

**KONTAMINASI BAKTERI *Escherichia coli* PADA AIR KOLAM RENANG
DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh:

Reni Agustin



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

**KONTAMINASI BAKTERI *Escherichia coli* PADA AIR KOLAM RENANG
DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

RENI AGUSTIN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Fakultas Kedokteran
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

CONTAMINATION OF *Escherichia coli* BACTERIA ON SWIMMING POOL WATER IN BANDAR LAMPUNG CITY

By

RENI AGUSTIN

Pool's water is water used for sports, recreation and the quality meet health requirements both physical, chemical, and microbiological. Based on study *Centers for Disease Control* (CDC) found as many 161 samples of swimming pool have been contaminated bacteria. The purpose of thi study is to detect the presence of *Escherichia coli* bacteria in pool's water in Bandar Lampung city.

This was a descriptive observation. Sample consists of the pool's water. The study was conducted in December 2017 in Bandar Lampung. The sample was immediately taken to Microbiology Laboratory of Faculty of Medicine, University of Lampung. This study used total sampling method with 11 pool water samples. Sample were assayed by MPN, bacteria isolated on EMB agar, used gram staining and biochemical test.

This study showed 3 pool water samples stated positive for *E. coli* (37%) and 8 other samples contain *Coliform* another type, *Citrobacter freundii* (63%). Result of this study was the pool's water quality didn't meet the criteria (according to Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990) on water quality requirements.

There is contamination of *Coliform* bacteria in 11 pool's water samples in Bandar Lampung.

Keywords: *Coliform*, microbiology contamination, swimming pool

ABSTRAK

KONTAMINASI BAKTERI *Escherichia coli* PADA AIR KOLAM RENANG DI KOTA BANDAR LAMPUNG

Oleh

RENI AGUSTIN

Air kolam renang digunakan untuk olahraga, berekreasi dan kualitas nya memenuhi syarat baik fisik, kimia, dan mikrobiologis. Berdasarkan penelitian *Centers for Disease Control* (CDC) ditemukan sejumlah 161 kolam renang telah terkontaminasi bakteri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi adanya bakteri *Escherichia coli* pada sampel air kolam renang di kota Bandar Lampung. Jenis penelitian bersifat Deskriptif Observatif. Sampel penelitian meliputi air kolam renang. Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017 di kota Bandar Lampung. Sampel dibawa ke Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Penelitian menggunakan metode *total sampling* dengan jumlah sampel 11 air kolam renang. Sampel di uji dengan metode MPN, diinokulasikan pada EMB agar, dilakukan pewarnaan gram dan uji biokimia. Penelitian menunjukan 3 sampel air kolam renang dinyatakan positif mengandung *E. coli* (37%) dan 8 sampel lainnya mengandung *Coliform* jenis lain, yaitu *Citrobacter freundii* (63%). Hasil penelitian terhadap air kolam renang ini ternyata belum memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Adanya kontaminasi bakteri *Coliform* pada 11 sampel air kolam renang di kota Bandar Lampung.

Kata Kunci: *Coliform*, kolam renang, kontaminasi bakteri

Judul Skripsi

: **KONTAMINASI BAKTERI *Escherichia coli*
PADA AIR KOLAM RENANG DI KOTA
BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: Reni Agustin

No. Pokok Mahasiswa

: 1418011180

Program Studi

: Pendidikan Dokter

Fakultas

: Kedokteran

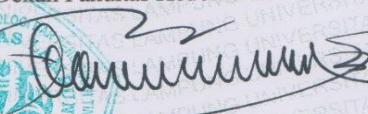
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


dr. M. Ricky Ramadhian, S.Ked, M.Sc
NIP 19830615 200812 1 001


dr. Tri Umiana Soleha, S.Ked, M.Kes
NIP 19760903 200501 2 001

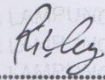
2. Dekan Fakultas Kedokteran


Dr. dr. Mubartono, S.Ked, M.Kes., Sp.PA
NIP 19701208 200112 1 001

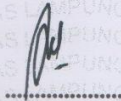
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : dr. M. Ricky Ramadhian, S.Ked, M.Sc

