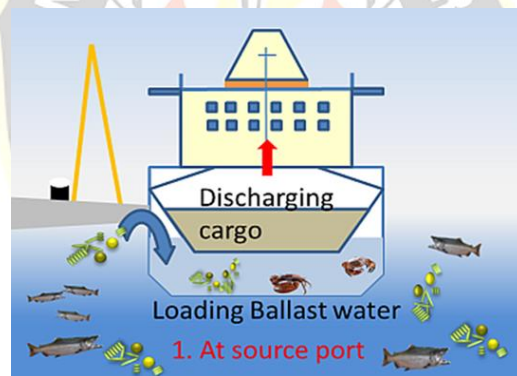


BAB II

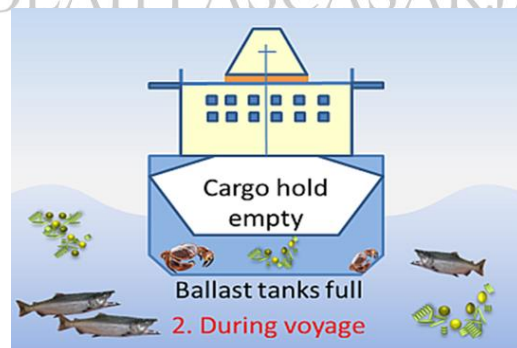
TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Ballast

Air *ballast* adalah air yang diisikan pada kapal tidak bermuatan yang kembali dari suatu pelabuhan, dengan tujuan untuk menjaga keseimbangan kapal. Air ini akan dibuang sesampainya di pelabuhan tujuannya untuk mengisi muatan (David et al. 2015). Air *ballast* juga berguna untuk mengontrol pergerakan kapal saat sedang berlayar atau sedang diterjang ombak (Gollasch, 2018). Di bawah ini mekanisme keluar-masuknya air *ballast* pada kapal:

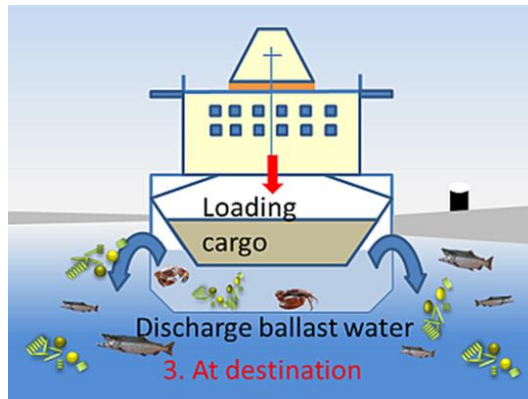


Gambar 2.1. Kapal menurunkan barang/muatan

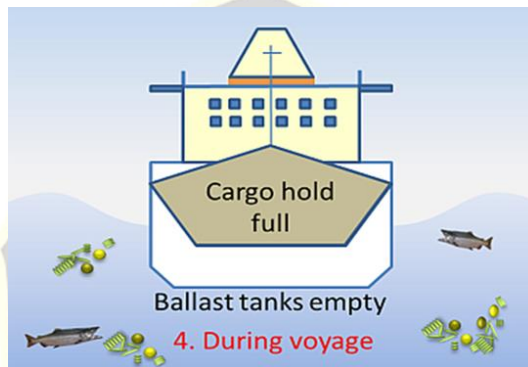


Gambar 2.2. Kapal berlayar dengan membawa air *ballast* dan memuat air *ballast*

dikarenakan kargo kosong



Gambar 2.3. Kapal sampai ke pelabuhan tujuan



Gambar 2.4. Kapal membawa barang, berlayar kembali, memuat barang dan membuang tangki *ballast* kosong (Sumber: Briski et al, 2012)

Gambar 2.1. memperlihatkan kapal menurunkan muatan pada pelabuhan tujuan dan secara bersamaan kapal memuat air *ballast* agar posisi kapal seimbang. Gambar 2.2. memperlihatkan kapal berlayar dengan membawa air *ballast* yang memenuhi tangki yang diduga mengandung mikroorganisme sampai pelabuhan tujuan berikutnya. Ketika sudah sampai pelabuhan, kapal memuat barang dan secara bersamaan membuang air *ballast* (gambar 2.3.). Air *ballast* dari pelabuhan pertama (Gambar 2.1.) apabila mengandung mikroorganisme tentu akan menjadi bahan pencemar di perairan pelabuhan. Gambar 2.4. memperlihatkan kapal membawa muatan/barang berlayar kembali, dengan tangki *ballast* kosong. Semakin banyak kapal yang datang dan pergi di pelabuhan, maka semakin banyak

volume air *ballast* yang dituang/dibuang ke perairan, dengan segala polutan yang ada di dalamnya. Apabila air *ballast* mengandung *microorganism*, berupa bakteri, jamur atau invertebrata kecil lain beserta telur, larva, spora dan kista serta logam berat maka akan menimbulkan masalah.

Species laut yang masuk ke dalam lingkungan yang baru melalui air *ballast* telah diidentifikasi oleh *Global Environment Facilities* sebagai salah satu dari empat ancaman terbesar kerusakan lingkungan laut. Tiga yang lain adalah eksploitasi sumber daya laut yang berlebihan, kerusakan fisik habitat laut dan polusi sampah. Sampah yang terbawa air *ballast* salah satunya adalah mikroplastik (Naik et al 2019). Air buangan tersebut diduga telah menyebabkan kerugian yang besar, baik secara internal (air *ballast* mengandung nutrisi yang potensial untuk media hidup bagi biota tertentu yang memiliki daya akumulasi tinggi terhadap unsur pencemaran, serta sebagai tempat berkembangnya biota penempel/boring organisme yang bersifat merusak konstruksi badan kapal), maupun external (air buangan kapal dari air *ballast* berpotensi menyebabkan pencemaran di pelabuhan yang berdampak buruk bagi habitat maupun biota perairan).

