

# Analisis Risiko Lingkungan, Sosial Ekonomi, dan Kesehatan Akibat Pelepasan Polusi Termal Air Bahang PLTU Paiton

Rohmah Iftitah Sa'idatul Izzah<sup>1</sup>, Harmin Sulistyaning Titah<sup>2\*</sup>, Shade Rahmawati<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

\*Koresponden email: harmin\_st@its.ac.id

Diterima: 16 Mei 2024

Disetujui: 4 Juni 2024

## Abstract

Paiton Power Station uses surface water for the cooling system. The seawater flowing into the heat exchanger system is returned to the water body and has higher water temperature characteristics than the natural temperature of seawater. There is a recorded change in the temperature of the waters around the Paiton PLTU due to the discharge of hot water at the outlet water discharge reaching 6.50C. The impact of hot water discharge on aquatic ecosystems has become an important issue in marine and environmental protection. The assessment of environmental risks caused by hot water was carried out using a qualitative method based on monitoring data from PLTU Paiton. The aspects assessed include ecological, socio-economic and health aspects. The identification of risks due to the release of hot water resulted in 15 risks. Based on the risk level assessment, 3 low risks, 1 medium risk, 5 high risks and 6 very high risks were obtained. In terms of risk acceptability, there are 2 unacceptable risks associated with increased water temperature. The mitigation measures that need to be taken are a reassessment of the licensing of the temperature limit of the hot water that can be discharged into the waters.

**Keywords:** *condenser heat water, environmental risk, health risk, marine pollution, seawater temperature, socio economic risk, thermal pollution*

## Abstrak

Pembangkit listrik UP Paiton menggunakan air permukaan sebagai sumber air untuk sistem pendingin. Setelah dialirkan ke sistem penukar panas, air laut akan dikembalikan ke badan air dan memiliki karakteristik suhu air yang lebih tinggi dibandingkan suhu alami air laut. Tercatat adanya perubahan suhu perairan sekitar PLTU Paiton akibat buangan air bahang pada *outlet water discharge* mencapai 6,5<sup>0</sup>C. Pengaruh pelepasan panas pada ekosistem perairan telah menjadi isu penting di bidang kelautan dan perlindungan lingkungan. Penilaian risiko lingkungan yang disebabkan oleh air bahang dilakukan dengan metode kualitatif menggunakan data pemantauan rutin PLTU Paiton. Aspek yang dinilai meliputi aspek lingkungan, sosial ekonomi, dan kesehatan. Identifikasi risiko akibat pelepasan air bahang menghasilkan 15 risiko. Berdasarkan penilaian tingkat risiko didapatkan 3 risiko rendah, 1 risiko sedang, 5 risiko tinggi, dan 6 risiko sangat tinggi. Risiko yang sangat tinggi menurut *risk acceptability*-nya terdapat 2 risiko yang tidak dapat diterima yang berhubungan dengan peningkatan suhu air. Upaya mitigasi yang harus dilakukan adalah kajian ulang mengenai perizinan batas suhu air bahang yang diperbolehkan untuk dilepas ke perairan.

**Kata Kunci:** *air bahang, pencemaran laut, polusi termal, risiko kesehatan, risiko lingkungan, risiko sosial ekonomi*

## 1. Pendahuluan

Pembangkit listrik termal umumnya terletak di dekat badan air permukaan, karena tersedia sumber air yang ekonomis untuk sistem pendingin [1]. Pembangkit listrik dengan siklus terbuka memiliki tingkat penggunaan air yang tinggi, sekitar 40 (empat puluh) kali lipat lebih dari sistem siklus tertutup. Hal ini menyebabkan pembangkit listrik dengan sistem pendingin siklus terbuka lebih sensitif terhadap pengadaaan air dan peningkatan risiko kerusakan lingkungan [2]. Tercatat adanya perubahan suhu perairan sekitar PLTU Paiton akibat buangan air bahang pada *outlet water discharge* mencapai 6,5<sup>0</sup>C menurut data pemantauan rutin. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, suhu air limbah yang dilepas ke badan air tidak diperbolehkan lebih dari 2<sup>0</sup>C dari suhu alami air laut. Pelepasan air bahang dapat menjadi aktivitas dengan risiko tinggi pada operasional PLTU karena pelepasan air dengan suhu lebih tinggi dalam debit besar dan terjadi secara terus menerus.

