

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

**Penyusun:**

Pemerintah Kota Surabaya  
Dinas Lingkungan Hidup

**Editor:**

Drs. Eko Agus Supiadi Sapoetro, MM  
Ir. Chamidha, MT  
Eny Willia Sunita Dewi, ST  
M. Riefkie Errijanto, SH  
Desi Mustiyorini, A.Md.Kes.Ling  
Siva Ikka Silvy, SE  
Cahyo Susanto, SE  
Suryanto  
Dwi Rahayu Setiyawati, S.Si  
Kartika Dwi Ratna Sari, ST  
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., P.hD  
Dr. Nurina Fitriani, ST  
Alfan Purnomo, ST., MT  
Dwi Agustiing Ningsih, ST

**Desain Sampul dan Tata Letak:**

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., P.hD  
Dr. Nurina Fitriani, ST  
Alfan Purnomo, ST., MT  
Dwi Agustiing Ningsih, ST

**Penerbit:**

Pemerintah Kota Surabaya  
Dinas Lingkungan Hidup  
Jalan Jimerto Nomor 25-27 Surabaya 60272  
Telepon (031) 5312144 Pesawat 390, 343, 570, 148, 513  
Faksimile (031) 5472924

**Redaksi:**

Pemerintah Kota Surabaya  
Dinas Lingkungan Hidup  
Jalan Jimerto Nomor 25-27 Surabaya 60272  
Telepon (031) 5312144 Pesawat 390, 343, 570, 148, 513  
Faksimile (031) 5472924

Cetakan Pertama, September 2018

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*, Kegiatan Penanggulangan dan Pemulihan Fungsi Lingkungan Hidup dapat berjalan dengan lancar.

Laporan Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli* memberikan informasi mengenai kualitas air Sungai Kali Tebu dengan parameter mikrobiologis, sehingga kedepannya diharapkan dapat memberikan solusi permasalahan sanitasi di sekitar aliran Sungai Kali Tebu.

Dari hasil laporan ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Pemerintah Kota Surabaya dalam menyusun kebijakan pengelolaan lingkungan khususnya perlindungan dan pengelolaan kualitas air di kawasan sungai juga bagi praktisi pengelolaan lingkungan hidup serta masyarakat pemerhati lingkungan hidup. Masukan dan kritikan dari pembaca sangat diharapkan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pekerjaan penyusunan laporan “Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli* Tahun 2018”.

Surabaya, September 2018  
**KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
KOTA SURABAYA**

**Drs. Eko Agus Supiadi Sapotro, MM**  
Pembina Utama Muda  
NIP 19610825 198503 1 006

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1-1
1.2. MAKSUD DAN TUJUAN .....	1-3
1.3. SASARAN .....	1-3
1.4. LINGKUP KEGIATAN .....	1-3
BAB 2 PENDAHULUAN.....	2-1
2.1 PENCEMARAN SUNGAI .....	2-1
2.2 KUALITAS AIR SUNGAI .....	2-1
2.3 <i>Escherichia coli</i> .....	2-2
2.3.1 Karakteristik Morfologi <i>Escherichia coli</i> .....	2-2
2.3.1 Keberadaan dan Bahaya <i>Escherichia coli</i> .....	2-5
2.4 STATUS MUTU KUALITAS SUNGAI .....	2-6
2.5.1 Penentuan Status Mutu Air dengan Metode STORET .....	2-7
2.5.2 Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran .....	2-7
BAB 3 KONDISI WILAYAH KAJIAN.....	3-1
3.1 SUNGAI KALITEBU .....	3-1
3.1 KONDISI LINGKUNGAN DI SEKITAR SUNGAI KALI TEBU .....	3-3
BAB 4 METODE STUDI .....	4-1
4.1 TAHAP PERSIAPAN DAN PENGUMPULAN DATA .....	4-1
4.2 SURVEY LAPANGAN DAN PENGAMBILAN DATA .....	4-2
4.3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....	4-2
4.4 TAHAP PENYUSUNAN LAPORAN.....	4-3
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	5-1
5.1 PENENTUAN TITIK SAMPLING .....	5-1
5.2 PROSES SAMPLING .....	5-8
5.3 PENENTUAN SATUS MUTU SUNGAI KALI TEBU.....	5-13

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

5.3.1 Hasil Pengamatan <i>E.coli</i> .....	5-13
5.3.2 Status Mutu Sungai.....	5-17
5.4 SOLUSI PERMASALAHAN SANITASI.....	5-18
BAB 6 PENUTUP .....	6-1
6.1 KESIMPULAN.....	6-1
DAFTAR PUSTAKA .....	viii

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Morfologi <i>E. Coli</i> .....	2-2
Gambar 2. 2 <i>E. coli</i> dengan pili dan flagella .....	2-3
Gambar 2. 3 Struktur bakteri <i>E. coli</i> .....	2-3
Gambar 3. 1 Letak Sungai Kali Tebu.....	3-1
Gambar 3. 2 Kelurahan yang dilewati Sungai Kali Tebu .....	3-2
Gambar 3. 3 Kondisi Lingkungan di Sekitar Sungai Kali Tebu .....	3-5
Gambar 5. 1 Pipa Buangan dan Saluran yang menuju Sungai Kali Tebu .....	5-1
Gambar 5. 2 Sampah dan Endapan di Sungai Kali Tebu .....	5-1
Gambar 5. 3 Lokasi Titik Pengambilan Sampel Sungai Kali Tebu.....	5-2
Gambar 5. 4 Kondisi Titik 1 (Hulu Sungai Kali Tebu) .....	5-2
Gambar 5. 5 Kondisi Sungai di Titik 1 .....	5-3
Gambar 5. 6 Proses pembersihan sampah di hulu Sungai Kali Tebu oleh DKRTH .....	5-3
Gambar 5. 7 Pengambilan Air Sungai untuk Menyiram Tanah Sekitar Makam Rangkah .....	5-3
Gambar 5. 8 Lokasi pertemuan antar Sungai dari Kapasan dan Kedung Cowek .....	5-4
Gambar 5. 9 Titik Lokasi pengambilan sampel.....	5-4
Gambar 5. 10 (a) Saluran Drainase (b) Lokasi Pengambilan Sampel Titik 3 .....	5-4
Gambar 5. 11 Tumpukan Sampah dan Diapers yang Berada di Sungai .....	5-5
Gambar 5. 12 Kondisi Sepanjang Segmen Antara Titik 3 dan Titik 4 .....	5-5
Gambar 5. 13 Lokasi Titik Sampling 4 .....	5-5
Gambar 5. 14 Kondisi Sepanjang Segmen Antara Titik 4 dan Titik 5 .....	5-6
Gambar 5. 15 Pembersihan Sungai dari Sampah oleh DKRTH .....	5-6
Gambar 5. 16 Lokasi Titik Sampling 5 .....	5-6
Gambar 5. 17 Lokasi Bar Screen di Sungai Kali Tebu .....	5-7
Gambar 5. 18 Kondisi Sungai di Titik 6.....	5-7
Gambar 5. 19 (a) Kondisi Pintu Air Tertutup (b) Kondisi Pintu Air Terbuka.....	5-8
Gambar 5. 20 Rumah Pompa dan Lokasi Titik Sampling 6 .....	5-8
Gambar 5. 21 Pengambilan Sampel Sungai Kali Tebu .....	5-9
Gambar 5. 22 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 1 .....	5-14
Gambar 5. 23 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 2 .....	5-15
Gambar 5. 24 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 3 .....	5-15
Gambar 5. 25 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 4 .....	5-16
Gambar 5. 26 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 5 .....	5-16
Gambar 5. 27 Kandungan <i>E. coli</i> di Titik 6.....	5-16

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

Gambar 5. 28 Kandungan <i>E. coli</i> di setiap Titik Sampling.....	5-17
Gambar 5. 29 Contoh perubahan perilaku Stop BABS .....	5-19
Gambar 5. 30 Bangunan Atas Jamban .....	5-20
Gambar 5. 31 Bangunan Tengah Jamban.....	5-20
Gambar 5. 32 Bangunan Bawah.....	5-21
Gambar 5. 33 Tangga Sanitasi.....	5-22
Gambar 5. 34 Sistem Penanganan Sanitasi .....	5-23
Gambar 5. 35 Rencana Tahapan Pengembangan Air Limbah Domestik Kota Surabaya.....	5-23

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Hasil Uji Gula-Gula Famili Enterobacteriaceae .....	2-4
Tabel 2. 2 Pembagian Grup Utama dari <i>E. coli</i> berdasarkan mekanisme infeksi .....	2-5
Tabel 2. 3 Penentuan Sistem Nilai untuk Penentuan Status Mutu Air .....	2-7
Tabel 3. 1 Saluran Tambak Wedi di Pompa Air Tambak Wedi .....	3-3
Tabel 3. 2 Jumlah Rumah BABS di Sekitar Sungai Kali Tebu .....	3-4
Tabel 3. 3 Usaha/Kegiatan yang Berada Di Sekitar Sungai Kali Tebu .....	3-4
Tabel 4. 1 Skor Pengukuran .....	4-3
Tabel 5. 1 Proses Sampling Sungai Kali Tebu .....	5-9
Tabel 5. 2 Hasil Pengukuran Debit Sungai Kali Tebu.....	5-11
Tabel 5. 3 Bentuk Penampang Masing-Masing Segmen.....	5-12
Tabel 5. 4 Hasil Uji Kandungan <i>E. coli</i> .....	5-14
Tabel 5. 5 Hasil Analisa Status Mutu Sungai Kali Tebu dengan Parameter <i>E. coli</i> .....	5-17

**BAB 1  
PENDAHULUAN**



### **1.1 LATAR BELAKANG**

Sungai merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk keperluan sehari-hari. Sungai adalah alur atau wadah murni alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (PP RI Nomor 38 Tahun 2011).

Kota Surabaya adalah kota jasa dan perdagangan yang menjadi pusat kegiatan utama di Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya mengalami pertumbuhan kawasan perdagangan, industri dan pemukiman serta berpotensi menjadi sumber pencemaran bagi wilayah pesisir apabila pembuangan limbah kegiatan usaha maupun domestik ke perairan yang bermuara di wilayah pesisir jika tanpa pengelolaan terlebih dahulu.

Salah satu sungai di Surabaya adalah Sungai Kali Tebu yang membentang dari utara Pemakaman Umum Rangkah Surabaya hingga ujung utara kota Surabaya yakni wilayah Kelurahan Tambak Wedi. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dalam lampiran II bahwa Sungai Kali Tebu yang merupakan bagian dari saluran Tambak Wedi masuk dalam kategori klasifikasi sungai kelas III. Berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa peruntukan sungai kelas III dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya, Sungai Kali Tebu masuk ke dalam Kecamatan Tambak Wedi yang merupakan Unit Pengembangan III di kawasan kaki Jembatan Suramadu dengan fungsi utama salah satunya sebagai pusat pusat perdagangan, jasa dan rekreasi. Pengembangan daya tarik wisata di wilayah ini termasuk wisata bahari dengan tujuan utama dan daya tarik berupa obyek, lingkungan dan/atau kegiatan yang berada di perairan laut dan bernuansa bahari.

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

Saat ini Sungai Kali Tebu terlihat mengalami pencemaran dari adanya limbah domestik yang dihasilkan dari aktivitas yang berada di sepanjang sungai. Sebagian besar aktivitas di sepanjang sungai tersebut adalah permukiman padat penduduk dan beberapa *home industry*. Limbah yang berupa *grey water* ataupun *black water* langsung dibuang ke sungai Kali Tebu tanpa melalui pengolahan limbah terlebih dahulu. Sungai yang tercemar tidak layak untuk keperluan konsumsi terutama untuk minum, mencuci makanan, maupun memasak karena dianggap mengandung patogen penyebab infeksi saluran pencernaan (Ferdiaz, 1992). Selain banyaknya pencemaran yang masuk ke dalam Sungai Kali Tebu, minimnya pengetahuan masyarakat akan pentingnya sanitasi dan pola hidup sehat sangatlah kurang. Salah satunya dibuktikan dengan banyaknya jumlah rumah yang masih berstatus *Open Defecation* (OD) atau Buang Air Besar Sembarangan di sekitar Sungai Kali Tebu mencapai 983 rumah.

Salah satu parameter yang menjadi acuan dalam penentuan mutu kualitas sungai adalah parameter mikrobiologis yaitu bakteri *E. coli*. *E. coli* merupakan mikroorganisme indikator yang dipakai di dalam analisis air untuk menguji adanya pencemaran oleh tinja. Akibat dari adanya *E. coli* ini dapat membahayakan kesehatan karena diketahui bahwa bakteri *E. coli* merupakan bagian dari mikrobiota normal saluran pencernaan dan telah terbukti bahwa *E. coli* mampu menyebabkan gastroenteritis taraf sedang sampai parah pada manusia dan hewan selain itu *E. coli* juga dapat menyebabkan diare akut (Melliawati, 2009).

Penurunan kualitas air sungai terjadi apabila air sungai tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan status mutu air secara normal. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Karena air merupakan bagian penting dari suatu kehidupan masyarakat, maka perlu diketahui kualitas air sungai sehingga sesuai dengan peruntukannya.

Melihat dari arah perkembangan Kota Surabaya yang diatur dalam Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya mengenai peruntukan wilayah di sekitar Sungai Kali Tebu yang salah satunya menjadi pusat objek pariwisata sehingga diperlukan pemeliharaan dan pemantauan kualitas Sungai Kali Tebu ini terutama terhadap pencemaran akibat limbah domestik. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa kajian penanggulangan beban pencemaran Sungai Kali Tebu menggunakan Parameter *E. Coli* sebagai salah satu parameter pencemaran sungai akibat limbah domestik.