B. Sumber Air *Ballast*

Sumber air *ballast* bisa berasal dari air bersih yang dapat dipergunakan untuk keperluan kapal, akan tetapi bisa juga air sungai dan/atau air laut. Kapal ketika membongkar muatan akan mengisi tangki *ballast* dengan air untuk menjaga stabilitas, keseimbangan dan integritas struktural kapal (David et al. 2015). Air laut yang dimasukkan ke dalam tangki *ballast* pada umumnya adalah air yang tidak terdeteksi kualitasnya, bisa jadi membawa polutan fisik maupun biologis. Polutan fisik mudah terdeteksi dari bau, warna maupun penampakan lain

sedangkan polutan biologis sangat sulit dideteksi, terutama mikroorganisme patogen. Apabila air laut berasal dari pelabuhan yang lingkungan perairannya kurang baik, maka kontaminan yang ada di pelabuhan tersebut akan tersebar keseluruh penjuru dunia, di tempat kapal tersebut nantinya berlabuh atau sandar dan membuang air *ballast* . Sesuai ketentuan *Ballast Water Management*, Air *ballast* yang dilakukan pertukaran di tengah laut seharusnya digantikan dengan air laut yang bersih yang berasal dari laut bebas (*ballast water exchange*) yaitu sejauh 200 mil laut sebagai *Exclusive Economic Zone*.

Air *ballast* masih banyak yang berasal dari air laut yang tidak bersih seperti penelitian Wuab (2017) di Cina, yang menemukan tujuh belas (17) spesies *zooplankton* asing, sebagian besar (11) *copepoda*. Terdapat 22 spesies bakteri patogen, antara lain *Vibrio alginolyticus*, *V. carchariae*, *V. parahaemolyticus*, dan *V. vulnificus*. Menurut Xue et al. (2021) setiap hari 3.000-7.000 spesies asing dibawa ke seluruh lautan di dunia melalui air *ballast* , kemudian dibuang ke lingkungan baru yang akan menyebabkan invasif serta mengubah flora serta fauna asli dan menyebabkan perubahan ekologi secara irreversibel. Dobbs et al. (2013) melakukan penelitian di perairan Singapura, Meksiko dan Virginia Amerika Serikat tentang pengoperasian air *ballast* pada kapal yang berpotensi menyebarkan bakteri *Vibrio cholerae* ke seluruh pelabuhan di dunia. Penelitian tersebut juga menilai resistensi penggunaan antibiotika pada bakteri *Vibrio cholerae* yang ditemukan pada air *ballast* . Hasil dari penelitian menyatakan bahwa bakteri *Vibrio cholerae* mengalami resisten terhadap salah satu dari duabelas antibiotika yang diuji. Hal ini mendukung untuk melaksanakan usulan peraturan tentang perlakuan bakteriologikal dari International Maritime Association untuk pembuangan air *ballast* . Husna et al. (2017) melakukan penelitian air *ballast* untuk mengkaji dampak keberadaan mikroba dari air *ballast* pada kesehatan lingkungan. Adanya hubungan

keberadaan mikroba (*Vibrio-cholerae*, *Escherichia coli* dan *Enterococcus intestinal*) pada air *ballast* dan pada lingkungan wilayah pesisir.

Air *ballast* disamping memberikan dampak kerugian pada lingkungan juga memberi dampak secara ekonomis. Naik et al. (2019) melakukan penelitian kerugian secara ekonomis akibat dari pembuangan air *ballast* akibat adanya mikroplastik. Dengan adanya bakteri *Vibrio cholerae* pada pembuangan air *ballast* menyebabkan kerugian secara ekonomis mencapai rata-rata \$5 miliar (Duzgunes et al. 2018). Mereka menyimpulkan bahwa perlu pendekatan ekonomi untuk dapat mencegah masuknya spesies baru dalam mengelola pembuangan air *ballast*.

Pada dasarnya aturan IMO sudah jelas untuk standar air *ballast* yang diperbolehkan dipergunakan di kapal, seperti pada Standar kinerja D-1 dan D-2 *BWM Convention* (Scriven et al. 2015). Standar D-1 mengharuskan kapal melakukan pertukaran air *ballast* di laut lepas dengan jarak 200 NM (*nautical mile*) dan kedalaman minimal 200 meter dari garis pantai terluar sehingga paling tidak 95% volume air *ballast* ditukar dengan air bersih dari lautan. Pada kasus tertentu bila pelayaran kapal tidak sampai 200 meter dari garis pantai terluar, maka pertukaran dilakukan pada jarak minimal 50 NM dengan kedalaman minimal 200 meter dari pantai terdekat. Dengan perlakuan seperti ini, diharapkan meminimalkan organisme yang ada didalam air *ballast* sehingga ketika air *ballast* dibuang kemungkinan spesies yang mempunyai potensi bahaya juga dapat diminimalisirkan dan memenuhi standar kinerja D-2. Standar D-2 menentukan kandungan minimal organisme hidup dalam air *ballast* yang diijinkan untuk dibuang, seperti tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar Kinerja D-2 *BWM Convention*

<i>Microorganism category</i>	<i>Regulation D-2</i>
-------------------------------	-----------------------

<i>Plankton, size > 50 μm</i>	<i>< 10 viable cells / m³</i>
<i>Plankton, size 10-50 μm</i>	<i>< 10 viable cells / mL</i>
<i>Toxicogenic Vibrio Cholerae</i>	<i>< 1 Colony Forming Unit / 100 mL</i>
<i>Escherichia Coli</i>	<i>< 250 Colony Forming Unit / 100 mL</i>
<i>Intestinal Enterococci</i>	<i>< 100 Colony Forming Unit / 100 mL</i>

Air *ballast* yang dibuang ke perairan pelabuhan kedatangan masih dimungkinkan mengandung *Intestinal enterococci* dengan kadar konsentrasi < 100 CFU/100mL dan *Escherichia coli* < 250 CFU/100mL dan. Sementara *Vibrio cholerae* kadar konsentrasi < 1 CFU/100 mL, artinya tidak boleh sama sekali ada *Vibrio cholerae*.