Polusi termal bisa disebabkan oleh pembuangan air panas atau dingin, laju maupun tingkat perubahan suhu yang menyimpang dari kondisi normal merupakan faktor penting mempengaruhi organisme laut [3]. Air pendingin yang dikembalikan ke lingkungan laut biasanya pada suhu yang lebih tinggi mengakibatkan menurunnya ketersediaan oksigen terlarut. Oksigen terlarut sangat penting bagi kehidupan bawah air dan jika kurang dapat menyebabkan efek buruk seperti kematian ikan [4]. Perubahan suhu dapat mengakibatkan peningkatan sensitivitas terhadap polutan lain. Dampak dari kenaikan suhu termasuk migrasi paksa, kematian ikan akibat melambatnya metabolisme, peningkatan kepekaan terhadap zat racun, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Suhu air laut yang memanas selama beberapa dekade terakhir telah mengakibatkan peristiwa pemutihan karang secara massal di banyak belahan dunia [5]. Suhu optimal pertumbuhan karang berkisar 25 °C hingga 29 °C, selain mempengaruhi pertumbuhan karang perubahan suhu juga dapat mempengaruhi laju infeksi penyakit karang. peningkatan laju infeksi seiring dengan peningkatan suhu. Suhu yang tinggi juga mampu menyebabkan stress serta meningkatkan virulensi patogen [6] Sehingga penelitian ini merupakan penelitian awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi risiko lingkungan yang berfokus pada kegiatan pelepasan air bahang.

## 2. Metode Penelitian

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kompleks PLTU Paiton, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo. Pembangkit memiliki kapasitas total sebesar 4.050 MW yang terdiri dari tujuh unit pembangkit yang dikelola dan dioperasikan PT Pembangkit Jawa Bali, PT Jawa Power, dan PT Paiton Operation & Maintenance Indonesia.



**Gambar 1.** Lokasi Pengambilan Data Penelitian  
Sumber: Google Earth, 2024

**Tabel 1.** Titik Koordinat Pemantauan Lingkungan

Kode	Lokasi	Titik Koordinat
ST IC	Inlet canal	7°42'56"S 113°34'52"E
ST DC-5	Outlet kondensor unit 50	7°42'55"S 113°34'52"E
ST DC-6	Outlet kondensor unit 60	7°42'54"S 113°34'48"E
ST-1	Perairan di depan Masjid Binor	7°42'39"S 113°33'37"E
ST-2	Perairan di depan outlet stream Paiton Energy	7°42'29"S 113°34'31"E
ST-3	Perairan di belakang coal unloading jetty Paiton Energy	7°42'22"S 113°34'36"E
ST-4	Perairan di sekitar supporting jetty	7°42'35"S 113°35'04"E

Sumber: Jawa Power, 2024

### Data dan Metode Analisis

Penilaian risiko lingkungan meliputi aspek kualitas lingkungan, sosial-ekonomi, dan kesehatan. Data yang dianalisis adalah data pemantauan penebaran lingkungan selama periode lima tahun yang dilakukan sesuai titik pada **Gambar 1** dan koordinat titik pada **Tabel 1**. Data pemantauan yang dianalisis pada penelitian antara lain pada titik inlet canal (ST-IC), outlet kondensor (ST DC-5 dan ST DC-6), dan outlet water discharge (ST-8) karena titik pemantauan tersebut terdapat proses yang berkesinambungan dari air

laut sebelum hingga sesudah digunakan sebagai air pendingin kondesor sehingga diketahui perubahan karakteristiknya.

Penilaian risiko menggunakan metode kualitatif, penentuan kategori peluang dan akibat mengacu pada standar *Australian/New Zealand Standar 4360:2004* [9]. Teknik identifikasi risiko menggunakan *brainstorming* dan analisis laporan kejadian pencemaran lingkungan, gangguan social-ekonomi, dan kesehatan. Identifikasi risiko dilakukan dengan menganalisis data pemantauan selama periode lima tahun terakhir, sejak 2018 – 2023 mengikuti standar penilaian peluang terjadinya risiko *rare* yang dinilai dalam lima tahun terakhir sesuai **Tabel 2**. Penentuan besaran nilai akibat menggunakan kriteria yang telah ditentukan pada **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Kategori dan Interval Nilai Peluang / Probability

