengambilan sampel air, pengukuran sampel air di lapangan, pengukuran sampel air di laboratorium dan pencatatan dan pelaporan |
| Instalasi Pengolahan Air (IPA)                   | Penyediaan bahan kimia                                                                                                              |                                                                                                                               |
|                                                  | Pemeliharaan pompa dosing                                                                                                           |                                                                                                                               |
|                                                  | Pengujian dosis bahan kimia                                                                                                         | Uji <i>Jar test</i> dan Daya Pengikat Khlor (DPC)                                                                             |
|                                                  | <i>Backwash</i> unit filtrasi                                                                                                       |                                                                                                                               |
|                                                  | Pengawasan kualitas air                                                                                                             | Pengambilan sampel, pengukuran di lapangan, pencatatan dan pelaporan                                                          |
| Sistem Distribusi/Sambungan Rumah (SR) pelanggan | Pengawasan kualitas air                                                                                                             | Pengambilan dan pengawetan sampel, pengukuran sampel di lapangan, pencatatan dan pelaporan                                    |
| Kegiatan operasi umum dan kegiatan penunjang     | Koordinasi dengan pihak PLN, pembersihan kontrol panel, kesiapan tanggap darurat, pelayanan pelanggan dan survey kepuasan pelanggan |                                                                                                                               |

### Program Penunjang

Program penunjang merupakan kegiatan yang mendukung kesuksesan pemasok air minum dalam menjaga keamanan air minum melalui RPAM. Program penunjang yang diberikan berupa pelatihan operator meliputi pelatihan RPAM, penggunaan alat pengukuran kualitas air, inspeksi sanitasi air minum, uji *jar-test*, uji Daya Pengikat Khlor (DPC), penggunaan *Streaming Current Meter* (SCM) dan SCADA. Selain itu juga diusulkan agar dilakukan program pemeliharaan alat berupa pembuatan jadwal kalibrasi hingga pengadaan riset/pengembangan berupa pengetahuan mengenai bahaya potensial atau kontaminan yang

dapat muncul pada *intake* hingga Sambungan Rumah (SR) pelanggan dan juga riset mengenai indikator pencemaran air baku.

### Tinjauan Ulang, Evaluasi dan Audit Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM)

Kegiatan peninjauan kembali RPAM dilakukan oleh tim RPAM yang mengevaluasi apakah kejadian bahaya dan risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya telah teratasi dengan baik atau belum. Kegiatan tinjauan ulang tidak hanya dilakukan secara periodik, namun juga harus dilakukan sesaat setelah terjadinya insiden atau kejadian nyaris gagal di lapangan yang dapat dilakukan dengan pendokumentasian kejadian dan diskusi dengan pihak terlibat setelahnya. Kegiatan peninjauan ulang dilakukan dengan menganalisis data-data yang dikumpulkan dari proses pemantauan maupun masukan dari operator atau hasil kunjungan ke lapangan. Tinjauan ulang dan evaluasi RPAM secara periodik dapat dilakukan sebanyak 6 bulan sekali sekaligus dengan audit berkala. Adapun untuk audit awal dilakukan dari 3-9 bulan dari awal pengembangan RPAM. Daftar pertanyaan yang dapat digunakan saat melakukan tinjauan ulang dan evaluasi dapat dilihat pada **Tabel 7** di bawah ini.

**Tabel 7.** Daftar pertanyaan tinjauan ulang kedaruratan, insiden, dan kejadian nyaris gagal

| Daftar pertanyaan                                                                       | Jawaban |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Apa penyebab masalah?                                                                   |         |
| Apakah penyebab merupakan bahaya yang sudah diidentifikasi dalam penilaian risiko?      |         |
| Bagaimana pertama kali masalah diidentifikasi atau diketahui?                           |         |
| Langkah-langkah paling penting mana yang diperlukan dan apakah sudah dikerjakan?        |         |
| Apakah tindakan yang dilakukan tepat pada waktunya sehingga kualitas air tetap terjaga? |         |
| Masalah komunikasi apa yang timbul dan bagaimana cara mengatasinya?                     |         |
| Apa konsekuensi-konsekuensi langsung dan jangka panjang dari kedaruratan itu?           |         |
| Bagaimana cara memperbaiki penilaian risiko/prosedur/pelatihan/komunikasi?              |         |
| Sampai seberapa jauh rencana tanggap darurat berfungsi?                                 |         |

(Sumber: Kementerian Cipta Karya, 2014)

## KESIMPULAN

1. Sistem penyediaan air SPAM Teupin Mane dan Peusangan dimulai dari Sungai Peusangan sebagai sumber air baku air minum yang akan diolah. Selanjutnya air baku akan masuk ke *intake* dan pipa transmisi yang membawa air tersebut ke Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi. Air olahan selanjutnya akan ditampung di reservoir dan dialirkan ke pelanggan secara gravitasi. Instalasi Pengolahan Air (IPA) I melayani Kecamatan Jeumpa, Kota Juang dan sebagian Kecamatan Kuala. Sedangkan IPA II dan III melayani Kecamatan Peusangan, Kecamatan Jangka dan sebagian daerah Kecamatan Kuala.
2. Kejadian bahaya dan risiko yang timbul pada rantai pasok/penyediaan air minum sangat beragam dimulai dari sumber air baku (Sungai Peusangan) hingga ke Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Kejadian bahaya yang terdapat pada sumber air baku terkait kekeruhan air karena pengikisan tebing sungai akibat curah hujan

tinggi, penambangan pasir dan erosi tebing sungai, masuknya limbah cair domestik dan pupuk dari sektor perkebunan.