C. Pembuangan Air *Ballast*

Pembuangan air *ballast* dilakukan pada saat kapal sandar atau berlabuh dan akan mengisi muatan tanpa melihat kadar kualitas dari air *ballast* serta tidak ada perlakuan terhadap air *ballast* sebelum dibuang (Witlandarie et al. 2018). Apabila hal ini tidak ditangani secara serius tentunya sangat membahayakan kehidupan ekosistem laut. Mikroba yang dibuang di tempat yang bukan habitat aslinya akan mengalami mutasi genetik untuk bisa bertahan hidup di tempat yang baru. Beberapa negara telah menerapkan aturan untuk memberi perlakuan terhadap air *ballast* yang akan dibuang seperti di Amerika Serikat, Australia, dan New Zeland (National BWM, 2014). Perlakuan terhadap air *ballast* dilakukan dengan cara mengganti air *ballast* di lautan terbuka menggunakan sistem instalasi dan panas atau dengan bahan kimia. Dengan diberlakukannya *BWM Convention* sejak 8 September 2017, maka setiap kapal harus mengimplementasikan manajemen air *ballast* sehingga air *ballast* sebelum dibuang harus memenuhi standar kinerja D-1 dan D-2 *BWM Convention*.

D. Mikroorganisme Air *Ballast*

Komponen yang terbawa dalam air *ballast* dibagi dua yaitu komponen *abiotic* (nirhayati) dan komponen *biotic* (hayati). Pada komponen hayati, salah satunya adalah *redusen* atau komponen *biotic* yang mendapat makanan dengan mendegradasi zat organik. Komponen yang mendapat makan dengan mendegradasi termasuk di dalamnya adalah bakteri dan jamur (Cecilia et al. 2019). Bakteri yang ditemukan sangat beragam, mulai dari yang berbentuk batang, *coccus*, spiral dengan sifat yang beragam pula. Kehadiran bakteri dalam air sebenarnya bisa bermanfaat walaupun ada bahayanya. *Plankton* merupakan makanan pokok ikan-ikan kecil di dalam air yang menandakan tingkat kesuburan pada perairan. Saat di dalam air, bakteri berfungsi sebagai dekomposer yang memiliki kemampuan untuk menguraikan senyawa-senyawa di badan air. Hasil dari penguraian ini dimanfaatkan oleh jasad-jasad lain seperti jamur, bakteri dan *mikroalga*. Beberapa bakteri patogen yang ada dalam air yaitu *Salmonella thypii*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, *Entamuba*. Bakteri penghasil toksin diantaranya *Clostridium*, *Salmonella thypii*, *Staphylococcus* (Gollasch et al., 2012). Beberapa bakteri yang ada di dalam air yaitu mikroba secara alami menjadi flora normal pada tubuh manusia, seperti *Staphylococcus* yang ada dalam jumlah yang kecil di kulit, *E. Coli* merupakan flora normal dalam usus. Disamping itu *Enterobacter*, *Klebsiellae*, *Citrobacter* menjadi flora normal usus dalam jumlah kecil. Bakteri bisa semakin berbahaya saat mereka berada pada jaringan di luar tempat flora normal maupun di tempat flora normal yang kurang umum.

1. *Vibrio cholerae*

V. Cholerae adalah bakteri berbentuk koma (pada biakan diperpanjang akan menjadi batang yang lurus seperti bakteri interik gram negatif) dan memiliki *flagella polar* yang

disebut motil aktif. *V. Cholerae* bukanlah infeksi invasif dikarenakan tidak memasuki aliran darah, tetapi berada pada saluran usus (Cristner et al. 2020). Habitat alami bakteri *Vibrio cholerae* adalah perairan asin (Candrawati, 2011). Bakteri *Vibrio cholerae* bertumbuh secara baik pada agar thio sulfat citrate bile sucrose (TCBS) dan dihasilkan koloni berwarna kuning (Kharirie, 2013). Di bawah ini merupakan gambaran bakteri *Vibrio cholera* pada biakan dan morfologi.



Gambar 2.5 Biakan *Vibrio cholerae* (Di et al. 2013)

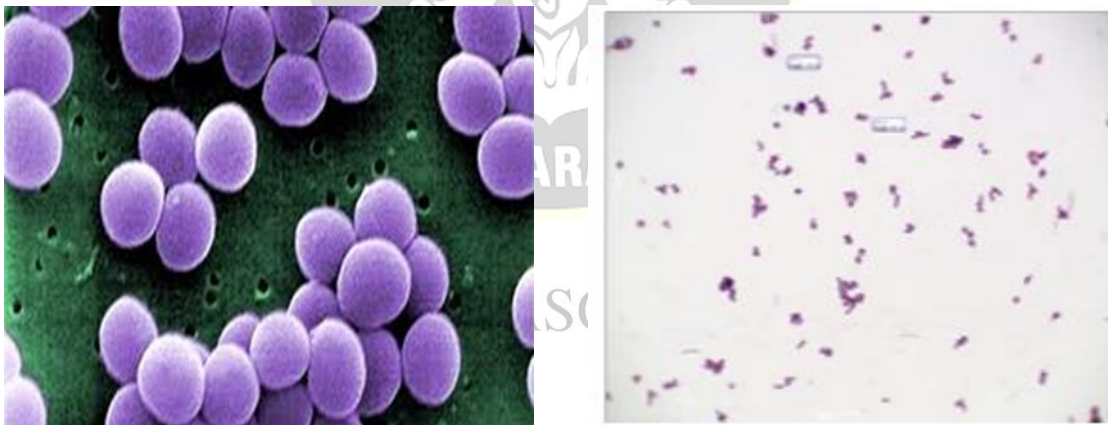


Gambar 2.6 Morfologi *Vibrio cholerae* (Kawuri et al., 2015)