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
<i>Rare</i> (1)	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar. Tidak pernah terjadi atau terjadi satu kali dalam lima tahun.	< 10%
<i>Unlikely</i> (2)	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan kemungkinan kecil dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan. Terjadi satu kali dalam tiga tahun.	11 – 30%
<i>Possible</i> (3)	Kegiatan yang dilakukan kemungkinan sedang menimbulkan risiko terhadap lingkungan. Terjadi lebih dari satu kali dalam tiga tahun.	31 – 60%
<i>Likely</i> (4)	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan kemungkinan besar dapat menimbulkan risiko. Sering terjadi satu kali satu tahun.	61 – 80%
<i>Almost Certain</i> (5)	Kegiatan yang dilakukan hampir menimbulkan risiko. Pasti terjadi lebih dari satu kali dalam satu tahun.	>81%

Sumber: Fathoni, 2020

**Tabel 3.** Kategori dan Kriteria Nilai Akibat / *Consequences*

Kategori	Penjelasan Kriteria
<i>Insignificant</i> (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak ada yang terluka atau hanya memerlukan perawatan P3K.</li> <li>- Dampak lingkungan tidak ada atau respon darurat skala lokal.</li> <li>- Kerugian materi &lt;100 USD (Rp 1,56 Juta) atau tanpa kerugian materi.</li> <li>- Penanganan dampak &lt; 1 minggu.</li> </ul>
<i>Minor</i> (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan perawatan medis dan menyebabkan hilangnya hari &lt; 1 hari tanpa adanya disabilitas.</li> <li>- Dampak lingkungan dapat direspon skala lokal.</li> <li>- Kerugian materi 100 - 500 USD (Rp 1,56 – 7,8 Juta).</li> <li>- Penanganan dampak 1 – 4 minggu.</li> </ul>
<i>Moderate</i> (3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memerlukan perawatan medis dan menyebabkan hilangnya hari kerja 1 – 7 hari, disabilitas untuk sementara waktu.</li> <li>- Dampak lingkungan menengah dengan respon regional.</li> <li>- Kerugian materi 500 – 1.000 USD (Rp 7,8 – 15,6 Juta)</li> <li>- Penanganan dampak 1 – 3 bulan.</li> </ul>
<i>Major</i> (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cidera menyebabkan disabilitas total, proses produksi tidak dapat berjalan / hilang hari kerja 1 minggu – 1 bulan.</li> <li>- Dampak lingkungan besar dengan respon nasional.</li> <li>- Kerugian materi 1.000 – 5.000 USD (Rp 15,6 – 78 Juta)</li> <li>- Penanganan dampak 3 – 6 bulan</li> </ul>
<i>Extreme</i> (5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyebabkan kematian atau hilangnya hari kerja &gt; 1 bulan</li> <li>- Dampak lingkungan besar dengan respon nasional dan internasional.</li> <li>- Kerugian materi &gt; 5.000 USD (Rp 78 Juta)</li> <li>- Penanganan dampak &gt; 6 bulan.</li> </ul>

Keterangan: kurs 1 USD = Rp 15.600

Sumber: Fathoni, 2020

Tingkat penerimaan risiko dinilai menggunakan pendekatan matriks evaluasi risiko sesuai Tabel 4 dan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas rencana mitigasi. Pendekatan RPN dilakukan dengan perkalian antara nilai “Peluang” dan “Akibat” menghasilkan nilai RPN. Tingkat penerimaan risiko (*risk acceptability*) dari perhitungan RPN didasarkan pada nilai batas yang telah ditetapkan sebagai berikut:

- RPN < 12, risiko dapat diterima

- RPN  $\geq$  12, tetapi  $<$  20, risiko dapat diterima setelah dilakukan investigasi untuk mengidentifikasi peluang mengurangi risiko dan menerapkan pengendalian risiko jika dapat dilakukan.
- RPN  $\geq$  20, risiko tidak dapat diterima, diperlukan perubahan desain untuk mitigasi risiko.

**Tabel 4.** Matriks Evaluasi Risiko

Peluang	Akibat				
	1	2	3	4	5
1	Rendah	Rendah	Medium	Medium	Tinggi
2	Rendah	Rendah	Medium	Medium	Tinggi
3	Rendah	Medium	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
4	Medium	Medium	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
5	Medium	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi

Sumber: Fathoni, 2020

### 3. Hasil dan Pembahasan

Lingkup penilaian risiko pembuangan air bahang meliputi aspek lingkungan (komponen fisik-kimia dan biologi), aspek sosial-ekonomi, dan aspek kesehatan di sekitar PLTU Paiton yang memiliki kemungkinan terdampak aktivitas pelepasan air bahang. Hasil identifikasi risiko didapatkan sepuluh risiko terhadap aspek lingkungan, tiga risiko aspek sosial-ekonomi, dan dua risiko kesehatan.

