

**PENILAIAN RESIKO DENGAN MENGGUNAKAN METODE
PENDEKATAN ANALISIS RESIKO EKOLOGI DALAM RENCANA
PENGAMANAN AIR (RPA) SUMBER DARI SUNGAI CIKAPUNDUNG**

(Studi Kasus di IPA Dago Pakar, PDAM Tirtawening, Kota Bandung)

**RISK ASSESSMENT USING THE APPROACH OF ECOLOGICAL RISK
ANALYSIS METHOD FOR WATER SAFETY PLAN (WSP)**

CIKAPUNDUNG RIVER WATER SOURCE

(Case Study in Dago Pakar WTP, PDAM Tirtawening, Bandung)

Paulina Sri Widarti¹ dan Arief Sudradjat²

Program Magister Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

¹paulina_swidarti@yahoo.co.id, dan ²arief.sudradjat@yahoo.com

Abstrak : Instalasi Pengolahan Air (IPA) Dago Pakar, PDAM Tirtawening menggunakan sumber air baku dari Sungai Cikapundung (melalui intake Bantarawi), dimana kondisi sungai tersebut sekarang banyak mengalami penurunan baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Sungai Cikapundung telah tercemar oleh limbah peternakan dan domestik, terutama yang berasal dari wilayah Hulu Sungai Cikapundung. Kondisi tersebut menyebabkan bertambahnya beban pengolahan IPA, sehingga menyebabkan bertambahnya biaya produksi yang dikeluarkan oleh IPA Dago Pakar. Beban IPA bertambah karena bertambahnya penggunaan koagulan (PAC) dengan jenis PAC yang berbeda harga pembeliannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi penelitian tentang penilaian resiko pada unit pengolahan akibat dari perubahan kualitas (kekeruhan, BOD, warna, pH, DO dan TOC) dan kuantitas sumber air baku. Adapun metode yang digunakan adalah pendekatan metode analisa resiko ekologi. Hasil identifikasi menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara kekeruhan akibat limbah peternakan sapi dan kejadian hujan terhadap pemakaian jumlah koagulan bubuk (kg), koefisien korelasi Spearman sebesar 0,795 dan 0,766 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Nilai total resiko tergolong memiliki resiko tinggi dengan rata-rata dalam tahun 2013 yaitu sebesar 6,48 % dari harga jual air atau sebesar Rp287,36/m³ kapasitas produksi. Hasil peramalan dengan program Crystal Ball dengan memakai tools analisa skenario menggunakan data persentil 1 – 10 %, diperoleh hasil untuk data persentil 1 % diperoleh nilai total resiko Rp250,79/m³ kapasitas produksi atau 5,65 % dari harga jual air (resiko tinggi) dan pada data persentil 10 % diperoleh nilai total resiko Rp266,33/m³ kapasitas produksi atau 6 % dari harga jual air (resiko sangat tinggi).

Kata kunci : Analisa resiko ekologi, Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM), IPA Dago Pakar, analisa skenario, program Crystal Ball

Abstract : Dago Pakar Water Treatment Plant (WTP), PDAM Tirtawening use raw water sources from Cikapundung River (through Bantarawi intake), where the condition of the river now much decreased in terms of both quality and quantity. Cikapundung river are polluted by livestock waste, and domestic, especially those from the Upper River region of Cikapundung river. These conditions lead to increased processing load on WTP, thus resulting in increased production costs incurred by Dago Pakar WTP. WTP load increases due to increasing the use of coagulants (PAC) with different types of PAC and purchase price. Therefore, it is necessary to research on risk assessment study on the processing units as a result of changes in quality (turbidity, BOD, color, pH, DO and TOC) and quantity of raw water source. The approach of ecological risk analysis method is use for this study. The result of the identification shows a strong correlation between the turbidity of livestock waste and rain events with the use of powder coagulant (kg). The Spearman correlation coefficient are 0.795 and 0.766 with significance value are 0.000 ($p < 0.05$) respectively. The total risk value is classified as high risk. The total risk value is 6.48% of the average of the water selling price or Rp287.36/m³ production capacity. The results of the Crystal Ball program forecasting using scenario analysis with 1

– 10 % percentile data show that total risk value for the 1 % percentile is 5.65% of the average of the water selling price (high risk) or Rp250.79/m³ production capacity and for the 10 % percentile is 6% of the average of the water selling price (very high risk) or at Rp266.33/m³ production capacity.

Keywords : ecological risk analysis, Water Safety Plan (WSP), Dago Pakar WTP, scenario analysis, Crystal Ball program

PENDAHULUAN

Pelayanan suplai air bersih/air minum sangat penting bagi penduduk. Apalagi suplai air bersih/air minum yang terjamin kualitas, kuantitas, kontinuitas dan keterjangkauannya. Fakta yang terjadi di Indonesia adalah masih belum terpenuhinya pelayanan kualitas air minum serta masih rendahnya cakupan dan tingkat pelayanan air minum, dimana rata-rata konsumsi air penduduk pada daerah urban berkisar 150 – 165 l/orang/hari sedangkan di daerah kabupaten 80 – 120 l/orang/hari (Isnaniawardhana, 2008).