## **1.2. MAKSUD DAN TUJUAN**

Maksud dan tujuan pelaksanaan kegiatan Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli* adalah memberikan informasi mengenai kualitas air Sungai Kali Tebu dengan parameter mikrobiologis, sehingga kedepannya diharapkan dapat memberikan solusi permasalahan sanitasi di sekitar aliran Sungai Kali Tebu.

## **1.3. SASARAN**

Sasaran dari Kegiatan Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli* adalah tersedianya data kajian terkait dengan kondisi sungai Kali Tebu dengan parameter *E. coli* di Kota Surabaya.

## **1.4. LINGKUP KEGIATAN**

Ruang lingkup dalam kegiatan ini adalah:

- a) Penyusunan data-data Pra kajian yang terdiri dari:
  - Profil Sungai Kali Tebu yang berlokasi di sepanjang TPU Rangkah (sebelah utara) hingga ujung utara Kelurahan Tambakwedi (muara sungai menuju ke laut).
  - Sumber pencemar di Daerah Aliran Sungai Kali Tebu
  - Jumlah dan jenis industri yang membuang limbahnya ke Sungai Kali Tebu
- b) Parameter yang dianalisa dalam kegiatan ini adalah Parameter *Escherichia coli* melalui uji laboratorium dengan metode analisa MPN sebagai indikator kualitas air di Sungai Kalitebu.
- c) Penentuan titik pengambilan sampel air menggunakan metode *purposif sampling*.
- d) Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 30 kali dilakukan secara *grab sample*.
- e) Penetapan mutu air Sungai Kali Tebu untuk mengetahui kondisi kualitas air sungai tersebut dengan pengukuran parameter *E.coli* dilakukan dengan analisis Metode Storet.
- f) Hasil uji parameter *E. coli* tersebut dibandingkan dengan baku mutu air sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

## BAB 2 PENDAHULUAN



### **2.1 PENCEMARAN SUNGAI**

Pencemaran air sungai sangat berisiko untuk kelangsungan makhluk hidup yang berada di sekitar sungai karena dapat merusak ekosistem sungai. Ekosistem merupakan suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen abiotik dan biotik yang saling berintegrasi sehingga membentuk satu kesatuan. Di dalam ekosistem perairan sungai terdapat faktor-faktor abiotik dan biotik (produsen, konsumen dan pengurai) yang membentuk suatu hubungan timbal balik dan saling mempengaruhi (Dini, 2011). Banyaknya bahan pencemaran yang dibuang ke sungai dapat memberikan pengaruh terhadap organisme sungai yaitu dapat membunuh maupun menunjang perkembangan organisme sungai tersebut.

Permasalahan yang terjadi di sungai erat kaitannya dengan pertumbuhan penduduk, industri dan perekonomian masyarakat yang akan meningkatkan limbah domestik maupun kimia yang dihasilkan sehingga terjadi pencemaran. Pencemaran tersebut dapat mengakibatkan perubahan besar terhadap lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Pencemaran air terjadi ketika energi dari bahan-bahan yang dirilis menurunkan kualitas air untuk pengguna lain. Polusi air mencakup semua bahan limbah yang tidak dapat diurai secara alami oleh air (Dini, 2011).

### **2.2 KUALITAS AIR SUNGAI**

Kualitas air adalah kondisi air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Grahari, 2015). Status kualitas air adalah tingkat kondisi kualitas air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Maruru, 2012). Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No 61 Tahun 2010 Status mutu pada sungai dinyatakan kondisi baik apabila mutu air memenuhi baku mutu air dan dinyatakan kondisi cemar apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota

Surabaya No. 2 Tahun 2004 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa kualitas dan mutu air dibagi menjadi empat kelas, yaitu:

- Kelas I, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan dan mengairi tanaman, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas III, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas IV, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pembagian klasifikasi kualitas air tersebut memiliki standar untuk setiap parameter yang berbeda-beda. Penetapan kelas air sungai/saluran/waduk di Surabaya dan Standar baku mutu dapat dilihat pada **Lampiran**. Kualitas air sungai dapat ditentukan dengan penelitian menggunakan parameter fisik, kimia dan biologi. Pemantauan terhadap kualitas air sungai sangat dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran air yang terjadi dan sebagai bahan evaluasi dalam pengendalian kualitas perairan. Menurut Mariantika dkk (2014) kualitas air perlu selalu dipantau, terlebih dengan meninjau parameter mikrobiologis.

## **2.3 *Escherichia coli***

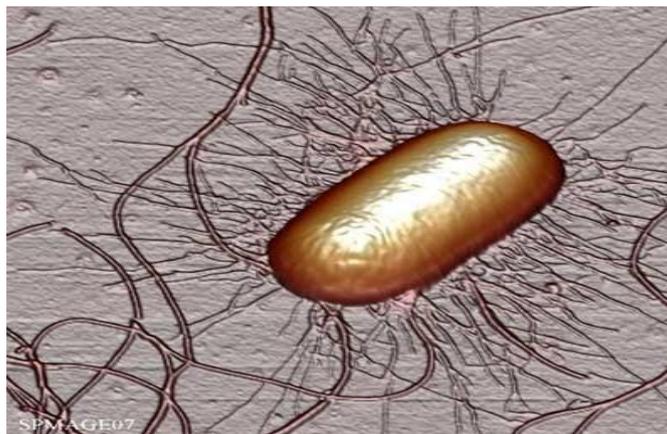
### **2.3.1 Karakteristik Morfologi *Escherichia coli***

Bakteri *E. coli* merupakan spesies dengan habitat alami dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. *E. coli* pertama kali diisolasi oleh Theodor Escherich dari tinja seorang anak kecil pada tahun 1885. Bakteri ini berbentuk batang, berukuran 0,4-0,7 x 1,0-3,0  $\mu\text{m}$ , termasuk gram negatif, dapat hidup soliter maupun berkelompok, umumnya motil, tidak membentuk spora, serta fakultatif anaerob **Gambar 2.1** (Carter & Wise 2004).

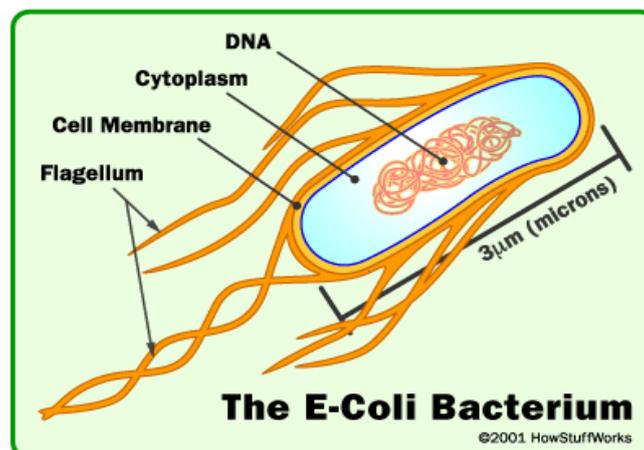


**Gambar 2. 1 Morfologi *E. Coli***

Struktur sel *E. coli* dikelilingi oleh membran sel, terdiri dari sitoplasma yang mengandung nukleoprotein **Gambar 2.2**. Membran sel *E. coli* ditutupi oleh dinding sel berlapis kapsul. Flagela dan pili *E. coli* menjulur dari permukaan sel **Gambar 2.3** (Tizard 2004). Tiga struktur antigen utama permukaan yang digunakan untuk membedakan serotipe golongan *E. coli* adalah dinding sel, kapsul dan flagela. Dinding sel *E. coli* berupa lipopolisakarida yang bersifat pirogen dan menghasilkan endotoksin serta diklasifikasikan sebagai antigen O. Kapsul *E. coli* berupa polisakarida yang dapat melindungi membran luar dari fagositik dan sistem komplemen, diklasifikasikan sebagai antigen K. Flagela *E. coli* terdiri dari protein yang bersifat antigenik dan dikenal sebagai antigen H. Faktor virulensi *E. coli* juga disebabkan oleh enterotoksin, hemolisin kolisin, *siderophor*, dan molekul pengikat besi (aerobaktin dan entrobaktin) (Quinn *et al.* 2002).



**Gambar 2. 2 *E. coli* dengan pili dan flagella**



**Gambar 2. 3 Struktur bakteri *E. coli***

Bakteri *E. coli* dapat membentuk koloni pada saluran pencernaan manusia maupun hewan dalam beberapa jam setelah kelahiran. Faktor predisposisi pembentukan koloni ini adalah mikroflora dalam tubuh masih sedikit, rendahnya kekebalan tubuh, faktor stres, pakan, dan infeksi agen patogen lain. Kebanyakan *E. coli* memiliki virulensi yang rendah dan bersifat oportunistik. *E. coli* keluar dari tubuh bersama tinja dalam jumlah besar serta mampu bertahan sampai beberapa minggu. Kelangsungan

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

hidup dan replikasi *E. coli* di lingkungan membentuk koliform. *E. coli* tidak tahan terhadap keadaan kering atau desinfektan biasa. Bakteri ini akan mati pada suhu 60 °C selama 30 menit.

*E. coli* bersifat pathogen karena dapat menyebabkan infeksi pada manusia dan hewan. Seorang bakteriolog yaitu Theodor Escherich, mengidentifikasi *E. coli* dari babi yang menderita enteritis. Enteritis merupakan peradangan usus yang bias menyebabkan sakit perut, mual, muntah, dan diare baik manusia maupun hewan. *E. coli* merupakan bakteri yang bias hidup pada lingkungan yang berbeda. Bakteri ini dapat ditemukan di tanah, air, tanaman, hewan, dan manusia (Berg 2004; Bhunia 2008; Manning 2010).

Genus *Eschericia* merupakan bakteri berbentuk batang (1x4 µm), motil, dan mesofilik. Bakteri ini sering ditemukan di dalam pencernaan manusia, hewan berdarah panas, dan burung (Ray 2004; Duffy 2006; Bhunia 2008). Spesies terpenting dari genus *Eschericia* ialah *E. coli* (Ray 2004). *E. Coli* merupakan family Enterobacteriaceae yang termasuk bakteri enterik. Bakteri enterik ialah bakteri yang bisa bertahan di dalam saluran pencernaan termasuk sruktur saluran pencernaan rongga mulut, esofagus, lambung, usus, rektum, dan anus. *E. coli* bias hidup sebagai bakteri aerob maupun bacteria naerob. Oleh karenaitu, *E. coli* dikategorikan sebagai anaerob fakultatif (Manning, 2010).

*E. coli* merupakan bakteri Gram negative dan tidak berbentuk spora. *E. coli* bersifat katalase positif, oksidasi negatif, dan fermentatif. *E. coli* termasuk bakteri mesofilik dengan suhu pertumbuhannya dari 7 °C sampai 50 °C dan suhu optimum sekitar 37 °C (Adams dan Moss 2008). *E. coli* dapat tumbuh pada pH 4-9 dengan aktivitas air 0.935. Laju pertumbuhan *E. coli* yaitu 25 jam/generasi padas uhu 8 °C. *E. coli* dapat dibedakan dengan *Enterobacteriaceae* lainnya berdasarkan uji gula-gula dan uji biokimia. Secara sederhana uji-uji untuk grup penting ini disebut dengan *indole*, *methyl red*, *Voges-Proskeur*, *citrate* atau disingkat IMViC (Adams dan Moss 2008). Hasil uji gula-gula family *Enterobacteriaceae* diperlihatkan dalam **Tabel 2.1**.

**Tabel 2. 1 Hasil Uji Gula-Gula Famili Enterobacteriaceae**

Bakteri	Indole	Methyl Red	Voges Proskeur	Citrate
<i>E. coli</i>	+	+	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i>	-	+	-	+
<i>Citrobacterfreundii</i>	-	+	-	+
<i>Klebsiella pneumonia</i>	-	-	+	+
<i>Enterobacteraerogens</i>	-	-	+	+

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

Ada enam grup *E. coli* patogen yang telah diidentifikasi. Masing-masing grup memiliki virulensi dan mekanisme patogenik yang berbeda serta inang yang spesifik (Duffy 2006). Galur *E. coli* yang menyerang manusia diklasifikasikan kedalam enam grup yaitu *enteropathogenic E. coli* (EPEC), *enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), *enteroinvasive E. coli* (EIEC), *diffuse-adhering E. coli* (DAEC), dan *enteroaggregative E. coli* (EAEC) (Bhunia 2008; Lauryet *al.* 2009; Manning 2010). Pembagian grup utama dari *E. coli* berdasarkan mekanisme infeksi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Pembagian Grup Utama dari *E. coli* berdasarkan mekanisme infeksi**

<b>Pathotypes</b>	<b>Tempat perlekatan</b>	<b>Potensi invasi</b>
<i>Enteropathogenic E. coli</i> (EPEC)	Usus halus	Sedang
<i>Enterotoxigenic E. coli</i> (ETEC)	Usus halus	Tidak ada
<i>Enteroinvasive E. coli</i> (EIEC)	Usus besar (kolon)	Tinggi
<i>Enteraggregative E. coli</i> (EAggEC)	Usus halus dan usus besar	Tidak ada
<i>Enterohaemorrhagic E. coli</i> (EHEC)	Usus besar (kolon)	Sedang

### **2.3.1 Keberadaan dan Bahaya *Escherichia coli***

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup *E. coli*. Reaksi dari tiap mikroorganisma dalam menghadapi kondisi lingkungannya akan berbeda satu dengan yang lain, hal ini karena mikroorganisma mempunyai sifat dan karakter yang berbeda. Tidak semua mikroorganisma dapat menguasai faktor faktor luar sepenuhnya, untuk bertahan hidup mikroorganisma harus menyesuaikan diri dengan lingkungan dimana mikroorganisma tersebut berada. Penyesuaian diri ada yang bersifat sementara waktu saja ada juga yang bersifat permanen sehingga mempengaruhi bentuk morfologi dan sifat sifat fisiologi dan keturunannya. Sifat sifat khusus *E. coli* antara lain:

- Merupakan parasit dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas.
- Pada manusia kadang kadang menyebabkan penyakit enteritis, peritonitis, sistitis dan sebagainya.
- Hasil uji methil red positif. keluarga dari species ini memfermentasikan laktosa dan glukosa dengan menghasilkan asam dan gas.
- Menghasilkan asam dalam jumlah yang banyak dari glukosa tetapi acethyl methyl carbinol tidak dihasilkan.
- CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> kira kira dihasilkan dalam volume yang sama dalam glukosa.
- Pada umumnya asam uric tidak dapat dipakai sebagai satusatunya sumber nitrogen.

