

Kriteria: 2.6 Dampak Bentik

Pertimbangan utama

Kriteria ini dikembangkan dengan dukungan dari Kelompok Pekerja Teknis (Technical Working Group: TWG) yang dibentuk oleh ASC. Proposal yang direvisi untuk persyaratan karamba dan moluska tersuspensi pada sistem kelautan dan pendekatan yang direkomendasikan untuk karamba di sistem air tawar (danau dan waduk) menjadi subjek konsultasi publik 60 hari pada Maret-April 2022. Persyaratan yang direvisi sekarang disajikan untuk sesi konsultasi berikutnya untuk tanggapan lebih lanjut. TWG akan menggunakan tanggapan ini untuk mengembangkan persyaratan akhir Kriteria 2.6: Dampak Bentik.

Sistem karamba laut/payau:

Berdasarkan tanggapan yang diterima dari konsultasi sebelumnya, ruang lingkup persyaratan yang diajukan untuk sistem laut telah diperluas untuk memasukkan sistem payau. Revisi persyaratan indikator yang diajukan untuk sistem karamba laut/payau didasarkan pada pendekatan pengambilan sampel tiga tingkat. Pendekatan ini dirancang untuk mengurangi beban kepatuhan pada tambak sambil meningkatkan pemahaman tambak tentang dampak bentiknya. Dengan pendekatan tersebut, sebuah tambak akan melakukan analisis bentik yang semakin rinci jika hasil awal di Tingkat 1 atau Tingkat 2 tidak memenuhi batas yang ditetapkan. Sebaliknya, tambak yang memenuhi batas di Tingkat 1 tidak perlu melakukan analisis tambahan dan dengan demikian, standar tersebut memberikan apresiasi pada pengelolaan tambak yang baik. Program pengambilan sampel memerlukan stasiun pemantauan yang didirikan di dalam tiga zona pemantauan Status Kualitas Ekologis (Ecological Quality Status: EQS). Berbagai indikator abiotik dan biotik telah dipilih yang berfungsi sebagai proksi untuk mengklasifikasikan secara numerik EQS sistem budidaya karamba laut/payau.

Pendekatan bertingkat yang diajukan menggunakan pengukuran bebas sulfida (S^{2-}) total sebagai salah satu indikator utama untuk memantau efek pengayaan organik di habitat bentik, keanekaragaman hayati, dan fungsi ekosistem. Meskipun pendekatan standar untuk mengukur S^{2-} pada sedimen permukaan adalah metode Ion-Selective Electrode (ISE), karena relatif sederhana dibandingkan dengan pilihan analisis lain yang tersedia, banyak pengguna menyatakan bahwa metode ISE menunjukkan ketahanan analitis yang rendah dan rentan terhadap kontaminasi dan bias pengukuran lainnya. Dengan demikian, persyaratan yang direvisi merekomendasikan penggunaan teknik spektroskopi UV (S^{2-}_{UV}).

Beberapa standar pemantauan peraturan internasional untuk pengayaan organik bentik telah memenuhi atau bahkan melampaui tujuan dari persyaratan ASC yang direvisi. Oleh karena itu, fleksibilitas disediakan untuk memungkinkan operator menyerahkan program pemantauan bentik spesifik yang ditentukan pengguna. ASC akan menentukan, melalui proses tinjauan ahli internal dan eksternal, apakah program pemantauan spesifik yang ditetapkan pengguna yang diajukan memenuhi persyaratan ASC yang ketat. Namun, operator didorong untuk mengadopsi sistem pemantauan bertingkat yang membahas semua persyaratan wajib untuk pemantauan pengayaan organik bentik dengan persetujuan program pemantauan spesifik yang ditentukan pengguna terbatas pada kasus luar biasa dan terdokumentasi dengan baik.

Sistem moluska laut tersuspensi:

Persyaratan revisi yang diajukan untuk memantau tambak moluska menunjukkan banyak kesamaan dengan persyaratan sistem karamba laut/payau, dengan pengecualian bahwa upaya pengambilan sampel difokuskan untuk mendeteksi dampak pengayaan organik di dalam

batas tambak dibandingkan dengan pengambilan sampel yang berdekatan dengan karamba. Persyaratan yang direvisi menggunakan pendekatan pengambilan sampel dan analisis bertingkat yang sama dan berbagai indikator abiotik dan biotik. Rancangan pengambilan sampel menggunakan pendekatan “gradien” di mana sampel dasar laut dikumpulkan di stasiun-stasiun yang masing-masing berjarak 10 m di sepanjang transeksi yang melintasi batas tambak. Tambak moluska laut tersuspensi yang menunjukkan hasil yang dapat diterima selama tiga tahun berturut-turut dapat mengurangi pengambilan sampel menjadi setiap lima tahun sekali selama tidak ada perubahan signifikan pada praktik tambak.

Seperti halnya sistem karamba laut/payau, fleksibilitas disediakan untuk memungkinkan operator tambak moluska laut untuk menyerahkan program pemantauan bentik spesifik yang ditentukan pengguna, di mana ini ditentukan untuk melampaui persyaratan revisi ASC.

Mempertimbangkan tanggapan yang diterima selama konsultasi terakhir, persyaratan yang direvisi untuk sistem-sistem ini memberikan lebih banyak detail tentang bagaimana melanjutkan dalam situasi di mana budidaya terletak di atas dasar yang keras. Demikian pula, lebih banyak detail yang diberikan mengenai lokasi dan arah transeksi pengambilan sampel yang diperlukan dan lokasi situs-situs referensi.

Sistem karamba di danau dan waduk:

Serupa dengan proposal untuk sistem laut/payau, persyaratan yang diajukan untuk karamba di danau dan waduk menggabungkan pengambilan sampel bertingkat, klasifikasi EQS, dan pemantauan bentik langsung. Akan tetapi, kepatuhan terhadap persyaratan untuk memenuhi status bentik yang dapat diterima (Indikator 2.6.2) tidak diperlukan untuk tiga tahun pertama Standar Budidaya ASC yang diselaraskan menjadi efektif. Saat ini, tidak ada standar terkait air tawar ASC yang mencakup persyaratan bentik. Salah satu penjelasan untuk ini adalah bahwa keragaman sistem akuakultur air tawar membuat sulit untuk mengembangkan persyaratan bentik baku. Juga, literatur ilmiah yang relatif kurang menghambat pengembangan persyaratan sedemikian rupa karena kebanyakan studi dampak lingkungan akuakultur air tawar berfokus pada kualitas air daripada dampak bentik. ASC percaya proposal tersebut merupakan langkah maju dalam menilai dampak akuakultur di danau dan waduk. Dalam konteks itu, dan karena tambak perlu mematuhi persyaratan pemantauan dan pelaporan standar (Indikator 2.6.1 dan 2.6.3), diharapkan informasi yang dihasilkan selama periode ini akan memberikan pengetahuan dan data yang berarti yang akan berguna untuk lebih memahami dampak akuakultur di danau dan waduk. Demikian juga, informasi tersebut akan digunakan untuk mendukung atau merevisi persyaratan yang diajukan, dengan tujuan jangka panjang untuk membantu industri mengurangi dampak dari sistem tersebut.

Sistem air tawar yang dibuang ke sungai:

TWG mengusulkan pemeliharaan persyaratan saat ini untuk sistem yang dibuang ke sungai (yaitu, survei makroinvertebrata pada badan air penerima di hilir dan hulu dari titik pembuangan limbah, sesuai ASC Freshwater Trout Standard dan Section 8 of the ASC Salmon Standard) .

Untuk informasi tentang dasar pemikiran TWG untuk pengajuan persyaratan indikator yang direvisi, lihat “ [Whitepaper on Standards for Aquaculture Impacts on Benthic Habitat, Biodiversity and Ecosystem Function](#) ”.

Kriteria Lingkup 2.6 – Setiap UoC yang menggunakan karamba di laut/air payau atau danau/waduk atau sistem moluska laut tersuspensi

Dasar Pemikiran – Pembuangan limbah sistem produksi akuakultur paling umum mengandung bahan organik (misalnya, feses, pakan yang tersisa) dan, pada terkadang, logam berat (yaitu, tembaga dari jaring yang diolah). Meskipun cara pembuangan dapat bervariasi (tersebar vs titik sumber), semuanya punya potensi berdampak negatif pada struktur dan fungsi ekosistem penerima.

Ketika pengendapan bahan organik terjadi pada tingkat yang melebihi kapasitas kemampuan lingkungan penerima untuk mengasimilasi, maka dapat terjadi perubahan komposisi kimia dan fisik sedimen, yang akhirnya dapat berdampak negatif pada komunitas bentik (in)fauna. Luasnya dampak ini tergantung pada fluks bahan organik yang dilepaskan oleh operasi, karakteristik badan air, dan kapasitas dekomposisi alami komunitas mikroba bentik. Namun, jika dikelola dengan baik, laju pengendapan dipertahankan dalam laju dekomposisi aerobik alami, sehingga meminimalkan dampak bentik.