Adapun kejadian bahaya pada IPA terkait dengan kualitas air, partikel tersuspensi dan kontaminasi mikroba karena dosis koagulan dan desinfektan tidak berdasar uji laboratorium, kebocoran pipa injeksi dosing tawas, tidak adanya desinfektan yang dibubuhkan ke dalam air, dan tidak ada pengecekan rutin kualitas air di reservoir. Sedangkan kejadian bahaya pada sistem distribusi dan Sambungan Rumah (SR) pelanggan meliputi adanya kontaminasi mikroba yang masuk ke dalam pipa karena pipa bocor (pipa tua, terkena proyek pelebaran jalan dan kegiatan masyarakat), dan kualitas air terkait parameter fisik, kimia dan mikrobiologi tidak dapat dipastikan sesuai standar kesehatan karena tidak ada pemantauan operasional yang dilakukan. Sedangkan untuk sistem kelistrikan terkait dengan air yang diolah masih mengandung zat penyebab kekeruhan dan mikroorganisme karena voltase (tegangan) listrik yang rendah menyebabkan pompa dosing tidak mampu menginjeksikan koagulan dan desinfektan secara optimal dan kontrol panel dimasuki oleh debu dan kotoran akibat tidak adanya pembersihan rutin yang dilakukan.

3. Terdapat 22 rencana perbaikan untuk menangani tema besar kejadian bahaya, yang dirangkum sebagai berikut.
  - Pembangunan unit prasedimentasi sesudah *intake*.
  - Melakukan koordinasi dengan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Provinsi Aceh, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK), dan Dinas PU Cipta Karya Kabupaten Bireuen untuk mengelola kegiatan pertambangan dan pembuangan limbah, koordinasi dengan pihak PLN untuk setiap kejadian yang menyebabkan voltase (tegangan) listrik menurun, dan melakukan koordinasi dan komunikasi dengan pihak kontraktor pelaksana proyek pelebaran jalan.
  - Pengadaan lokakarya kepada masyarakat terkait pentingnya proses desinfeksi pada pengolahan air, penyuluhan kepada pelanggan pdam agar tidak membangun bangunan atau melakukan kegiatan lainnya di atas pipa.
  - Pembuatan SOP pengujian parameter terkait, SOP pelaksanaan koordinasi dengan pihak PLN, dan SOP pembersihan kontrol panel.
  - Membentuk tim dan pembuatan jadwal pengecekan rutin parameter terkait sesuai dengan frekuensi pengujian sampel pada Permenkes No. 736 Tahun 2010.
  - Penginjeksian koagulan dan pengecekan kekeruhan dilakukan secara otomatis oleh alat SCD (*Streaming Current Detector*) dan pengontrolan distribusi dan kebocoran dengan SCADA.
  - Melakukan uji *jar test* dan Uji Daya Pengikat Khlor (DPC) dan pergantian media filter lama dengan media filter baru.
  - Mengganti pipa yang mengalami korosi, pergantian pipa bocor dengan menyiapkan pipa cadangan, dan menghindari tersumbatnya *injection valve*.
  - Pembersihan kontrol panel rutin dengan menggunakan *electric contact cleaner* dan pembersihan ruangan kontrol panel.
4. Upaya pengawasan terdiri dari pemantauan kualitas air dimulai dari sumber air baku hingga ke Sambungan Rumah (SR) pelanggan. Secara umum terdiri dari pemantauan pada kegiatan tambang pasir ilegal, limbah domestik dan perkebunan

di hulu, pemantauan kualitas air (*intake*, reservoir dan keran pelanggan) dan pemantauan kegiatan di sekitar pipa distribusi.