- Ditemukan dalam faeces.
- Hasil uji Eykman.
- Asam sitrat dan garam dari asam sitrat tidak dapat dipakai sebagai satu-satunya sumber karbon.

Bakteri *E. coli* juga dapat membahayakan kesehatan, karena diketahui bahwa bakteri *E. coli* merupakan bagian dari mikrobiota normal saluran pencernaan dan telah terbukti bahwa galur galur tertentu mampu menyebabkan gastroenteritis taraf sedang sampai parah pada manusia dan hewan. *E. coli* juga dapat menyebabkan diare akut, yang dapat dikelompokkan menjadi 3 katagori yaitu enteropatogenik (penyebab gasteroenteritis akut pada bayi yang baru lahir sampai pada yang berumur 2 tahun), enteroinaktif dan enterotoksigenik (penyebab diare pada anak anak yang lebih besar dan pada orang dewasa). Dilaporkan pula bila *E.coli* di dalam usus memasuki kandung kemih, maka dapat menyebabkan sintitis yaitu suatu peradangan pada selaput lendir organ tersebut (Melliawati, 2009).

#### **2.4 STATUS MUTU KUALITAS SUNGAI**

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dalam lampiran II bahwa Sungai Kali Tebu yang merupakan bagian dari saluran Tambak Wedi masuk dalam kategori klasifikasi sungai kelas III. Berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa peruntukan sungai kelas III dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan Kepmen LH Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman penentuan Status Mutu Air. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air (kondisi kualitas air yang diukur atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku) yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Penentuan status mutu air dapat menggunakan metode sebagai berikut:

- Metode STORET
- Metode Indeks Pencemaran

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

### 2.5.1 Penentuan Status Mutu Air dengan Metode STORET

Secara prinsip metoda STORET adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan system nilai dari “US-EPA (*Environmental Protection Agency*)” dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas, yaitu:

- (1) Kelas A: baiksekali, skor = 0 (memenuhi baku mutu)
- (2) Kelas B: baik, skor = -1 s/d -10 (cemar ringan)
- (3) Kelas C: sedang, skor = -11 s/d -30 (cemar sedang)
- (4) Kelas D: buruk skor  $\geq$  -31 (cemar berat)

Penentuan status mutu air dengan menggunakan metoda STORET dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*).
- b. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
- c. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < bakumutu) maka diberi skor 0.
- d. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi sesuai **Tabel 2.3**.
- e. Jumlah negative dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan system nilai.

**Tabel 2. 3 Penentuan Sistem Nilai untuk Penentuan Status Mutu Air**

Jumlah Contoh	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-Rata	-3	-6	-9
>10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-Rata	-6	-12	-18

### 2.5.2 Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Metoda ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai

untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu. Harga  $P_{ij}$  ini dapat ditentukan dengan cara:

1. Pilih parameter-parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas air akan membaik.
2. Pilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang.
3. Hitung harga  $C_i/L_{ij}$  untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan cuplikan.
4. Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum  $C_{im}$  (misal untuk DO, maka  $C_{im}$  merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini nilai  $C_i/L_{ij}$  hasil pengukuran digantikan oleh nilai  $C_i/L_{ij}$  hasil perhitungan, yaitu:

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}}$$

5. Jika nilai baku  $L_{ij}$  memiliki rentang

- untuk  $C_i \leq L_{ij}$  rata-rata

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{minimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

- untuk  $C_i > L_{ij}$  rata-rata

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{maksimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

6. Keraguan timbul jika dua nilai  $(C_i/L_{ij})$  berdekatan dengan nilai acuan 1,0, misal  $C_1/L_{1j} = 0,9$  dan  $C_2/L_{2j} = 1,1$  atau perbedaan yang sangat besar, misal  $C_3/L_{3j} = 5,0$  dan  $C_4/L_{4j} = 10,0$ . Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah:

- Penggunaan nilai  $(C_i/L_{ij})$  hasil pengukuran kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.
- Penggunaan nilai  $(C_i/L_{ij})$  baru jika nilai  $(C_i/L_{ij})$  hasil pengukuran lebih besar dari 1,0.

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \cdot \log(C_i/L_{ij}) \text{ hasil pengukuran}$$

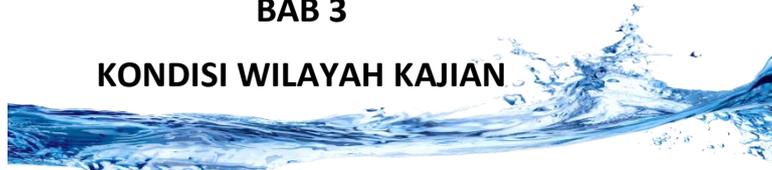
$P$  adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

7. Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan  $C_i/L_{ij}$  ( $(C_i/L_{ij})_R$  dan  $(C_i/L_{ij})_M$ ).
8. Tentukan harga  $PI_j$

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

## BAB 3

### KONDISI WILAYAH KAJIAN



#### 3.1 SUNGAI KALITEBU

Sungai Kali Tebu merupakan Sungai yang membentang dari utara Pemakaman Umum Rangkah Surabaya hingga ujung utara Kota Surabaya yakni Kelurahan Tambak Wedi. Secara geografis Sungai tersebut sebagian sebelah barat masuk wilayah Kecamatan Simokerto dan wilayah Kecamatan Tambaksari di sisi timur sungai. Selebihnya yang sebagian besar sungai tersebut masuk Kecamatan Kenjeran. Panjang Sungai Kali Tebu mencapai 4,64 km. Lokasi Sungai Kali Tebu dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**

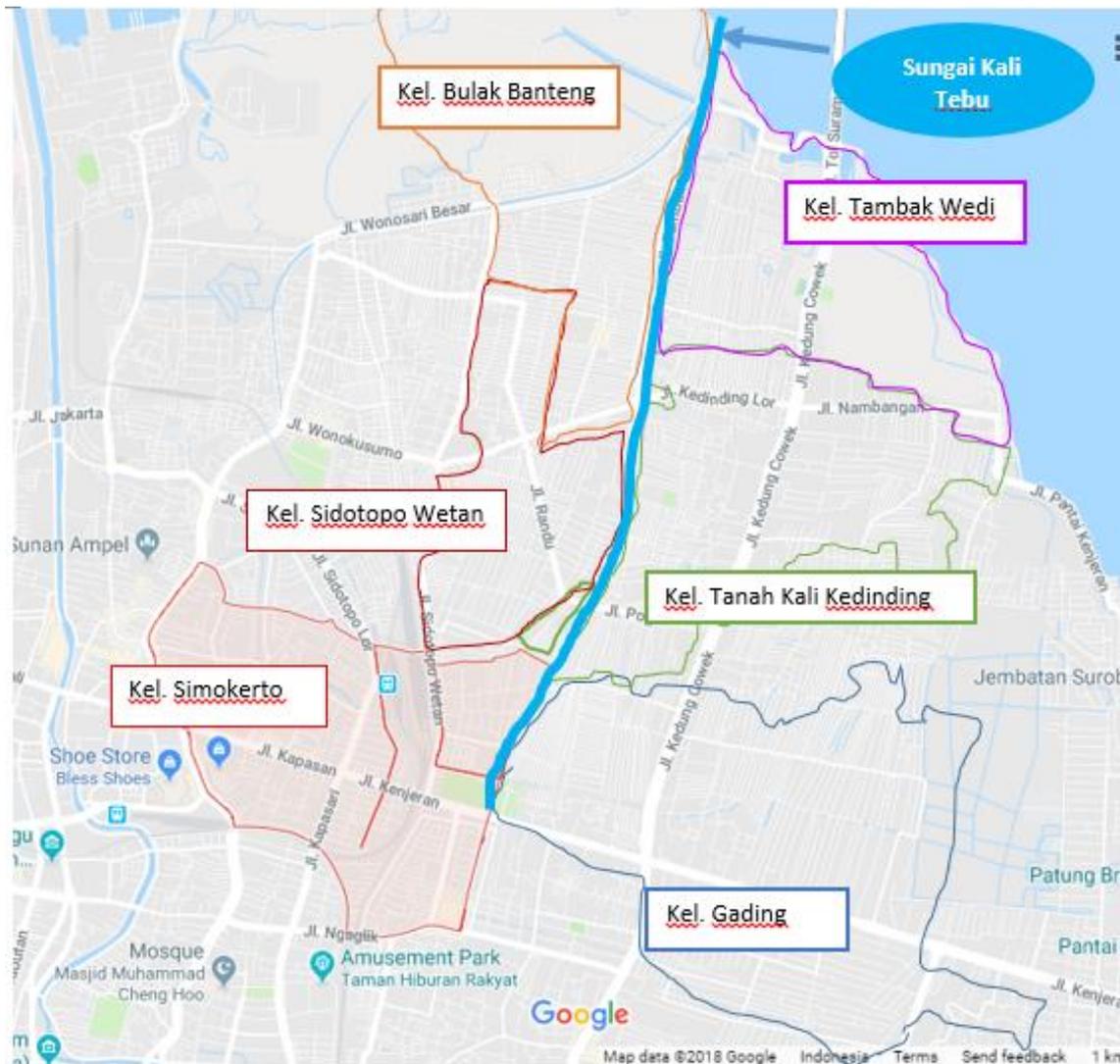


**Gambar 3. 1 Letak Sungai Kali Tebu**

*(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018 dan Google Earth)*

Kelurahan yang dilewat oleh Sungai Kali Tebu ini adalah Kelurahan Tambak Wedi, Kelurahan Sidotopo Wetan, Kelurahan Bulak Banteng, Kelurahan Tanah kali Kedinding, Kelurahan Gading dan Kelurahan Simokerto yang dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



**Gambar 3. 2** Kelurahan yang dilewati Sungai Kali Tebu  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018 dan Google Earth)

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 mengenai Pengelolaan Kualitas Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam lampiran II, Sungai Kali Tebu yang merupakan bagian dari saluran Tambak Wedi masuk dalam kategori klasifikasi sungai kelas III. Sungai kelas III ini peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Namun Kondisi Sungai Kali Tebu saat ini sangatlah memprihatinkan karena dipenuhi oleh sampah bahkan banyak masyarakat yang masih BABS dengan saluran tinja yang langsung masuk ke sungai. Adapun data kualitas pemantauan air Sungai Kalitebu yang dilakukan di rumah pompa Tambak Wedi (Hilir Sungai Kali Tebu) oleh DLH Kota Surabaya Tahun 2017 disajikan pada **Tabel 3.1**.

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

**Tabel 3. 1 Saluran Tambak Wedi di Pompa Air Tambak Wedi**

No	Parameter	Januari	Mei	Agustus	Oktober	Baku Mutu
1	Suhu	31,8	29,7	-	33,8	-
2	TDS	590	813	-	1170	2000
3	TSS	10,8	7	-	9	400
4	pH	7,74	7,67	-	7,44	6-9
5	BOD <sub>5</sub>	9,24	25	-	8	12
6	COD	24,0	123	-	41	100
7	DO	2,6	2,4	-	2,4	≥0
8	Total Fosfat (P)	0,99	1,8	-	3,56	5
9	NO <sub>3</sub>	1,74	0,03	-	0,68	20
10	NH <sub>3</sub> -N	0,458	1,24	-	3,89	-
11	Co	<0,0243	<0,002	-	0,065	0,2
12	Cd	<0,00935	<0,003	-	<0,003	0,001
13	Cr (VI)	0,0046	0,044	-	0,045	1
14	Cu	<0,0110	<0,002	-	<0,006	0,2
15	Fe	<0,24	<0,004	-	0,04	-
16	Mn	0,285	0,4	-	0,4	-
17	Air Raksa	<0,000198	<0,00008	-	<0,00008	0,005
18	Zn	<0,00988	<0,003	-	0,042	2
19	Cl	158,8	350	-	714	-
20	F	0,24	<0,5	-	<0,5	-
21	Nitrit	0,0175	0,017	-	0,03	-
22	SO <sub>4</sub>	69,5	62,5	-	83	-
23	Minyak Lemak	<2100	<1000	-	<1000	-
24	Deterjen	115	3033	-	<50	-
25	Fenol	<1,26	<5	-	<5	-
26	Pb	<0,0547	<0,006	-	<0,006	1
27	Sianida	<0,002	<0,01	-	0,02	-
28	Khlorin Bebas	0,02	<0,02	-	0,19	-
29	Belerang (H <sub>2</sub> S)	<0,02	0,0905	-	0,051	-
30	Fecal Coli	-	-	-	-	2000
31	Total Coli	-	-	-	-	10000

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2017

### 3.1 KONDISI LINGKUNGAN DI SEKITAR SUNGAI KALI TEBU

Sekitar Sungai Kali Tebu merupakan wilayah permukiman padat penduduk dan banyak juga industri skala rumah tangga atau usaha kegiatan lain. Kondisi inilah yang menyebabkan tingginya tingkat pencemaran Sungai Kali Tebu. Selain sampah domestik yang mencemari Sungai, tidak jarang pula banyak masyarakat sekitar yang membuang tinja langsung ke sungai ini tanpa ada pengolahan

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

limbah tinja terlebih dahulu. Jumlah rumah di sekitar Sungai Kali Tebu yang masih melakukan BABS dapat dilihat pada **Tabel 3.2.** dan usaha/kegiatan yang berada di sekitar Sungai Kali Tebu disajikan pada **Tabel 3.3.**

**Tabel 3. 2 Jumlah Rumah BABS di Sekitar Sungai Kali Tebu**

No	Kelurahan	Jumlah Rumah BABS		
		Legal	Ilegal	Total
1.	Bulak Banteng	22	135	157
2.	Tambak Wedi	43	3	46
3.	Sldotopo Wetan	1	1	2
4.	Tanah Kali Kedinding	0	116	116
5.	Simokerto	16	646	662
6.	Gading	0	0	0

Sumber: Hasil Survei, 2017

Dari data di atas, terlihat bahwa jumlah rumah di Kelurahan yang dilewati oleh Sungai Kali Tebu yang melakukan BABS masih cukup besar. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa masyarakat masih membuang tinja sembarangan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, sehingga kandungan tinja yang banyak mengandung *E.coli* ini dapat mencemari badan air atau sungai.