Maksud – Untuk menjaga struktur dan fungsi ekosistem di area sekitar tambak.

Indikator:	
Indikator 2.6.1	UoC harus memantau bentos untuk pengayaan organik mengikuti program pemantauan yang diuraikan pada Lampiran I ¹ .
Indikator 2.6.2	<i>Cakupan indikator²: karamba laut/payau dan sistem moluska laut tersuspensi</i> UoC harus memenuhi status bentik “dapat diterima” di area sekitar tambak sebagaimana diuraikan di Lampiran I.

Indikator pelaporan:	
Indikator 2.6.3 Symbol pelaporan	Setiap tahun UoC akan melapor ke ASC tentang kategori EQS di area sekitarnya, menurut Lampiran 2 dan menggunakan templat yang disediakan di situs web ASC.

¹Tambak yang terletak di area yang diklasifikasikan memiliki "dasar yang keras" dikecualikan dari persyaratan yang direvisi. Video bagian dasar atau bukti lain diperlukan untuk mendukung klasifikasi "dasar keras".

² Untuk budidaya karamba di danau dan waduk, pemenuhan persyaratan untuk memenuhi status bentik yang dapat diterima di area sekitar tambak (Indikator 2.6.2) tidak diperlukan untuk tiga tahun pertama Standar Tambak ASC yang diselaraskan menjadi efektif. Kepatuhan terhadap persyaratan pemantauan (2.6.1) dan pelaporan (2.6.3) diperlukan sejak tanggal efektif Standar Tambak ASC.

Lampiran I: Program Pemantauan Benthik

Pendahuluan

Lampiran ini menjelaskan persyaratan baku program pemantauan benthik ASC tetapi juga mencakup opsi untuk program pemantauan benthik yang ditentukan pengguna.

Bagian 1.1 - Sistem dan Kategori Status Kualitas Ekologis (EQS)

Untuk membuat keputusan yang konsisten terkait dengan dampak pengayaan organik, kategori Status Kualitas Ekologis (EQS) didefinisikan berdasarkan elemen kualitas abiotik dan biologis spesifik yang secara kolektif menggambarkan status kesehatan/ekologi kelompok makroinfauna benthik. Sistem kategori EQS dilaporkan secara luas di literatur ilmiah; saat ini digunakan untuk melakukan pengaturan penilaian kualitas sedimen di beberapa negara dan mendukung beberapa standar ASC saat ini (misalnya, Standar Salmon). Kategori EQS didefinisikan menggunakan deskripsi baku dari kelompok makrofauna terkait (Tabel 1).

Tabel 1: Deskripsi kumpulan makrofauna benthik untuk masing-masing lima kategori Status Kualitas Ekologis (EQS).

Kategori EQS	Definisi
Status Tinggi	Tidak ada atau gangguan sangat kecil: Kelimpahan, kekayaan, dan keanekaragaman spesies tinggi dan taksa sensitif mendominasi. Taksa oportunistik tidak ada atau kelimpahannya dapat diabaikan. Elemen kualitas geokimia menunjukkan kondisi aerobik dengan toksisitas sulfida bebas yang rendah.
Status Baik	Gangguan sedikit: Tingkat keanekaragaman dan kelimpahan taksa invertebrata sedikit berkurang. Sebagian besar taksa sensitif ada tetapi sedikit berkurang. Taksa oportunistik ada tetapi jumlahnya dapat diabaikan. Elemen kualitas geokimia menunjukkan kondisi sedimen aerobik dengan sedikit peningkatan kadar sulfida bebas.
Status Sedang	Gangguan sedang: Tingkat keanekaragaman dan kelimpahan taksa invertebrata cukup berkurang. Taksa sensitif memiliki kelimpahan yang dapat diabaikan atau tidak ada. Taksa oportunistik toleran dan orde pertama berko-dominasi dalam

	kelimpahan. Elemen kualitas geokimia menunjukkan peningkatan sedang kondisi anaerobik, dengan kadar sulfida bebas yang diketahui mematikan bagi taksa yang sensitif dan indifferen.
Status Kurang Baik	Gangguan besar: Bukti perubahan besar pada nilai-nilai elemen kualitas biologis. Keanekaragaman sangat berkurang dengan taksa sensitif dan indifferen menunjukkan kelimpahan yang dapat diabaikan atau tidak ada. Taksa toleran sub-dominan terhadap taksa oportunistik orde pertama. Elemen kualitas geokimia menunjukkan peningkatan besar pada kondisi anaerobik dan konsentrasi sulfida yang mematikan bagi sebagian besar taksa.
Status Buruk	Gangguan berat: Bukti perubahan yang berat pada nilai-nilai elemen kualitas biologis dan sebagian besar kelompok biologis relevan yang terkait dengan kondisi tidak terganggu tidak ada. Taksa oportunistik orde pertama mendominasi tetapi kelimpahannya sangat berkurang. Elemen kualitas geokimia menunjukkan peningkatan berat dari konsentrasi sulfida yang mematikan untuk semua taksa.

Bagian 1.2 - Ambang Batas dan Batas Numerik untuk Indikator Pengayaan Organik dan Kategori EQS yang Sesuai

Interpretasi data pemantauan pada indikator abiotik atau biotik pengayaan organik memerlukan ambang batas dan batas numerik untuk membedakan lima kategori EQS (Tinggi, Baik, Sedang, Kurang Baik, dan Buruk) yang dijelaskan di Tabel 1. Tabel 2 mendefinisikan ambang batas dan batas numerik untuk banyak indikator pengayaan organik yang umum digunakan.

Tabel 2: Ambang batas indikator abiotik dan biotik dan batas numerik untuk masing-masing lima kategori EQS (Tabel 1).

Indikator pengayaan organik	Ambang batas indikator dan batas numerik per kategori EQS				
	Status Tinggi	Status Baik	Status Sedang	Status Kurang Baik	Status Buruk
Total Sulfida Bebas (S^{2-} ; μM)*	0 hingga 75	75 hingga 250	250 hingga 500	500 hingga 1100	>1100
Potensial redoks (Eh_{NHE})	>0		0 hingga -100	-100 hingga -150	<-150
pH**	>7,5		7,1 hingga 7,5	6,8 hingga 7,1	<6,8
Total Nitrogen Amonia** (TAN; mg/L)	NA	NA	1,9***	NA	NA

Kekayaan ($S\%$; % dari maksimal S)	>80	50 hingga 80	35 hingga 50	15 hingga 35	<15
Taksa Oportunistik (GrV ; %)	<20	20 hingga 40	40 hingga 60	60 hingga 80	>80
Polychaete/Rasio Amfipoda ($BPOFA$)	<0,031	0,031 hingga 0,126	0,126 hingga 0,187	0,187 hingga 0,237	>0,237
Indeks Biotik Laut AZTI ($AMBI$)	<1,2	1,2 hingga 3,0	3,0 hingga 3,9	3,9 hingga 4,8	>4,8
$AMBI$ Multivariat ($M-AMBI$)	>0,83	0,83 hingga 0,59	0,59 hingga 0,47	0,47 hingga 0,35	<0,47
Kualitas Habitat Bentik (BHQ)	8 hingga 15	6 hingga 8	4 hingga 6	2 hingga 4	<2
Kekayaan Disederhanakan (S_{50})	>16	11,7 hingga 16	7,5 hingga 11,7	5,4 hingga 7,5	<5,4
Indeks Kualitas Bentik (BQI)	>16,0	12,0 hingga 16,0	8,0 hingga 12,0	4,0 hingga 8,0	<4,0
Indeks Kualitas Bentik ($BQI-family$)	>20,8	9,2 hingga 20,8	5,7 hingga 9,2	1,9 hingga 5,7	<1,9
BENTIK	>0,67	0,5 hingga 0,67	0,42 hingga 0,49	0,33 hingga 0,41	<0,33
Indeks Kualitas Norwegia ($NQ/1$)	>0,86	0,68 hingga 0,86	0,43 hingga 0,68	0,20 hingga 0,43	<0,20
Indeks Sensitivitas Norwegia (NSI)	>27,4	23,1 hingga 27,4	18,8 hingga 23,1	10,4 hingga 18,8	<10,4
Indeks Spesies Indikator (IS_{2012})	>9,6	7,5 hingga 9,6	6,2 hingga 7,5	4,5 hingga 6,2	<4,5
Tahap Pengayaan (ES)	1	2	3 hingga 4	4 hingga 5	6 hingga 7

* Diukur dengan spektrofotometri UV.

**Hanya digunakan untuk danau air tawar.

*** Pada pH 7 dan 20°C. Untuk pH dan/atau suhu lainnya lihat nilai dependen di Bagian 1.7, Tabel 10.

Bagian 1.3 - Skala Spasial Pemantauan Bentik dan Kerangka Keputusan Kepatuhan

A. Sistem karamba laut/payau:

Lokasi pengambilan sampel harus ditetapkan di masing-masing tiga zona pemantauan tambak dan di dalam zona acuan (Gambar 1).

