

# PROCEEDING

## CIVIL ENGINEERING RESEARCH FORUM

VOLUME 2, NOMOR 1, JULI 2022



**THE 3<sup>rd</sup>  
CE REFORM**

**"MENYIAPKAN INFRASTRUKTUR BANGUNAN SIPIL YANG BERKELANJUTAN  
DAN BERWAWASAN KEBENCANAAN"**

**PROCEEDING**

# **Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

**The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum  
(The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan”**

**Yogyakarta, 20 Juli 2022**

**Penerbit:**



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

## **PROCEEDING**

### **Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

#### **The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan  
Kebencanaan”**

#### **Science Committee (SC)**

Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D.	(Penanggung Jawab)
Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.	(Pengarah)
Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.	(Pengarah)
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	(Pengarah)
Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T.	(Pengarah)

#### **Organizing Committee (OC)**

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.  
Jafar, S.T., M.T. MURP.  
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.  
Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M. Eng.  
Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.  
Deska Arini, A.Md.  
Isnaini Sumirat, S.E.  
Anastasia Sivana, S.Amd.  
M. Hidayatullah, S.Kom.  
Rizka Ariyanto, S.Kom.

## Reviewer

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Prof. Ir. Widodo, MCSE., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U	(Universitas Islam Indonesia)
Dr. Eng., Mahmud Kori Effendi, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Semarang)
Dr. Ir. Andri Irfan Rifai, S.T., M.T., MA, IPM, ASEAN Eng.	(Universitas International Batam)
Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.	(Universitas Islam Indonesia)
Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA.	(Universitas Islam Indonesia)
Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.	(Universitas Islam Indonesia)
Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng.	(Universitas Islam Indonesia)
Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.	(Universitas Islam Indonesia)

## Editor

Jafar, S.T., M.T. MURP.  
Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.  
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.Eng.  
Astriana Hardawati, S.T., M. Eng.  
Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.  
Anisa Nur Amalina S.T., M. Eng.  
Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.  
Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.

## Penerbit:



**UNIVERSITAS  
ISLAM  
INDONESIA**

Kampus Terpadu UII

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584

Tel. (0274) 898 444 Ext. 2301; Fax. (0274) 898 444 psw 2091

e-mail: [penerbit@uii.ac.id](mailto:penerbit@uii.ac.id)

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah robbil 'alamin. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan prosiding naskah-naskah yang disajikan dalam *The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)* dapat terselesaikan. Tak lupa pula, sholawat serta salam selalu kita curahkan kepada Rasulullah SAW., beserta para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Jurusan Teknik Sipil (JTS) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Universitas Islam Indonesia membentuk sebuah forum yang diberi nama *Civil Engineering Research Forum (CE ReForm)* pada tahun 2021. Sebagaimana namanya, CE ReForm dimaksudkan menjadi suatu forum bagi para insan teknik sipil dan lainnya yang terkait untuk mendiskusikan hasil penelitian terkini. Forum ini diharapkan dapat menjadi wadah diseminasi hasil penelitian bidang teknik sipil, kebencanaan, dan keilmuan terkait bagi dosen dan mahasiswa baik dari JTS FTSP UII maupun instansi luar.

Mengusung tema "*Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan*", *The 3<sup>rd</sup> CE ReForm* diharapkan mampu memberi kesempatan para peserta untuk dapat saling berbagi hasil penelitian melalui presentasi dan tulisan yang baik, dan selanjutnya dapat dipublikasikan melalui prosiding ber-ISSN.

Selaku tim penyelenggara acara, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas partisipasi dan dukungan dari berbagai pihak, baik Pimpinan Jurusan dan Prodi serta Tenaga Kependidikan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil UII sehingga acara ini dapat terselenggara dengan baik. Di samping itu, kami juga mohon maaf atas segala kekurangan dalam pelaksanaan acara ini. Saran dan masukan sangat kami harapkan untuk perbaikan acara-acara mendatang.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Hormat Kami

Panitia *The 3<sup>rd</sup> CE ReForm*

**PROCEEDING**

**Civil Engineering Research Forum**

**Volume 2, Nomor 1, Juli 2022**

**The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Research Forum (The 3<sup>rd</sup> CE ReForm)**

**“Menyiapkan Infrastruktur Bangunan Sipil yang Berkelanjutan dan Berwawasan Kebencanaan”**

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>BIDANG STRUKTUR</b> .....	<b>1</b>
Evaluasi Kinerja Struktur Atas Jembatan Sardjito 1 dengan Metode Pushover Analysis.....	2
<b>(Kurniawan Mega Mahardika, Suharyatma, dan Astriana Hardawati)</b>	
Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 pada Karakteristik Beton Geopolimer.....	12
<b>(Muhammad Taufik Bima Perdana dan Sarwidi)</b>	
Studi Ekpermental Kuat Lentur Balok dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer sebagai Pengganti Baja Tulangan .....	21
<b>(Hariadi Yulianto, Helmy Akbar Bale, dan Amartya Rizki Ananda)</b>	
Pengaruh Variasi Kadar Bahan Tambah Waterproofing Damdex terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton.....	32
<b>(Miqdad Khosyi Akbar dan Helmy Akbar Bale)</b>	
Implementasi Perencanaan dan Pelaksanaan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Jalan Pasca Bencana Gempa dan Liquefaksi .....	42
<b>(Andri Irfan Rifai, Eko Galih Prasetyo, dan Hikmah)</b>	
Pengaruh Penggunaan Abu Batu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Karakteristik Beton Pada Mutu 30 Mpa .....	51
<b>(Raditya Pradhipta, Novi Rahmayanti, dan Atika Ulfah Jamal)</b>	
<b>BIDANG MANAJEMEN KONSTRUKSI</b> .....	<b>63</b>
Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Time Schedule dengan Analisis Resources Levelling.....	64
<b>(Septiana Rachmawati dan Vendie Abma)</b>	
Sinergi Keahlian Teknik Sipil pada Proyek Hulu Migas.....	74
<b>(Budi Satiawan)</b>	
Analisis Estimasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan AC-WC berdasarkan Observasi Lapangan.....	84
<b>(Wisanggeni Paramusesa Widayat, Albani Musyafa, dan Tri Nugroho Sulistyantoro)</b>	