IPA Dago Pakar menggunakan sumber air baku dari sungai Cikapundung sebesar ± 600 l/dtk (PDAM Tirtawening, 2013). Kondisi saat ini, sungai Cikapundung telah mengalami pencemaran dari limbah peternakan, maupun domestik. Kualitas dan kuantitas air Sungai Cikapundung sebagai sumber air baku PDAM Tirtawening di IPA Dago Pakar sudah tercemar dibandingkan dengan baku mutu kelas III menurut PP 82 Tahun 2001, sedangkan sebagai air baku air minum harus sesuai baku mutu kelas I (Badiamurti dan Muntalif, 2010). Selain itu, terjadi penurunan debit sungai, yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan, dimana untuk *intake* air baku harus dihindari debit ekstrim minimum (Sabar, 2006). Dengan kondisi tersebut menyebabkan potensi resiko pada beban pengelolaan dan pengolahan di PDAM semakin besar. Oleh karena itu, diperlukan suatu konsep manajemen tentang rencana pengamanan air minum (RPAM) atau *Water Safety Plans* (WSPs) sumber yang berbasis resiko dengan menggunakan pendekatan metode analisis resiko ekologi/*Ecological Risk Assessment* (ERA) (Bartram dkk., 2009 dan U.S.EPA, 1998). Dalam penelitian ini, analisis resiko akan difokuskan pada parameter penurunan kualitas air sungai Cikapundung akibat penurunan debit air baku, sampah, kekeruhan, dan materi organik.

RPAM merupakan upaya yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia yaitu air bersih. Bila berbicara tentang penyediaan air bersih, maka indikatornya adalah bukan hanya dalam bentuk berapa rumah tangga yang telah berhasil dilayani dengan sambungan langsung PDAM, atau berapa banyak masyarakat yang telah mempunyai fasilitas jamban sehat. Tetapi sebaiknya seberapa banyak rumah tangga yang tidak lagi membeli air dari luar, atau seberapa jauh pencemaran badan air di sekitarnya dapat diturunkan, atau yang lebih ideal lagi adalah seberapa besar penyakit menular melalui air dapat diturunkan (Damanhuri, 2006).

Penilaian resiko merupakan proses teknik dan ilmiah dimana resiko dari suatu situasi dari sistem dimodelkan dan dikuantifikasi. Penilaian resiko menyediakan data kualitatif dan kuantitatif kepada pembuat keputusan untuk penggunaan yang akan datang dalam manajemen resiko sebagai dasar untuk menentukan prioritas dan/atau tindakan koreksi (Ayyub dkk., 1999; WHO, 2004 dalam Liu dkk., 2011).

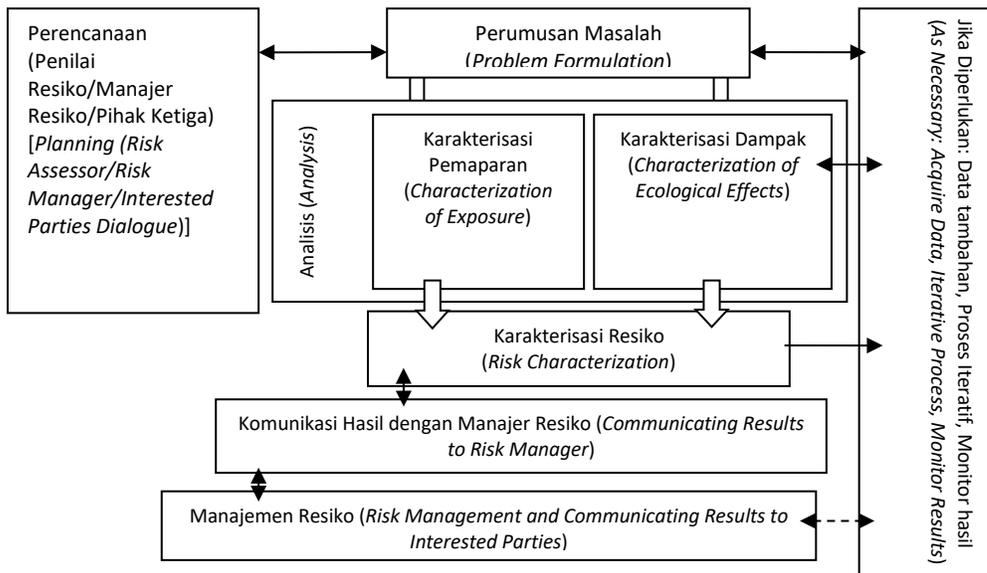
ERA (**Gambar 1**) didefinisikan sebagai proses untuk mengevaluasi kemungkinan (*likelihood*) dari dampak yang merugikan yang terjadi atau akan terjadi sebagai hasil pemaparan satu atau lebih sumber/penyebab resiko (*stressors*) (U.S.EPA, 1992). ERA menyediakan dasar ilmiah untuk mengelola resiko yang akan dihasilkan dari perubahan suatu proyek untuk melindungi keberagaman ekosistem alam (Qin dkk., 2011). ERA dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan dampak merugikan di masa depan (*prospective*) atau mengevaluasi kemungkinan dampak yang disebabkan paparan yang telah lalu oleh sumber resiko (*retrospective*) (U.S.EPA, 1998). ERA juga dapat mengevaluasi dampak negatif dari kemungkinan dan tingkat kerusakan. Dengan studi mendalam tentang lingkungan ekologi, ERA dapat menjadi alat yang penting untuk pengelolaan lingkungan ekologi tersebut (Xie dkk., 2013).