Jika hasil pemantauan tidak menetapkan EQS Status Tinggi di setiap zona pemantauan (yaitu status bentik yang dapat diterima), maka harus mengikuti Tabel 3 untuk menentukan apakah status bentik dapat diterima atau tidak.

Tabel 3: Tiga kemungkinan skenario status bentik yang memenuhi syarat sebagai “dapat diterima” (2.6.2) untuk karamba laut/payau, serta dua contoh dengan status bentik “tidak dapat diterima”.

	Zona Pemantauan (Gbr.1)*	Pengambilan sampel yang diperlukan & Jarak ke tambak (tepi karamba)**	Hasil analisis sampel - kategori EQS per zona pemantauan	Status Bantik
Skenario 1	Tambak zona 1, 2, dan 3 dan zona acuan	Zona 1: 30 m	Status Sedang atau lebih baik	Dapat Diterima
		Zona 2: 100 m	Status Baik atau lebih baik	
		Zona 3: 150 m	Status Tinggi	
		zona acuan: 500 m	Status tinggi	
Skenario 2	Tambak zona 1, 2, dan 3 dan zona acuan	Zona 1: 30 m	Status Sedang atau lebih baik	Dapat Diterima
		Zona 2: 100 m Zona 3: 150 m	Status Baik	
		zona acuan: 500 m	Status Baik	
Skenario 3	Tambak zona 1, 2, dan 3 dan zona acuan	Zona 1: 30 m Zona 2: 100 m Zona 3: 150 m	Status Sedang	Dapat Diterima
		zona acuan: 500 m	Status Sedang	
Skenario 4	Tambak zona 1, 2, dan 3	Zona 1: 30 m Zona 2: 100 m Zona 3: 150 m	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima
Skenario 5	zona acuan	zona acuan: 500 m	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima

*1 atau 4 lokasi pengambilan sampel di setiap zona, tergantung apakah pengambilan sampel Tingkat 1 atau Tingkat 2/3 sedang dilakukan.

**Kategori EQS untuk zona 1, 2, dan 3 harus dicapai dengan jarak ke tambak yang ditunjukkan pada kolom ini.

B. Sistem Karamba di Danau Air Tawar

Lokasi pengambilan sampel harus ditetapkan di masing-masing dua zona pemantauan tambak dan di dalam zona acuan (Gambar 2).

Tabel 4: Tiga kemungkinan skenario status bentik yang memenuhi syarat “dapat diterima” untuk sistem karamba di danau air tawar, serta dua contoh dengan status bentik “tidak dapat diterima”.

	Zona Pemantauan (Gambar 2)*	Pengambilan sampel yang diperlukan & Jarak ke tambak (tepi karamba)**	Hasil analisis sampel - kategori EQS per zona pemantauan	Status Bentik
Skenario 1	Tambak zona 1, 2, dan zona acuan	Zona 1: 30 m	Status Sedang atau lebih baik	Dapat Diterima
		Zona 2: 100 m	Status Tinggi	
		zona acuan: 150 m	Status Tinggi	
Skenario 2	Tambak zona 1, 2, dan zona acuan	Zona 1: 30 m Zona 2: 100 m zona acuan: 150 m	Status Baik	Dapat Diterima
Skenario 3	Zona tambak 1, 2, dan zona acuan	Zona 1: 30 m Zona 2: 100 m zona acuan: 150 m	Status Sedang	Dapat Diterima
Skenario 4	Zona tambak 1&2	Zona 1: 30 m Zona 2: 100 m	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima
Skenario 5	zona acuan	zona acuan: 150 m	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima

*1 atau 4 lokasi pengambilan sampel di setiap zona, tergantung pada apakah pengambilan sampel tingkat 1 atau tingkat 2/3 sedang dilakukan.

**Kategori EQS untuk zona 1 dan 2 harus dicapai dengan jarak ke tambak yang ditunjukkan pada kolom ini.

C. Sistem moluska laut tersuspensi:

Lokasi pengambilan sampel harus dibuat di sepanjang transeksi yang membentang dari 30 m di dalam batas tambak (zona pemantauan tambak) hingga 30 m di luar batas (zona acuan) (Gambar 3).

Tabel 5: Tiga kemungkinan skenario status bentik yang memenuhi syarat sebagai “dapat diterima” (2.6.2) untuk moluska laut tersuspensi, serta dua contoh dengan status bentik “tidak dapat diterima”.

	Zona Pemantauan (Gambar 3)	Pengambilan sampel yang diperlukan & Jarak ke tambak	Hasil analisis sampel - kategori EQS per zona pemantauan	Status Bantik
Skenario 1	Tambak dan zona acuan	0, 10, 20, dan 30 m di dalam batas tambak	Status Sedang atau lebih baik	Dapat Diterima
		zona acuan: 10, 20, dan 30 m di luar batas tambak	Status Tinggi	
Skenario 2	Tambak dan zona acuan	0, 10, 20, dan 30 m di dalam batas tambak	Status Sedang atau Baik	Dapat Diterima
		zona acuan: 10, 20, dan 30 m di luar batas tambak	Status Baik	

Skenario 3	Tambak dan zona acuan	0, 10, 20, dan 30 m di dalam batas tambak	Status Sedang	Dapat Diterima
		zona acuan: 10, 20, dan 30 m di luar batas tambak	Status Sedang	
Skenario 4	Zona tambak	0, 10, 20, dan 30 m di dalam batas tambak	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima
Skenario 5	zona acuan	zona acuan: 10, 20, dan 30 m di luar batas tambak	Status Kurang Baik atau Buruk	Tidak Dapat Diterima

Bagian 1.4 - Waktu Pengambilan Sampel

A. & B. Waktu pengambilan sampel – sistem karamba laut/payau dan air tawar

Pengambilan sampel harus dilakukan selama periode ketika dampak bentik diperkirakan paling tinggi (yaitu, skenario terburuk). Periode ini dapat terjadi sekitar puncak makan, pada puncak biomassa, atau selama periode suhu air maksimum, ketika proses degradasi limbah paling cepat terjadi. Tambak harus memberikan informasi perencanaan puncak biomassa dan puncak makan, perkiraan waktu suhu air maksimum, dan kapan dampak maksimum pada bentos diprediksi terjadi. Berdasarkan informasi awal ini, persyaratan pemantauan berikut akan berlaku:

- Pengambilan sampel harus dilakukan selama tahun terakhir dari setiap siklus produksi di fasilitas dan dalam waktu 30 hari setelah puncak makan, setelah biomassa puncak, atau setelah suhu air maksimum, berdasarkan prediksi tambak pada dampak bentik tertinggi.
- Untuk kasus puncak makan/biomassa terjadi beberapa kali pada setiap tahun, pengambilan sampel harus dilakukan dalam waktu dua minggu dari perkiraan suhu air tahunan maksimum.
- Untuk kasus biomassa berkelanjutan di bulan-bulan sebelum panen, pengambilan sampel harus dilakukan dua minggu sebelum tanggal panen akhir.

C. Waktu pengambilan sampel - sistem moluska laut tersuspensi

- Untuk tambak moluska yang mengandung satu kohort, pengambilan sampel harus dilakukan pada tahun terakhir produksi dalam waktu 30 hari setelah puncak biomassa.
- Untuk tambak moluska yang mengandung lebih dari satu siklus produksi (beberapa kohort hadir dengan potensi beberapa puncak biomassa), pengambilan sampel harus dilakukan setiap tahun dalam waktu 30 hari dari waktu perkiraan suhu air maksimum.

Setelah tiga tahun menunjukkan hasil yang konsisten, tambak dengan kohort tunggal atau ganda dapat mengurangi pengambilan sampel menjadi setiap lima tahun sekali selama tidak ada perubahan signifikan pada praktik penambakan.

Bagian 1.5 - Pendekatan Pengambilan Sampel Bertingkat

Program pemantauan bentik menggunakan pendekatan penilaian bertingkat pada jumlah lokasi pengambilan sampel dan kompleksitas analisis sampel meningkat sehubungan dengan risiko atau data pemantauan awal. Operator tambak dapat memutuskan untuk memulai pemantauan di salah satu tingkat pemantauan berikut berdasarkan kinerja tambak sebelumnya.

Pemantauan dan analisis pengambilan sampel harus dilakukan oleh personel yang tidak terikat dengan perusahaan yang memiliki tambak atau disetujui oleh regulator regional/nasional. Personel yang melakukan pekerjaan ini diharuskan menjalani pelatihan dan menunjukkan kompetensi dan kemahiran dalam penggunaan semua metodologi dan teknologi yang diperlukan yang digunakan menurut persyaratan yang direvisi.