**Tabel 3. 3 Usaha/Kegiatan yang Berada Di Sekitar Sungai Kali Tebu**

No	Nama Usaha	Jarak ke Sungai Kalitebu (km)
1	Resto Gracia	0,73
2	Pengepakan Tepung	1,15
3	Industri Kue Bakpia dan Gudang	1,08
4	Pembuatan Beton ready mix	1,66
5	Ruko dan workshop bengkel truk	0,03
6	Ruko	0,89
7	Pembuatan kosmetik	1,26
8	Showroom dan bengkel mobil	0,64
9	Pembuatan mesin industri dan barang plastik	1,29
10	Sekolah TK	0,63
11	Ruko dan Gudang	0,76
12	Toko Swalayan/ alfamidi	0,31
13	Tempat Hiburan	2,29
14	Restoran	2,42
15	Gudang dan Industri / industri mebel, penjahitan terpal, pembuatan tali rafia	1,2
16	Tempat usaha workshop percetakan kardus	2,19
17	Industri pembuatan terpal	1,28
18	Tempat usaha workshop bengkel mobil	0,59
19	Tempat usaha makanan dan minuman pembuatan roti dan kue	2,24
20	Home industri pengepakan pakan ternak	0,18
21	Tempat swalayan dan bengkel	0,28
22	Home industri konveksi /garmen	0,98
23	Industri dan gudang meubel, penjahitan terpal, pembuatan tali rafia	1,17
24	Home industri tempat pembuatan tahu	2,37
25	Kantor tempat usaha bengkel	1,68

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

Tabel 3. 3 Usaha/Kegiatan yang Berada Di Sekitar Sungai Kali Tebu

No	Nama Usaha	Jarak ke Sungai Kalitebu (km)
26	Home industri pembuatan silokon, sampo mobil dan motor	2,10
27	Tempat usaha restoran	0,78
28	Home industri pembuatan sabun batangan	0,42

Sumber: DLH Kota Surabaya, 2017

Kondisi sekitar Sungai Kali Tebu berupa permukiman padat industri skala rumah tangga dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3. 3 Kondisi Lingkungan di Sekitar Sungai Kali Tebu**  
(Sumber: Dinas Lingkungan Hidup, 2018 dan Google Earth)

**BAB 4  
METODE STUDI**



#### **4.1 TAHAP PERSIAPAN DAN PENGUMPULAN DATA**

Tahap persiapan meliputi tahap pengumpulan data mengenai keadaan lingkungan serta karakteristik dan pemanfaatan sumber air di Sungai Kali Tebu. Pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Berdasarkan data tersebut dapat direncanakan lokasi pengambilan contoh yang tepat sesuai dengan keperluannya. Dalam tata cara ini diberikan suatu penuntun pemilihan lokasi yang tepat. Berdasarkan SNI 03-7016-2004 mengenai Tata cara pengambilan contoh dalam rangka pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai, ada tiga dasar yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pengambilan contoh yaitu:

- a) Pengaruh kegiatan manusia terhadap kualitas air dan pengaruhnya untuk pemanfaatan tertentu. Lokasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kegiatan manusia yang disebut "*impact station*".
- b) Sumber-sumber pencemaran yang dapat memasukkan zat-zat yang berbahaya kedalam sumber air. Lokasi ini dimaksudkan untuk mengetahui sumber penyebaran bahan-bahan yang berbahaya, sehingga dapat ditanggulangi. Letak lokasi dapat di hulu ataupun di hilir sungai, bergantung pada sumber dan jenis zat berbahaya tersebut apakah alamiah ataupun buatan.

Data primer Sungai Kali Tebu adalah data yang diperoleh dari studi lapangan dan hasil analisis laboratorium. Data primer tersebut berupa kondisi kualitas air (bagian hulu, tengah, hilir) pada Sungai Kali Tebu dengan parameter yang dianalisis berupa parameter biologis yaitu *Escherichia coli* berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Adapun Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 mengenai Pengelolaan Kualitas Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam lampiran II, Sungai Kali Tebu yang merupakan bagian dari saluran Tambak Wedi masuk dalam kategori klasifikasi sungai kelas III.

Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti hasil penelitian terdahulu, hasil studi pustaka, laporan serta dokumen dari berbagai instansi yang berhubungan dengan topik yang dikaji. Data sekunder berupa:

- a) Profil Sungai Kali Tebu
- b) Sumber pencemar di Daerah Aliran Sungai Kali Tebu

- c) Jumlah dan jenis industri yang membuang limbahnya ke Sungai Kali Tebu

#### **4.2 SURVEY LAPANGAN DAN PENGAMBILAN DATA**

Pada tahap survei lapangan, dilakukan pemantauan secara langsung ke lokasi DAS Sungai Kali Tebu. Pengamatan langsung terhadap kondisi-kondisi yang mempengaruhi kualitas air pada suatu lokasi, misalnya sumber pencemaran, titik pemanfaatan dan sebagainya, di samping itu informasi ini juga diperlukan untuk menentukan titik pengambilan contoh air. Adapun dalam tahap survei lapangan juga dilakukan pengambilan sampel untuk monitoring kualitas air Sungai Kali Tebu berupa pengukuran parameter *Escherichia coli*.

Monitoring kualitas air secara biologi dapat diindikasikan dengan adanya Parameter *Escherichia coli*. *E.coli* adalah bakteri yang terdapat di dalam saluran pencernaan dan membantu proses pencernaan. Keberadaannya merupakan petunjuk bahwa pada sungai tersebut telah terdapat kotoran yang kemungkinan mengandung mikroba patogen. Apabila kandungan *E.coli* > 200 koloni per 100 ml air menunjukkan bahwa kemungkinan telah terdapat mikroorganisme patogen pada air tersebut.

Penentuan titik pengambilan sampel air menggunakan metode *purposif sampling*, yaitu cara penentuan titik pengambilan sampel air dengan melihat pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan oleh peneliti antara lain didasari atas kemudahan akses, pertimbangan sumber kegiatan yang diduga memberikan beban pencemaran. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 30 kali dengan rincian sebanyak 6 titik sampling yang dilakukan selama 5 kali sampling. yang dilakukan secara *grab sample*. *Grab sample* (sampel sesaat) adalah metode pengambilan sampel dengan cara sampel yang diambil secara langsung dari badan air yang sedang dipantau.

#### **4.3 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Setelah diketahui keperluan dari pemantauan yang akan dilakukan maka dilakukan analisis terhadap parameter *E.coli* dalam uji laboratorium untuk diperiksa sesuai dengan pemanfaatan airnya dan batasan kadar dari parameter tersebut sesuai standar kualitas air setempat. Hal ini akan mempengaruhi pemanfaatan air pada saat ini dan masa yang akan datang. Pengukuran kadar/konsentrasi parameter *E.coli* kualitas air sungai menggunakan metode analisis MPN. Hasil uji parameter-parameter tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004 mengenai Pengelolaan Kualitas Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam lampiran II,

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

Sungai Kali Tebu yang merupakan bagian dari saluran Tambak Wedi masuk dalam kategori klasifikasi sungai kelas III.

Penetapan mutu air Sungai Kali Tebu untuk mengetahui kondisi kualitas air sungai tersebut dengan pengukuran parameter *E.coli* dilakukan dengan analisis **Metode Storet**. Dengan metode Storet ini dapat diketahui parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu air. Secara prinsip metode Storet adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Analisis ini dilakukan dengan melakukan pengumpulan data kualitas air dengan parameter *E.coli* secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (*time series data*). Setelah pengumpulan data secara time series selesai, maka dilakukan penilaian analisis data dengan membandingkan dengan baku mutu yang sesuai dengan kelas air/sungai. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor **Tabel 4.1**.

**Tabel 4. 1 Skor Pengukuran**

Jumlah contoh <sup>1)</sup>	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata - rata	-3	-6	-9
≥ 10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata - rata	-6	-12	-18

*Catatan : 1) Jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air.*

Kemudian Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai. Hasil status mutu air kemudian diklasifikasikan dalam empat kelas yaitu:

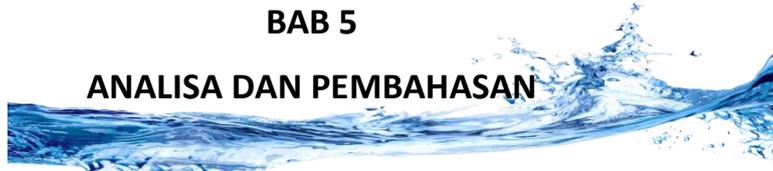
- Kelas A = Baik sekali/memenuhi baku mutu, skor 0;
- Kelas B = Baik/tercemar ringan, skor -1 sampai -10;
- Kelas C = Sedang/tercemar ringan, skor -11 sampai dengan -30;
- Kelas D = Buruk/tercemar berat, skor ≥ -31.

#### **4.4 TAHAP PENYUSUNAN LAPORAN**

Pada tahap ini dilakukan suatu laporan Penyusunan Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*, dengan Mengidentifikasi dan mengkaji kondisi kualitas air Sungai Kali Tebu Surabaya

**BAB 5**

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**



**5.1 PENENTUAN TITIK SAMPLING**

Penentuan titik sampling mempertimbangkan kondisi wilayah di sekitar Sungai Kali Tebu. Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa sepanjang Sungai Kali Tebu merupakan kawasan padat penduduk. Sepanjang sungai ini banyak ditemui pipa buangan yang berasal dari rumah warga yang langsung ke Sungai. Sebagian besar di sepanjang Sungai Kali Tebu ini terdapat banyak sampah dan endapan. Kondisi Sungai Kali Tebu dapat dilihat pada **Gambar 5.1** dan **Gambar 5.2**.



**Gambar 5. 1** Pipa Buangan dan Saluran yang menuju Sungai Kali Tebu  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 2** Sampah dan Endapan di Sungai Kali Tebu  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

Dalam analisa ini dilakukan pengambilan sampel di 6 lokasi titik pengambilan. Lokasi titik pengambilan sampel dapta dilihat pada **Gambar 5.3**.

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



**Gambar 5. 3 Lokasi Titik Pengambilan Sampel Sungai Kali Tebu**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018 dan Google Earth)

Berikut pertimbangan penentuan titik sampling:

a) Titik 1 (07014'34.75"S - 112045'38.89"E)

Lokasi titik 1 berada tepat di depan makam rangka, lokasi ini merupakan bagian hulu dari Sungai Kali Tebu. Di lokasi ini sering dilakukan pengambilan air yang akan dimanfaatkan untuk menyirami tanah di sekitar makam rangkah. Warna air sungai di titik 1 sangat keruh dan dipenuhi oleh sampah. Di lokasi ini juga pihak DKRTH (Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau) Kota Surabaya melakukan pembersihan terhadap sampah yang berada di dalam Sungai. Lokasi dan situasi titik 1 dapat dilihat pada **Gambar 5.4** sampai **Gambar 5.7**.



**Gambar 5. 4 Kondisi Titik 1 (Hulu Sungai Kali Tebu)**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



**Gambar 5. 5 Kondisi Sungai di Titik 1**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 6 Proses pembersihan sampah di hulu Sungai Kali Tebu oleh DKRTH**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 7 Pengambilan Air Sungai untuk Menyiram Tanah Sekitar Makam Rangkah**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

b) Titik 2 (07014'22.36"S - 112045'42.89"E)

Penentuan lokasi di titik 2 karena terdapat pertemuan antara Sungai dari wilayah Kapasan dan dari wilayah Kedung Cowek. Pertemuan titik antar sungai akan mengalami pencampuran sempurna di sungai yang memiliki lebar rata – rata 10 m dengan kedalaman rata-rata 2 m adalah setelah 0,2 – 1,4 km dari lokasi pertemuan sungai (WMO, 1998), Sehingga pengambilan sampel air dilakukan di jembatan yang berjarak 0,2 km dari lokasi pertemuan sunga . Kondisi

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

---

sungai di titik ini berwarna keruh, banyak sampah dan endapan. Lokasi dan situasi titik 2 dapat dilihat pada **Gambar 5.8** dan **Gambar 5.9**.