ERA mempunyai beberapa tahapan yaitu perumusan masalah, analisis, karakterisasi resiko, dan manajemen resiko (Perrodin dkk., 2013). Dalam tahap perumusan masalah terdiri dari hasil akhir penilaian, model konseptual dan rencana analisis. Model konseptual terdiri dari 2 komponen prinsip yaitu: hipotesa resiko yang menggambarkan prediksi hubungan antara sumber resiko, paparan dan respon parameter hasil akhir penilaian bersama dengan pemilihan secara rasional, dan diagram yang menggambarkan hubungan

yang menggambarkan dari hipotesis resiko (MacDonald dkk., 2011a). Contoh penelitian yang menggunakan metode ERA adalah penelitian di muara Calcasieu, Louisiana, Amerika Serikat, tentang *baseline* ERA, mengungkapkan bahwa penilaian paparan dimaksudkan untuk menyediakan estimasi besaran paparan ke reseptor (contohnya invertebrata bentik) untuk zat organik potensial dalam ruang dan waktu (MacDonald dkk., 2011b). Penelitian di Sungai Luanhe, China, mendapatkan 3 sumber *stressor* utama yaitu berasal dari peternakan hewan, limbah domestik cair dan polusi industri (Liu dkk., 2010). Penelitian di danau Poyang China, mengungkapkan bahwa semakin meningkatnya luasan daerah yang mempunyai nilai resiko ekologi yang tinggi menyebabkan kondisi kualitas lingkungan ekologi menjadi menurun (Xie dkk., 2013).

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan memperkirakan total nilai resiko pada unit pengolahan IPA dengan pendekatan metode analisis resiko ekologi akibat perubahan kuantitas dan kualitas sumber air baku yang digunakan yaitu dari Sungai Cikapundung. Sedangkan tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a) Mengidentifikasi kandungan materi organik pada sumber air baku, unit pengolahan dan efluen air produksi akibat perubahan kualitas dan kuantitas sumber air baku.
- b) Menghitung total nilai resiko pada unit pengolahan akibat dari perubahan kualitas dan kuantitas sumber air baku.



Gambar 1. Kerangka kerja analisa resiko ekologi (modifikasi dari U.S.EPA, 1992 dalam U.S.EPA, 1998).

METODOLOGI

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data primer dan sekunder. Data primer yang diperoleh meliputi sampling pendahuluan kualitas air dan wawancara untuk mengetahui proses pengolahan IPA. Data sekunder yang diperlukan meliputi data kualitas air, data penurunan debit, dan penggunaan koagulan. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisa resiko ekologi dengan analisa skenario dari nilai total resiko menggunakan program Crystal Ball v11.1.1.1.00 (*trial version*), SPSS dan Ms.Excel. Meskipun demikian pendekatan kualitatif juga tetap digunakan sepanjang mendukung pelaksanaan penelitian ini. Analisis data dilakukan dengan metode analisis resiko ekologi (U.S.EPA, 1998) meliputi:

1) Tahap perumusan masalah (*Problem Formulation*):

Dalam tahap ini dilakukan analisa sumber – sumber penyebab resiko (*stressor identification*) dan aktivitas lingkungan yang diamati yaitu pencemar organik dari limbah peternakan, sampah, dan penurunan debit sungai. Dilakukan analisa dengan menentukan tujuan, batasan, fokus dan ruang lingkup

penilaian. Dari informasi yang didapat, ditentukan parameter hasil akhir penilaian (*assessment endpoint*) dan model konseptual serta ditentukan pula rencana analisis (*analysis plan*).

2) Tahap analisis (*Analysis*).

Dalam tahap ini dilakukan analisa kejadian kontak antara sumber resiko terhadap reseptor (profil paparan) dan analisa efek/dampak dari sumber resiko terhadap reseptor (profil dampak).

3) Tahap karakterisasi resiko (*Risk Characterization*).

Dalam tahap ini dilakukan estimasi resiko dari hasil tahap analisis untuk menentukan fokus pengamatan dan parameter yang akan diamati (**Tabel 1**), kemudian dihasilkan deskripsi resiko yang menjelaskan bagaimana estimasi resiko tersebut dan dampak dari sumber resiko yang ada.