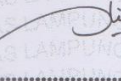


Sekretaris : dr. Tri Umiana Soleha, S.Ked, M.Kes

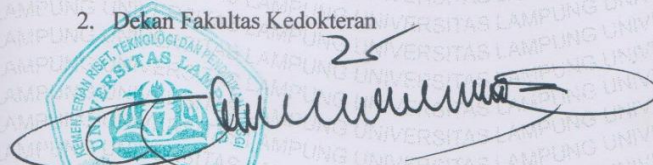


Penguji

Bukan Pembimbing : dr. Dian Isti Angraini, S.Ked, M.P.H



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Muhartono, S.Ked, M.Kes., Sp.PA

NIP 19701208 200112 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 April 2018

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi berjudul **"KONTAMINASI BAKTERI *Escherichia coli* PADA AIR KOLAM RENANG DI KOTA BANDAR LAMPUNG"** adalah hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut *plagiarsme*.
2. Hak intelektualitas atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 06 April 2018

Pembuat pernyataan



Reni Agustin
1418011180

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Agung Batin, pada tanggal 19 Agustus 1996, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis merupakan anak dari Bapak Pariyo dan Ibu Sumarsih.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari pendidikan Sekolah Dasar penulis dijalani di SDN 1 Agung Batin dan diselesaikan pada tahun 2008. Pendidikan dilanjutkan di Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Simpang Pematang dan diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Atas diselesaikan di SMAN 6 Metro dan diselesaikan pada tahun 2014.

Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas Lampung program studi pendidikan dokter melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa preklinik, penulis mengikuti organisasi PMPATD Pakis *Rescue Team* dengan menjadi anggota muda pada tahun 2014 dan menjadi anggota Divisi Pecinta Alam pada tahun 2015-2016.

*Sebuah karya sederhana yang ku persembahkan
Teruntuk Ayah, Ibu,
Kakak-kakakku,
Keluarga Besar dan Semua orang yang ku
sayangi*

SANWACANA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatu.

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat serta karunia-Nya selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini. Atas berkat rahmat dan ridho-Nya maka skripsi dengan judul “ Kontaminasi bakteri *Escherichia coli* pada air kolam renang di kota Bandar Lampung”.

Penulis meyakini penelitian ini tidak akan selesai tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini dengan segenap kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., Selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Muhartono, S.Ked., M.Kes., Sp.PA., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. dr. M. Ricky Ramadhian, S.Ked., M.Sc selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran, motivasi dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini;
4. dr. Tri Umi Soleha, S.Ked., M.Kes., selaku Pembimbing Kedua atas kesediaan waktu, memberikan bimbingan, motivasi, saran dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini;

5. dr. Dian Isti Angraini, S.Ked., M.P.H., selaku Penguji Utama yang telah meluangkan waktu, memberikan saran, ilmu serta nasihat yang dapat membangun dalam penyusunan skripsi ini;
6. dr. Roro Rukmi Windi Perdani, S.Ked., Sp.A., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, saran serta ilmu yang telah bermanfaat selama ini;
7. dr. Eliza Techa Fattima, S.Ked., selaku Pembimbing Proposal yang telah meluangkan waktu, memberikan saran, motivasi serta nasihat yang membangun dalam penyusunan skripsi ini;
8. Seluruh staf dosen dan civitas akademika Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas ilmu dan waktu yang telah diberikan selama perkuliahan;
9. Terima kasih kepada keluarga Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, Mbak Romi dan Mbak Eka atas seluruh bantuan serta bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini;
10. Terima kasih untuk kedua Orang tua saya Ibu (Sumarsih) dan Bapak (Pariyo) yang selalu mendoakan tanpa henti-hentinya, yang telah memberikan segala kasih sayang, nasihat, perhatian, serta dukungan selama ini;
11. Terima kasih kepada kedua kakakku (Budi dan Lia) atas doa, dukungan serta motivasi dan semangat yang telah diberikan selama ini;
12. Terima kasih kepada sahabatku, teman seperjuangan, Nova Ayu Purnama Yuda dan Ni Putu Sari Widiyani yang telah menjadi sahabat sejak awal perkuliahan;