A. Protokol pengambilan sampel – sistem karamba laut/payau

Tingkat 1

- Sampel sedimen rangkap tiga harus dikumpulkan di tiga lokasi pengambilan sampel yang berbeda (yaitu, pada 30, 100, dan 150 meter dari tambak [tepi deretan karamba]), dan di zona acuan, pada arah dari arah arus utama.
- Setiap sampel sedimen harus segera dianalisis segera di atas kapal survei untuk total sulfida bebas (S^{2-} ; dalam rangkap tiga [9 analisis total untuk setiap lokasi pengambilan sampel]) dan potensial redoks (Eh : pengukuran tunggal [3 analisis total untuk setiap lokasi pengambilan sampel]) pada sedimen permukaan (kedalaman 0 sampai 2 cm) menggunakan metode analisis lapangan cepat yang diberikan pada Bagian 1.7.
- Sampel sedimen harus dianalisis dan hasilnya segera diinterpretasikan di atas kapal pengambilan sampel. Untuk menginterpretasikan hasil, nilai rata-rata dari analisis 9 S^{2-} dan 3 Eh dibandingkan dengan Tabel 2 untuk mengidentifikasi kategori EQS, dan dibandingkan dengan Tabel 3 untuk menentukan apakah kategori EQS di semua zona pemantauan menghasilkan status bentik yang dapat diterima.
- Jika hasil analisis sampel sedimen dari kedua indikator dan setiap zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari tiga zona mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, pemantauan Tingkat 2 harus segera diterapkan.

Tingkat 2

- Pengumpulan dan analisis sampel sedimen harus dilakukan seperti untuk Tingkat 1, tetapi di tiga arah tambahan sesuai dengan Gambar 1.
- Jika hasil ³ analisis sampel sedimen dari kedua indikator dan setiap zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari tiga zona mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, risiko dampak kelompok bentik diperkirakan tinggi, dan UoC harus segera menerapkan pemantauan Tingkat 3 untuk mengkarakterisasi dampak spasial lebih lanjut dengan menggunakan pemantauan indikator biotik.

Tingkat 3

³ Nilai rata-rata per indikator per zona pemantauan, diperoleh dari 36 titik data: tiga ulangan analisis untuk masing-masing sampel rangkap tiga, untuk masing-masing empat lokasi pengambilan sampel per zona.

- Sampel *grab* rangkap tiga harus dikumpulkan di lokasi pengambilan sampel yang sama seperti untuk Tingkat 2.
- Sampel *grab* harus disaring melalui jaring 1,0 mm dan semua organisme diawetkan untuk analisis taksonomi.
- Sampel *grab* harus dianalisis untuk tiga indikator biotik dari Tabel 2.
- Hasil analisis ketiga indikator biotik tersebut akan dibandingkan dengan Tabel 2 untuk menentukan kategori EQS yang dominan per zona pemantauan⁴.
- Jika kategori EQS yang dominan dari setiap zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari tiga zona pemantauan mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, maka tambak tidak sesuai dengan indikator 2.6.2, kecuali hasil dari sampel *grab* di zona acuan pada jarak 500 meter dari tambak (tepi deretan karamba) memberikan EQS yang lebih rendah. Data pemantauan indikator dari lokasi pengambilan sampel referensi akan digunakan untuk menentukan EQS Zona Acuan yang berlaku untuk tambak. Misalnya, jika zona acuan ditampilkan sebagai 'Sedang', maka kategori yang sama di zona 1, 2, dan 3 adalah dapat diterima. Persyaratan indikator revisi yang diajukan tidak memungkinkan sertifikasi ketika zona acuan terbukti 'Kurang Baik' atau 'Buruk'.
- Pada kasus potensi dampak bentik suatu tambak mungkin tumpang tindih dengan tambak lainnya (misal: lokasi referensi berada dalam jarak 200 m dari tambak yang berdekatan), lokasi atau arah transeksi yang tumpang tindih dapat disesuaikan untuk membantu menghindari potensi interaksi tambak. Hal yang sama berlaku untuk setiap transeksi/stasiun pengambilan sampel yang akan bersinggungan dengan lahan kering. Arah transeksi juga dapat diubah untuk menghindari pengambilan sampel di daerah yang kedalaman airnya berubah dengan cepat di sepanjang transeksi. Untuk semua kasus, diperlukan empat transeksi pengambilan sampel, dengan sebisa mungkin masing-masing sedekat 90 derajat satu sama lain.

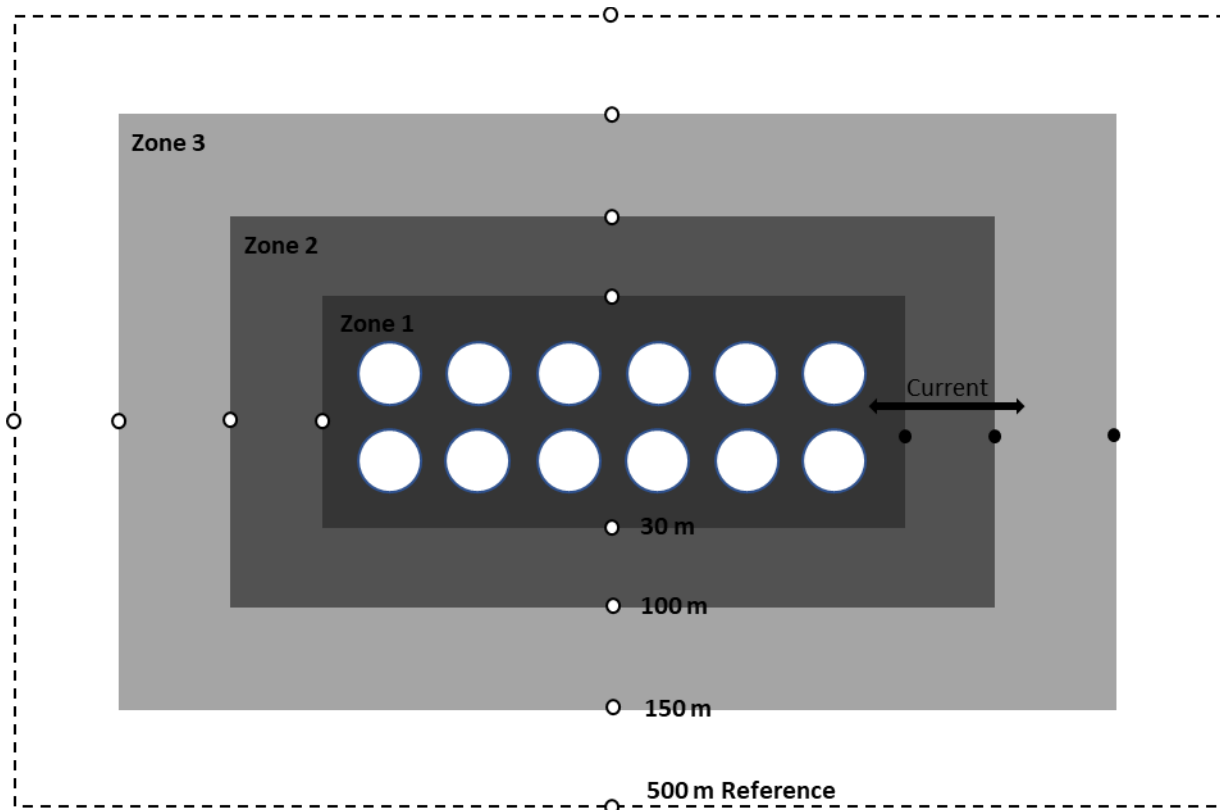
Setiap tingkat pemantauan dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6: Program Pemantauan Benthik untuk Sistem Karamba Laut/Payau - Pendekatan Penilaian Bertingkat

Tingkat	Deskripsi	Indikator	Lokasi Pengambilan Sampel
Tingkat 1	Penyaringan cepat: Penyaringan dampak tambak berbiaya rendah menggunakan pengukuran abiotik praktis dan nyaris sewaktu untuk menentukan risiko dampak pengayaan organik.	S ² - dan Eh	Pada jarak 30, 100, 150, dan 500 m di arah arus utama.
Tingkat 2	Gambaran dampak: Analisis spasial yang diperbaiki dari	S ² - dan Eh	Sama seperti Tingkat 1 tetapi menyertakan pengambilan sampel

⁴ Dari 12 kategori EQS dalam zona pemantauan (3 indikator biotik kali 4 lokasi pengambilan sampel), yang dominan, yaitu 6 atau lebih, menentukan kategori EQS untuk zona pemantauan. Misalnya, pada kasus 6 EQS Status Sedang dan 6 EQS Status Kurang Baik, EQS yang dominan dapat dianggap sebagai Status Sedang (yang mengarah ke status bentik yang dapat diterima di zona 1 menurut Tabel 3). Dalam kasus 5 EQS Status Sedang dan 7 EQS Status Buruk, EQS yang dominan adalah Status Kurang Baik (yang mengarah ke status bentik yang tidak dapat diterima di zona 1 menurut Tabel 3).

	dampak abiotik di sekitar tambak menggunakan alat pemantauan praktis.		di tiga arah tambahan.
Tingkat 3	Dampak biotik: Karakterisasi komprehensif dampak biotik di sekitar tambak.	3 indikator biotik dari Tabel 2	Lokasi yang sama dengan Tingkat 1 dan Tingkat 2.