4) Tahap Manajemen Resiko (*Risk Management*)

Dalam tahap ini, deskripsi resiko sebagai hasil dari tahap karakterisasi resiko, digunakan sebagai bahan untuk membuat keputusan oleh manajemen yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan.

Tabel 1. Estimasi Resiko pada Berbagai Tahap Pengolahan IPA Dago Pakar (Hasil Penelitian, 2013)

Unit Bangunan IPA	Pengamatan
Inlet IPA	debit air yang masuk (debit inlet)
Unit operasi bar screen di unit intake dan inlet IPA	perubahan volume sampah yang ditangkap oleh <i>bar screen</i>
Unit proses koagulasi	perubahan tipe dan jumlah pemakaian koagulan
Unit operasi sedimentasi	volume lumpur
Unit operasi filter	frekuensi <i>backwash</i>
Unit klorinasi	kandungan sisa klor
Unit reservoir air akhir	perubahan kualitas air produksi dengan parameter fisik (kekeruhan, warna) dan parameter kimia (pH, BOD, DO, dan TOC)
Seluruh IPA	kehadiran alga (pengamatan visual)

Metode perhitungan resiko dengan **Persamaan 1** (Ayyub dkk., 1999).

$$\text{Resiko} \left(\frac{\text{Konsekuensi}}{\text{waktu}} \right) = \text{Kemungkinan} \left(\frac{\text{Kejadian}}{\text{waktu}} \right) \times \text{Dampak} \left(\frac{\text{Konsekuensi}}{\text{Kejadian}} \right) \quad (1)$$

dimana :

- Kemungkinan (*likelihood*) dapat juga diekspresikan sebagai probabilitas
- Dampak = hasil dari analisis efek
- Perhitungan nilai resiko akan dikuantifikasi dalam unit moneter (Rupiah).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa kualitas air

Berdasarkan data sekunder dari Waspola, 2012 dan hasil sampling pendahuluan terhadap air baku di *intake* Bantarawi dan IPA Dago Pakar menunjukkan bahwa air baku telah tercemar ditandai dengan tingginya nilai kekeruhan, TOC, BOD dan COD, Fecal Coli, nilai DO yang tidak sesuai baku mutu. Sedangkan untuk nilai rasio BOD₅/COD bervariasi, antara 0,236 – 0,554. Nilai rasio BOD₅/COD 0,4 – 0,6 menandakan air sungai tercemar limbah domestik (Alaerts dan Santika, 1987). Sedangkan karakteristik air hasil IPA, diperoleh hasil nilai BOD, kekeruhan, TOC yang semakin menurun setelah proses pengolahan. Hal ini mengindikasikan proses pengolahan telah berjalan dengan baik, ditandai dengan konsentrasi

kekeruhan, pH, DO, dan warna pada unit reservoir sudah sesuai baku mutu dalam Permenkes No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Pendekatan metode analisa resiko ekologi

Hasil pendekatan metode analisa resiko ekologi meliputi:

1. Tahap Perumusan Masalah (*Problem Formulation*)

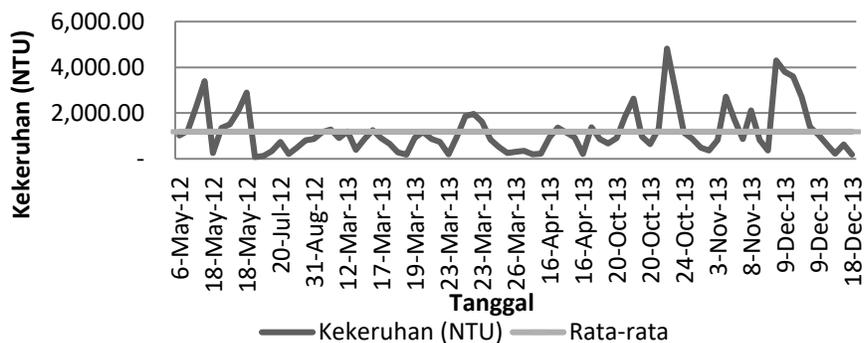
Berdasarkan hasil observasi pada karakteristik di IPA Dago Pakar dan berdasarkan hasil wawancara dengan operator IPA, yang menjadi sumber penyebab resiko (*stressor*) atas menurunnya kuantitas dan kualitas air sungai Cikapundung adalah pembuangan limbah ternak di wilayah Hulu Sungai Cikapundung, sampah dan penurunan debit. Berdasarkan *stressor* tersebut, kemudian dibuat model konseptual, parameter hasil akhir penilaian dan rencana analisis. Model konseptual dapat dilihat pada **Tabel 2**. Parameter hasil akhir penilaian adalah kualitas air sungai Cikapundung dan air hasil IPA dibandingkan dengan baku mutu hasil pengolahan, serta pengaruh dan biaya penggunaan koagulan dari air baku dengan konsentrasi kekeruhan yang berbeda. Sedangkan rencana analisis yang digunakan adalah perhitungan nilai resiko per kapasitas produksi IPA (m³).