13. Terima kasih kepada Vielda Rahmah A, Enda Ngapulisa S, Firdha Yossi Chani, Ria Andriana, serta Ebt Riski Utami yang telah membantu dalam penelitian;
14. Terima kasih kepada Vielda Rahmah A, Enda Ngapulisa S yang telah menjadi sahabat selama 3,5 tahun. Terima kasih telah menjadi tempat mencurahkan suka dan duka, doa, dukungan dan kebersamaannya selama ini;
15. Teman seperjuangan laboratorium Mikrobiologi (Ani, Tassya);
16. Teman-teman CRAN14L yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas momen kebersamaan dan pelajaran yang telah diberikan.
17. Semua yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas doa dan dukungan kalian.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta memberikan informasi dan pengetahuan bagi pembacanya. Akhir kata, mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan. Terima kasih

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatu.

Bandar Lampung, 06 April 2018
Penulis,

Reni Agustin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.4.1 Bagi Pengelola	6
1.4.2 Bagi Masyarakat.....	6
1.4.3 Bagi Peneliti	6
1.4.4 Bagi Peneliti Selanjutnya	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bakteri <i>Coliform</i>	7
2.2 Bakteri <i>Escherichia coli</i>	8
2.2.1 Morfologi dan Klasifikasi <i>E.coli</i>	8
2.2.2 Sifat Pertumbuhan.....	9
2.2.3 Definisi <i>E.coli</i>	9
2.2.4 Patogenesis <i>E.coli</i>	10
2.2.4.1 Patogenesis <i>E.coli</i> di Ekstraintestinal	11
2.2.4.2 Patogenesis <i>E.coli</i> di Intrainestinal	13
2.3 Kolam Renang.....	14
2.3.1 Definisi Kolam Renang.....	14
2.3.2 Klasifikasi Kolam Renang	14
2.3.3 Air Kolam Renang	16
2.3.3.1 Golongan Air.....	16
2.3.3.2 Penyakit Pada Air.....	17

2.3.4	Pencemaran Air.....	19
2.3.5	Persyaratan Kualitas Air	20
2.4	Desinfeksi Air Kolam Renang	27
2.4.1	Desinfeksi dengan Konvensional.....	27
2.4.2	Desinfeksi dengan Ozon	29
2.4.3	Desinfeksi dengan UV	29
2.5	Teknik Pengambilan Sampel Air	30
2.6	Identifikasi <i>Escherichia coli</i>	31
2.6.1	Uji <i>Most Probable Number</i> (MPN)	31
2.6.2	Pemeriksaan Mikroskopis.....	33
2.6.3	Pembiakan Bakteri	34
2.6.4	Uji Biokimia dan Uji Gula-gula.....	35
2.6.4.1	Uji IMViC	35
2.6.4.2	Uji Gula-gula.....	37
2.6.4.3	Uji TSIA.....	38
2.6.4.4	Uji SIM	40
2.6.4.5	Uji Sitrat	41
2.7	Kerangka Teori.....	43
2.8	Kerangka Konsep	44

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	45
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	45
3.3.	Subjek Penelitian.....	45
3.3.1	Populasi	45
3.3.2	Sampel.....	45
3.3.3	Kriteria Inklusi	46
3.3.4	Teknik Sampling.....	47
3.4	Variabel Penelitian	47
3.4.1	Variabel Bebas	47
3.4.2	Variabel Terikat	47
3.5	Alat dan Bahan Penelitian	47
3.5.1	Bahan Penelitian.....	47
3.5.2	Alat Penelitian	48
3.5.3	Media Penelitian.....	48
3.6	Pengambilan Sampel.....	48
3.6.1	Alat dan Bahan	48
3.6.2	Prosedur Penelitian	49
3.6.2.1	Persiapan.....	49
3.6.2.2	Uji <i>Most Probable Number</i> (MPN)	50
3.6.2.3	Pewarnaan Gram.....	53
3.6.2.4	Uji Biokimia dan Uji Gula-gula.....	54