Gambar 1. Skema lokasi pengambilan sampel dan Zona EQS pada program pemantauan karamba laut/payau Tingkat 1 (●), 2 (● dan ○) dan 3 (● dan ○). Zona pemantauan EQS ditunjukkan bersama lokasi pengambilan sampel yang terletak di batas luar setiap zona.

B. Protokol pengambilan sampel – Sistem Karamba di Danau Air Tawar

Tingkat 1

- Sampel sedimen rangkap tiga harus dikumpulkan di dua lokasi pengambilan sampel yang berbeda, yaitu pada 30 dan 100 meter dari tambak (tepi deretan karamba), dan di lokasi referensi.
- Setiap sampel sedimen harus segera dianalisis untuk potensi redoks, pH, dan Total Amonia Nitrogen (TAN) (ukuran tunggal untuk masing-masing dari tiga indikator [9 analisis total untuk setiap lokasi pengambilan sampel]) pada sedimen permukaan (kedalaman 0 hingga 2 cm) menggunakan metode analisis lapangan cepat yang diberikan di Bagian 1.7.
- Sampel sedimen harus dianalisis dan hasilnya segera diinterpretasikan. Untuk

menginterpretasikan hasil, nilai rata-rata dari analisis 3 *Eh*, 3 pH, dan 3 TAN dibandingkan dengan Tabel 2 untuk mengidentifikasi kategori EQS dan dibandingkan dengan Tabel 4 untuk menentukan apakah hasil dari semua zona pemantauan mengarah pada status bentik yang dapat diterima.

- Jika hasil analisis sampel sedimen dari ketiga indikator dan masing-masing dari dua zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima, maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari dua zona mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, pemantauan Tingkat 2 harus segera diterapkan.

Tingkat 2

- Pengambilan dan analisis sampel sedimen harus dilakukan seperti untuk Tingkat 1 tetapi di tiga arah tambahan sesuai dengan Gambar 2.
- Jika hasil⁵ analisis sampel sedimen dari ketiga indikator dan setiap zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari dua zona mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, risiko dampak kelompok bentik diperkirakan tinggi, dan UoC akan menerapkan pemantauan Tingkat 3 untuk lebih mengkarakterisasi dampak spasial dengan menggunakan pemantauan indikator biotik.

Tingkat 3

- Sampel *grab* rangkap tiga harus dikumpulkan di lokasi pengambilan sampel yang sama seperti untuk Tingkat 2.
- Sampel *grab* harus disaring melalui jaring 1,0 mm dan semua organisme diawetkan untuk analisis taksonomi.
- Sampel *grab* harus dianalisis untuk tiga indikator biotik dari Tabel 2.
- Hasil analisis ketiga indikator biotik tersebut akan dibandingkan dengan Tabel 2 untuk menentukan kategori EQS yang dominan per zona pemantauan⁶.
- Jika kategori EQS yang dominan dari setiap zona pemantauan menunjukkan status bentik yang dapat diterima maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika salah satu dari dua zona mengarah ke status bentik tidak dapat diterima, maka tambak harus menggunakan hasil dari sampel *grab* di zona acuan pada jarak 150 meter dari tambak (tepi deretan karamba) untuk mengkonfirmasi apakah memberikan EQS yang lebih rendah. Data pemantauan indikator dari lokasi pengambilan sampel referensi akan digunakan untuk menentukan EQS Zona Acuan yang berlaku untuk tambak. Misalnya, jika zona acuan menunjukkan 'Sedang', maka kategori yang sama di zona 1 dan 2 dapat diterima. Persyaratan indikator yang direvisi yang diusulkan, bila efektif, tidak akan mengizinkan sertifikasi ketika zona acuan terbukti 'Kurang Baik' atau 'Buruk'.

⁵Nilai rata-rata per indikator dan zona pemantauan, diturunkan dari 12 titik data: analisis tunggal untuk masing-masing sampel rangkap tiga, untuk masing-masing dari empat transeksi pengambilan sampel

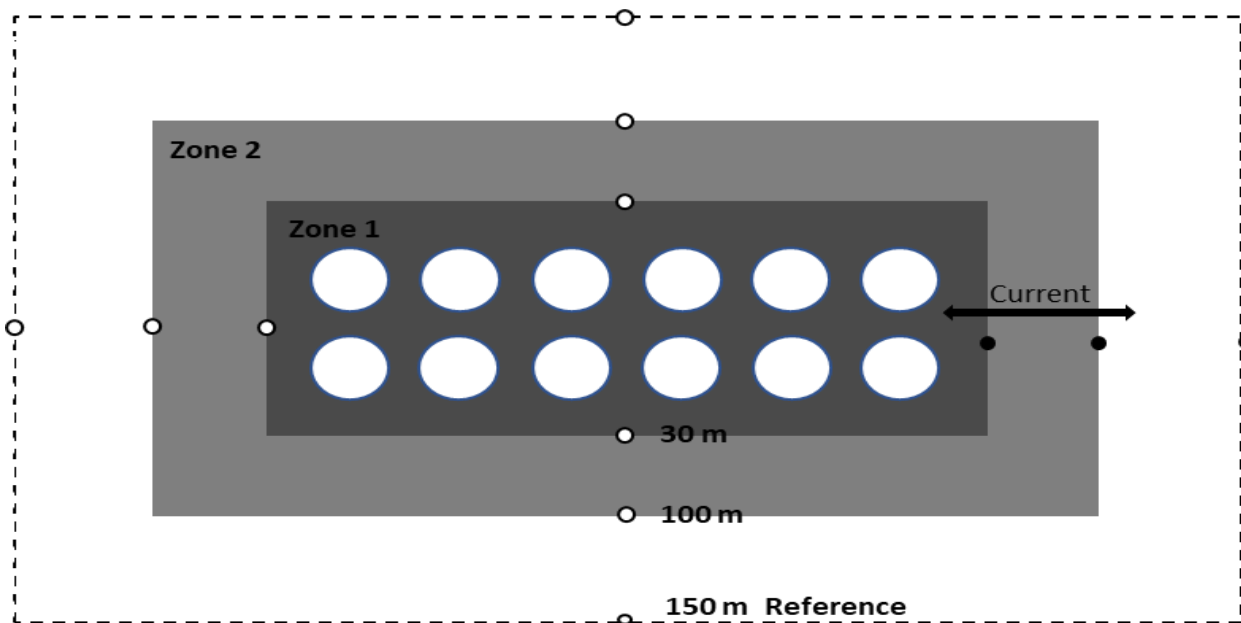
⁶ Dari 12 kategori EQS dalam zona pemantauan (3 indikator biotik kali 4 lokasi pengambilan sampel), yang dominan, yaitu 6 atau lebih, menentukan kategori EQS untuk zona pemantauan. Misalnya, pada kasus 6 EQS Status Sedang dan 6 EQS Status Kurang Baik, EQS yang dominan dapat dianggap sebagai Status Sedang. Pada kasus 5 EQS Status Sedang dan 7 EQS Status Buruk, EQS yang dominan adalah Status Kurang Baik.

- Pada kasus potensi dampak bentik suatu tambak mungkin tumpang tindih dengan tambak lainnya (misal: lokasi referensi berada dalam jarak 200 m dari tambak yang berdekatan), lokasi atau arah transeksi yang tumpang tindih dapat disesuaikan untuk membantu menghindari potensi interaksi tambak. Hal yang sama berlaku untuk setiap transeksi/stasiun pengambilan sampel yang akan bersinggungan dengan lahan kering. Arah transeksi juga dapat diubah untuk menghindari pengambilan sampel di daerah yang kedalaman airnya berubah dengan cepat di sepanjang transeksi. Untuk semua kasus, diperlukan empat transeksi pengambilan sampel, dengan sebisa mungkin masing-masing sedekat 90 derajat satu sama lain.

Setiap tingkat pemantauan dirangkum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7:

Tabel 7: Program Pemantauan Benthik untuk Sistem Karamba di Danau Air Tawar - Pendekatan Penilaian Bertingkat

Tingkat	Deskripsi	Indikator	Lokasi Pengambilan Sampel
Tingkat 1	Penyaringan cepat: Penyaringan dampak tambak berbiaya rendah menggunakan pengukuran abiotik praktis dan nyaris sewaktu untuk menentukan risiko dampak pengayaan organik.	<i>Eh</i> , pH, TAN	Pada jarak 30, 100, dan 150 m di arah arus utama.
Tingkat 2	Gambaran dampak: Analisis spasial yang diperbaiki dari dampak abiotik di sekitar tambak menggunakan alat pemantauan praktis.	<i>Eh</i> , pH, TAN	Sama seperti Tingkat 1 tetapi menyertakan pengambilan sampel di tiga arah tambahan.
Tingkat 3	Dampak biotik: Karakterisasi komprehensif dampak biotik di sekitar tambak.	3 indikator biotik dari Tabel 2	Lokasi yang sama dengan Tingkat 2.