Gejala yang sering muncul akibat kontaminasi *Vibrio cholerae* yaitu sering buang air besar encer (diare), tinja seperti cucian beras berwarna putih, berbau amis, terdapat lendir dan disertai muntah. Diare hebat ini akan disertai kram perut. Gejala ini muncul 8-72 jam setelah terpapar bakteri. Penderita dengan cepat kehilangan banyak cairan dan elektrolit yang dapat menyebabkan anuria, syok, dan dehidrasi berat. Kasus ringan tidak mudah dibedakan dengan kasus diare lainnya.

2. *Staphylococcus sp.*

Bakteri *Staphylococcus* adalah mikroflora normal pada tubuh manusia yang terdapat pada saluran nafas, saluran pencernaan dan kulit. Bakteri *Staphylococcus* bersifat gram positif, berbentuk bulat, susunannya tidak beraturan, terdapat garis tengah yang berukuran 1 μm . *Staphylococcus* tidak dapat membentuk spora dan tidak dapat bergerak (Karimela et al. 2017).



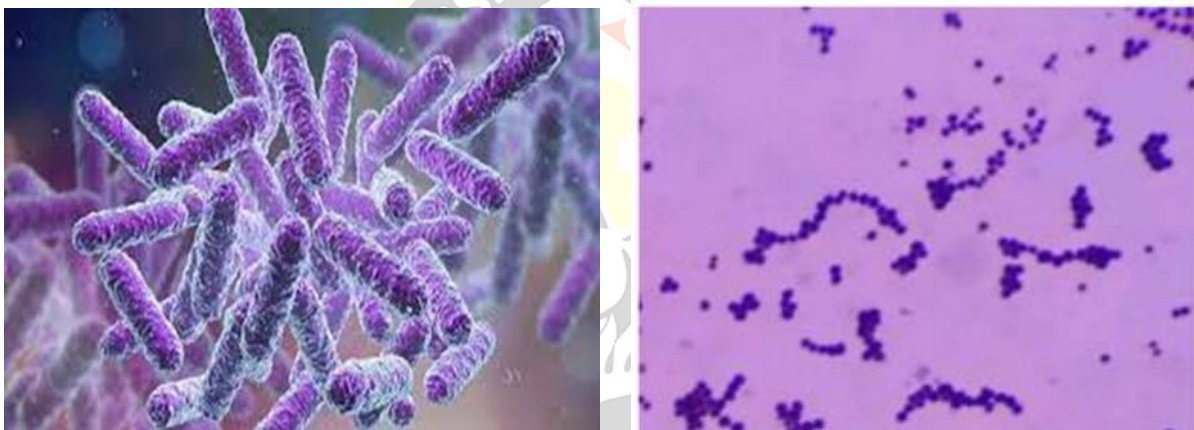
Gambar 2.7 *Staphylococcus aureus* (Karimela et al., 2017)

Karena sebagai flora normal maka *Staphylococcus* jarang menyebabkan penyakit, pada umumnya hanya berperan sebagai karier. Bila terjadi infeksi yang serius disebabkan karena inang yang melemah akibat dari beberapa hal, misal adanya hormon yang berubah selanjutnya diberikan terapi kortikosteroid atau penggunaan obat yang melemahkan daya

tahan tubuh (Rao et al. 2017). Sakit yang disebabkan oleh *Staphylococcus* adalah berupa bisul. Di tengah-tengah terdapat pencairan jaringan nekrosis. *Staphylococcus* yang daya invasinya rendah berperan pada infeksi kulit ringan seperti jerawat.

3. Streptococcus

Streptococcus merupakan genus bakteri nonmotil yang berbentuk oval, bulat, berisi sel gram positif, membentuk rantai pendek, panjang atau berpasangan dan tidak membentuk spora. Biasanya terdapat pada saluran cerna hewan dan manusia. Beberapa jenis bersifat patogen, namun beberapa dimanfaatkan untuk membantu pembuatan keju dan yogurt.



Gambar 2.8 *Streptococcus* (Pribadi et al., 2020)

Bakteri *Streptococcus* dapat menimbulkan penyakit seperti endokarditis, necrotizing fasciitis, radang tenggorokan, pneumonia, dan meningitis erisipelas. Gambaran klinis ditentukan oleh tempat masuk bakteri. Apabila masuknya melalui kulit akan menimbulkan *erysipelas* dengan ciri-ciri infeksi yang menyebar dengan cepat di bagian tepi (bagian tepi menonjol) dan adanya *edema* yang luas. Hal tersebut dikarenakan bakteri *streptococcus* bersifat akut yang penyebarannya sangat cepat di dalam kulit dan jaringan subkutaneus. Infeksi disebabkan dari trauma ringan, luka bedah, atau luka bakar. Hal tersebut bisa