3.7 Alur Penelitian	57
3.8 Definisi Operasional	58
3.9 Pengolahan dan Analisis Data	58
3.10 Etika Penelitian	59

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian.....	60
4.2 Pembahasan	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	72
5.2 Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Daftar Persyaratan Air Kolam Renang	25
2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air Kolam Renang	26
3. Standar kualitas air kolam renang menurut New Zealand	26
4. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air Kolam Renang	26
5. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air Kolam Renang	27
6. Hasil Uji IMViC	37
7. Uji Gula-gula untuk bakteri <i>E. coli</i>	38
8. Hasil Uji TSIA Pada Mikroorganisme	39
9. Uji SIM	41
10. Uji Sitrat	42
11. Definisi Operasional	58
12. Nilai MPN pada Sampel air Kolam Renang di Bandar Lampung	60
13. Hasil Uji MPN <i>Coliform</i> pada Air kolam renang di Bandar Lampung	61
14. Hasil pada Media EMB	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Escherichia coli</i>	9
2. <i>Hand Dip Method</i>	30
3. <i>E.coli</i> Dalam Media EMB	35
4. Uji IMViC Pada <i>E.coli</i>	37
5. Berbagai Reaksi Pada Uji TSIA	40
6. Uji <i>Simmon Citrate</i> (SC)	42
7. Kerangka Teori	44
8. Kerangka Konsep	44
9. Lokasi Pengambilan Sampel	46
10. Alur Penelitian	57
11. Hasil pewarnaan Gram pada pembesaran 100x	63
12. Hasil interpretasi setelah dilakukan Identifikasi bakteri	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Persetujuan Etik
Lampiran 2	Surat Izin Penelitian
Lampiran 3	Surat Izin Peminjaman Laboratorium Mikrobiologi
Lampiran 4	Surat Izin Peminjaman Alat Laboratorium Mikrobiologi
Lampiran 5	Hasil Uji MPN <i>Coliform</i>
Lampiran 6	Hasil penanaman pada Media EMB Agar
Lampiran 7	Hasil Pemeriksaan Mikroskopis dari Pewarnaan Gram
Lampiran 8	Hasil uji Biokimia
Lampiran 9	Tabel MPN
Lampiran 10	Hasil Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air kolam renang adalah air yang digunakan untuk olahraga, berekreasi dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan. Kualitas air kolam renang harus cukup terpelihara secara teratur dan terus menerus sehingga air dapat bebas dari pencemaran (Talita, 2016). Syarat air kolam renang diatur sesuai Peraturan Menteri Kesehatan tentang kualitas air kolam renang. Kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, dan kimia (Permenkes, 2017).

Renang adalah olahraga yang dapat meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan manusia. Aktivitas di kolam renang atau tempat rekreasi ternyata dapat menimbulkan penyakit. Penularan berbagai penyakit mulai dari ringan hingga berat dapat terjadi melalui air (Ismail, 2010). Menelan hanya sedikit air yang mengandung kuman dapat menyebabkan penyakit. Penyakit akibat aktivitas berenang dikenal dengan sebutan *recreational water illness* (RWIs). RWIs disebabkan oleh kuman dengan cara menelan, menghirup, atau kontak dengan air di kolam renang, kolam air panas, air mancur, danau, sungai atau laut yang telah terkontaminasi. RWIs dapat menyebabkan berbagai macam infeksi, seperti infeksi pencernaan, kulit, telinga, pernapasan, mata,

neurologis dan infeksi luka. Yang paling sering dilaporkan ialah diare. Penyakit diare yang disebabkan oleh kuman, seperti *Cryptosporodium*, *Giardia*, *Shigella*, *Norovirus* dan *E. coli* (Talita, 2016). Penyakit yang penularannya terjadi melalui air yang terkontaminasi bakteri dan ditularkan kepada manusia melalui mulut atau sistem pencernaan disebut *Waterborne disease*. Yang paling umum disebabkan oleh *Waterborne disease* adalah diare yang disebabkan adanya pencemaran bakteri jenis *Coliform* pada air. Diare merupakan penyebab kematian nomor dua pada anak di bawah usia lima tahun atau sekitar 15 persen pada tahun 2008 (Suriaman, 2017).