Tabel 2. Model Konseptual

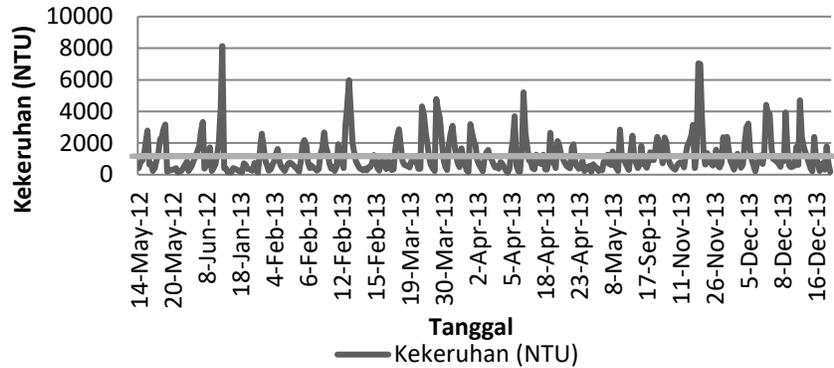
Sumber Resiko (<i>Stressor</i>)	Aktivitas	Efek	Fokus Pengamatan	Atribut yang Dipantau dan/atau Diukur
<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan jumlah penduduk dan pemenuhan kebutuhan ekonomi • Variabilitas iklim 	Perubahan Tata Guna Lahan	Penurunan Debit Air	Beban Pengolahan IPA Dago Pakar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inlet IPA : debit masuk 2. Unit operasi <i>bar screen</i> di unit <i>intake</i> dan inlet IPA : perubahan volume sampah yang ditangkap 3. Unit proses koagulasi : perubahan tipe dan jumlah pemakaian koagulan 4. Unit operasi sedimentasi : volume lumpur 5. Unit operasi filter : frekuensi <i>backwash</i> 6. Unit klorinasi : kandungan sisa klor 7. Unit reservoir air akhir : perubahan kualitas air produksi (warna, kekeruhan, pH, BOD, DO dan TOC) 8. Seluruh IPA : kehadiran alga (pengamatan visual)
<ul style="list-style-type: none"> • Peternakan sapi • Pemukiman 	Pembuangan Limbah ke Sungai Cikapundung	Penurunan Kualitas Air		

2. Tahap analisis (*Analysis Phase*)

Hasil dari tahap analisis adalah profil paparan dan dampak. Profil paparan dibedakan menjadi 2 kondisi yaitu kondisi kejadian pencemaran limbah peternakan sapi dan kondisi kejadian hujan (**Gambar 2 dan 3**).



Gambar 2. Kejadian kekeruhan air baku akibat pencemaran limbah peternakan sapi tahun 2012 dan 2013 (Hasil pengolahan data IPA Dago Pakar, 2012 dan 2013).

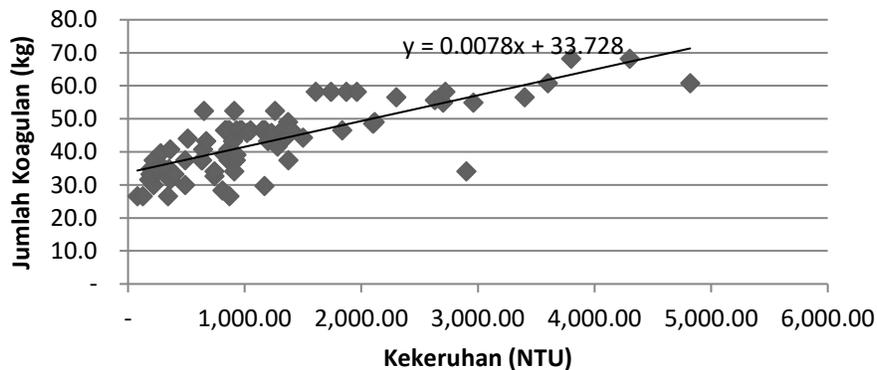


Gambar 3. Kejadian kekeruhan air baku akibat hujan tahun 2012 dan 2013 (Hasil pengolahan data IPA Dago Pakar, 2012 dan 2013).