<b>BIDANG SUMBER DAYA AIR.....</b>	<b>94</b>
Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.....	95
<b>(Kalya Indreswari, Dinia Anggraheni, dan Shofwatul Fadilah)</b>	
Modifikasi Analisis Risiko dan Pengendalian Metode FMEA-SAW dengan Metode Delphi dalam RPAM PDAM Kota Pekalongan.....	104
<b>(Muhammad Reperiza Furqon dan Muhamad Abdul Hadi)</b>	
<b>BIDANG TRANSPORTASI .....</b>	<b>115</b>
Tingkat Layanan Fasilitas Sepeda di Kawasan Pusaka Perkotaan Yogyakarta.....	116
<b>(Mei Ardi Nugrahaini, Dewanti, dan Muhammad Zudhy Irawan)</b>	
Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Akibat Pengaruh Putaran Balik di Jalan Ahmad Yani Kota Cilegon.....	128
<b>(Angling Furi Pradika dan Berlian Kushari)</b>	
Analisis Perbandingan Desain Mekanistik-Empiris Struktur Perkerasan Lentur dengan Pemodelan Elastik dan Viskoelastik : Studi Kasus pada Ruas Jalan Milir-Sentolo .....	136
<b>(Muh Iqbal Fajar Satria dan Berlian Kushari)</b>	
Pengaruh Penggunaan Limbah Gerabah sebagai Substitusi Filler terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Superpave .....	147
<b>(Melyza Adityaningrum dan Subarkah)</b>	
<i>Institutional-Based Transport Demand Management</i> di Lingkungan Kementerian Perhubungan .....	158
<b>(Fadli Adriansyah, Muhammad Zudhy Irawan, dan Achmad Munawar)</b>	
Analisis Dampak Lalu Lintas dan Evaluasi Desain Pembangunan Jembatan Ploso Baru dengan Pemodelan Vissim .....	168
<b>(Sigit Wisnu Untoro, M. Zudhy Irawan, dan Siti Malkhamah)</b>	
Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikat Starbit E-55 dengan Pen 60/70 menggunakan Metode Elastik Linear .....	179
<b>(Laziqoh Zahatul Tolab, Muhamad Abdul Hadi, dan Miftahul Fauziah)</b>	
<b>BIDANG GEOTEKNIK.....</b>	<b>188</b>
Analisis Potensi Likuifaksi pada RS UII berdasarkan Data N-SPT .....	189
<b>(Kintan Amanda, Hanindya Kusuma Artati, dan Edy Purwanto)</b>	
Pengaruh Variasi Diameter Tiang Bor pada Perkuatan Lereng Ruas Jalan Tawaeli-Toboli KM 59+175 .....	196
<b>(Dede Irham Arief, Agus Darmawan Adi, dan Fikri Faris)</b>	
Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Matos sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung terhadap Nilai CBR dan Swelling .....	207
<b>(Dewi Kurnia Sukmawati, Muhammad Rifqi Abdurrozak, dan Rahmadi Agus Setiawan)</b>	
Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum terhadap Nilai CBR dan Nilai Swelling Tanah Lempung .....	218
<b>(Tri Yani Rinawati dan Muhammad Rifqi Abdurrozak)</b>	

## MODIFIKASI ANALISIS RISIKO DAN PENGENDALIAN METODE FMEA-SAW DENGAN METODE DELPHI DALAM RPAM PDAM KOTA PEKALONGAN

Muhammad Reperiza Furqon<sup>1</sup> dan Muhamad Abdul Hadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Balai Prasarana Permukiman Wilayah, Dirjen Cipta Karya, Bangka Belitung, Indonesia

Email: [muhammad.furqon@pu.go.id](mailto:muhammad.furqon@pu.go.id)

<sup>2</sup> Prodi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Email: [muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id](mailto:muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id)

### ABSTRACT

*The research about risk management in PDAM study location in PDAM Pekalongan City, Central Java. The WSP-Operator begin with: (1) intake, (2) water treatment units, and (3) water distribution units. Hazard events that may occur in drinking water quality are analyzed by laboratory tests through sampling in the supply chain, water treatment installations, and household connections as the basis for developing the FMEA Methodology. Development of FMEA Method done by aligning indicators and sub-indicators of severity which is happened related to 4K (Quality, Quantity, Continuity, Affordability) by adding Delphi Method. The results of the Delphi method questionnaire show that the most important physical quality sub-indicators of quality susceptibility are odor (108) and turbidity (100), chemical quality susceptibility sub-indicators are industry (94) and agriculture (62), biological quality sub-indicator susceptibility is bacteria (64) and worms (48), susceptibility to quantity of water loss sub-indicators (104) and regulation (96), vulnerability to continuity of pressure sub-indicators (94) and vulnerability to affordability of production cost sub-indicators (66). The FMEA method can see the level of severity, the level of probability of occurrence, the level of detection, and the level of authority so that it can produce a Risk Priority Number (RPN). The results of the RPN at peak hours of water use with the lowest value is 2700 for the danger of "unavailability of minimal coagulant stock" while the highest is 213.920 for the danger of "stone and river sand mining". Thus, PDAM Pekalongan can take appropriate and sustainable alternative hazard control or hazard mitigation measures.*

**Keywords:** FMEA-SAW, Risk Management, Delphi Method, RPAM-operator

### PENDAHULUAN

Pemerintah menggunakan berbagai strategi untuk menjamin tersedianya dan terpenuhinya pelayanan air minum bagi masyarakat yang memenuhi 4 (empat) standar kriteria atau dikenal sebagai 4K (Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, dan Keterjangkauan) yang dilakukan secara terpadu oleh pemangku kepentingan terkait, pemerintah, penyedia jasa/ operator baik berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), non-PDAM dan komunal serta

pihak masyarakat, swasta, dan lembaga terkait lainnya (BPPSPAM, 2009). Pertumbuhan populasi luas perkotaan menjadi masalah yang sangat besar dalam pengawasan terhadap peningkatan kebutuhan air minum. Total 96% populasi masyarakat perkotaan telah memiliki akses terhadap perbaikan sumber air bersih akan tetapi memiliki masalah terhadap kualitas air, pelayanan yang terganggu, dan disinfeksi yang tidak cukup baik (Muntalif Barti S, 2017). Usaha-usaha peningkatan



pencapaian akses aman air minum telah dilakukan oleh Badan Peningkatan Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM) dengan melakukan revitalisasi lembaga Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan program Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM). RPAM didefinisikan sebagai upaya pengamanan pasokan air minum baik dari segi kualitasnya dengan upaya perlindungan (*prevention*) sumber air dan pencegahan (*protection*) pencemaran badan air dari segi kuantitasnya mulai dari sumber (*catchment*) sampai ke keran air (*water-tap*) penduduk.