Salah satu indikator pencemar yang menjadi parameter kualitas air kolam renang yaitu jumlah angka kuman dan *Coliform* total. Persyaratan mikrobiologis, yaitu tidak ada bakteri *Coliform* pada sampel air yang dinyatakan dengan 0 *colony forming units* (cfu)/100 ml sampel (Depkes RI, 1990). Pencemaran mikrobiologis air kolam renang dapat berasal dari kontaminasi kotoran dari perenang, kontaminasi kotoran yang terdapat pada sumber air yang digunakan sebagai air kolam renang, atau hasil dari kontaminasi hewan yang ada di kolam renang misalnya dari burung dan tikus. Selain pencemaran mikrobiologis, pencemaran kimia air kolam renang dapat berasal dari bahan kimia yang melekat pada tubuh perenang seperti keringat, urin, sisa sabun, dan kosmetik. Hal tersebut berpotensi menyebabkan penyakit (Amala *et al.*, 2016).

Adanya kontaminasi kotoran tersebut akan menyebabkan tingginya kandungan mikrobiologis di dalam air kolam renang yang akan menimbulkan dampak negatif pada kesehatan pengguna kolam renang. Beberapa penyakit yang dapat ditularkan melalui air kolam renang, seperti penyakit kulit, penyakit mata, hepatitis serta penyakit yang berhubungan dengan pencernaan seperti diare dan demam tifoid. Penyakit-penyakit tersebut dapat ditularkan oleh mikroorganisme patogen dalam air kolam renang seperti bakteri, virus, jamur, dan protozoa (Rozanto, 2015).

Melalui studi yang dirilis oleh *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) (2013), dilakukan penelitian yang menunjukkan bahwa sejumlah 161 kolam renang telah terkontaminasi kuman. Peneliti menemukan bahwa 58 persen dari sampel kolam renang telah terkontaminasi bakteri *Escherichia coli*, yaitu bakteri yang berasal dari kotoran manusia. Sekitar 59 persen dari sampel juga ditemukan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang dapat menyebabkan ruam kulit dan infeksi telinga. Selain itu, *Cryptosporidium* dan *Giardia* ditemukan sekitar 2 persen dari sampel, kuman ini dapat menyebar melalui tinja dan menyebabkan diare. Setiap perenang berkontribusi menjadi penyebab adanya feses di kolam renang sebanyak 0,14 gram setelah 15 menit masuk ke kolam. Beberapa tahun yang lalu *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) atau badan pengawasan dan pencegahan penyakit di Amerika Serikat pernah menutup lebih dari 1.800 kolam renang umum. Tindakan itu dilakukan karena ditemukan bahaya infeksi yang terjadi pada perenang. Awalnya didapatkan beberapa kasus diare selanjutnya terjadi

peningkatan besar menjadi wabah di tahun 1990-an dengan kasus sebanyak 16.800 yang berhubungan dengan kolam renang dan spa. Di negara bagian Georgia ditemukan banyaknya anak menderita sakit akibat kuman *E. coli* pada saat berenang (Ismail, 2010).