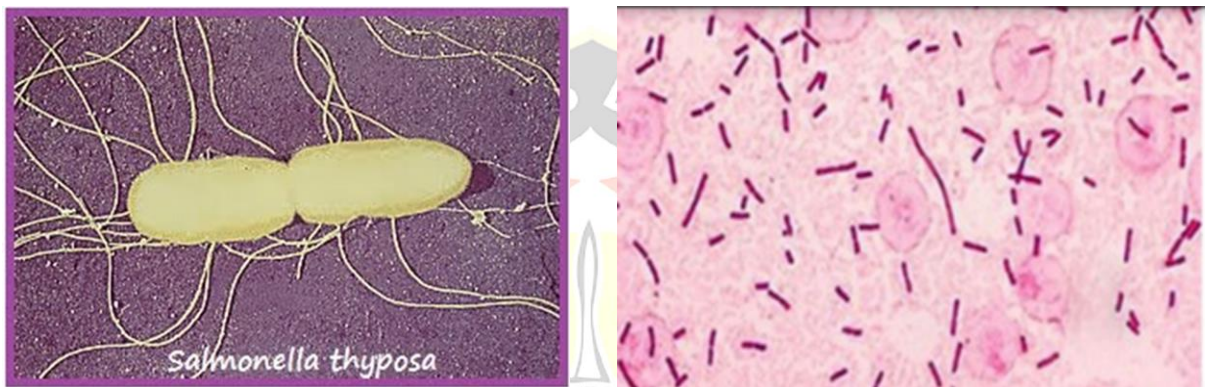
menyebabkan *Sellulitis* yang terasa nyeri, keras, bengkak dan *erythema*, dimana lesi tidak menonjol dan tidak terlihatnya batas antara jaringan yang terinfeksi dengan yang sehat.

Infeksi oleh *streptococcus* terjadi karena adanya trauma atau luka pembedahan yang menyebabkan demam skarlet atau sepsis pasca pembedahan (*surgical scarlet fever*). Hal ini terlihat dengan adanya infeksi lokal bakteri *Streptococcus hemoliticus B grup A* dan hasil sampingannya. Pada anak kecil akan terjadi sakit tenggorokan berupa nasofaringitis subakut dengan sedikit pembentukan cairan serous disertai demam, tetapi ada kecenderungan penyebaran infeksi ke *meningen*, telinga bagian tengah, dan *processes mastoideus*. Kelenjar limfe di leher biasanya akan membesar dan berjalannya selama beberapa minggu. Pada remaja dan orang dewasa, penyakit ini berkembang secara akut terlihat dengan adanya *nasofaringitis* yang lebih berat, warna kemerahan, *tonsilitis* dan edema pada selaput lendir disertai *eksudat purulen*, pembesaran kelenjar limfe di leher dan demam tinggi.

Selama terjadi *bacteremia*, *streptococcus hemoliticus* tetap berada di katup jantung normal atau yang mengalami kelainan dan menyebabkan *endocarditis acut*. Kerusakan katup yang cepat sering menyebabkan gagal jantung yang fatal dalam hitungan hari atau minggu, kecuali apabila *prostetic*-nya bisa dipasang selama terapi antimikroba. Endocarditis subakut sering terjadi pada katup jantung yang abnormal (jantung reumatik atau *atherosclerosis* dan *congenital deformities*). Infeksi lainnya dapat mengakibatkan gangguan di saluran kencing. *Streptococcus* terdapat dalam saluran genital wanita normal, mulut dan intestinum. Bakteri ini akan menimbulkan lesi *supuratif*, terkadang dilakukan dengan sendirinya, tetapi sebagian besar berhubungan dengan bakteri anaerob lainnya. Bahan nanah tersebut menimbulkan bau yang tidak sedap.

4. *Salmonellae typhi*

Demam enterik disebabkan oleh empat serotipe *salmonellae* yang dapat diidentifikasi dalam laboratorium, yaitu *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella choleraesuis* dan *Salmonella typhi* (Joshi et al. 2011). *Salmonellae* memiliki panjang yang bervariasi dan beberapa diantaranya telah diisolasi untuk menjadi motil dengan *peritrichous flagella*.



Gambar 2.9 *Salmonellae* (Hardianto, 2019)

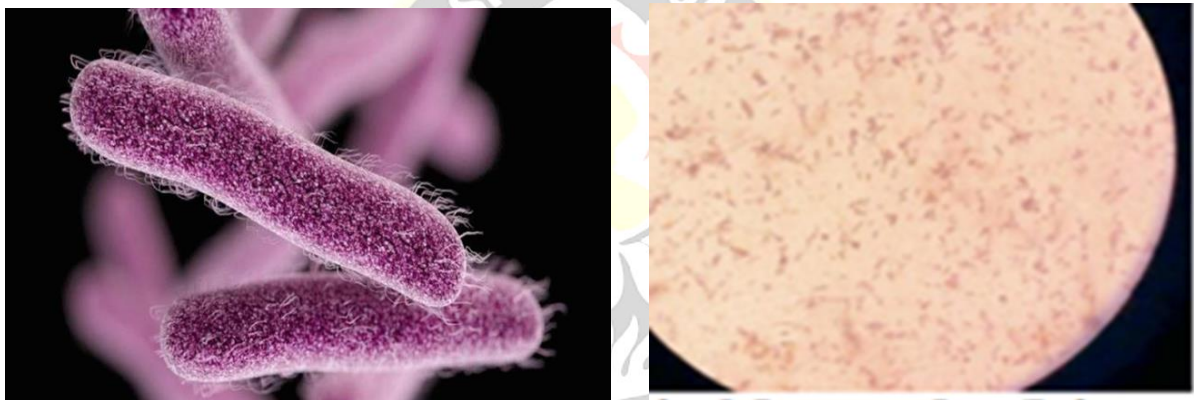
Salmonella paratyphi A, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella choleraesuis*, dan *Salmonella typhi* adalah penyebab utama infeksi pada manusia yang juga berasal dari manusia. Organisme paling sering masuk melewati mulut melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi. Flora normal dalam usus, keasaman lambung, dan ketahanan usus lokal adalah faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap infeksi *Salmonella*.