Gambar 2 Skema lokasi pengambilan sampel dan Zona EQS pada program pemantauan karamba air tawar Tingkat 1 (●), 2 (● dan ○) dan 3 (● dan ○). Zona pemantauan EQS ditunjukkan bersama lokasi pengambilan sampel yang terletak di batas luar setiap zona.

C. Protokol pengambilan sampel - Sistem Moluska Laut Tersuspensi

Tingkat 1

- Sampel sedimen rangkap tiga harus dikumpulkan di masing-masing tujuh lokasi pengambilan sampel yang berjarak 10 m di sepanjang transeksi tunggal yang mengalir ke arah arus utama (Gambar 2).
- Setiap sampel sedimen harus segera dianalisis di atas kapal survei untuk total sulfida bebas (S^{2-} ; dalam rangkap tiga [9 analisis total per setiap lokasi pengambilan sampel]) dan potensi redoks (Eh : ukuran tunggal [3 analisis total untuk setiap lokasi pengambilan sampel]) pada sedimen permukaan (kedalaman 0 sampai 2 cm) menggunakan metode analisis lapangan cepat yang diberikan di Bagian 1.7.
- Sampel sedimen harus dianalisis dan hasilnya segera diinterpretasikan di atas kapal pengambilan sampel. Untuk menginterpretasikan hasil, nilai rata-rata dari semua analisis S^{2-} dan Eh dari keempat lokasi pengambilan sampel yang terletak di dan di dalam batas budidaya dibandingkan dengan Tabel 2 untuk mengidentifikasi kategori EQS, dan dibandingkan dengan Tabel 5 untuk menentukan apakah status bentik dapat diterima yaitu, Status Sedang atau lebih baik.
- Jika hasil analisis sampel sedimen menunjukkan status bentik yang dapat diterima – yaitu, “Sedang” atau lebih baik maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika dipastikan status bentik tidak dapat diterima maka pemantauan Tingkat 2 harus segera diterapkan.

Tingkat 2

- Pengumpulan dan analisis sampel sedimen harus dilakukan seperti untuk Tingkat 1 tetapi di tiga arah tambahan sesuai dengan Gambar 3.
- Jika hasil⁷ analisis sampel sedimen menunjukkan status bentik yang dapat diterima yaitu Status EQS Sedang atau lebih baik maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika dipastikan status bentik tidak dapat diterima maka risiko dampak komunitas bentik diperkirakan tinggi, dan UoC harus segera menerapkan pemantauan Tingkat 3 untuk lebih mengkarakterisasi dampak spasial dengan menggunakan pemantauan indikator biotik.

Tingkat 3

- Sampel *grab* rangkap tiga harus dikumpulkan di lokasi yang sama seperti yang dijelaskan untuk Tingkat 2.
- Sampel *grab* harus disaring melalui jaring 1,0 mm dan semua organisme diawetkan untuk analisis taksonomi.
- Sampel *grab* harus dianalisis untuk tiga indikator biotik dari Tabel 2. Tiga metrik biotik harus direratakan per indikator untuk menentukan EQS untuk setiap lokasi pengambilan sampel di dalam tambak dan di perbatasan.
- Jika hasil perhitungan menunjukkan status bentik yang dapat diterima yaitu EQS Status Sedang atau lebih baik untuk ketiga indikator biotik maka tidak diperlukan pemantauan tambahan.
- Jika dipastikan status bentik tidak dapat diterima, maka tambak tidak sesuai dengan indikator 2.6.2.
- Sertifikasi tidak diperbolehkan ketika zona acuan terbukti 'Kurang Baik' atau 'Buruk'.

Setiap tingkat pemantauan dirangkum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8:

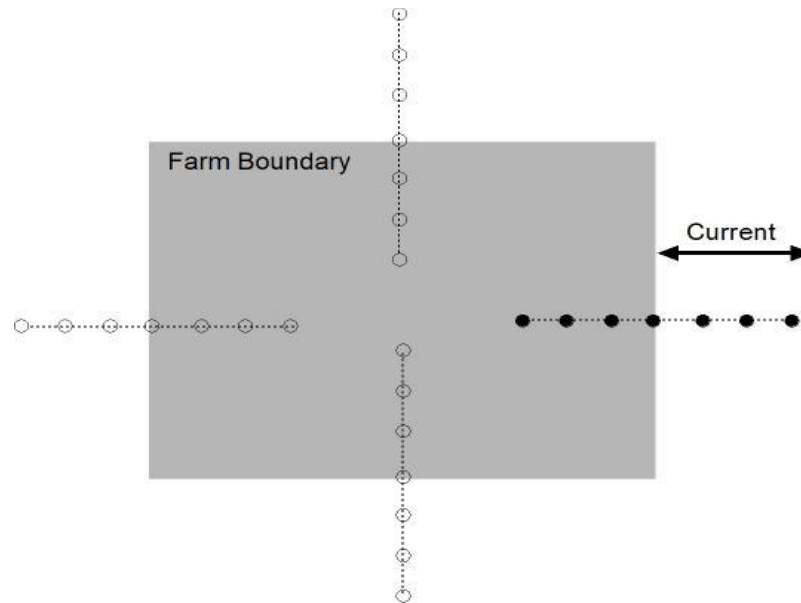
Tabel 8 Program Pemantauan Bentik untuk Sistem Moluska Laut Tersuspensi - Pendekatan Penilaian Bertingkat

Tingkat	Deskripsi	Indikator	Lokasi Pengambilan Sampel
Tingkat 1	Penyaringan cepat: Penyaringan dampak tambak berbiaya rendah menggunakan pengukuran abiotik praktis dan nyaris sewaktu untuk menentukan risiko dampak pengayaan organik.	S^{2-} dan Eh	Tujuh lokasi pengambilan sampel terletak pada jarak 10 m di sepanjang transek tunggal yang mengikuti arah arus utama*
Tingkat 2	Gambaran dampak: Analisis spasial yang diperbaiki dari dampak abiotik di sekitar tambak menggunakan alat pemantauan	S^{2-} dan Eh	Sama seperti Tingkat 1 tetapi termasuk pengambilan sampel di tiga transeksi tambahan*.

⁷ Nilai rata-rata, diperoleh dari 144 titik data: tiga ulangan analisis untuk masing-masing sampel rangkap tiga, untuk masing-masing dari empat lokasi pengambilan sampel dan masing-masing dari empat transeksi di dalam budidaya dan di perbatasan.

	praktis.		
Tingkat 3	Dampak biotik: Karakterisasi komprehensif dampak biotik di sekitar tambak.	3 indikator biotik dari Tabel 2	Lokasi yang sama dengan Tingkat 2.

* Jika batas tambak berdekatan dengan tambak lain, transeksi tambahan dapat dipindahkan ke lokasi yang melintasi kedua tambak dan kondisi referensi.



Gambar 3: Skema lokasi pengambilan sampel pada program pemantauan Tingkat 1 (●), 2 (● dan ○) dan 3 (● dan ○). Lokasi pengambilan sampel pada masing-masing transeksi berjarak 10 m dan stasiun tengah terletak di batas tambak.

Bagian 1.6 – Program Pemantauan yang Ditentukan Pengguna

Persyaratan pemantauan pengayaan organik bentik mencakup beberapa fleksibilitas bagi operator untuk menggunakan pendekatan yang sejalan dengan persyaratan peraturan regional sambil menunjukkan kapasitas untuk mendeteksi ambang batas yang sama untuk indikator pengayaan organik di semua zona pemantauan spasial yang disediakan (lihat Gambar 1, 2, dan 3 di atas). Pemantauan dengan pendekatan non-preskriptif ini dimaksudkan untuk mengenali pemantauan mendalam dan regulasi akuakultur di beberapa yurisdiksi/negara dan untuk mendorong inovasi. Meskipun ASC tidak mengamanatkan penggunaan program pemantauan bentik ASC, tanggung jawab ada pada operator untuk membuat kasus yang sangat rinci dan meyakinkan kepada ASC sehingga program pemantauan tambak yang mereka ajukan memenuhi persyaratan berikut:

- a) Pendekatan pemantauan yang ditentukan pengguna harus selaras dengan tujuan keseluruhan dari persyaratan pemantauan pengayaan organik bentik yang direvisi.
 - Operator harus menulis pernyataan yang menguraikan kebijakan lingkungan dengan jelas dan bagaimana pendekatan pemantauan mereka mampu meminimalkan, mengurangi, atau

menghilangkan habitat bentik negatif, keanekaragaman hayati, dan ekosistem, efek dari pengayaan organik dasar laut.