**Gambar 5. 8** Lokasi pertemuan antar Sungai dari Kapasan dan Kedung Cowek  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 9** Titik Lokasi pengambilan sampel  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

c) Titik 3 (07014'10.32"S - 112045'49.89"E)

Penentuan titik 3 ini berdasarkan adanya saluran drainase yang masuk ke arah Sungai Kali Tebu. Kondisi di titik ini air sungai berwarna abu-abu keruh dan banyak terdapat sampah. Tidak jarang juga ditemui adanya diapers yang dibuang ke Sungai ini. Lokasi dan situasi titik 3 dapat dilihat pada **Gambar 5.10** dan **Gambar 5.11**.



(a)

(b)

**Gambar 5. 10 (a) Saluran Drainase (b) Lokasi Pengambilan Sampel Titik 3**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



**Gambar 5. 11 Tumpukan Sampah dan Diapers yang Berada di Sungai**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

d) Titik 4 (07013'33.05"S - 112046'05.50"E)

Pengambilan sampel di titik 4 dilakukan di atas jembatan yang berjarak 1,3 km dari titik 3. Sepanjang segmen ini banyak ditemui saluran dan pipa yang masuk ke Sungai. Selain itu banyak juga ditemui sampah disepanjang sungai dan air dalam sungai berwarna hitam. Lokasi dan situasi titik 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.12** dan **Gambar 5.13**.



**Gambar 5. 12 Kondisi Sepanjang Segmen Antara Titik 3 dan Titik 4**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 13 Lokasi Titik Sampling 4**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

e) Titik 5 (07013'33.05"S - 112046'05.50"E)

Pengambilan sampel di titik 5 dilakukan di atas jembatan yang berjarak 0,81 km dari titik 4. Sepanjang segmen ini banyak ditemui saluran dan pipa yang masuk ke Sungai. Selain itu banyak juga ditemui sampah disepanjang sungai dan air dalam sungai berwarna hitam. Di lokasi ini pihak DKRTH sering melakukan pembersihan sampah menggunakan perahu karet. Selain pembersihan manual yang dilakukan oleh DKRTH, juga terdapat bar screen yang berjarak 1,22 km dari lokasi sampling. Lokasi dan situasi titik 5 dapat dilihat pada **Gambar 5.14** sampai **Gambar 5.17**.



**Gambar 5. 14** Kondisi Sepanjang Segmen Antara Titik 4 dan Titik 5  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 15** Pembersihan Sungai dari Sampah oleh DKRTH  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 16** Lokasi Titik Sampling 5  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



**Gambar 5. 17 Lokasi Bar Screen di Sungai Kali Tebu**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

f) Titik 6 (07012'23.34"S - 112046'18.47"E)

Pengambilan sampel di titik 6 dilakukan di lokasi pintu air sebelum mengarah ke laut. Lokasi ini merupakan bagian hilir dari Sungai Kali Tebu. Pengambilan sampling di titik 6 ini yang berjarak 1,34 km dari titik 5. Sepanjang segmen ini banyak ditemui saluran dan pipa yang masuk ke Sungai. Selain itu banyak juga ditemui sampah disepanjang sungai dan air dalam sungai berwarna hitam. Di lokasi ini terdapat rumah pompa dan pintu air Tambak Wedi. Pintu air akan ditutup ketika kondisi air laut pasang (sekitar pukul 06.00 WIB sampai 14.00 WIB) dan akan dibuka apabila kondisi air laur surut (sekitar pukul 14.00 WIB sampai 05.00 WIB). Lokasi dan situasi titik 6 dapat dilihat pada **Gambar 5.18**sampai **Gambar 5.20**.



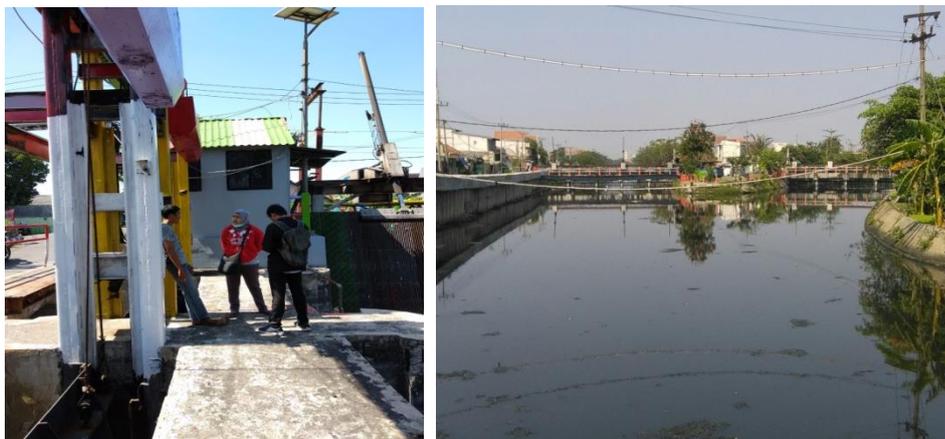
**Gambar 5. 18 Kondisi Sungai di Titik 6**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)



(a)

(b)

**Gambar 5. 19 (a) Kondisi Pintu Air Tertutup (b) Kondisi Pintu Air Terbuka**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

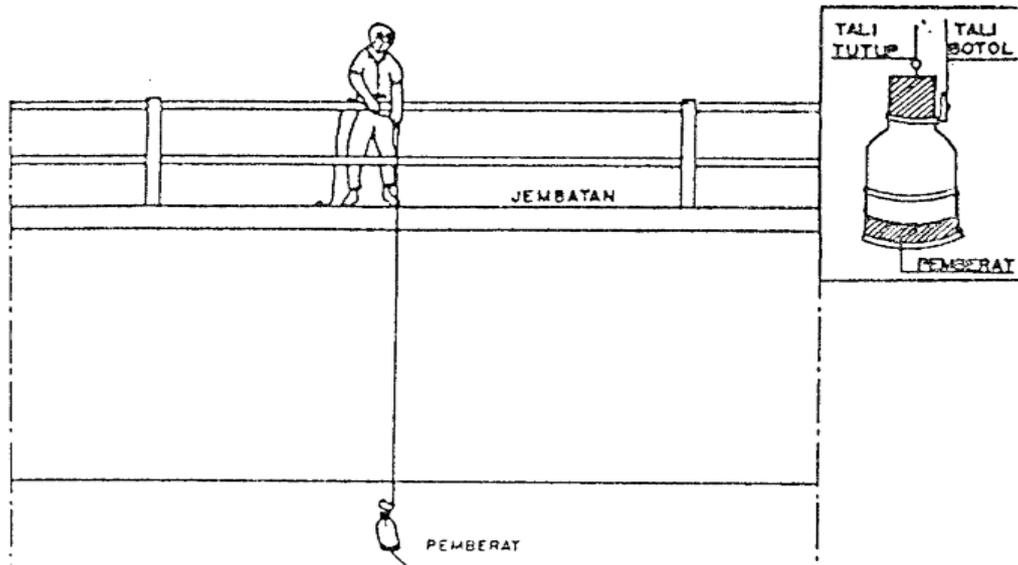


**Gambar 5. 20 Rumah Pompa dan Lokasi Titik Sampling 6**  
(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018)

## 5.2 PROSES SAMPLING

Proses sampling dilakukan di pagi hari setelah jam puncak yaitu sekitar pukul 08.00 WIB. Hal ini dapat mengidentifikasi adanya kenaikan pemakaian air bersih untuk kegiatan domestik yang nantinya akan menjadi air limbah dan masuk ke dalam Sungai dan mempengaruhi kualitas air sungai. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 30 kali dengan rincian sebanyak 6 titik sampling yang dilakukan selama 5 kali sampling. yang dilakukan secara *grap sample*. *Grap sample* (sampel sesaat) adalah metode pengambilan sampel dengan cara sampel yang diambil secara langsung dari badan air yang sedang dipantau. Sebagian besar proses sampling dilakukan di atas jembatan menggunakan alat sampling yang ditampilkan pada **Gambar 5.21**. Proses pengambilan sampel air Sungai Kali Tebu di 6 titik sampling dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***



**Gambar 5. 21 Pengambilan Sampel Sungai Kali Tebu**  
Sumber: *Sni 6989.57.2008*

**Tabel 5. 1 Proses Sampling Sungai Kali Tebu**

Sampling ke -	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1			
2			
3			

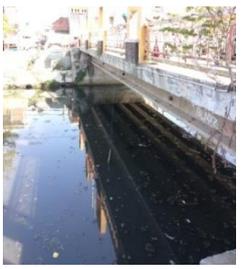
**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

**Tabel 5. 1 Proses Sampling Sungai Kali Tebu**

Sampling ke -	Titik 1	Titik 2	Titik 3
4			
5			

Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018

**Lanjutan Tabel 5.1**

Sampling ke -	Titik 4	Titik 5	Titik 6
1			
2			

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

Lanjutan Tabel 5.1

Sampling ke -	Titik 4	Titik 5	Titik 6
3			
4			
5			

Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan, 2018

Selain pengambilan sampling air sungai, juga dilakukan pengukuran terhadap data hidrolis saluran. Data ini digunakan sebagai data pendukung kondisi setempat lokasi sampling saat dilakukan sampling. Data ini meliputi kedalaman, kecepatan arus, dan lebar saluran. Pengukuran dilakukan di setiap titik sampling. Hasil pengukuran debit dapat dilihat pada **Tabel 5.2** dan bentuk penampang setiap segmen dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.

**Tabel 5. 2 Hasil Pengukuran Debit Sungai Kali Tebu**

Lokasi Sampling	Hitung Kecepatan (m/s)			Penampang					Debit (m <sup>3</sup> /s)
	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Bentuk	B (m)	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	
Titik 1	3	15	0,20	Trapesium	7,84	6,3	2	49,39	9,88
Titik 2	4	33	0,12	Trapesium	13,5	11	2,5	185,63	22,50
Titik 3	4	80	0,05	Trapesium	13,5	11	2,5	185,63	9,28
Titik 4	4,3	115	0,04	Trapesium	22,1	20,3	5	1121,58	41,94
Titik 5	8,3	245	0,03	Trapesium	22,1	20,3	5	1121,58	38,00
Titik 6	1,8	85	0,02	Persegi	20	-	4,3	86,00	1,82

Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan dan Analisa, 2018

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

**Tabel 5. 3 Bentuk Penampang Masing-Masing Segmen**

Lokasi	Bentuk Penampang	Lokasi	Bentuk Penampang
Titik 1		Titik 4	
Titik 2		Titik 5	
Titik 3		Titik 6	

*Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan dan Analisa, 2018*

Dari hasil pengukuran kecepatan dan debit pada masing-masing titik lokasi sampling diperoleh bahwa kecepatan semakin menurun dari hulu sampai ke hilir Sungai Kali Tebu. Hal ini menandakan bahwa proses pengaliran aliran tidak stabil yang salah satunya karena terhambat oleh banyaknya sampah dan endapan di sepanjang Sungai Kali Tebu.

Sampah dan buangan lain bila dibuang ke sungai menjadi pencemaran dan akan menimbulkan pelarutan, pengendapan ataupun pembentukan koloidal. Apabila bahan buangan padat tersebut menimbulkan pelarutan, maka kepekatan atau berat jenis air akan naik. Kadang-kadang pelarutan ini disertai pula dengan perubahan warna air. Air yang mengandung larutan pekat dan berwarna gelap akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Sehingga proses fotosintesis tanaman dalam air akan terganggu. Jumlah oksigen terlarut dalam air menjadi berkurang, kehidupan organisme dalam air juga terganggu.

Terjadinya endapan di dasar perairan akan sangat mengganggu kehidupan organisme dalam air, karena endapan akan menutup permukaan dasar air yang mungkin mengandung telur ikan sehingga tidak dapat menetas. Selain itu, endapan juga dapat menghalangi sumber makanan ikan dalam air serta menghalangi datangnya sinar matahari. Pembentukan koloidal terjadi bila buangan tersebut berbentuk halus, sehingga sebagian ada yang larut dan sebagian lagi ada yang melayang-layang sehingga air menjadi keruh. Kekeruhan ini juga menghalangi penetrasi sinar matahari, sehingga menghambat fotosintesa dan berkurangnya kadar oksigen dalam air (Warlina, 2004).

### **5.3 PENENTUAN SATUS MUTU SUNGAI KALI TEBU**

Adanya pencemaran di Sungai Kali Tebu mengakibatkan keseimbangan ekosistem terganggu. Terlebih lagi pencemaran air yang ditimbulkan oleh warga seperti pembuangan limbah rumah tangga dan pembuangan sampah langsung ke sungai. Diperlukan suatu cara atau teknik tertentu untuk mengembalikan ekosistem tersebut ke kondisi semula. Salah satu cara untuk mengontrol suatu ekosistem dapat dilakukan dengan pemantauan kualitas air di daerah tersebut dalam jangka waktu tertentu.

Pengendalian besaran beban pencemaran dan pengendalian kerusakan lingkungan diharapkan dapat menjaga kualitas air sehingga sungai dapat dimanfaatkan sesuai peruntukan yang berlaku. Oleh karena itu, diperlukan studi usulan penetapan kelas air sebagai dasar upaya pengelolaan kualitas air sungai melalui mutu air dapat dilakukan melalui 2 metode sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, yaitu metode STORET dan Indeks Pencemaran (IP). Dengan menggunakan salah satu dari dua metode tersebut dapat diketahui kelas air sesungguhnya melalui perbandingan parameter dengan baku mutu yang telah ditetapkan sesuai PP No 82 tahun 2001.