#### *Aspek Lingkungan*

Penilaian peluang terjadinya risiko untuk aspek lingkungan dengan menganalisis terjadinya hasil pemantauan melebihi baku mutu. Parameter kualitas lingkungan yang dianalisis mengacu pada parameter baku mutu air laut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII [10] yang tertulis dalam izin pembuangan limbah cair. Komponen fisik pada parameter suhu air yang dilepas melebihi batas suhu alami air laut dan melebihi 20°C memiliki peluang kejadian sebesar 88%. Sedangkan parameter kimia dan logam berat memiliki persentase peluang kejadian melebihi baku mutu hanya sebesar 0-2,5%. Komponen biologi meliputi makhluk hidup di ekosistem perairan laut seperti terumbu karang, ikan karang, fitoplankton, zooplankton, dan benthos dengan persentase terjadinya risiko kerusakan dan penurunan jumlah individu sebesar 20-75%.

Besaran akibat kerusakan lingkungan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2014 dapat ditentukan dengan melihat nilai ekonomi. Penelitian ini menggunakan besaran akibat dari nilai ekonomi ekosistem berdasarkan literatur pada **Gambar 2**. Risiko R1 hingga R5 yang merupakan parameter kualitas air laut memiliki dampak langsung terhadap ekosistem perairan jika terjadi perubahan. Berdasarkan Gambar 4. Ekosistem perairan memiliki nilai ekonomi rata – rata Rp 7.39 juta/hektar [11], sehingga jika terdapat kerusakan ekosistem perairan sekitar PLTU kerugian lingkungan bernilai Rp 1.1 milyar/tahun atau Rp 92 juta/bulan. Isu pencemaran akibat aktivitas PLTU merupakan isu sensitif yang akan menyebabkan reaksi nasional. Pemulihan kualitas perairan laut yang tercemar membutuhkan waktu tergantung pada jenis pencemar dan teknologi yang digunakan. Hasil penilaian kategori peluang dan akibat dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Nilai Ekonomi Rata-Rata Jenis Ekosistem

No.	Jenis Ekosistem	Nilai Ekonomi Rata-rata (Rp Juta/ha/tahun)
1	Ladang garam	2,68
2	Lamun	160,64
3	Mangrove	92,81
4	Mutiara	13,52
5	Pantai	12.758,26
6	Perairan	7,39
7	Rumput Laut	21,90
8	Terumbu Karang	385,94

Sumber: Wahyudin, 2019

Terumbu karang adalah habitat penting bagi berbagai spesies ikan karang. Struktur kompleks terumbu karang menyediakan tempat pertumbuhan plankton yang merupakan sumber makanan bagi ikan karang. Organisme benthos yang hidup di dasar laut, berperan sebagai pemangsa atau pengurai untuk menjaga keseimbangan populasi organisme lain di ekosistem terumbu karang. Selain itu, benthos juga berkontribusi pada siklus nutrisi dengan memproses material organik yang jatuh ke dasar laut, sehingga mendukung produktivitas ekosistem secara keseluruhan [12]. Berdasarkan uraian fungsi dan manfaat ekosistem terumbu karang serta kaitannya dengan ikan karang, plankton, dan benthos, perkiraan kerugian

ekonomi akibat kerusakan ekosistem karang sebesar Rp 385 juta/hektar per tahun atau Rp 32 juta/hektar per tahun.

*Aspek Sosial-Ekonomi*

Aspek sosial-ekonomi memiliki tiga risiko yang terdiri dari penurunan pendapatan nelayan, kerusakan dan penurunan hasil tambak, dan hilangnya pekerjaan. Penurunan pendapatan nelayan dihitung berdasarkan data hasil tangkapan ikan nelayan di Kecamatan Paiton. Penurunan hasil tangkapan memiliki persentase peluang kejadian sebesar 33%. Kerusakan dan penurunan hasil tambak dinilai berdasarkan jumlah produksi perikanan tambak Kecamatan Paiton dengan persentase kejadian penurunan hasil tambak sebesar 20%. Risiko hilangnya pekerjaan tidak ada laporan maupun konflik tercatat yang disebabkan oleh hilangnya pekerjaan akibat pembuangan air bahang aktivitas PLTU, sehingga besaran kejadian 0%.