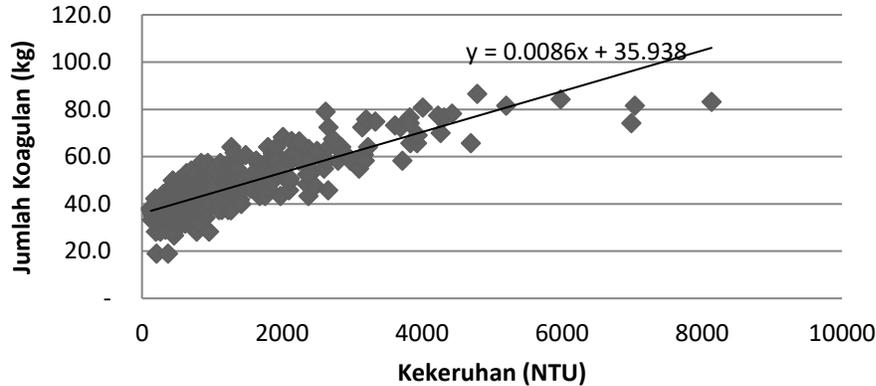
Berdasarkan **Gambar 2**, nilai kekeruhan akibat pencemaran limbah kotoran ternak bervariasi antara 79,7 – 4.820 NTU dengan rata-rata 1.188,3 NTU dengan kejadian puncak pada tanggal 6 Mei 2012 (3.400 NTU) dan 24 Oktober 2013 (4.820 NTU), dan berdasarkan **Gambar 3**, nilai kekeruhan akibat kejadian hujan bervariasi antara 127 – 8.136 NTU dengan rata-rata nilai kekeruhan 1.162,86 NTU dengan kejadian puncak pada tanggal 12 Juli 2012 (8.136 NTU) dan 14 November 2013 (7.040 NTU), terjadi baik pada musim penghujan (November – April) maupun musim kemarau (Mei – Oktober). Kekeruhan yang tinggi akan menghambat proses pengolahan air. Kekeruhan yang tinggi dapat disebabkan oleh kejadian hujan, dimana sifat hujan akan mempengaruhi tingkat erosi tanah. Bila kekeruhan > 5.000 NTU dapat menyebabkan masalah operasional IPA. Hasil penelitian di Ban Sin WTP menunjukkan bahwa kekeruhan air baku > 5.000 NTU terjadi jika intensitas hujan > 165 mm/hari. Kemungkinan kejadian lebih dari 10 %. Hal ini menyebabkan terganggunya pasokan air baku dan beresiko terganggunya pelayanan ke pelanggan (Chang dan Liao, 2012).

Profil dampak (**Gambar 4 dan 5**) dilakukan dengan menganalisa korelasi (*Spearman Rank Correlation*) antara jumlah koagulan yang digunakan dengan parameter kekeruhan akibat pencemaran limbah peternakan sapi dan kondisi kejadian hujan, variabilitas debit dan pH air baku (**Tabel 3**).

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara kekeruhan akibat pencemaran limbah peternakan sapi dan kejadian hujan dengan jumlah koagulan yang digunakan (kg) dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$) dengan koefisien korelasi 0,795 dan 0,766. Untuk parameter debit inlet dan pH air baku menunjukkan hubungan yang lemah (**Tabel 3**).



Gambar 4. Grafik kekeruhan air baku akibat pencemaran limbah peternakan sapi dan penggunaan bahan koagulan bubuk (kg) tahun 2012 dan 2013 (Hasil pengolahan data IPA Dago Pakar, 2013).



Gambar 5. Grafik kekeruhan air baku akibat kondisi hujan dan penggunaan bahan koagulan bubuk (kg) tahun 2012 dan 2013 (Hasil pengolahan data IPA Dago Pakar, 2013).

Tabel 3. Uji Korelasi

Parameter	Koefisien korelasi Spearman	Nilai p
I. Akibat Limbah Peternakan Sapi		
Kekeruhan	0,795	0,000
Debit Inlet	-0,048	0,669
pH air baku	0,027	0,813
II. Akibat Kejadian Hujan		
Kekeruhan	0,766	0,000
Debit Inlet	-0,129	0,011
pH air baku	-0,140	0,006

Berdasarkan **Gambar 4**, dengan nilai kekeruhan 1.175 NTU jumlah koagulan yang digunakan berkisar 46,6 kg, sedangkan pada kekeruhan yang meningkat sekitar 4.300 NTU jumlah koagulan yang digunakan meningkat berkisar 68,3 kg. Berdasarkan **Gambar 5**, dengan nilai kekeruhan 1.470 NTU jumlah koagulan yang digunakan berkisar 46,6 kg, sedangkan pada kekeruhan yang meningkat sekitar 4.268 NTU jumlah koagulan yang digunakan meningkat berkisar 69,9 kg. Hal ini sesuai dengan penelitian bahwa untuk kekeruhan 13,5 NTU diperlukan dosis koagulan PAC 140 ppm sedangkan untuk kekeruhan 215 NTU diperlukan dosis PAC sebanyak 230 ppm (Susanto, 2008).

3. Tahap Karakterisasi Resiko (*Risk Characterization*)

Tahap karakterisasi resiko dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Berdasarkan **Tabel 5**, menunjukkan bahwa resiko yang dihadapi oleh PDAM Tirtawening terkait air baku Sungai Cikapundung adalah sangat tinggi dengan rata-rata dalam tahun 2013 sebesar 6,48 % dari harga jual air atau Rp287,36 (dengan kategori resiko adalah: 0 – 1 % : rendah, 2 – 3 % : sedang, 4 – 5 % : tinggi dan > 6 % : sangat tinggi). Resiko yang tinggi tersebut akan menyebabkan biaya produksi air di IPA Dago Pakar juga tinggi. Apalagi dengan adanya indikasi kenaikan kebutuhan koagulan di IPA Dago Pakar dari tahun 2009 sampai 2013 dengan rata-rata sebesar 43.459,33 kg menjadi 75.751,83 kg. Kenaikan kebutuhan koagulan adalah berhubungan dengan kenaikan kekeruhan air baku.