Masa inkubasi biasanya 10-14 hari disertai dengan rasa tidak enak badan, demam, konstipasi, sakit kepala, *bradycardia* dan *myalgia*. Ketika demam meningkat ke masa stabil, limfa dan ginjal akan membesar. Dalam beberapa kasus, *Rose spots* terlihat jelas di atas kulit perut atau dada. Enterokolitis adalah gejala umum infeksi *salmonellae*. Delapan hingga 48

jam setelah mengonsumsi *salmonellae*, terjadi efek samping seperti sakit kepala, *nausea* (mual), muntah dan diare besar-besaran dengan sel darah putih dan tinja.

5. *Shigellae*

Habitat alami *shigellae* terbatas pada sistem pencernaan manusia dan hewan mamalia yang memproduksi *disentri basillus*. *Shigellae* adalah batang gram-negatif tipis yang berbentuk *coccobacilli* dan fakultatif anaerob, tetapi bertumbuh secara aerob dengan baik. Koloninya berbentuk bundar, cembung, transparan dengan diameter sebesar 2 mm selama 24 jam yang akan membentuk asam dari karbohidrat, namun gas jarang dihasilkan.

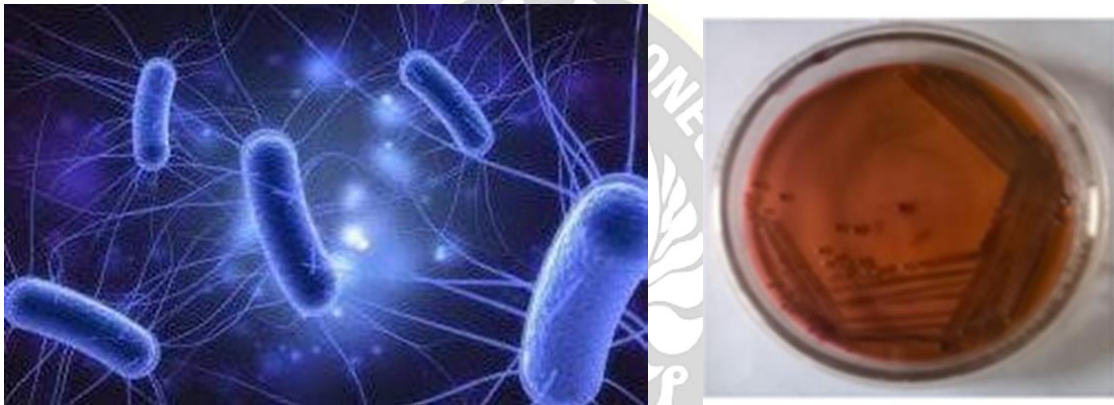


Gambar 2.10 *Shigella* (Aini, 2018)

Infeksi *Shigellae* hampir selalu terbatas pada *gastrointestinal system*, sangat jarang menyebar ke dalam aliran darah dikarenakan masa inkubasi yang pendek sekitar 1-2 hari dan ditandai dengan gejala tiba-tiba seperti demam, sakit perut, maupun diare. Satu hari setelah infeksi mencapai usus besar dan 12 jari, tinja menjadi semakin tegang dan *tenesmus* (*rectal spasm*) yang sedikit meredakan sakit perut. Lebih dari setengah kasus dan diare dan demam sembuh dengan sendirinya selama 2 hingga 5 hari. Sementara, pada anak-anak dan orang tua, kehilangan air dan elektrolit dapat menyebabkan *acidosis*, dehidrasi, dan berisiko kematian.

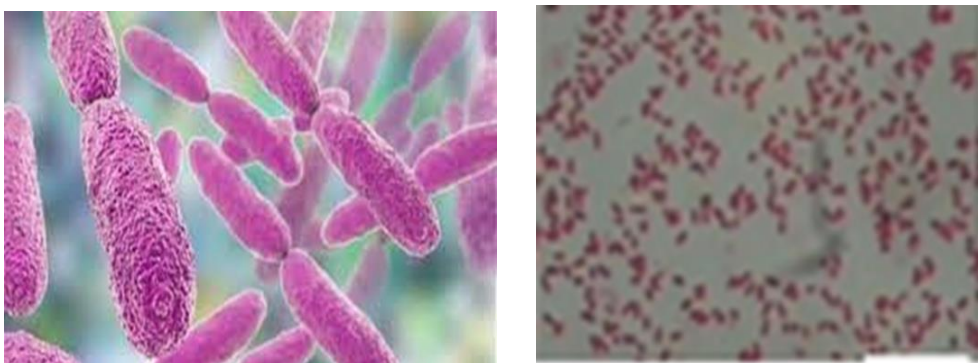
6. Coliform (*E. coli*, *Klebsiellae* dan *Enterobacter*)

E. coli adalah flora normal usus manusia dan merupakan penyebab paling umum dari infeksi saluran pencernaan. *Enteropathogenic E.coli* (EPEC) menyebabkan diare pada bayi. *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC) menyebabkan diare pada bayi yang berpergian, biasanya terjadi di negara berkembang. *Enterohemorrhagic E.coli* (EHEC) sering dikaitkan dengan *hemorrhagic colytis*, bentuk parah dari diare dengan *sindrome uremic hemolytic* yang disebabkan oleh gagal ginjal akut *microangiopathi hemolytic anemia* dan *thrombocytopenia*.