5. Prosedur manajemen terdiri dari *Standard Operating Procedure* (SOP), Instruksi Kerja (IK), dan strategi komunikasi internal dan eksternal. Daftar SOP yang diberikan adalah penyampaian informasi dan komunikasi terhadap pihak eksternal, pengawasan kualitas air, penyediaan bahan kimia, pemeliharaan pompa dosing, *backwash* unit filtrasi, pembersihan kontrol panel, kesiapan tanggap darurat, pelayanan pelanggan dan penanganan keluhan pelanggan dan *survey* kepuasan pelanggan. Sedangkan Instruksi Kerja (IK) yang diberikan adalah *survey* kegiatan penambangan ilegal, *survey* titik pembuangan limbah domestik dan perkebunan, pengambilan dan pengukuran sampel air, pencatatan dan pelaporan, *jar test*, dan uji Daya Pengikat Klor (DPC). Selanjutnya, strategi informasi internal terdiri dari penyampaian informasi modul dan audit RPAM, hasil sosialisasi pelanggan, laporan keluhan pelanggan, dan hasil *survey* kepuasan pelanggan. Lalu jenis informasi eksternal terdiri dari kegiatan penambangan pasir ilegal, titik pembuangan limbah domestik dan perkebunan, perbaikan pipa distribusi karena kebocoran, kepuasan pelanggan dan keluhan pelanggan. Adapun program penunjang yang diberikan terkait dengan pelatihan operator, pemeliharaan alat, riset dan pengembangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Riyanto. 2011. Buku Ajar Metodologi Penelitian. Jakarta: EGC
- Airmic, alarm dan irm.2010. A Structures approach to Enterprise Risk Management (ERM) and the requirements of ISO 31000. Diperoleh melalui situs internet: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/10/a-structured-approach-to-erm.pdf>. Diunduh pada tanggal 12 Maret 2021
- Al-Bahar, L.F. dan Crandall, K.C. 1990. Systematic Risk Management Approach for Construction Projects, *Journal Of Management and Engineering ASCE*, 166 (3), 533-546.
- Ammerican Water Works Association (AWWA). 2010. Water Quality and Treatment a Handbook on Dringing Water. New York: McGraw-Hill sixth edition
- AS/NZS 4360 (2004). 3rd Edition The Australian And New Zealand Standard on Risk Management. Broadleaf Capital International Pty Ltd, NSW Australia
- Bartram, J., Corrales, I., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold,A., Stevens, M., 2009.Water Safety Plan Manual: Step-by-Step Risk Management for Drinking-Water Suppliers. World Health Organization, Geneva.
- Crittenden, John C., Trussel, R.Rhodes., W.Hand, David., J.Howe, Kerry., Tchobanoglous George. 2012. MWH's Water Treatment Principles and Design.MWH Global, Inc, third edition
- Dinas Bina Marga, Cipta Karya dan Perumahan Rakyat. 2014. Penyusunan Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Bireuen. Aceh : Pemerintah Kabupaten Bireuen
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. Manual Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM)-Operator. Jakarta: Direktorat Pengembangan Air Minum Ditjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum
- Davis, Mackenzie L.2010. Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice. New York: McGraw-Hill International edition

- E. Hrudey, Steve., J.Hrudey, Elizabeth., J.T.Pollard, Simon. 2006. Risk management for assuring safe drinking water. *Environmental International*, 32, 948-957
- Huisman,L., 1994.Rapid Sand Filtration, Lecture Notes, Netherlands: IHE Delft Netherlands
- Huisman,L., 1994. Slow Sand Filtration, Lecture Notes, Netherlands: IHE Delft Netherlands
- Indroes, Ferry N. 2011. Manajemen Risiko. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada
- Joko T.2010. Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Joko, Tri. 2010. Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Petunjuk Teknis Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) Komunal.Jakarta: Direktorat Kesehatan Lingkungan
- M.Iqbal Hasan. 2002. Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Metcalf&Eddy. 1991. Wastewater Engineering:Treatment, Disposal and Reuse, Third Edition. New York: McGraw-Hill
- M.String, Gabrielle., I.Singleton, Roger., N.Mirindi, Patrick., S.Lantagne, Daniele. 2019. Operational research on rural, community-managed Water Safety Plans: Case study results from implementations in India, DRC, Fiji and Vanuatu.*Journal of Water Research* 170, 115288
- Ozacar, Mahmut., Ayhan Sengil, I., Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles, colloids and surfaces A : *Physicochem Eng. Aspect* 229 (2003) 85-96
- Perez Vidal, Escobar Rivera dan Torres Lozada. 2020. Development and implementation of a water safety plan for drinking water supply system of Cali, Colombia. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*
- Reynolds, Tom D., dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Edisi ke-dua. Boston: PWS Publishing Company
- Roeger, Alexandra., F.Tavares, Antonio. 2018. Water safety plans by utilities: A review of research on implementation. *Journal of Utilities Policy* (52), 15-24
- Rumana Riffat.2013. Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering. New York: CRC Press
- Sibia, S.Muzi. 2014. Evaluation of the Streaming Current Detector (SCD) for coagulation control. *Journal of Procedia Engineering*, 70, 1211-1220
- Standar Nasional Indonesia 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air
- Standar Nasional Indonesia ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT)
- String, Gabrielle., Lantagne, Daniele.,2016. A systematic review of outcomes and lessons learned from general, rural, and country-specific Water Safety Plan Implementations. *Journal of Water Science and Technology:Water Supply*
- Sudarmanto, Eko., dkk. 2021. Manajemen Risiko. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung
- Sugiharto. 1983. Penyediaan Air Minum Bagi Masyarakat. Sekolah Pembantu. Tanjung Karang :Penilik Kesehatan.
- Tarwaka. 2008. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja. Surakarta : Harapan Press

- Temido, J., Sousa, J., Malheiro, R. 2014. SCADA and smart metering system in water companies. A perspective based on the value creation analysis. *Journal of Procedia Engineering*, 70, 1629-1638
- Van den Berg, HH.H.J.L. 2019. How current risk assessment and risk management methods for drinking water in The Netherlands cover the WHO water safety plan approach. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 222(7), 1030-1037