Penilaian besaran akibat untuk komponen sosial – ekonomi dinilai berdasarkan rata – rata pendapatan dan harga ikan. Penurunan pendapatan nelayan (R11) akibat menurunnya hasil tangkapan ikan dihitung kerugiannya berdasarkan harga rata-rata beberapa jenis ikan menurut data Dinas Perikanan Kabupaten Probolinggo didapatkan angka Rp 25.000/kg. Berdasarkan data kejadian penurunan hasil ikan tangkap pernah terjadi penurunan 1,1 ton/bulan, maka perkiraan kerugian sebesar Rp 27.500.000. Isu penurunan hasil tangkapan ikan dapat menjadi isu sensitif karena dominasi pekerjaan sekitar PLTU adalah nelayan, namun karena faktor yang menyebabkan penurunan hasil tangkapan ikan tidak hanya diakibatkan oleh kegiatan PLTU dan penanganan risiko dapat dilakukan di skala lokal – regional. Produk perikanan yang umum dibudidayakan menggunakan tambak di Kecamatan Paiton meliputi ikan bandeng, kakap, kerapu, udang, dan kepiting. Penurunan hasil budidaya tambak pernah terjadi sebesar 1,1 ton/bulan, dengan harga rata – rata hasil perikanan tambak Rp 56.000/kg maka kerugian diperkirakan sebesar Rp 61.600.000. Besaran akibat dari risiko hilangnya pekerjaan (R13) dinilai dari upah minimum Kabupaten Probolinggo sebesar Rp 2.806.955 dan isu yang muncul dari risiko tersebut penanganannya dapat direspon cukup melalui *stakeholder* skala lokal.

*Aspek Kesehatan*

Risiko aspek kesehatan yang teridentifikasi diperkirakan dari kontak manusia dengan air laut dan konsumsi hasil tangkapan laut meliputi peningkatan penderita penyakit kulit dan gangguan pencernaan. Hasil analisis data Dinas Kesehatan Kabupaten Probolinggo, penyakit kulit tidak termasuk dalam sepuluh besar penyakit terbanyak di Kecamatan Paiton, tidak ada catatan keluhan dan konflik penyakit kulit akibat pembuangan air bahang sehingga peluang kejadian dinilai 0%. Kasus gangguan pencernaan termasuk sepuluh besar penyakit di Kecamatan Paiton, namun karena tidak tercatat penyebab serta tidak ada catatan keluhan gangguan pencernaan dari hasil tangkapan ikan sekitar PLTU peluang kejadian ini dinilai 0%.

Nilai akibat untuk variabel kesehatan ditentukan berdasarkan literatur mengenai biaya pengobatan yang dikeluarkan dan waktu penyembuhan yang diperlukan. Penyakit kulit memerlukan waktu rawat jalan selama 7 - 14 hari dengan biaya pengobatan sebesar Rp 400.000 – 800.000 [13]. Biaya pengobatan untuk penyakit diare dan gangguan pencernaan sebesar Rp 60.000 – 2.000.000 dengan waktu penyembuhan 2 – 6 hari, biaya semakin mahal jika diare akut memerlukan rawat inap [14].

**Tabel 6.** Penilaian Risiko Lingkungan

Kode	Variabel Risiko	Peluang (Probability)	Akibat (Consequences)	Nilai RPN (P x A)
R1	Kenaikan suhu air laut pada <i>outlet water discharge</i> (ST-8) melebihi 2°C	5	5	25
R2	Baku mutu kualitas air laut parameter fisika terlampaui	5	5	25
R3	Baku mutu kualitas air laut parameter kimia terlampaui	1	5	5
R4	Baku mutu kualitas air laut parameter logam berat terlampaui	1	5	5
R5	Baku mutu kualitas air laut parameter biologis terlampaui	1	5	5
R6	Penurunan persen tutupan terumbu karang	4	5	20
R7	Penurunan kelimpahan ikan karang	4	5	20
R8	Penurunan kelimpahan fitoplankton	4	5	20
R9	Penurunan kelimpahan zooplankton	4	5	20
R10	Penurunan kelimpahan bentos ( <i>makrozoobenthos</i> )	2	5	10
R11	Penurunan pendapatan nelayan	3	3	9