PDAM Kota Pekalongan merupakan salah satu lembaga yang melakukan revitalisasi sistem penyediaan air minum melalui program RPAM yang diharapkan telah menerapkan rencana pengamanan air minum yang baik dari segi pengurangan risiko pada rantai pasok penyediaan air minum. Hal ini dikarenakan wilayah Kota Pekalongan merupakan wilayah pesisir pantai yang sangat sering dilanda oleh bencana banjir ROB Pantura yang telah terbukti menyebabkan kerusakan pada instalasi dan alat-alat operasi PDAM. Selanjutnya peristiwa kejadian kegagalan produksi lainnya baik dari segi operasional seperti kurangnya daya listrik, kurangnya dosis koagulan akibat perubahan kualitas air baku, dan adanya penambangan pasir di hulu yang mempengaruhi kualitas air baku merupakan beberapa permasalahan yang ada di PDAM Kota Pekalongan.

Dalam melakukan penilaian manajemen risiko, pertama, peneliti melakukan penentuan indikator dan sub-indikator kerentanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dengan uji validasi kualitas air minum (uji laboratorium) dan modifikasi FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dengan metode *Delphi* untuk menentukan indikator dan sub-indikator *severity* untuk menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*)

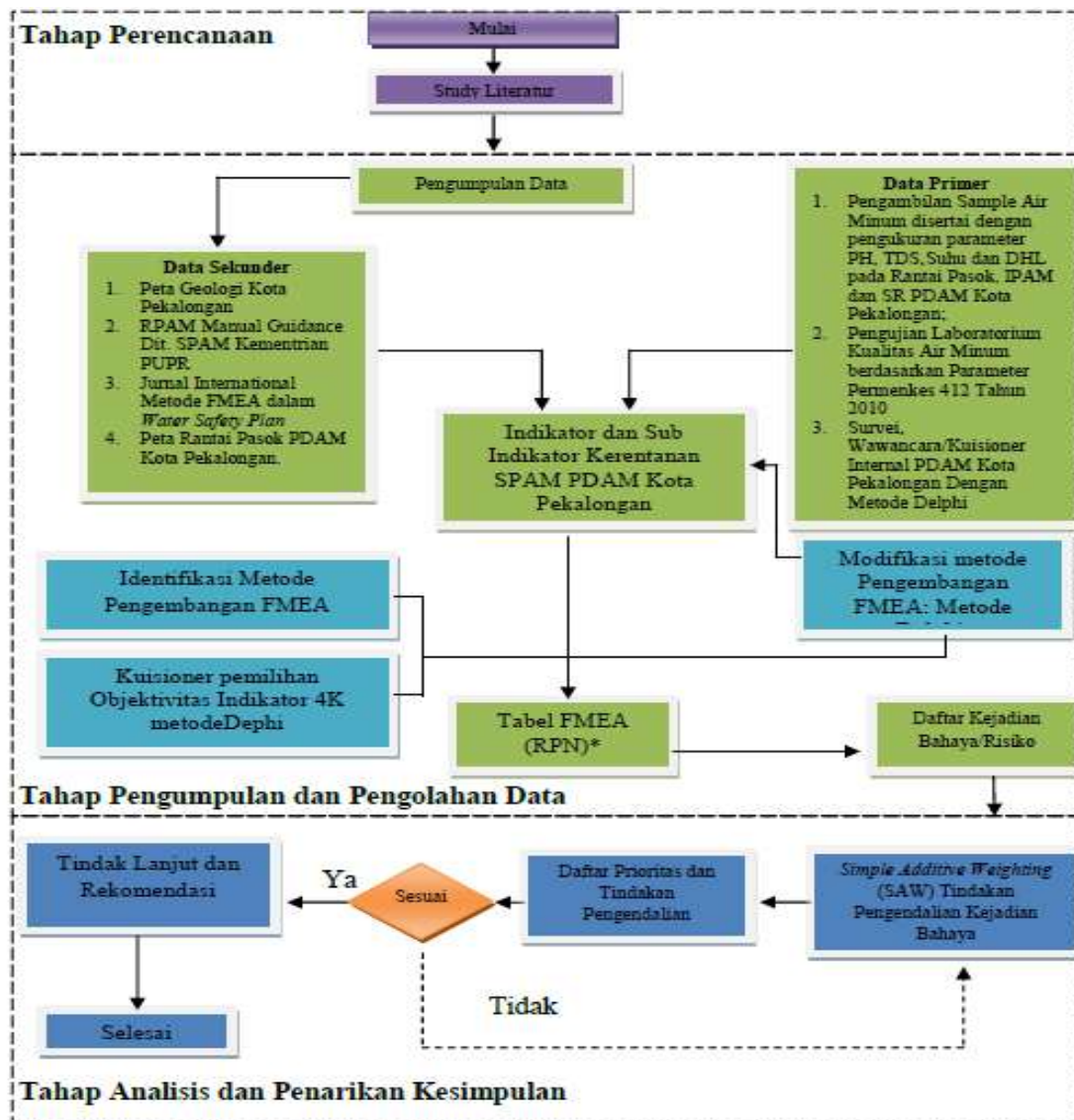
yang dapat digunakan untuk melihat penyebab kegagalan, efek dari tingkat kegagalan tersebut, dan tingkat kritis dari efek kegagalan terhadap fungsi dari sistem RPAM- Operator.