Apabila tidak dikendalikan, keberadaan kekeruhan dan materi organik, termasuk limbah peternakan sapi, di dalam air baku Sungai Cikapundung akan mempengaruhi aspek kualitas air produksi IPA Dago Pakar. Penurunan kualitas air produksi, terutama akibat keberadaan materi organik, akan mempengaruhi kesehatan para pelanggan yang dilayani oleh PDAM tersebut. Pengendalian kekeruhan dan keberadaan materi organik, termasuk limbah peternakan sapi akan menyebabkan kenaikan harga air produksi yang pada akhirnya akan mempengaruhi aspek keterjangkauan dari pelayanan PDAM Tirtawening. Penurunan debit produksi dari IPA Dago Pakar juga akan mempengaruhi aspek kuantitas dan kontinuitas air produksi

PDAM Tirtawening. Keterbatasan air produksi yang bisa dijual dengan kondisi kewajiban keuangan yang sama pada akhirnya akan mempengaruhi aspek keterjangkauan dari pelayanan PDAM Tirtawening.

Tabel 4. Karakterisasi Resiko

Unit	Karakterisasi Resiko
Inlet	Kehilangan debit produksi akibat kekeruhan sekitar 33.022 m ³ (2013).
Bar screen	Volume sampah yang ditangkap oleh <i>bar screen</i> , berkisar antara 2 m ³ (saat tidak hujan) dan 4 m ³ (saat hujan). Tanpa diperlukannya penambahan personel.
Koagulasi	Pemakaian koagulan bubuk tahun 2012 sekitar 2.974,55 kg (harga koagulan bubuk 3 kali lipat harga koagulan cair), dan tahun 2013 sebanyak 18.385,58 kg.
Sedimentasi	Volume lumpur tidak terdokumentasi. Periode pengurusan dan pembersihan di musim kemarau 2 kali/bulan dan hujan 3 kali/bulan.
Filter	Pada saat musim kemarau, pembersihan filter rata-rata 20 jam/filter, musim hujan rata-rata 18 jam/filter atau bertambah dari 87 kali menjadi 110 kali per tahun. Kebutuhan air rata-rata untuk pembersihan 43,9 m ³ .
Klorinasi dan reservoir air bersih	Konsentrasi parameter sudah sesuai dengan baku mutu.
Seluruh IPA	Pengamatan secara visual dilakukan terhadap kehadiran alga pernah terjadi tetapi tidak terdokumentasi.

Tabel 5. Rata-Rata Perhitungan Total Resiko (/m³ Kapasitas Produksi)

Parameter	Tahun 2012	Tahun 2013
Kekeruhan normal	= Rp144,65	Rp146,08
Kehilangan air akibat penurunan debit	= Rp3,82	Rp7,85
Kehilangan air akibat pembersihan filter	= Rp87,57	Rp110,20
Kekeruhan tinggi akibat hujan	= Rp1,09	Rp7,53
Kekeruhan tinggi akibat limbah sapi	= Rp0,34	Rp1,34
TOC	= Rp9,49	Rp14,37
Jumlah	= Rp246,97	Rp287,36
harga pokok air	= Rp2.533,88	Rp2.608,99
harga jual rata-rata air	= Rp4.457,44	Rp4.436,19
% harga pokok air	= 9,75 %	11,01 %
% harga jual rata-rata air	= 5,54 %	6,48 %

4. Tahap Manajemen Resiko (*Risk Management*)

Tahapan manajemen resiko sesuai SNI-19-14001-2005 tentang Sistem Manajemen Lingkungan meliputi merencanakan (*plan*), melaksanakan (*do*), memeriksa/pemantauan (*check*) dan tindakan perbaikan (*act*). Tahap *Plan* meliputi pembuatan peraturan dan kebijakan, membentuk tim penyusun RPAM, menyiapkan rencana induk dan program kerja jangka menengah dan tahunan pengendalian pencemaran air dan peningkatan kualitas air. Tahap *Do* meliputi melakukan identifikasi kejadian bahaya dan potensi resikonya, tindakan pengendalian resiko dan susun daftar prioritas. Tahap *Check* meliputi melakukan kajian program-program pendukung (*supporting programs*) untuk RPAM, pengukuran dan pemantauan dari kebijakan dan rencana induk dan program kerja yang telah dibuat dan dilaksanakan. Tahap *Act* digunakan untuk perbaikan untuk meningkatkan kinerja sistem manajemen lingkungan secara berkelanjutan.