b) Program harus mengukur besaran maupun skala spasial dampak bentik dari pengayaan organik yang berdekatan dengan tambak menggunakan metodologi yang telah terbukti. Program harus:

- Memberi informasi tentang rancangan pengambilan sampel termasuk semua lokasi pengambilan sampel dan kisaran jarak ke tambak (sesuai Tabel 3, 4, dan 5), metodologi pengambilan sampel bentik yang digunakan, dan jumlah pengulangan.
- Memberi dasar pemikiran untuk pemilihan stasiun referensi yang sejalan dengan tujuan ASC untuk mengukur interaksi temporal spasial dan tahunan antara tambak dan lingkungan bentik alami di sekitarnya.
- Memberi dasar pemikiran untuk waktu pemantauan yang sejalan dengan potensi maksimum dampak bentik. Meskipun diharapkan melakukan pengambilan sampel tahunan, setiap proposal untuk mengurangi frekuensi pengambilan sampel akan membutuhkan pembenaran yang kuat.
- Menjelaskan semua indikator dampak yang akan digunakan dan persiapan sampel serta prosedur analisis.

c) Program pemantauan yang ditentukan pengguna perlu mengatasi tujuan kualitas ekologi bentik yang setidaknya seketat yang dijelaskan dalam persyaratan bentik ASC. Program harus:

- Menjelaskan kerangka keputusan pengelolaan tambak yang akan digunakan, termasuk ambang batas indikator bentik kuantitatif yang mendorong keputusan ini dan dasar pemikiran untuk memilih ambang batas ini.
- Membandingkan dan menunjukkan kompatibilitas antara klasifikasi dampak situs yang ditentukan pengguna dan sistem kategori EQS seperti yang didefinisikan dalam Tabel 1 dan 2.

Program pemantauan yang ditentukan pengguna yang diserahkan oleh operator akan disaring sebelumnya di ASC terhadap kompatibilitas dengan tujuan, dasar pemikiran, maksud, dan persyaratan umum dari persyaratan yang direvisi. Program-program yang tampaknya memenuhi kriteria umum akan ditinjau secara eksternal oleh panel yang terdiri dari pakar sains internasional interaksi akuakultur-lingkungan untuk memastikan bahwa program tersebut memenuhi tujuan keseluruhan dan persyaratan khusus. Mengingat amandemen yang komprehensif dan ketat untuk persyaratan pemantauan, persetujuan program yang ditetapkan pengguna diharapkan hanya pada kasus yang jarang terjadi. ASC mendorong operator untuk menerapkan Program Pemantauan Bantik ASC.

Bagian 1.7 - Prosedur Operasi Standar untuk Analisis Lapangan Indikator Abiotik yang Digunakan di Tingkat 1 dan Tingkat 2

A. Analisis Total Sulfida Bebas (S^{2-}) di Lapangan dengan Spektrometri UV Langsung

Metodologinya mencakup ekstraksi lapangan dan analisis air pori di sedimen permukaan (*grab* atau inti) seperti yang dijelaskan di Cranford et al. (2017) dan sebagaimana dimodifikasi di Cranford et al. (2020).

Daftar Material

- Spektrofotometer UV cocok untuk penggunaan lapangan (misalnya nanofotometer seluler IMPLEN C40.⁸
- Kuvet kuarsa: Rentang spektral 200-2500 nm, panjang jalur 10 mm, kapasitas 1,4 ml (misal: Hellma Analytics No 104-B-10-40). Perhatikan bahwa kuarsa diperlukan.⁹
- 5 cm ekstraktor air pori RizoCera.¹⁰
- Siring 10cc.
- Pegas kompresi baja tahan karat yang muat di dalam siring 10 cc.
- Siring kedap gas 100 µL.¹¹
- Pipettor 1 mL atau dispenser botol untuk membilas kuvet dan untuk pengenceran sampel.
- Amonia hidroksida, 0,44M atau konsentrasi serupa.
- Strip pH untuk menyesuaikan air pengenceran (air minum sudah cukup) antara 8 dan 10.
- Sulfida WP - Bahan Referensi Bersertifikat (tersedia dari Sigma: QC1034-20 mL) untuk kalibrasi instrumen dengan interval satu bulan.
- Pipettor 1 dan 5 L dan vial 10 hingga 20 mL untuk membuat standar.
- Tisu optik bebas serat (misal: Kimwipes) untuk membersihkan permukaan kuvet.

Ekstraksi Air Pori

- 1) Tiriskan air pada sampler sedimen ke permukaan sedimen.
- 2) Dengan menggunakan siring yang berisi pegas tahan karat, tekan plunyer, pasang RhizoCera, dan masukkan ke permukaan sedimen dengan sudut 45°. Lepaskan plunyer untuk memulai ekstraksi air pori otomatis dari kedalaman 0 hingga 2 cm.
- 3) Setelah kira-kira 2 menit, siring harus berisi air pori yang cukup (0,5 hingga 1 mL).
- 4) Keluarkan siring dari sedimen dan lepaskan RhizoCera. Buang air dalam siring karena hanya digunakan untuk mengeluarkan RhizoCera.
- 5) Masukkan siring 100 L langsung ke bagian dalam RhizoCera dan tarik sampel 100 µL.
- 6) Bilas sedimen dari bagian luar RhizoCera sebelum digunakan kembali.

Catatan: Bagian dalam RhizoCera otomatis terbilas di antara sampel selama prosedur ekstraksi.

Analisis Spektrofotometri UV

- 1) Nyalakan spektrofotometer dan, jika tersedia, pilih keluaran data untuk panjang gelombang 230, 240, dan 250 nm. Jika tidak, simpan pemindaian sampel lengkap.
- 2) Tambahkan sejumlah kecil amonium hidroksida ke 1 L air pengenceran sampai pH menjadi antara 8 sampai 10. Volume air pengenceran bufer ini cukup untuk penggunaan sehari-hari.
- 3) Bilas kuvet kuarsa dan tambahkan 1 mL air bufer.
- 4) Bersihkan bagian luar kuvet dengan lap bebas serat dan letakkan di instrumen. Kosongkan instrumen dengan menggunakan larutan kosong ini. Pengosongan instrumen harus dilakukan secara teratur.

⁸ <https://www.implen.de/product-page/implen-nanophotometer-c40-cuvette-spectroscopy/>

⁹ <https://www.hellma.com/en/home/>

¹⁰ <https://www.rhizosphere.com/rhizocera>

¹¹ <https://www.hamiltoncompany.com/laboratory-products/syringes/80630>

- 5) Tambahkan 100 μL sampel air pori ke dalam kuvet yang berisi 1 mL air bufer, balikkan hingga tercampur, dan catat serapannya pada ketiga panjang gelombang. Sebagian besar instrumen memiliki kapasitas untuk menyimpan pemindaian penuh.
- 6) Keluarkan kuvet, bilas dengan air bufer, dan siapkan untuk sampel berikutnya.
- 7) Hitung konsentrasi total sulfida bebas menggunakan nilai absorbansi dan persamaan regresi yang ditentukan dengan prosedur kalibrasi di bawah ini. Meskipun data penyerapan disediakan untuk tiga panjang gelombang, S^{2-} hanya dihitung menggunakan panjang gelombang terendah yang memberikan serapan di bawah 2. Jika serapan pada 230 nm >2, maka gunakan serapan 240 nm, dst.

Instrumen Kalibrasi

Kalibrasi sangat stabil dan hanya perlu dilakukan sebulan sekali untuk memastikan instrumen tidak rusak. Material Referensi Bersertifikat ISO (CRM; Sulfida WP) dari konsentrasi yang diketahui digunakan sebagai larutan stok untuk menyiapkan lima standar kerja dengan pengenceran serial (1:2, 1:5, 1:10, 1:50 dan 1:100).

- 1) Encerkan larutan CRM stok untuk menyiapkan lima konsentrasi yang diketahui menggunakan pipettor dan air bufer.
- 2) Kosongkan (nol) instrumen kemudian analisis standar dengan menggunakan prosedur yang sama seperti sampel, termasuk pengenceran dengan 1 mL air bufer. Catat hasil untuk tiga panjang gelombang yang dipilih (230, 240, dan 250 nm), dengan meninggalkan resapan yang lebih besar dari 2,0.
- 3) Hitung tiga persamaan kalibrasi (satu untuk setiap panjang gelombang) menggunakan analisis regresi (x = resapan pada panjang gelombang yang dipilih dan y = konsentrasi standar dalam satuan μM) sambil mengecualikan nilai resapan di atas 2,0.