Metode FMEA yang merupakan unsur utama dalam melakukan analisis RPAM PDAM Kota Pekalongan adalah metode sistematis dan prodinamis sejalan dengan dampak yang relatif dari jenis kegagalan yang berbeda yang akan dinilai dan berubah membutuhkan peng-identifikasian bagian dari proses dimana variasi harus dilakukan menjadi sangat penting (Sahu, dkk., 2016)

Metode *Delphi* adalah eksplorasi yang kreatif dan reliabel mengenai ide-ide atau produksi informasi dalam penentuan keputusan, seperti kebijakan. Analisa *Delphi* berdasarkan pada proses terstruktur untuk mengumpulkan dan memurnikan pengetahuan dari sebuah kelompok ahli atau pakar dalam arti mengenai sebuah lembar pertanyaan yang disebar dan umpan balik yang terkontrol (Adler dan Ziglio, 1966). Metode FMEA yang telah dimodifikasi dengan Metode *Delphi* akan menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang efektif dan digunakan sebagai dasar untuk tindakan-tindakan pengendalian dan perbaikan pada sistem yang mengalami kegagalan/ kerusakan dengan menggunakan analisis pembobotan *Simple Additive Weighting* (SAW) sebagai rekomendasi tindak lanjut.

## METODOLOGI

Metodologi penelitian ini memiliki garis besar yang terdiri dari beberapa tahapan dimulai dari kajian studi literatur terkait RPAM-Operator, pengumpulan data termasuk di dalamnya inventarisasi daftar kejadian bahaya, menganalisis indikator dan sub-indikator kerentanan SPAM dengan menggunakan metode *Delphi* melalui kuisisioner terhadap internal PDAM sebagai input dalam tabel *severity* FMEA. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat ditekan bahwa yang menjadi fokus penelitian adalah analisis kegagalan RPAM-Operator mulai dari intake, instalasi pengolahan sampai kepada jaringan distribusi air minum pada PDAM Kota Pekalongan.

Kualitas program manajemen (FMEA) dapat dikembangkan dan berkembang tidak hanya melihat pada faktor kelalaian manusia tetapi juga tingkah laku manusia yang dapat meningkatkan kinerja dalam

sistem yang berdampak pada kejadian bahaya secara spesifik dengan mengetahui koordinasi pekerja-an antar tim serta bagaimana kejadian bahaya yang dinamis mempengaruhi pembuat tugas dan hambatan (Southard, dkk., 2011)

**Data yang digunakan**

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lapangan, data ini diperoleh melalui pengamatan dan perhitungan hasil wawancara terhadap

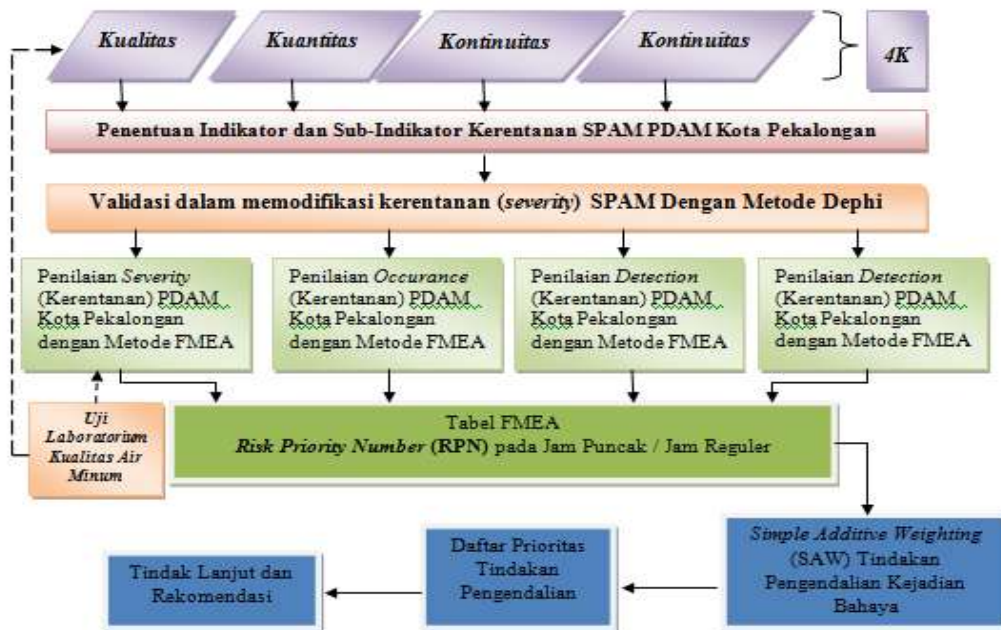
responden secara langsung. Data primer yang diperoleh meliputi:

1. Pengambilan sampel air minum dan pengujian laboratorium kualitas air minum berdasarkan parameter PERMENKES 412/IV/2010.
2. Pengisian kuisisioner untuk mengetahui indikator dan sub-indikator yang memengaruhi kerentanan sistem penyediaan air minum yang ada di PDAM Kota Pekalongan (Gambar 2) dengan menggunakan Metode *Delphi*.
3. Pengisian tabel FMEA untuk menginventarisasikan kejadian bahaya

(*severity, occurrence, detection, authority*) sehingga menghasilkan RPN.



Gambar 2. Lokasi Penelitian



Gambar 3. Diagram alir tahapan pengolahan FMEA

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh berdasarkan kajian laporan, jurnal, ataupun dari data instansi terkait. Data sekunder yang diperoleh antara lain:

1. WHO & DWI guideline tentang *Water Safety Plan*.
2. Manual RPAM
3. Program USAID Indonesia *Urban Water, Sanitation and Hygiene*

Penyehatan Lingkungan untuk Semua (IUWASH PLUS).