#### **5.3.1 Hasil Pengamatan *E.coli***

Dalam analisa penentuan status mutu Sungai Kali Tebu ini menggunakan parameter *E. coli* yang diambil selama 5 kali pengambilan setiap 2 hari sekali di 6 titik sampling. *E.coli* dikenal sebagai bakteri penyebab diare dan gangguan saluran pencernaan. Dalam jumlah yang berlebihan *E. coli* dapat mengakibatkan diare dan bila bakteri ini menjalar ke sistem/organ tubuh yang lain dapat menginfeksi. Seperti pada saluran kencing, jika bakteri *E.coli* sampai masuk ke saluran kencing dapat mengakibatkan infeksi saluran kencing. Hasil dari analisa kandungan *E. coli* di Sungai Kali Tebu dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

Tabel 5. 4 Hasil Uji Kandungan *E. coli*

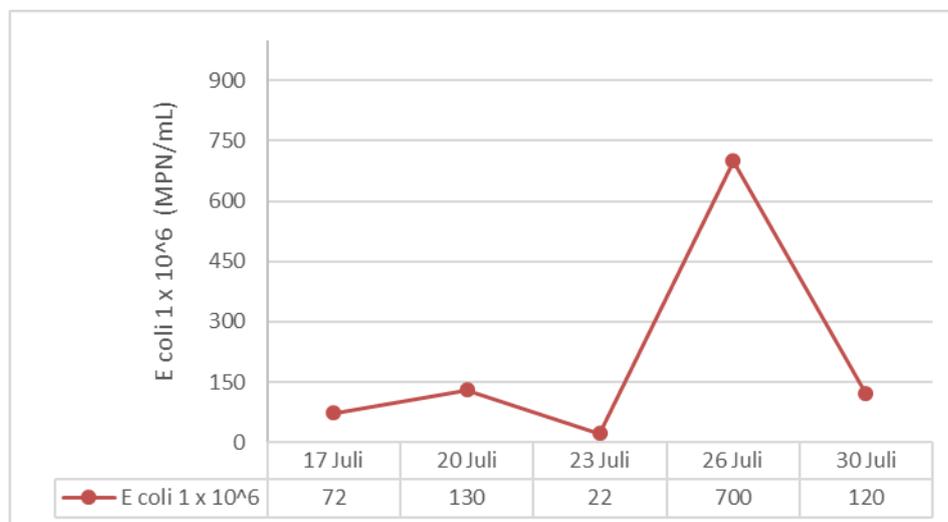
Lokasi	Pengamatan <i>E.coli</i> (MPN/100 mL)				
	17 Juli 2018	20 Juli 2018	23 Juli 2018	26 Juli 2018	30 Juli 2018
Titik 1	72.000.000	130.000.000	22.000.000	700.000.000	120.000.000.000
Titik 2	19.200.000	40.000.000	110.000.000	300.000.000	2.000.000.000
Titik 3	17.600.000	70.000.000	90.000.000	1.100.000.000	130.000.000.000
Titik 4	16.000.000	17.000.000	60.000.000	1.100.000.000	6.000.000.000
Titik 5	13.600.000	72.000.000	70.000.000	1.600.000.000	70.000.000.000
Titik 6	120.000.000	110.000.000	120.000.000	900.000.000	33.000.000.000

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium Kualitas Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan ITS, 2018

Sumber utama bakteri *E.coli* adalah limbah domestik berupa kotoran/tinja. Bakteri *E. coli* merupakan bakteri fecal coli yang umum digunakan sebagai parameter sanitasi karena bakteri *E. coli* merupakan indikator adanya pencemaran fekal dan bakteri patogen dalam makanan dan air, serta deteksinya lebih mudah dan murah dibandingkan dengan deteksi bakteri patogen. Bahkan beberapa strain bakteri *E. coli* tertentu telah diketahui dapat bersifat patogen dengan timbulnya gejala-gejala menyerupai penyakit Cholera dan Shigellosis (Soewandita dan Sudiana, 2010).

Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 mengenai pengelolaan air dan pengendalian pencemaran air, kadar MPN Fecal coli di sungai kelas III yang diperkenankan senilai 2.000 koloni per 100 ml. Dari hasil pemeriksaan laboratorium rata – rata jumlah MPN Coli mencapai 12.000.000.000 koloni per 100 ml air. Hal ini menunjukkan bahwa untuk kadar MPN Coli melampau batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk melihat tren data hasil pengujian di setiap lokasi titik sampling lebih jelasnyadisajikan dalam **Gambar 2.22** sampai **Gambar 2.27**.

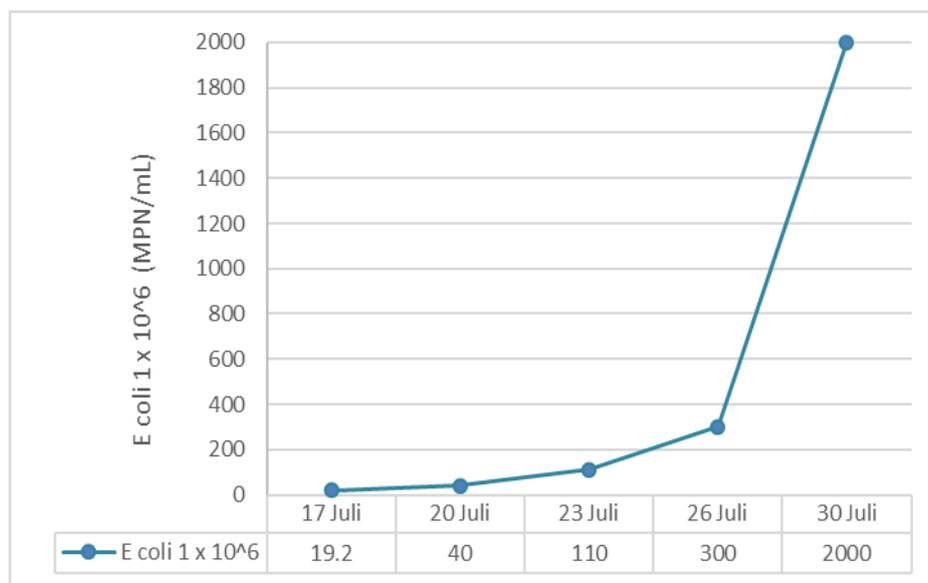


**Gambar 5. 22** Kandungan *E. coli* di Titik 1

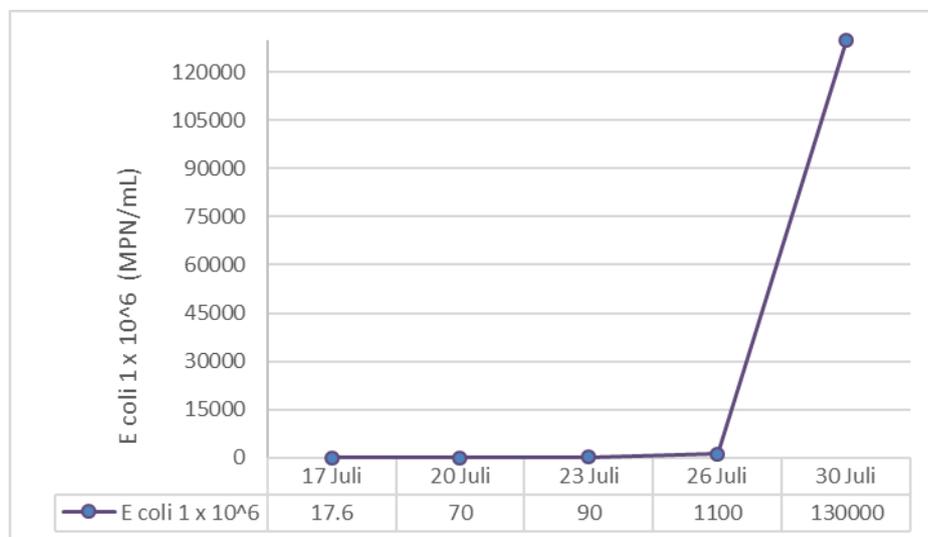
## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

Hasil pengujian di titik 1 yang merupakan bagian hulu dari Sungai Kali Tebu menunjukkan bahwa jumlah *E. coli* berfluktuatif selama 5 kali pengamatan dan kandungan tertinggi terjadi di pengamatan ke -4. Nilai fluktuatif hasil pengujian ini diindikasikan karena adanya kegiatan pengambilan air sungai dengan cara disedot oleh pompa untuk penyiraman di sekitar Makam Rangka saat proses sampling terjadi. Kegiatan ini menyebabkan kandungan *E.coli* dalam Sungai tidak terakumulasi sepenuhnya di titik pengambilan sampel tersebut.

Hasil pengujian di titik 2 sampai titik 6 mempunyai trend yang sama yaitu mengalami kenaikan selama proses pengambilan sampling. Hal ini menandakan terjadi akumulasi jumlah *E.coli* seiring dengan lamanya waktu pengamatan.

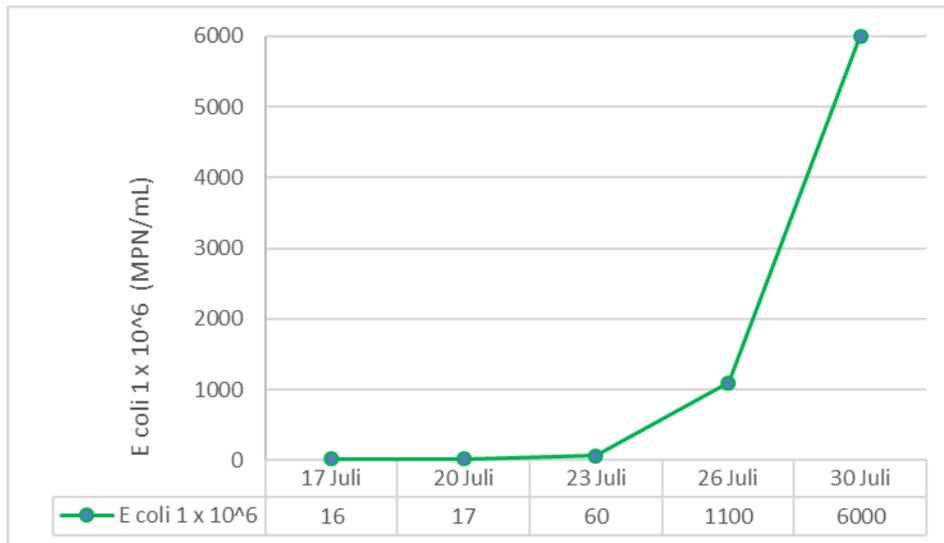


**Gambar 5. 23 Kandungan *E. coli* di Titik 2**

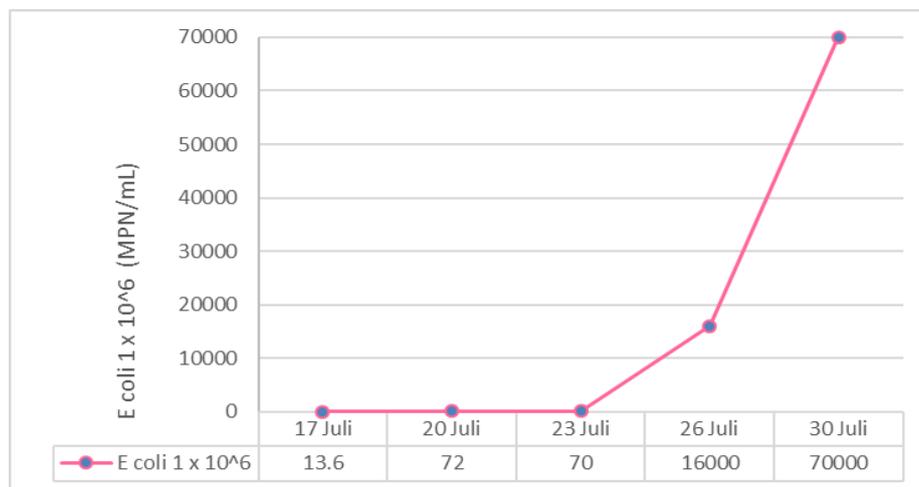


**Gambar 5. 24 Kandungan *E. coli* di Titik 3**

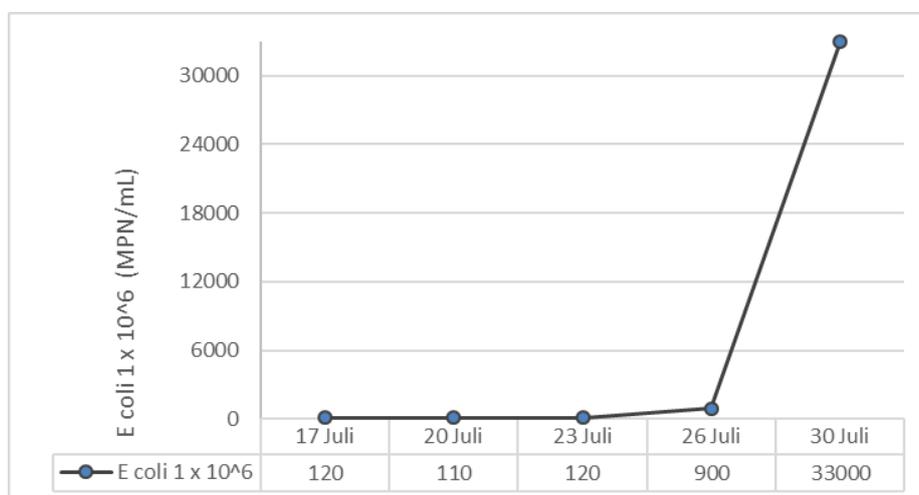
## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



Gambar 5. 25 Kandungan *E. coli* di Titik 4



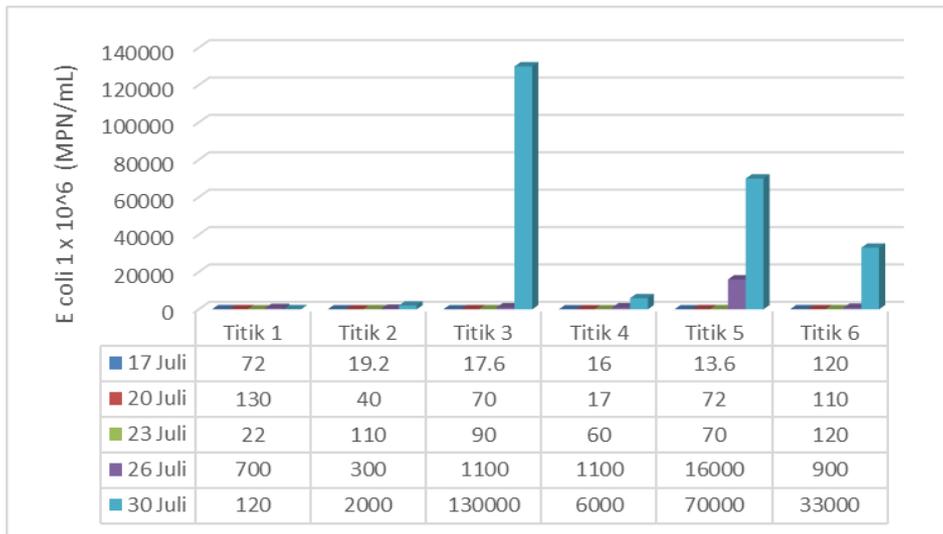
Gambar 5. 26 Kandungan *E. coli* di Titik 5



Gambar 5. 27 Kandungan *E. coli* di Titik 6

Untuk melihat keseluruhan hasil titik sampling selama 6 kali pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.28.

**Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran  
Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***



**Gambar 5. 28 Kandungan *E. coli* di setiap Titik Sampling**

Hasil pemantauan nilai bakteri *E. coli* menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi yang sangat tinggi terjadi mulai di titik 3, 4, 5 dan 6. Hal ini diperkirakan terjadi penambahan beban pencemar tidak hanya dari domestik tetapi juga limbah dari kegiatan non domestik. Jumlah bakteri *E. coli* yang dibawa oleh tinja terlihat sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa buangan dari rumah tangga langsung dibuang ke Sungai Kali Tebu tanpa melalui tangki septik dan hal ini selaras dengan jumlah masyarakat yang masih melakukan BABs di wilayah ini masih tinggi sangat tinggi.

Letak segmen di titik sampling ini berbatasan langsung dengan Kelurahan Bulak Banteng, Kelurahan Tambak Wedi, Kelurahan Sidotopo dan Kelurahan Tanah Kali Kedinding. Berdasarkan data Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang Tahun 2017, bahwa di empat Kelurahan ini masih banyak masyarakat yang masih melakukan BABs yaitu di Kelurahan Bulak Banteng sebanyak 157 rumah BABs, Kelurahan Tambak Wedi sebanyak 46 rumah BABs, Kelurahan Sidotopo sebanyak 2 rumah BABs dan Kelurahan Tanah Kali Kedinding sebanyak 116 rumah BABs.

### 5.3.2 Status Mutu Sungai

Setelah mengetahui hasil analisa dari kandungan *E. coli* di masing-masing titik pemantauan, kemudian dilakukan analisa terhadap status mutu Sungai Kali Tebu menggunakan metode storet. Hasil analisa status mutu Sungai Kali Tebu dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

**Tabel 5. 5 Hasil Analisa Status Mutu Sungai Kali Tebu dengan Parameter *E. coli***

Lokasi	Hasil Pengukuran <i>E.coli</i> (MPN/100 mL)			Penentuan Sistem Nilai			Total skor	Status Mutu
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Rata-rata		
Titik 1	22.000.000	120.000.000.000	24.184.800.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

Tabel 5. 5 Hasil Analisa Status Mutu Sungai Kali Tebu dengan Parameter *E. coli*

Lokasi	Hasil Pengukuran <i>E.coli</i> (MPN/100 mL)			Penentuan Sistem Nilai			Total skor	Status Mutu
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Rata-rata		
Titik 2	19.200.000	2.000.000.000	493.840.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)
Titik 3	17.600.000	130.000.000.000	26.255.520.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)
Titik 4	16.000.000	6.000.000.000	1.438.600.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)
Titik 5	13.600.000	70.000.000.000	14.351.120.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)
Titik 6	110.000.000	33.000.000.000	6.850.000.000	-3	-3	-9	-15	Kelas C (Cemar Sedang)

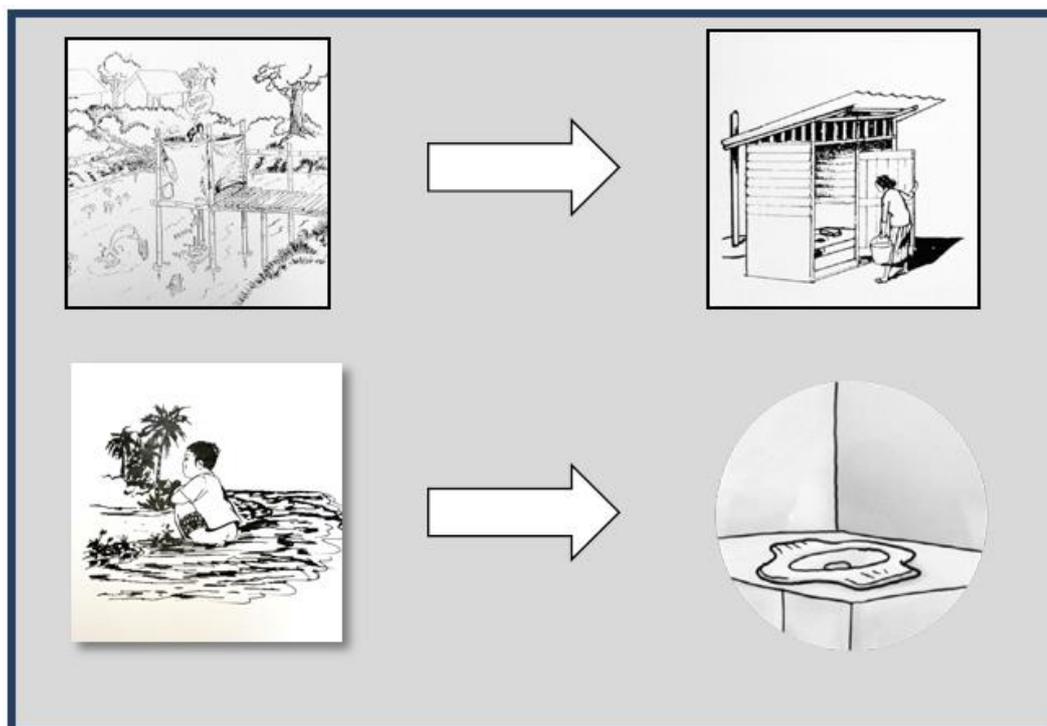
Dari analisa di atas diketahui bahwa status mutu Sungai Kali Tebu yang dianalisa di setiap titik sampling berstatus sungai kelas C yakni cemar sedang.

### 5.4 SOLUSI PERMASALAHAN SANITASI

- 1) Sosialisasi budaya hidup bersih dan sehat kepada warga khususnya mengenai bahaya bakteri *E.coli* yang terdapat dalam kandungan tinja manusia yang langsung dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2269 Tahun 2011 tentang Pedoman Pembinaan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat, terdapat 3 strategi pokok yang harus dilaksanakan dalam promosi kesehatan adalah (1) advokasi, (2) bina suasana, dan (3) pemberdayaan. Ketiga strategi tersebut dilaksanakan dalam bentuk tindakan-tindakan (aksi-aksi) sebagai berikut:
  - a) Mengembangkan kebijakan yang berwawasan kesehatan (*healthy public policy*), yaitu mengupayakan agar para penentu kebijakan di berbagai sektor di setiap tingkatan administrasi menetapkan kebijakan dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.
  - b) Menciptakan lingkungan yang mendukung (*supportive environment*), yaitu mengupayakan agar setiap sektor dalam melaksanakan kegiatannya mengarah kepada terwujudnya lingkungan sehat (fisik dan nonfisik).
  - c) Memperkuat gerakan masyarakat (*community action*), yaitu memberikan dukungan terhadap kegiatan masyarakat agar lebih berdaya dalam mengendalikan faktor-faktor yang mempengaruhi kesehatan.

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

- d) Mengembangkan kemampuan individu (*personal skills*), yaitu mengupayakan agar setiap individu masyarakat tahu, mau, dan mampu membuat keputusan yang efektif dalam upaya memelihara, meningkatkan, serta mewujudkan kesehatannya, melalui pemberian informasi, serta pendidikan dan pelatihan yang memadai.
  - e) Menata kembali arah pelayanan kesehatan (*reorient health services*), yaitu mengubah pola pikir serta sistem pelayanan kesehatan masyarakat agar lebih mengutamakan aspek promotif dan preventif, tanpa mengesampingkan aspek kuratif dan rehabilitatif.
- 2) Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 3 Tahun 2014 mengenai Sanitasi Total Berbasis Masyarakat, salah satu dari lima pilar STBM ini adalah Stop perilaku Buang Air Besar Sembarangan. Dalam mewujudkan stop BABS ini dengan pemanfaatan sarana sanitasi yang saniter berupa jamban sehat. Saniter merupakan kondisi fasilitas sanitasi yang memenuhi standar dan persyaratan kesehatan yaitu:
- a) Tidak mengakibatkan terjadinya penyebaran langsung bahan-bahan yang berbahaya bagi manusia akibat pembuangan kotoran manusia
  - b) Dapat mencegah vektor pembawa untuk menyebar penyakit pada pemakai dan lingkungan sekitarnya.



**Gambar 5. 29 Contoh perubahan perilaku Stop BABS**

Jamban sehat efektif untuk memutus mata rantai penularan penyakit. Jamban sehat harus dibangun, dimiliki, dan digunakan oleh keluarga dengan penempatan (di dalam rumah atau di

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*

luar rumah) yang mudah dijangkau oleh penghuni rumah. Standar dan persyaratan kesehatan bangunan jamban terdiri dari :

- a) Bangunan atas jamban (dinding dan/atau atap): Bangunan atas jamban harus berfungsi untuk melindungi pemakai dari gangguan cuaca dan gangguan lainnya. Tipe bangunan atas jamban dapat dilihat pada **Gambar 5.30**.



**Gambar 5. 30 Bangunan Atas Jamban**

- a) Bangunan tengah jamban: Terdapat 2 (dua) bagian bangunan tengah jamban, yaitu: Lubang tempat pembuangan kotoran (tinja dan urine) yang saniter dilengkapi oleh konstruksi leher angsa. Pada konstruksi sederhana (semi saniter), lubang dapat dibuat tanpa konstruksi leher angsa, tetapi harus diberi tutup dan lantai Jamban terbuat dari bahan kedap air, tidak licin, dan mempunyai saluran untuk pembuangan air bekas ke Sistem Pembuangan Air Limbah (SPAL). Tipe bangunan tengah jamban dapat dilihat pada **Gambar 5.31**.



**Gambar 5. 31 Bangunan Tengah Jamban**

- b) Bangunan Bawah: Berupa bangunan penampungan, pengolah, dan pengurai kotoran/tinja yang berfungsi mencegah terjadinya pencemaran atau kontaminasi dari tinja melalui vektor pembawa penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terdapat 2 (dua) macam bentuk bangunan bawah jamban, yaitu:
- Tangki Septik, adalah suatu bak kedap air yang berfungsi sebagai penampungan limbah kotoran manusia (tinja dan urine). Bagian padat dari kotoran manusia akan tertinggal dalam tangki septik, sedangkan bagian cairnya akan keluar dari tangki septik dan

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

diresapkan melalui bidang/sumur resapan. Jika tidak memungkinkan dibuat resapan maka dibuat suatu filter untuk mengelola cairan tersebut.

- Cubluk, merupakan lubang galian yang akan menampung limbah padat dan cair dari jamban yang masuk setiap harinya dan akan meresapkan cairan limbah tersebut ke dalam tanah dengan tidak mencemari air tanah, sedangkan bagian padat dari limbah tersebut akan diuraikan secara biologis. Bentuk cubluk dapat dibuat bundar atau segi empat, dindingnya harus aman dari longsor, jika diperlukan dinding cubluk diperkuat dengan pasangan bata, batu kali, buis beton, anyaman bambu, penguat kayu, dan sebagainya. Tipe bangunan bawah jamban dapat dilihat pada **Gambar 5.32**.



**Gambar 5. 32** Bangunan Bawah

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 3 Tahun 2014 mengenai Sanitasi Total Berbasis Masyarakat menyebutkan bahwa penggunaan cubluk sudah memenuhi standart jamban saniter, namun berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 4 Tahun 2017 mengenai Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik menyebutkan bahwa penanganan sanitasi skala individu diatasi dengan penggunaan cubluk kembar, tangki Septik dengan bidang resapan, biofilter dan unit pengolahan air limbah fabrikasi. Penggunaan unit sanitasi ini masih masuk ke dalam upaya penanganan sanitasi, dimana tingkatan penanganan sanitasi di mulai dari penggunaan cubluk hingga sistem *off site*. Tangga sanitasi dapat dilihat pada **Gambar 5.33**.