R12	Kerusakan dan penurunan hasil tambak	2	3	6
R13	Hilangnya pekerjaan	1	2	2
R14	Peningkatan penderita penyakit kulit	1	1	1
R15	Peningkatan kasus gangguan pencernaan	1	1	1

Sumber: Hasil Penelitian

Selain menggunakan perhitungan RPN, tingkat risiko dapat dinilai menggunakan matriks evaluasi risiko. Risiko dengan Tingkat Keparahan atau akibat yang lebih tinggi seharusnya lebih menjadi prioritas dibandingkan risiko dengan peluang kejadian yang tinggi. Sehingga saat ini penggunaan matriks penerimaan risiko yang “asimetris” dapat lebih mencerminkan toleransi terhadap risiko.

**Tabel 7.** Matriks Evaluasi Risiko

Peluang	Akibat				
	1	2	3	4	5
1	R14, R15	R13			R3, R4, R5
2			R12		R10
3			R11		
4					R6, R7, R8, R9
5					R1, R2

Sumber: Hasil Penelitian

Tingkat risiko lebih tinggi dominan terhadap komponen lingkungan badan air penerima buangan air bahang. Berdasarkan **Tabel 6** tingkat risiko didapatkan hasil sebagai berikut:

- 3 risiko rendah: R13, R14, dan R15.
- 1 risiko menengah: R12.
- 5 risiko tinggi: R3, R4, R5, R10, dan R11.
- 6 risiko sangat tinggi: R1, R2, R6, R7, R8, dan R9.

Penggunaan kedua jenis penilaian tingkat penerimaan risiko akibat pelepasan air bahang bertujuan untuk menilai urutan tingkat kepentingan atau kecenderungan untuk segera dilakukan perbaikan. Mitigasi risiko dilakukan mulai dari risiko yang sangat tinggi, dari enam risiko sangat tinggi terdapat dua risiko prioritas yang tidak dapat diterima yakni kenaikan suhu air laut pada *outlet water discharge* (ST-8) melebihi 2°C dan baku mutu kualitas air laut parameter fisika terlampaui.

Pengembangan solusi berbasis lingkungan, teknis, dan valuasi ekonomi untuk pemulihan energi (*recovery*) panas dari air bahang akan mengurangi dampak lingkungan pada kehidupan akuatik [15]. Pengembangan teknik yang efisien untuk mengurangi suhu di saluran pembuangan perlu dilakukan sehingga kemungkinan kerusakan ekosistem akuatik dari suhu air yang lebih tinggi dan penurunan kandungan oksigen terlarut dapat dihindari [16]. Pelepasan air bahang dengan perubahan suhu di atas 6°C terus menerus terjadi karena pengaturan batas suhu yang tertulis pada dokumen lingkungan PLTU Paiton hanya mengatur batas suhu pada *discharge canal* (ST-DC) sebesar 40°C sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8 Tahun 2009 Lampiran II [17]. Batas suhu pada *outlet water discharge* (ST-8) seharusnya mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII [10] bahwa suhu air limbah yang dilepas harus sama dengan suhu alami diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan 2°C dari suhu alami, namun selama pemantauan selalu mengacu pada batas suhu 40°C. Perbedaan penataan batas suhu ini seharusnya dikaji kembali oleh *stakeholder* terkait. *Stakeholder* dalam hal ini mengacu pada pembuat peraturan dan pemberi izin, sehingga dengan memperketat batas suhu air bahang yang diperbolehkan untuk dilepas perusahaan akan aktif untuk mematuhi baku mutu yang berlaku.

#### 4. Kesimpulan

Identifikasi risiko untuk kegiatan pelepasan air bahang terhadap aspek lingkungan, sosial-ekonomi, dan kesehatan menghasilkan lima belas risiko. Berdasarkan penilaian tingkat risiko didapatkan tiga risiko rendah, satu risiko sedang, lima risiko tinggi, dan enam risiko sangat tinggi. Risiko yang sangat tinggi menurut *risk acceptability*-nya teridentifikasi dua risiko sangat tinggi yang tidak dapat diterima yang berhubungan dengan peningkatan suhu air, yakni kenaikan suhu air laut pada *outlet water discharge* (ST-8) melebihi 2°C dan baku mutu kualitas air laut parameter fisika berupa parameter suhu air melebihi suhu alami air laut. Disarankan untuk melakukan kajian ulang mengenai kesesuaian batas suhu air bahang yang diperbolehkan dilepas ke perairan sehingga kerusakan ekosistem laut di sekitar *outlet water discharge* akibat peningkatan suhu air laut dapat dihindari.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas dukungan data, wawasan, dan masukan yang telah diberikan. Kontribusi mereka telah sangat membantu dalam proses pengkajian yang penulis lakukan.