4. Laporan studi terkait dengan manajemen risiko khususnya terkait dalam pengembangan SPAM.
5. *Manual Guideline* pengisian tabel FMEA.
6. Jurnal International terkait metode FMEA dalam *Water Safety Plan*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode FMEA yang dikembangkan

Proses penentuan faktor dan sub-faktor dilakukan dengan tahapan identifikasi, verifikasi (kuisisioner *Delphi* tahap I dan II) dan penetapan (evaluasi keputusan) menggunakan metode *Delphi*. Tahapan pengolahan FMEA dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir seperti Gambar 3 berikut.

Faktor dan sub-faktor yang dipilih dengan pertimbangan/ sudut pandang yakni faktor dan sub-faktor yang memengaruhi atau ber-

hubungan dengan keterpaparan (*severity*)/ ketentanan SPAM, dilihat dari berbagai kejadian bahaya yang ada pada PDAM dalam usahanya melaksanakan pengamanan rantai pasoknya/ sistem penyediaan air minumannya. Jadi, faktor dan sub-faktor terpilih tersebut akan dapat digunakan sebagai kategori atau klasifikasi berbagai kejadian bahaya yang mungkin terjadi, sehingga dapat diketahui penilaian dari masing-masing kejadian bahaya tersebut. Daftar faktor dan sub-faktor kerentanan SPAM PDAM seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Faktor dan Sub-faktor Kerentanan SPAM PDAM

Faktor	Referensi	Subfaktor	Referensi	Subfaktor II	Referensi	
Kualitas	Guy Howard and Jamie Bartram, Effective water supply surveillance in urban areas of developing countries; (2003) <i>Domestic water quantity, service level and health, Geneva World Health Organization</i>	Fisik	Permenkes 492/2010; Guidelines for Drinking Water Quality WHO	Suhu	Permenkes 492/2010	
		Kimia		Kelompok zat kimia di dalam air minum yang terjadi secara alami	Bau	Permenkes 492/2010
					Warna	Permenkes 492/2010
Rasa	Permenkes 492/2010					
				Kekeruhan	Permenkes 492/2010	
				TDS	Permenkes 492/2010	
				Kelompok zat kimia yang masuk ke dalam air minum yang bersumber dari industri dan hunian manusia	Guideline for Drinking Water Quality WHO; Surveillance of drinking-water (service indicators); Guideline value for individual chemical by source category	
				Kelompok zat kimia yang masuk ke dalam air minum yang bersumber dari industri dan hunian manusia	Guideline for Drinking Water Quality WHO; Surveillance of drinking-water (service indicators); Guideline value for individual chemical by source category	

Identifikasi faktor/ sub-faktor beserta referensinya disusun sebagaimana terlihat dalam tabel diatas. Proses verifikasi dilakukan dengan menyebarkan kuisisioner kepada responden internal PDAM di tahap pertama untuk mendapatkan *baseline* awal faktor dan sub-faktor yang dianggap penting dalam proses pelaksanaan RPAM

dengan meninjau dari aspek 4K (Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, Keterjangkauan).

Setelah aspek-aspek dan faktor-faktor tersebut ditemukan maka peneliti melanjutkan dengan menganalisis dan mengurutkan seluruh kejadian bahaya yang berasal dari faktor/ aspek di atas ke dalam tabel FMEA untuk dilihat *Severity, Occurance and Detection* agar dapat

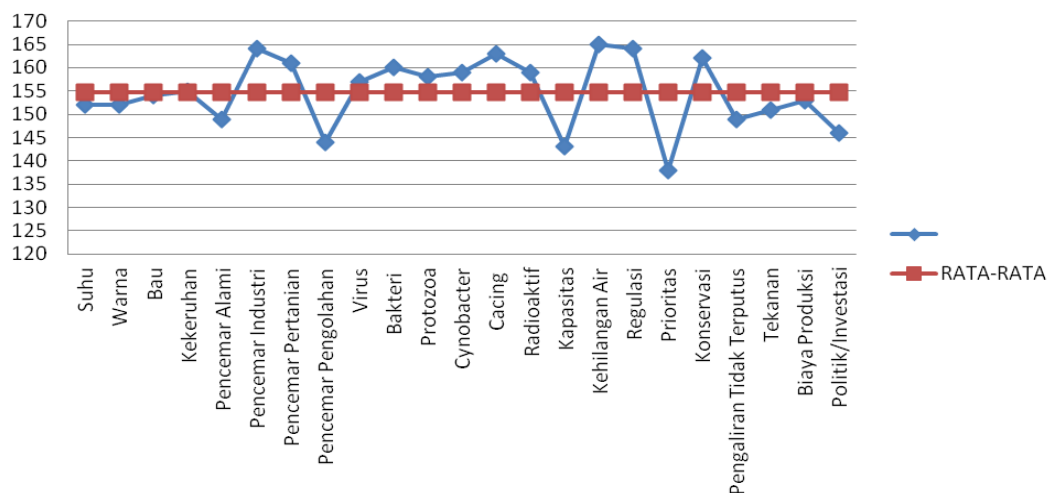
menghasilkan RPN. Untuk melengkapi dan melakukan keterbaharuan ilmu pengetahuan yang dalam penelitian ini, peneliti melakukan modifikasi terhadap prosedur FMEA dengan memberikan input pada tahap *severity* seperti yang dilakukan di atas dan *occurance* dimana pada tahapan

pertimbangan kejadian peneliti akan membagi dua zona *occurance* yaitu pada jam puncak pemakaian air (*peak hours*) dan jam standard pemakaian air (*regular hours*) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Matriks Modifikasi Manajemen Risiko dengan Metode FMEA

Jenis Resiko	Accident Time/ Waktu Kejadian		Occurance/ Frekuensi Kejadian		Detection/ Kemampuan Deteksi		Authority/ Kewenangan		
	K1	K2	K3	K4	Kriteria	Nilai	Kriteria	Nilai	
		Jam Puncak	5	Sungai Jarang	2	Sangat mudah dideteksi	1	Didalam kewenangan	1
		Jam Normal	1	Jarang	4	Mudah dideteksi	3	Diluar kewenangan	5
				Sedang	6	Cenderung mudah dideteksi	5		
				Sering	8	Sulit dideteksi	7		
				Hampir Selalu	10	Tidak dapat dideteksi	9		