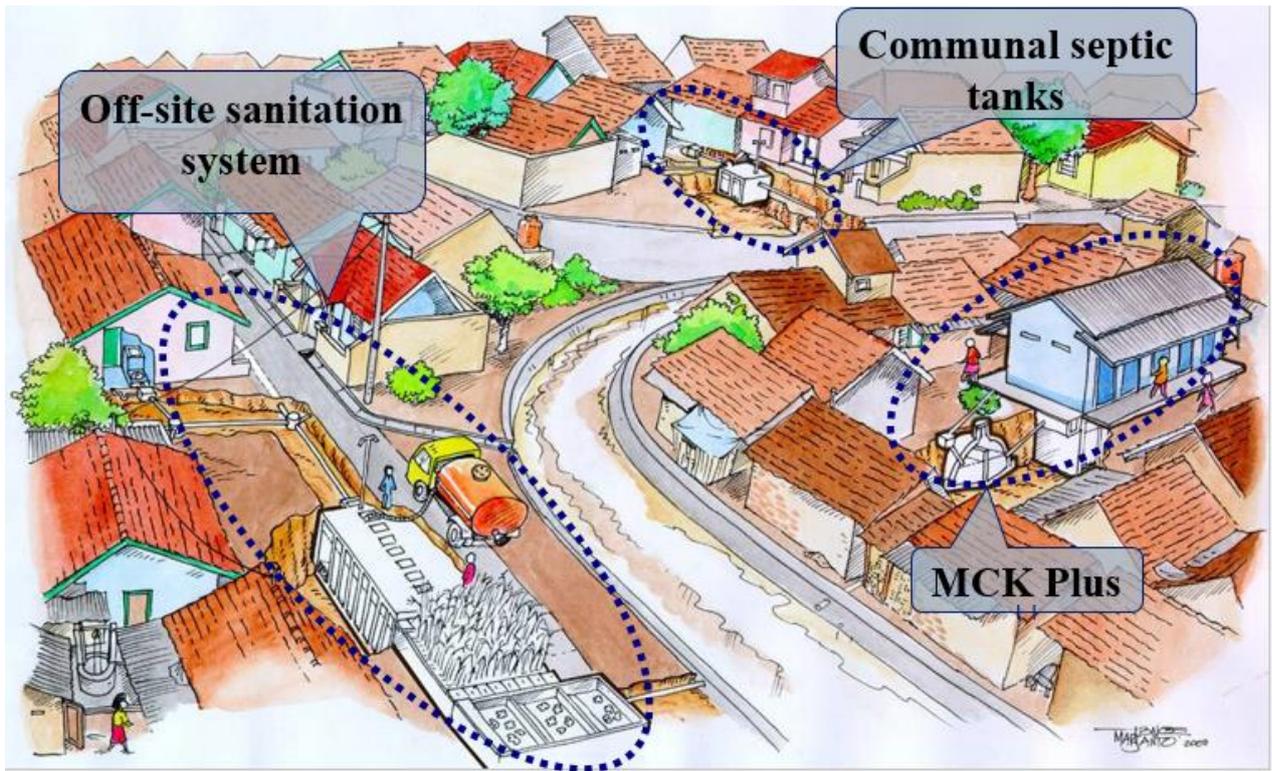


**Gambar 5. 33 Tangga Sanitasi**

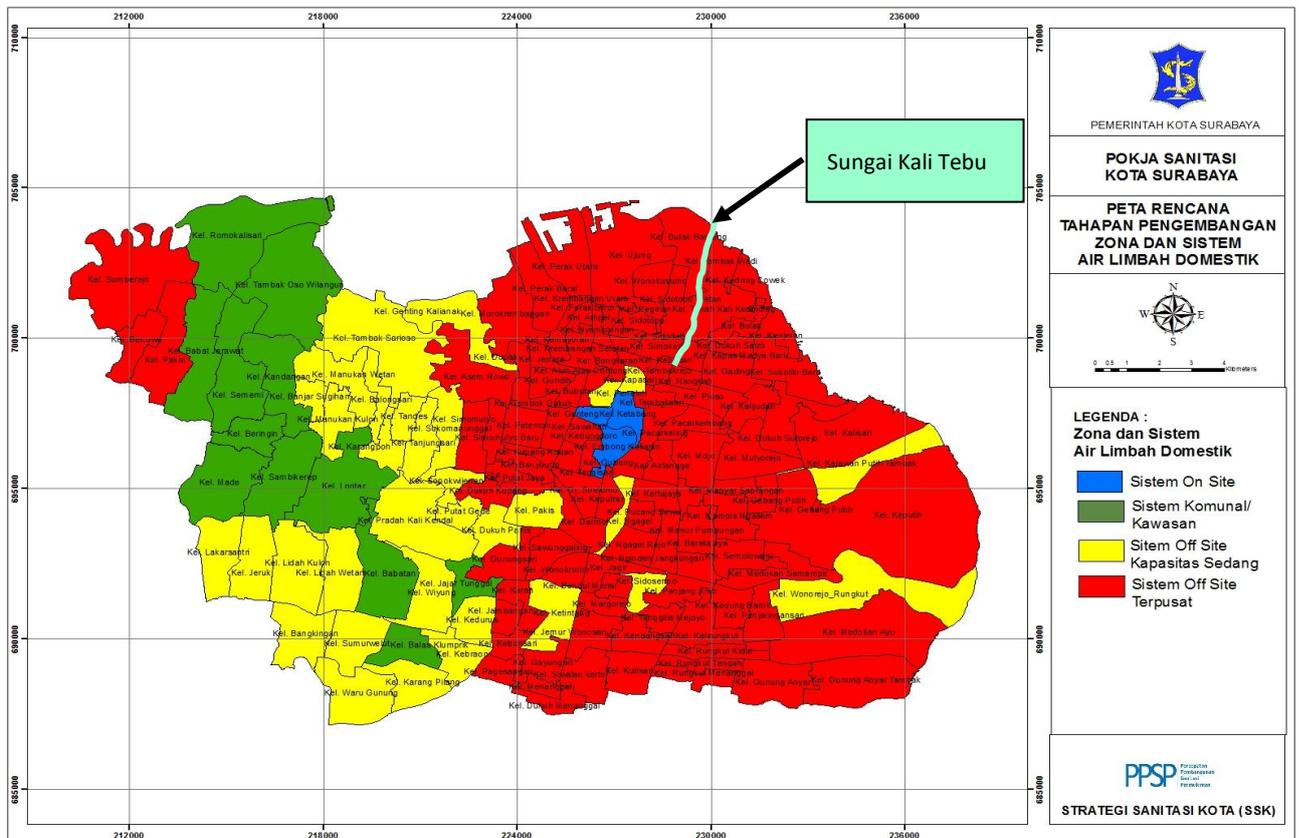
- 3) Berdasarkan Strategi Sanitasi Kota Surabaya Tahun 2017 – 2022, ditentukan arah pengembangan penanganan air limbah di sekitar Sungai Kali Tebu adalah menggunakan sistem *off site*. Penentuan sistem penanganan air limbah ini dengan pertimbangan kriteria terhadap kepadatan penduduk, klasifikasi wilayah (perkotaan atau perdesaan), karakteristik tata guna lahan/*Center of Business Development* (CBD) (komersial atau rumah tangga), serta resiko kesehatan lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 4 Tahun 2017 unit pengolahan untuk mengolah air limbah domestik dengan sistem pengolahan terpusat (*off site system*) melalui pengadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD). IPALD ini terdiri dari unit pengolahan air limbah domestik (pengolahan fisik, biologis, dan/atau kimia), pengolahan lumpur hasil olahan air limbah domestic tersebut (berupa lumpur dari pengolahan fisik maupun lumpur dari pengolahan biologis/kimia) serta unit pembuangan akhir. Sistem penanganan sanitasi dapat dilihat pada **Gambar 5.34**. Rencana tahapan pengembangan air limbah domestik Kota Surabaya dapat dilihat pada **Gambar 5.35**.

## Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli*



**Gambar 5. 34 Sistem Penanganan Sanitasi**



**Gambar 5. 35 Rencana Tahapan Pengembangan Air Limbah Domestik Kota Surabaya**

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

- 4) Menindaklanjuti laporan pengaduan masyarakat, hal ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 9 Tahun 2010 mengenai Tata Cara Pengaduan dan Penanganan Pengaduan Akibat Dugaan Pencemaran dan atau Perusakan Lingkungan Hidup, dimana pengaduan warga dapat dilakukan secara lisan ataupun tulisan, khususnya pengaduan masyarakat di sekitar lokasi Sungai Kali Tebu.
- 5) Melakukan monitoring dan evaluasi terhadap kualitas Sungai Kali Tebu. Data merupakan penunjang yang sangat penting dalam mengevaluasi kondisi lingkungan dan penegakan hukum lingkungan. Data hasil monitoring sebaiknya dilakukan evaluasi untuk menjadi landasan dalam pengelolaan lingkungan, baik dalam menentuka strategi penanganan atau digunakan sebagai dasar pokok penentuan suatu kebijakan lingkungan.
- 6) Meningkatkan pengawasan, peringatan, dan melakukan penegakan hukum secara terus menerus kepada pengelola limbah industri, perumahan, dan perkantoran yang tidak mempunyai ijin pembuangan limbah cair (IPLC).

**BAB 6  
PENUTUP**



### **6.1 KESIMPULAN**

Kesimpulan dari adanya penyusunan kajian penanggulangan beban pencemaran Sungai Kali Tebu dengan parameter *E. coli* ini adalah:

- 1) Status mutu Sungai Kali Tebu yang merupakan sungai kelas III ditinjau dari parameter mikrobiologis berupa *E.coli* adalah sungai kelas C yaitu cemar sedang.
- 2) Solusi permasalahan sanitasi di sekitar aliran Sungai Kali Tebu dapat dilakukan melalui:
  - Sosialisasi budaya hidup bersih dan sehat kepada warga khususnya mengenai bahaya bakteri *E.coli* yang terdapat dalam kandungan tinja manusia yang langsung dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu.
  - Mewujudkan stop BABS ini dengan pemanfaatan sarana sanitasi yang saniter berupa jamban sehat.
  - Melakukan pengembangan penanganan air limbah di sekitar Sungai Kali Tebu adalah menggunakan sistem *off site* sesuai dengan Strategi Sanitasi Kota Surabaya 2017 – 2022.
  - Menindaklanjuti laporan pengaduan masyarakat, khususnya pengaduan masyarakat di sekitar lokasi Sungai Kali Tebu.
  - Melakukan monitoring dan evaluasi terhadap kualitas Sungai Kali Tebu.
  - Meningkatkan pengawasan, peringatan, dan melakukan penegakan hukum secara terus menerus kepada pengelola limbah industri, perumahan, dan perkantoran yang tidak mempunyai ijin pembuangan limbah cair (IPLC).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adams MR, Moss MO. 2008. *Food Microbiology 3rd Edition*. Cambridge: RSC Pub.
- Bhunia A. 2008. *Foodborne Microbial Pathogens*. New York: Springer.
- Berg HC. 2004. *Eschericia coli in Motion*. New York : Springer.
- Bhunia A. 2008. *Foodborne Microbial Pathogens*. New York: Springer.
- Carter GR, Wise DJ. 2004. *Essential of Veterinary Bacteriology and Mycology*. 6 th Ed. Iowa: Blackwell Publishing
- Dinas Kehatan Kota Surabaya. 2016. *Strategi Sanitasi Kota Surabaya*. Surabaya: Dinas Kesehatan Kota Surabaya
- Dini, S. 2011. *Evaluasi Kualitas Air Sungai Ciliwung Di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2000-2010*. Skripsi Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Depok : Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
- Duffy G. 2006. *Emerging Pathogenic E. coli*. Dalam Motarjemi Y, Adams M, editor. *Emerging Foodborne Pathogens*. New York: CRC Pr.
- Grahari, ET. 2015. *Kesesuaian antara Pemeriksaan Kualitas Air Metode Kimiawi dengan Metode Extended Trent Biotik Index terhadap Air Sungai Kaliwonokromo Surabaya*. Tugas Akhir
- Kepmenkes No. 852/Menkes/SK/IX/2008 tentang *Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (STBM)*
- Maruru, SM. 2012. *Studi Kualitas Air Sungai Bone dengan Metode Biomonitoring*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- Manning SD. 2010. *Escherichia Coli Infections*. New York: Infobase Publishing. Hlm: 16.
- Melliawati, Ruth. 2009. *ESCHERICHIA COLI dalam kehidupan manusia*. Jurnal Bio Trends, 4(1). 10 – 14
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2269/MENKES/PER/XI/2011 Tentang Pedoman Pembinaan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat*.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Sanitasi Total Berbasis Masyarakat*.
- Pergub Jatim No 61 Tahun 2010. *Penerapan Kelas Air pada Sungai*
- Perda Surabaya Nomor 2 Tahun 2004. *Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*

## **Kajian Penanggulangan Beban Pencemaran Sungai Kali Tebu dengan Parameter *Escherichia coli***

---

- PP Nomor 82 Tahun 2001. 2012. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- Quinn PJ, Markey BK, Carter ME, Donnelly WJ, Leonard FC. 2002. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease*. London (GB): Blackwell Science.
- Ray B. 2004. *Fundamental Food Microbiology*, Ed. ke-3. Washington, DC: CRC PrSonger JG.
- Soewandita, H dan Sudiana, N. 2010. Studi Dinamika Kualitas Sungai DAS Ciliwing. *Jurnai JAI*, 6(1) : Jakarta
- Warlina, Lina. 2004. *Pencemaran Air Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Sekolah Pasca Sarjana S3 Institut Pertanian Bogor.
- Winanrni, F dan Puspitasari, D. E. 2013. *Peran pemerintah dalam penanggulangan pencemaran air tanah oleh bakteri E.coli di Kota Yogyakarta*. *MMBAR Hukum*, 25(2). 219 – 230.