Analisa skenario program Crystal Ball

Analisa sensitivitas (*sensitivity chart*) digunakan untuk melihat komponen yang berpengaruh dari penilaian resiko yang dilakukan. Berdasarkan analisa sensitivitas yang paling berpengaruh pada perhitungan total resiko adalah resiko kekeruhan normal 91,6%, resiko kekeruhan akibat kejadian hujan 0,1%, resiko kekeruhan akibat limbah peternakan sapi 0,0%, resiko penurunan debit akibat kekeruhan sungai 0,0%, resiko penurunan debit akibat pembersihan filter 8,3%, dan resiko akibat kehadiran TOC 0,0%.

Analisis skenario merupakan alat untuk menjalankan simulasi untuk semua nilai-nilai yang dihasilkan dari target perkiraan dengan asumsi nilai-nilai yang sesuai. Dengan program Crystal Ball dapat dilakukan analisa skenario, dengan mengambil *range* dari *forecast value* dengan nilai persentil 1 – 10 %, diperoleh hasil nilai total resiko sebagai berikut:

1) Persentil 1 %

Nilai peramalan total resiko dengan persentil 1 %, diambil dengan asumsi resiko yang masih dapat diterima adalah resiko rendah atau sedang. Dengan nilai persentil 1 % berarti 1 % dari nilai total resiko yang timbul masih dapat diterima sedangkan 99 % tidak dapat diterima. Berdasarkan hasil peramalan diperoleh nilai total resiko sebesar 5,65 % dari harga jual air atau sebesar Rp250,79. Persentase nilai resiko diatas masih termasuk tinggi.

2) Persentil 10 %

Nilai peramalan total resiko dengan persentil 10 %, diambil dengan asumsi resiko yang masih dapat diterima adalah resiko rendah atau sedang. Dengan nilai persentil 10 % berarti 10 % dari nilai total resiko yang timbul masih dapat diterima sedangkan 90 % tidak dapat diterima. Berdasarkan hasil peramalan diperoleh nilai total resiko sebesar 6 % dari harga jual air atau sebesar Rp266,33. Persentase nilai resiko diatas termasuk sangat tinggi.

KESIMPULAN

Hasil identifikasi kandungan materi organik pada sumber air baku, unit pengolahan dan efluen air produksi akibat perubahan kualitas dan kuantitas sumber air baku, diperoleh hasil korelasi yang kuat antara kekeruhan yang dihasilkan dari limbah peternakan sapi dan kejadian hujan terhadap pemakaian jumlah koagulan bubuk (kg) dengan nilai koefisien korelasi *Spearman (Spearman Rank Correlation)* sebesar 0,795 dan 0,766 dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Nilai total resiko pada unit pengolahan akibat dari perubahan kualitas dan kuantitas sumber air baku tergolong memiliki resiko sangat tinggi yaitu sebesar 6,48 % dari harga jual air atau Rp287,36/m³ kapasitas produksi. Hasil peramalan dengan program Crystal Ball dengan memakai analisa skenario menggunakan data persentil 1 – 10 %, diperoleh hasil nilai total resiko 5,65 % dari harga jual air (resiko tinggi) atau sebesar Rp 250,79/m³ kapasitas produksi dan 6 % dari harga jual air (resiko sangat tinggi) atau sebesar Rp266,33/m³ kapasitas produksi. Dengan resiko yang tinggi tersebut akan menyebabkan biaya produksi air di IPA Dago Pakar juga tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., dan Santika, Sri S. (1987) : *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya, 149 – 166.
- Ayyub, B. M., Karaszewski, Z. J., dan Wade, M. (1999) : Probabilistic Risk Analysis of Diesel Power Generators Onboard Ships. *Naval Engineers Journal*, May 1999, 35 – 58.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005) : SNI- 19-14001-2005 Tentang Sistem Manajemen Lingkungan-Persyaratan dan Panduan Penggunaan. ICS 13.020.
- Badiamurti, G., R., dan Muntalif, B., S. (2010) : *Korelasi Kualitas Air dan Insidensi Penyakit Diare Berdasarkan Keberadaan Bakteri Coliform di Sungai Cikapundung*, Tugas Akhir Sarjana Program Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 1 – 11.
- Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., dan Steven, M. (2009) : *Water Safety Plan Manual : Step by Step Risk Management for Drinking Water Supplier*. World Health Organization, Geneva.
- Chang, C., L., dan Liao, C., S. (2012) : Assessing The Risk Posed By High-Turbidity Water To Water Supplies, *Environ Monit Assess*, 184, 3127 – 3132.
- Damanhuri, E. (2006) : Air, Sanitasi dan Udara Bersih Kebutuhan Dasar dalam Lingkungan Permukiman, *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan*, II, 2, Desember 2006, 1 – 4.
- Isnaniawardhana, J., N. (2008) : Characteristic of PDAM Water Consumption in West Java, *Journal Infrastructure and Built Environment*, Vol. IV, No 2 Desember 2008.