Gambar 2.11 *Escherichia coli* (Jamilatun & Aminah, 2016)

Kurang lebih terdapat 5% *Klebsiella pneumoniae* pada sistem pernafasan dan pencernaan individu normal. Satu persennya menjadi penyebab radang paru-paru, infeksi saluran kencing dan bakteremia, sehingga pasien menjadi lemah.



Gambar 2.12 *Klebsiella sp* (Dita et al., 2019)

Bakteri enterik akan menetap dalam sistem intestinal normal setelah kelahiran dan akan menjadi bagian utama dari flora normal mikroba aerobik (*fakultatif anaerobik*). *E.Coli* merupakan prototipe bakteri enterik di dalam air dan susu yang menjadi bukti adanya kontaminasi fecal dari limbah atau sumber lainnya. Beberapa bakteri enterik menjadi masalah utama dalam infeksi rumah sakit. Di rumah sakit atau institusi lain, biasanya bakteri ini ditularkan melalui orang, alat atau pengobatan parenteral.

E. Manajemen Pengelolaan Air *Ballast*

BWM Convention IMO menjelaskan pentingnya standar D-1 dan D-2 tentang pengelolaan air *ballast*. Tujuan dari regulasi ini adalah untuk mengurangi penyebaran mikroorganisme atau spesies asing di perairan yang baru. Standar D-1 tentang pertukaran air *ballast* dengan air laut dari kedalaman 200 meter dengan jarak terdekat dari daratan sejauh 200 NM (nautical mile). Metode seperti ini sangat efektif dikarenakan organisme yang berasal dari perairan pantai tidak dapat bertahan hidup di laut lepas maupun sebaliknya organisme yang berasal dari laut lepas tidak dapat bertahan hidup di perairan pantai. Akan tetapi, metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti adanya residu dan sedimen di dasar tangki *ballast* yang sangat sulit apabila dibuang secara keseluruhan. Organisme yang menempel pada dinding tangki *ballast* atau penopang struktural kapal di tangki *ballast* tidak dapat dikeluarkan. Disamping itu, bila ada badai dan ombak besar selama pelayaran akan sangat sulit melakukan pergantian air *ballast*.

Tabel 2.2 Standart kinerja D-1 *BWM Convention*

Constructed year	BW capacity (m³)	New schedule
Before 2009	Between 1500 and 5000	1st IOPP renewal survey after entry into

		force of the Convention
Less than 1500 or greater than 5000	1st IOPP renewal survey after the anniversary date of delivery of ship in 2016	
2009 or after	Less than 5000	1st IOPP renewal survey after entry into force of the Convention
Between 2009 and 2011	5000 or more	1st IOPP renewal survey after the anniversary date of delivery of ship in 2016
After 2011	5000 or more	1st IOPP renewal survey after entry into force of the Convention

Sejak tanggal 8 September 2017 Konvensi BWM diberlakukan, maka semua kapal harus mengimplementasi aturan tersebut. Konvensi tersebut memuat mengenai prosedur keselamatan bagi kapal dan kru kapal yang berhubungan dengan manajemen air *ballast* dan persyaratannya. Setiap kapal wajib memiliki buku catatan air *ballast* (*ballast water record book*) yang memuat pengisian dan pembuangan air *ballast*. Pengisian air *ballast* diambil dari daerah atau negara mana, seberapa banyak, dan juga catatan mengenai pembuangan air *ballast*. Buku ini disimpan minimal selama 2 tahun.

Tujuan dari implementasi *BWM Convention* supaya dampak dari mikroorganisme laut yang invasif dari pembuangan air *ballast* dan sedimen kapal yang beredar dari satu perairan ke perairan lain dapat dicegah maupun diminimalisirkan. Maka dibuatlah mekanisme melalui standar manajemen air *ballast* (Section 0) dengan *Ballast Water Exchange Standart* (01) dan *Ballast Water Performa Standart* (02) seperti yang tercantum dalam SE Dirjen Hubla Nomor UM.003/8/6/DKP-17 tentang Penerapan Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air *Ballast* dan Sedimen dari Kapal bagi Kapal-kapal Berbendera Indonesia.

Penerapan *BWM Convention* ini bertujuan untuk mengurangi dampak dari spesies invasif di laut melalui pembuangan air *ballast* kapal dan sedimen dari suatu perairan ke perairan yang lain. Kapal yang dibuat sebelum atau sesudah tahun 2009 yang diidentifikasi di Indonesia mempunyai kapasitas air *ballast* 1500 m³ – 5000 m³ diharuskan melakukan pertukaran air *ballast* sesuai standar D-1 sampai tahun 2020. Sesudah tahun 2020 diberlakukan standar D-2 bahwa air *ballast* dalam kapal harus dilakukan pengolahan di atas kapal atau di fasilitas penerima di pelabuhan. Sementara itu, kapal yang dibuat pada tahun 2009 sampai tahun 2012 dengan air *ballast* 5000 m³ atau lebih harus sesuai standar D-1 sampai tahun 2020, setelah tahun 2020 diberlakukan sesuai standar D-2. Kapal yang dibuat tahun 2012 atau sesudahnya dengan air *ballast* sebanyak 5000 m³ atau lebih harus sesuai standar D-2. Kapal yang membuang air *ballast* pada fasilitas penampungan di pelabuhan persyaratan ini tidak berlaku. Kapal bendera Indonesia yang berlayar di perairan Indonesia memberlakukan *BWM Convention* dengan pedoman UU Nomor 17/2008 tentang Pelayaran dan PP Nomor 21/2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim serta PM Perhubungan Nomor 29/2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim.