Catatan: Rentang konsentrasi S^{2-} berikut biasanya berlaku untuk tiga panjang gelombang:

230 nm: 0 hingga 2.000 μM (cocok untuk mengukur semua kondisi EQS dari Tinggi ke Buruk)

240 nm: 2.000 hingga 4.000 μM

250 nm: 4.000 hingga 10.000 μM

Catatan: 260 nm dapat digunakan untuk konsentrasi yang lebih tinggi

B. Pengukuran Potensial Redoks (Eh)

E_h dapat diukur langsung pada *grab*/inti menggunakan kuar Potensi Pengurangan Oksidasi (ORP) yang menggunakan perak/perak klorida atau elektrode acuan platinum. Kuar ORP harus dikalibrasi, dioperasikan, dan dipelihara menurut spesifikasi pabrikan yang ketat. Pengukuran ORP (disebut sebagai ORP, $E_{\text{Ag/AgCl}}$ atau E_{Pt}), dengan sendirinya ambigu dan hanya dengan menentukan skala referensi data dapat ditafsirkan oleh pengguna. Pengukuran ORP yang dikonversi ke skala hidrogen dilaporkan sebagai " E_h " dan beberapa publikasi menetapkan pengukuran yang sama sebagai E_{NHE} . Data ORP (mV) yang diperoleh di lapangan dengan elektrode Ag/AgCl atau Pt diubah menjadi skala hidrogen sebagai berikut:

$$E_h = \text{ORP (mV)} + \text{potensial setengah sel dari elektrode acuan}$$

di mana potensi setengah sel dari elektrode acuan Ag/AgCl atau Pt terkait dengan molaritas larutan pengisi dan suhu pengukuran.

Tabel 9 Potensial setengah sel elektrode acuan Ag/AgCl

T (°C)	Molaritas larutan pengisi KCl				
	1,5M	3M	3,3M	3,5M	4M
5	254	224	220	219	219
10	251	220	217	215	214
15	249	216	214	212	209
20	244	213	210	208	204
25	241	209	207	205	199
30	238	205	203	201	194

1. Kuar ORP dapat dimasukkan langsung ke permukaan sedimen di dalam inti/*grab* hingga kedalaman ~1 cm setelah mencampur sedimen di sekitar lokasi kuar hingga kedalaman 2 cm. Pastikan kontak penuh antara ujung elektrode ORP dan sedimen basah.
2. Catat suhu sampel.
3. Pembacaan ORP mV harus stabil dalam 1-2 menit. Jika kondisi redoks tidak dikendalikan oleh reaksi oksidasi-reduksi tunggal, seperti pada sedimen oksik, sering kali terjadi pergeseran potensial elektrode yang lambat dan terus-menerus. Waktu arbitrari (3-4 menit) dapat dipilih untuk merekam pembacaan mV jika tidak stabil dalam waktu kurang dari waktu ini. Potensi pada sedimen yang tereduksi biasanya lebih cepat stabil.
4. Perbaiki potensi ORP (mV) relatif terhadap elektrode hidrogen normal seperti yang dijelaskan di atas menggunakan informasi pabrikan tentang larutan pengisi elektrode dan data suhu sedimen.

C. Pengukuran Total Amonia Nitrogen

Total amonium nitrogen (TAN) terdiri dari ion amonium (NH₄⁺) dan amonia tidak terionisasi (NH₃). NH₃ membentuk proporsi TAN yang lebih tinggi pada pH yang lebih tinggi dan biasanya dikaitkan dengan sebagian besar efek toksik TAN. Seperti halnya analisis sulfida bebas total, TAN diukur menggunakan sampel air pori yang diekstraksi dari sedimen permukaan (kedalaman 0 hingga 2 cm). Prosedur ekstraksi dijelaskan di Bagian 1.7, bagian A, dan menggunakan sampler RhizoCera yang dimasukkan ke dalam sampel *grab* sedalam 2 cm. Subsampel harus dikumpulkan tanpa paparan udara yang tidak perlu. Hindari terperangkapnya gelembung udara saat mengisi dan menutup vial sampel plastik.

Eh, pH, dan suhu sampel sedimen diukur langsung pada sampel *grab* (diaduk di atas 2 cm dari sedimen) menggunakan Potensi Reduksi Oksidasi (ORP), kuar pH dan suhu saat air pori diekstraksi di bagian lain dari *grab*.

Metode yang dapat diterima untuk analisis TAN termasuk spektrofotometri, fluorometri, dan deteksi elektrokimia. Metode ISE penginderaan gas (Metode Standar 4500-NH₃ Nitrogen D dan E) adalah pendekatan yang disetujui untuk analisis TAN, tetapi harus diakui bahwa metode ini juga diragukan bisa berkinerja dengan benar. Kelemahan utama dari metode ini adalah membutuhkan setidaknya 50 ml sampel dan pengumpulan sejumlah air pori untuk pemantauan rutin tidak praktis di kondisi lapangan. Teknologi ISE memiliki kelemahan tambahan termasuk perawatan yang tinggi, kalibrasi yang sering, kinerja yang buruk pada konsentrasi TAN yang rendah, dan seringnya penggantian sistem sensor.

Volume sampel yang rendah dapat dianalisis secara akurat menggunakan berbagai metode kolorimetri manual dan otomatis. Metode fenat (Metode Standar 4500-NH₃ F dan G) mereaksikan fenol alkali dan hipoklorit dengan amonia untuk membentuk indofenol biru. Intensitas warna diukur secara fotometrik untuk menentukan konsentrasi akhir. Metode salisilat (EPA 350.1) bereaksi di pH 12,6 dengan ion hipoklorit dan ion salisilat dengan adanya natrium nitroprusida sebagai katalis untuk membentuk indofenol. Jumlah warna yang terbentuk berbanding lurus dengan amonia dalam sampel. Hasil dibaca pada 690 nm. Lebih disukai bila sampel air pori dianalisis sesegera mungkin setelah pengambilan sampel (yaitu, dalam waktu satu jam). Namun, sampel dapat disimpan dalam botol plastik hingga satu bulan dalam kulkas pembeku dengan suhu di bawah -18°C. Sebelum penentuan amonia, sampel harus dibiarkan mencair perlahan, sebaiknya semalaman, dalam kegelapan.

Hach® Company memperoleh Kesetaraan EPA AS dengan metode salisilat sederhana untuk digunakan pada air limbah berdasarkan platform Amonia TNTplus™. Ini adalah tes sederhana, hemat biaya, dalam waktu 15 menit, tidak memerlukan kalibrasi, dan hanya butuh 0,5 mL air pori. Analisis independen (Guadalupe-Blanco River Authority, Seguin, Tx) melaporkan batas kuantifikasi kit Test-In-Tube 831 ini adalah 1 mg/L, yang cukup untuk mendeteksi konsentrasi TAN yang melebihi ambang batas EQS (Tabel 10). Selama analisis, pH sampel air harus antara pH 4–8 dan suhu sampel air dan reagen harus antara 20–23°C. Peralatan yang dibutuhkan terdiri dari spektrofotometer Hach DR3900 dan kit reagen Hach TNTplus 831 Low Range (1-12 mg/L NH₃-N), yang masing-masing berisi 25 vial uji.

Konsentrasi TAN, pH, Eh, dan suhu yang dilaporkan untuk sedimen yang dikumpulkan di setiap lokasi pengambilan sampel akan digunakan untuk menilai kepatuhan tambak ikan dalam karamba untuk sistem danau (lihat Tabel 4 dan 10).

Tabel 10: Nilai konsentrasi yang bergantung pada suhu dan pH untuk nitrogen amonia total (mg/L) menggambarkan ambang batas antara Status Kualitas Ekologis Sedang dan Kurang Baik¹². Nilai yang disorot adalah ambang batas yang berlaku untuk sedimen dengan pH 7,0 dan 20°C. Ambang batas yang berlaku untuk pengukuran yang diambil pada kondisi sedimen sekitar lainnya ditampilkan.

¹²Dari "Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria For Ammonia – Freshwater 2013. AS Badan Perlindungan Lingkungan, Kantor Air, Kantor Sains dan Teknologi Washington, DC.

pH	Temperature (°C)																													
	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
6.5	4.9	4.6	4.3	4.1	3.8	3.6	3.3	3.1	2.9	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1						
6.6	4.8	4.5	4.3	4.0	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1						
6.7	4.8	4.5	4.2	3.9	3.7	3.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1						
6.8	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1						
6.9	4.5	4.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0						
7.0	4.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	2.0	<u>1.9</u>	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.99						
7.1	4.2	3.9	3.7	3.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95						
7.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90						
7.3	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.97	0.91	0.85						
7.4	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90	0.85	0.79						
7.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.83	0.78	0.73						
7.6	2.9	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.98	0.92	0.86	0.81	0.76	0.71	0.67						
7.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60						
7.8	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53						
7.9	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47						
8.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.44	0.44	0.41						
8.1	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.99	0.92	0.87	0.81	0.76	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35						
8.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90	0.84	0.79	0.74	0.70	0.65	0.61	0.57	0.54	0.50	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30						
8.3	1.1	1.1	0.99	0.93	0.87	0.82	0.76	0.72	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26						
8.4	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22						
8.5	0.80	0.75	0.71	0.67	0.62	0.58	0.55	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.18						
8.6	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15						
8.7	0.57	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13						
8.8	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11						
8.9	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09						
9.0	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08						