### Indikator Kerentanan SPAM Keseluruhan



Gambar 4. Indikator Kerentanan SPAM Kuisisioner *Delphi* Tahap I

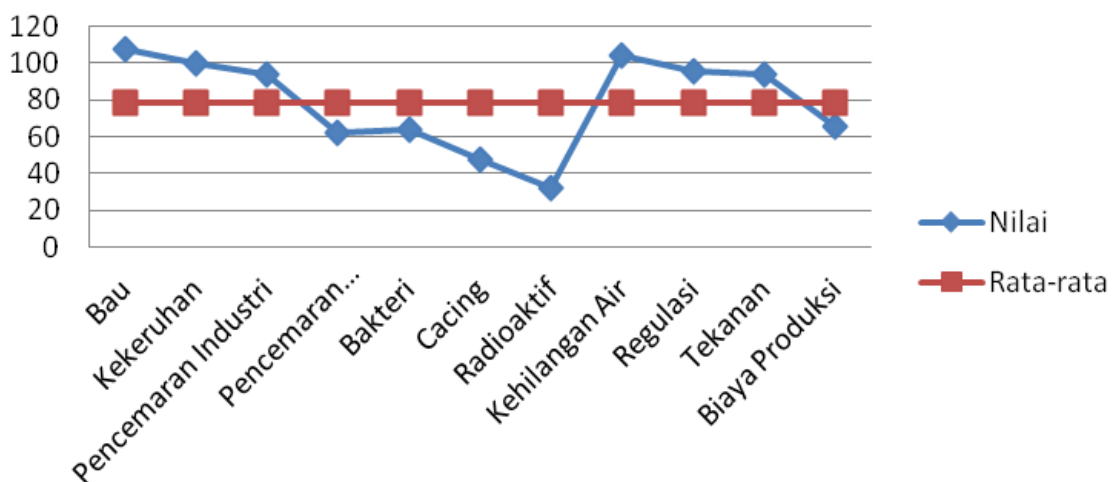
Hasil tersebut dibawah ini diperoleh melalui hasil kuisisioner dengan tingkat

kepentingan/signifkansi dalam PDAM Kota Pekalongan dengan nilai 1 = “Sangat Tidak

Berpengaruh/ Tidak Signifikan” dan 5 = “Sangat Berpengaruh/ Signifikan” sehingga dapat dilihat kepentingan indikator dan sub-indikator kerentanan SPAM dari sisi 4K (Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, dan Keterjangkauan). Hasil kuisisioner metode *Delphi* tahap I diperoleh bahwa indikator yang menjadi prioritas dari total 23 indikator dan sub-indikator awal menjadi 11 indikator penting yang akan dilanjutkan sebagai dasar kuisisioner *Delphi* tahap II.

Indikator dan sub-indikator yang berada pada nilai di atas rata-rata dari kuisisioner signifikansi *Delphi* tahap I adalah bau, kekeruhan, pencemaran industri, pencemaran pertanian, virus, bakteri, *protozoa*, *cynobacter*, cacing, radioaktif, kehilangan air, regulasi, konservasi serta biaya produksi sebagaimana ditunjukkan grafik pada Gambar 4 berikut.

### Indikator Kerentanan Keseluruhan



Gambar 5. Indikator Kerentanan SPAM Kuisisioner *Delphi* Tahap II

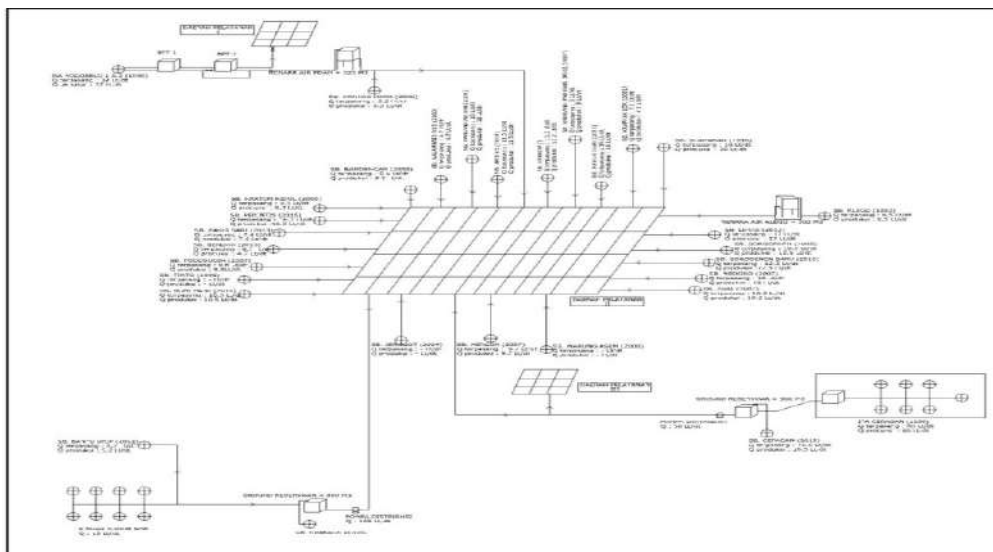
Hasil Gambar 5 diperoleh melalui hasil kuisisioner dengan tingkat kepentingan/signifkansi dalam PDAM Kota Pekalongan menggunakan alasan dalam menjawab penilaian, nilai 1 = jawaban “Tidak” baik disertai alasan ataupun tidak disertai alasan, 5 = jawaban “Ya” disertai dengan alasan yang tepat, dan nilai 3 = jawaban “Ya” tidak disertai alasan ataupun dengan alasan yang kurang tepat. Pada penilaian kuisisioner metode *Delphi* tahap II ini terlihat bahwa sebagian besar jawaban

menunjukkan konsistensi indikator dan subindikator sejalan dengan kuisisioner *Delphi* tahap I yaitu bau, kekeruhan, penecemar industry, pencemar pertanian, bakteri, hemlinth, radioaktif, kehilangan air, regulasi, tekanan dan biaya produksi kecuali pada parameter kualitas dengan subindikator radioaktif yang memiliki nilai dibawah jauh rata-rata sehingga tidak menjadi sebuah prioritas keretanan SPAM PDAM Kota Pekalongan.