Berdasarkan SE Nomor; UM.003/73/9/DJPL-17 mengenai Perubahan Jadwal Implementasi Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Manajemen Air *Ballast* dan Sedimen dari Kapal membahas Kapal Berbendera Indonesia. Kapal yang dibuat pada saat *BWM Convention* diberlakukan tanggal 8 September 2017 atau sesudahnya maka harus memenuhi standar D-2 sejak tanggal penyerahan kapal. Sementara itu, kapal existing yang dibuat sebelum perubahan implementasi *BWM Convention* pada tanggal 8 September 2017 harus memenuhi standar D-2 selambat-lambatnya tanggal 8 September 2024.

Pada peraturan standar D-1 *BWM Convention*, kapal diwajibkan untuk melakukan pertukaran air *ballast* pada jarak 200 nm dan kedalaman 200 m dari garis pantai terdekat. Ketika kapal tidak mencapai jarak 200 nm dari garis pantai terdekat, diwajibkan melakukan pertukaran air *ballast* dengan jarak 50 nm dan kedalaman 200 m dari garis pantai terdekat. Saat melakukan pertukaran air *ballast*, kapal wajib memastikan sedimen yang masuk ketika terjadi proses *ballast ing* tidak ikut terbuang saat kapal melakukan *de ballast ing*. Kapal dengan rute pelayaran internasional harus mengikuti sertifikasi D-1 dengan batas maksimal 8 September 2019. Sertifikat tersebut berlaku selama 5 tahun kedepan dan wajib melakukan sertifikasi ulang dengan sertifikasi S-2 pada tahun 2024. Kapal yang belum tersertifikasi hingga tanggal 8 September, harus melakukan sertifikasi pada tahun 2020. Akan tetapi, untuk kapal dengan rute dalam negeri atau dalam satu wilayah masih diperbolehkan menggunakan regulasi D-1 dikarenakan *Ballast Water Treatment* masih awam dan peralatannya masih terbilang mahal. Sertifikasi D-1 adalah metode pertukaran air *ballast* dengan jarak yang sesuai dengan peraturan di *BWM Convention IMO* dan harus memiliki *Ballast Water Management Plan (BWMP)*. Sementara sertifikasi D-2, kapal diwajibkan untuk memasang peralatan manajemen air *ballast* yang disetujui oleh IMO dikarenakan faktor kesehatan dan invasi biologis.

Ketentuan standar D-2 air *ballast* yaitu apabila mengandung *Zooplankton* harus < 100 off per m^3 dan *Phytoplankton* harus < 10 off per m^3 . Mikroorganisme *Vibrio cholerae* harus < 1 CFU/100 ml, *E. Coli* harus < 250 CFU/100 ml dan *Intestinal intercocci* harus < 100 CFU/100 ml. Regulasi D-2 kapal diwajibkan untuk memasang peralatan manajemen air *ballast* yang disetujui oleh IMO, yaitu:

1. Filtrasi: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan air *ballast* , waktu pemusnahan selama pengolahan, tekanan mengalami penurunan dan berkurangnya laju aliran. Untuk keamanan tidak ada efek yang ditimbulkan. Dampak terhadap lingkungan, sedimen mengalami pengurangan saat di tangki *ballast* , tetapi tidak efektif untuk mikroorganisme.
2. Cyclonic separation: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan air *ballast* , waktu pemusnahan saat pengolahan, tekanan mengalami penurunan dan berkurangnya laju aliran, serta biaya pemeliharaan yang minimum. Untuk keamanan tidak ada efek yang ditimbulkan. Dampak terhadap lingkungan, sedimen mengalami pengurangan saat di tangki *ballast* , tetapi tidak efektif untuk mikroorganisme.
3. Coagulation/Flocculation: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan air *ballast* , waktu pemusnahan saat pengolahan, dan diperlukannya tangki penyimpanan untuk bahan tambahan. Dampak terhadap lingkungan, sedimen mengalami pengurangan saat di tangki *ballast* , tetapi tidak efektif untuk mikroorganisme.
4. Ultra violet: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan dan pembuangan air *ballast* , waktu pemusnahan saat pengolahan, adanya penambahan konsumsi energi dan biaya pemeliharaan yang tinggi. Efisiensi tergantung dari pada kualitas air serta efektif untuk mikroorganisme.
5. Ozonisasi: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan, *system and at discharge for others*, waktu pemusnahan sampai dengan 15 jam, pada tangki dan pipa kemungkinan terjadi korosi. Beracun (mengiritasi), efek pada mata dan sistem pernafasan. Efektif untuk mikroorganisme, polusi udara, menetralisasi air *ballast* sebelum dibuang, tingkat efisiensi tergantung pada kualitas air.

6. Electrolytic: Pengoperasian pengolahan saat pengambilan, waktu pemusnahan saat pengolahan. Risiko kepada kru kapal melalui pemaparan kimiawi. Efektif untuk berbagai organisme, menetralisasi air *ballast* sebelum dibuang.
7. Elektrolisis/Clorination: Saat pengoperasian tangki dan pipa kemungkinan terjadi korosi, konsumsi energi makin bertambah serta biaya pemeliharaan. Adanya pembuangan gas hidrogen dan gas klorinasi yang dihasilkan oleh elektrolisis. Efisiensi tergantung pada kualitas air.

F. Prediksi Sebaran Mikroorganisme Melalui Air *Ballast*

Untuk memprediksi penyebaran mikroorganisme yang dibawa air *ballast* dapat menggunakan rumus yang dilakukan oleh (Wolinsky & Pratson, 2007) dalam (Röhnert, 2016).

$$D = C \times Q \times Z$$

dimana:

D = adalah jarak terjauh dari sebaran air *ballast* dari kapal

C = Kecepatan arus maksimum pada musim barat

Q = faktor pengali berdasarkan pasang surut (tunggal 12 x 3600, ganda 6 x 3600, campuran 8 x 3600)

Z = konstanta hanyut (0,025; 0,5; 0,75)