## 6. Singkatan

PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
%	Persen
UP	Unit Pembangkitan
<sup>o</sup> C	Derajat Celcius
ST	Stasiun
RPN	Risk Priority Number

## 7. Referensi

- [1] A. Chiasson, "Waste Heat Rejection Methods in Geothermal Power Generation," in *Geothermal Power Generation: Developments and Innovation*, Elsevier Inc., 2016, pp. 423–442. doi: 10.1016/B978-0-08-100337-4.00015-2.
- [2] U. Lee *et al.*, "Regional and Seasonal Water Stress Analysis of United States Thermoelectricity," *J Clean Prod*, vol. 270, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122234.
- [3] S. Baag and S. Mandal, "Combined effects of ocean warming and acidification on marine fish and shellfish: A molecule to ecosystem perspective," *Science of the Total Environment*, vol. 802, Elsevier B.V., Jan. 01, 2022. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149807.
- [4] J. G. Speight, "Sources of water pollution," in *Natural Water Remediation*, Elsevier, 2020, pp. 165–198. doi: 10.1016/b978-0-12-803810-9.00005-x.
- [5] J. G. Black, A. J. Reichelt-Brushett, and M. W. Clark, "The effect of copper and temperature on juveniles of the eurybathic brittle star *Amphipholis squamata* - Exploring responses related to motility and the water vascular system," *Chemosphere*, vol. 124, no. 1, pp. 32–39, 2015, doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.10.063.
- [6] T. Moriarty, W. Leggat, M. J. Huggett, and T. D. Ainsworth, "Coral Disease Causes, Consequences, and Risk within Coral Restoration," *Trends in Microbiology*, vol. 28, no. 10, Elsevier Ltd, pp. 793–807, Oct. 01, 2020. doi: 10.1016/j.tim.2020.06.002.
- [7] Google Earth, "Peta PLTU Paiton."
- [8] PT Jawa Power, "Laporan Monitoring Lingkungan."
- [9] M. Z. Fathoni, "Analisis Risiko Pada Proyek Pembuatan Lintel Set Point Dengan Metode Kualitatif (Studi Kasus : PT. XYZ)," vol. XIV, no. 2, pp. 113–126, 2020.
- [10] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, *Baku Mutu Air Laut*.
- [11] Y. Wahyudin, D. Mulyana, A. Ramli, N. Rikardi, D. Suhartono, and A. T. Kesewo, "Nilai Ekonomi Keanekaragaman Hayati Pesisir dan Laut Indonesia," *Jurnal Cendekia Ihya*, vol. 2, no. 2, 2019.
- [12] C. B. Edwards *et al.*, "Global assessment of the status of coral reef herbivorous fishes: Evidence for fishing effects," *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 281, no. 1774, Nov. 2013, doi: 10.1098/rspb.2013.1835.
- [13] N. Handayani and L. Ikaditya, "Analisis Biaya Efektif Terapi Skabies Permetrin 5% dan Salep 2-4," *Media Informasi*, vol. 15, no. 2, pp. 89–95, Feb. 2020, doi: 10.37160/bmi.v15i2.432.
- [14] S. Suprianto, M. Yulia Kusumastuti Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Indah Medan, and D. Meilani, "Analisis Biaya Efektif Terapi Diare Pasien Rawat Inap RS Putri Hijau Medan," *Jurnal Indah Sains dan Klinis*, vol. 3, no. 1, pp. 25–30, 2022, doi: 10.52622/jisk.v3i1.46.
- [15] L. F. Ribeiro, O. A. Aguilera, and Z. Hernández, "Thermal pollution mitigation and energy harnessing of the condensation process of an olive oil extraction refinery: A case study," *Environments - MDPI*, vol. 8, no. 8, Aug. 2021, doi: 10.3390/environments8080084.
- [16] S. G. Manjunatha, K. B. Bobade, and M. D. Kudale, "Pre-cooling technique for a thermal discharge from the Coastal Thermal Power Plant," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2015, pp. 358–365. doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.299.
- [17] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 8 Tahun 2009 Lampiran II, "Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal, Sumber Kegiatan Pendukung".