Tabel 3. Hasil rekap kuisinoer metode Delphi II  
Sumber: (Analisis Data PDAM Kota Pekalongan 2018)

Faktor	Subfaktor	Nilai
Kualitas Fisik	PH	108
	Bau	108
	Warna	30
	Rasa	30
	Kekeruhan	100
	TDS	30
Kualitas Kimia	Alami	30
	Industri	94
	Pertanian	62
	Bahan Olahan	30
Kualitas Biologi	Bakteri	64
	Virus	30
	Protozoa	30
	Helminth	48
	Cyanobacteria	30
Radioaktif	Radioaktif	32
Kuantitas	Kehilangan Air	104
	Regulasi	96
	Kapasitas	30
	Prioritas	30
	Konservasi	30
Kontinuitas	Tekanan	94
	Pengaliran 24 Jam	30
Kerterjangkauan	Biaya Produksi	66
	Politik/Investasi	30
	Total Nilai	30

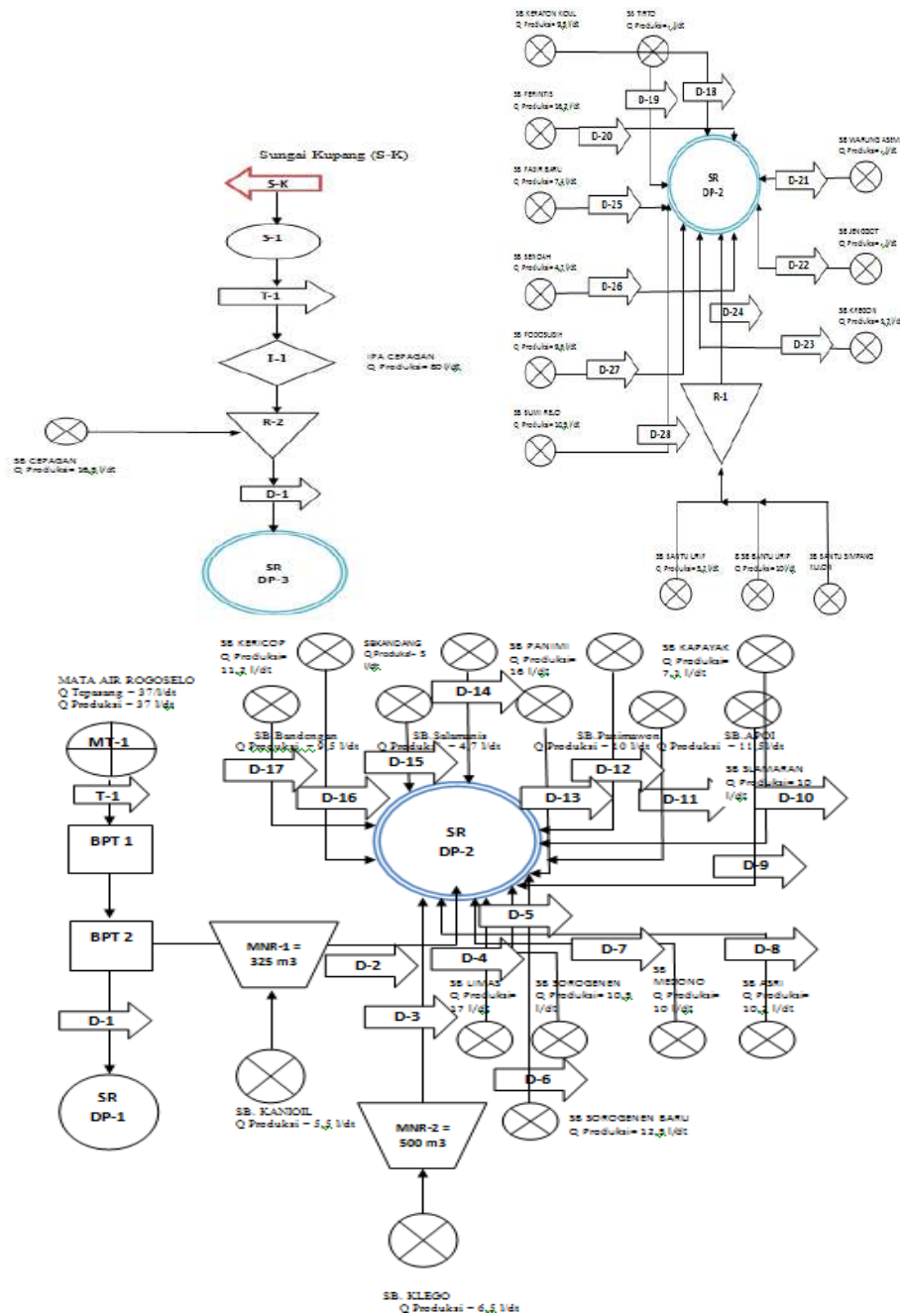
Skematik dan Rantai Pasok SPAM PDAM Pekalongan



Gambar 6. Skematik Keseluruhan Sistem Pelayanan PDAM Kota Pekalongan

Sistem pada Gambar 6. diatas meliputi keseluruhan komponen penyediaan air minum. mulai dari sumber air baku, sistem transmisi air baku, instalasi pengolahan air minum, sistem penampung-an/ reservoir, jaringan pipa distribusi, sampai ke pelanggan atau sambungan rumah.

Pembuatan skematik dan rantai pasok PDAM Kota Pekalongan bertujuan untuk mengatahui seluruh sistem yang bekerja pada PDAM Kota Pekalongan dan dapat melakukan deteksi bahaya pada setiap sistem maupun subsistem yang ada.

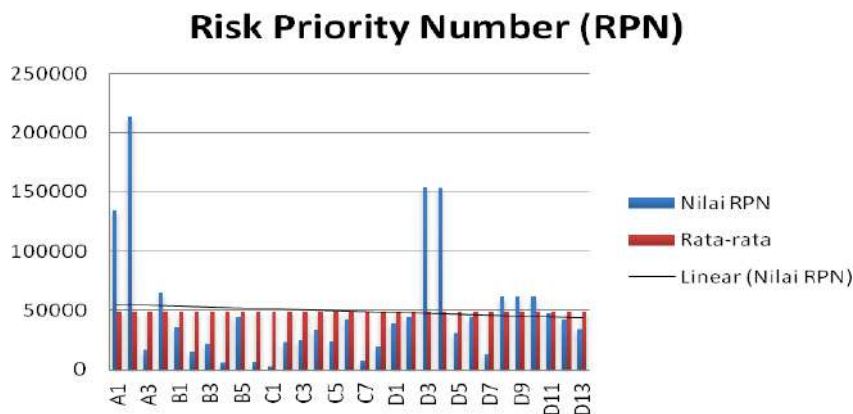


Gambar 7. Sistem dan Subsistem Rantai Pasok PDAM Kota Pekalongan



Hasil penilaian *RPN* tiap kejadian bahaya terhadap rantai pasok PDAM Kota Pekalongan dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini. Nilai minimum *RPN* adalah 2.700 untuk kejadian bahaya “tidak tersedianya stok minimum koagulan” sedangkan nilai maksimum *RPN* PDAM Kota Pekalongan adalah 213.920 untuk kejadian bahaya adanya “penambangan batu sungai dan pasir” (dari skala

1.000.000), penambangan pasir dan batu sungai mengakibatkan banyak dampak yang sangat dikeluhkan oleh PDAM Kota Pekalongan antara lain menurunnya PH sehingga meningkatkan keasaman air yang dapat merusak instalasi pengolahan air minum Cepagan yang mengakibatkan penambahan biaya produksi dan penambahan biaya pemeliharaan IPA.



Gambar 8. Range RPN kejadian bahaya PDAM Kota Pekalongan  
Sumber : (Analisis Data PDAM Kota Pekalongan 2018)

Melalui hasil matriks penilaian *Simple Additive Weighting* (SAW) diperoleh nilai tertinggi pembobotan dengan nilai total 11,08 pada prioritas tindakan pengendalian bahaya “Perlu tindak lanjut MoU yang sudah antar PDAM dengan Dinas ESDM dan KLHK serta koordinasi dengan BBWS dan perlu tindakan pengendalian yang sangat mendesak atau sesegera mungkin.

### KESIMPULAN

Hasil nilai RPN Pada range *RPN* terhadap indikator kejadian bahaya A1 - D13 diatas dapat dikategorikan kedalam dua bagian yaitu jika nilai *Risk Priority Number* melewati angka rata-rata (ambang batas) dengan nilai 49.232 maka dikategorikan *high risk* untuk dapat segera dilakukan tindakan pengendalian bahaya, akan tetapi jika dibawah nilai ambang batas

dikategorikan *low risk* dimana masih terdapat waktu toleransi pengendalian/ dapat dipantau dan diawasi sehingga tidak menjadi risiko tinggi namun dapat dilihat kritisitas dengan parameter lainnya parameter lainnya (uji kualitas air minum).

Hasil penialaian pemilihan tindakan prioritas dengan menggunakan metode SAW (*Simple Additive Weighting*) diperoleh bahwa tindakan prioritas utama yang harus di ambil oleh PDAM adalah “Tindaklanjutan MoU PDAM dengan Dinas ESDM dan KLHK serta berkoordinasi dengan BBWS” hal ini sejalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi karena terjadinya penambangan batu sungai dan pasir di hulu intake sungai kupang yang mengakibatkan kekeruhan air baku PDAM Kota Pekalongan sangat tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adler, M., & E. Ziglio (1996) (eds.) *Gazing into the oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*.
- Husein, A.. (2011). *Management Proyek (Edisi Revisi)*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Husein, Firdaus M., Hassim, M. H., Ng, Deni K., Jouhari, A., Kamariudin J., & Ngadi, N (2018). Guidelines for process safety hazard assessment based on process information. *Journal of Eng. Tech. Sci*, 50, 272-290.
- Maheswaran, K., & Loganathan, K. (2013). A Novel Approach for Prioritization of Failure Mode in FMEA using MCDM. *International Journal of Engineering Research and Application*, Vol. 3, pp 733-739.
- Makhmudah,N. & Notodarmojo, S.. (2010). Penyisihan besi-mangan, kekeruhan dan warna menggunakan saringan pasir lambat menggunakan saringan pasir lambat pada kondisi saringan tidak jenuh , Studi Kasus : Sungai Cikapundung. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16 (2), 150-159.
- Maryati, Sri, (2009). “Keterkaitan variabel lingkungan terhadap biaya penyediaan air minum”. Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- Mozuni, M. & Wolfgang, J.(2018). An introduction to morphological delphi method for design : a tools for future oriented reseach design. *The Journal of Desain, Economic and Inovation*, Vol 3(4).
- Muntalif, B. S., Nastiti, A., Rosmini, D., Sudrajat, A., Meijerink, S.V., & Smits, Antonie J.M. (2017). Household water supply strategies in urban Bandung, Indonesia: findings and implications for future water access reporting. *Journal of Eng. Tech. Sci*, 49, 811-832.
- Sahu, A., Yawatkar, P., Jatav, M. P., Jain, G., & Mishra, S. (2016). Quality risk management of purified water generation system using failure mode and effect Analysis (FMEA) as risk assessment tools. *World Journal of Pharmaceutical Science*, 4(5), 224-229.
- Southard P.B.,Kumar S., & Southard C.A. (2011). A modified delphi methodology to conduct failure mode effect analysis: a patient-centric effort in clinical laboratory. *Journal of Operations and Supply Chain Management Faculty Publications*,1.



# THE 3<sup>rd</sup> CE REFORM

**€ReForm**  
CIVIL ENGINEERING RESEARCH FORUM



JURUSAN  
TEKNIK SIPIL

- [ce.reform@uii.ac.id](mailto:ce.reform@uii.ac.id)
- [civil.uui.ac.id/3rd-cereform](http://civil.uui.ac.id/3rd-cereform)
- 0823-8653-4836

ISSN 2962-2697



9 772962 269009