Salah satu upaya yang dilakukan untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air kolam renang adalah klorinasi. Klorinasi adalah suatu proses pemberian klorin ke dalam air yang telah menjalani proses filtrasi dan proses purifikasi air. Klorin ini banyak digunakan dalam pengolahan air kolam renang sebagai desinfektan (Chandra, 2007). Jenis klorin yang sering digunakan dalam proses klorinasi air kolam renang adalah kaporit (CaOCl_2). Penggunaan kaporit juga harus diperhatikan dengan baik dan harus sesuai dengan batas aman yang ada. Penggunaan kaporit dalam konsentrasi yang kurang dapat menyebabkan kuman yang ada di kolam renang tidak terdesinfeksi dengan baik. Sedangkan penggunaan kaporit dengan konsentrasi yang berlebih dapat meninggalkan sisa klor yang menimbulkan dampak bagi kesehatan (Cita dan Adriyani, 2013). Efek kesehatan yang muncul atau dirasakan oleh seseorang setelah terpapar klorin antara lain iritasi saluran napas, dada terasa sesak, gangguan pada tenggorokan, batuk, iritasi pada kulit dan iritasi pada mata (Rozanto, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian pada kolam renang di kota Malang pada juni 2015 dari semua sampel kolam renang didapatkan hasil positif mengandung bakteri golongan *Coliform*. Hal ini menunjukkan bahwa kolam renang belum

memenuhi persyaratan Permenkes Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang kualitas air kolam renang (Tristyanto, 2015). Di kota Semarang melaporkan bahwa pada tahun 2013, sebanyak 8 sampel air kolam renang yang telah diinspeksi diketahui memiliki *Coliform* total yang tidak memenuhi syarat (Talita, 2016).

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini peneliti bermaksud untuk mengidentifikasi air kolam renang, khususnya di kota Bandar Lampung. Hal ini, diharapkan dari hasil penelitian dapat memberikan manfaat bagi pengelola kolam renang untuk menjaga kondisi kolam renang, maupun bagi masyarakat. Sehingga dapat meminimalisir peningkatan jumlah bakteri *Coliform* dan *E. coli* pada air kolam renang.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah apakah terdapat bakteri *Escherichia coli* pada sampel air kolam renang yang diambil di kota Bandar Lampung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mendeteksi adanya bakteri *Escherichia coli* pada sampel air kolam renang yang diambil di kota Bandar Lampung.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Pengelola Kolam Renang

Memberikan intervensi kepada pengelola kolam renang mengenai pentingnya menjaga kebersihan kondisi lingkungan kolam renang agar tidak berpotensi menjadi sarana perkembangbiakan bibit penyakit.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Memberikan pengetahuan mengenai potensi penularan penyakit dan gangguan kesehatan yang dapat terjadi di kolam renang, sehingga masyarakat khususnya pengguna kolam renang diharapkan dapat lebih waspada ketika melakukan aktivitas berenang.

1.4.3 Bagi Peneliti

- a. Sebagai sarana pembelajaran untuk mengembangkan pengetahuan dan menambah pengalaman serta wawasan dalam pelaksanaan suatu penelitian.
- b. Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam bidang ilmu mikrobiologi

1.4.4 Bagi Penelitian Selanjutnya

Memberikan gambaran mengenai adanya bakteri *Escherichia coli* pada air kolam renang sehingga dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri *Coliform*

Bakteri *Coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu bakteri yang hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *Coliform* merupakan indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Penentuan *Coliform* fekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Jadi, *Coliform* adalah indikator kualitas air. Makin sedikit kandungan *Coliform* artinya kualitas air tersebut semakin baik. Contoh dari bakteri *Coliform* ialah *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Salmonella spp.*, *Enterobacter*, *Klebsiella* (Tristyanto, 2015). Bakteri *Coliform* dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu :

1. *Coliform fekal* : contohnya bakteri *Escherichia coli*, merupakan bakteri yang berasal dari kotoran manusia dan hewan.
2. *Coliform non fekal* : contohnya *Enterobacter aerogenes*, biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati (Sunarti, 2016).

Karakteristik bakteri *Coliform* antara lain berbentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, aerobik dan anaerobik fakultatif yang memfermentasi laktosa dengan memproduksi gas dan asam pada suhu 35°C-37°C dalam waktu kurang dari 48 jam (Sunarti, 2016).

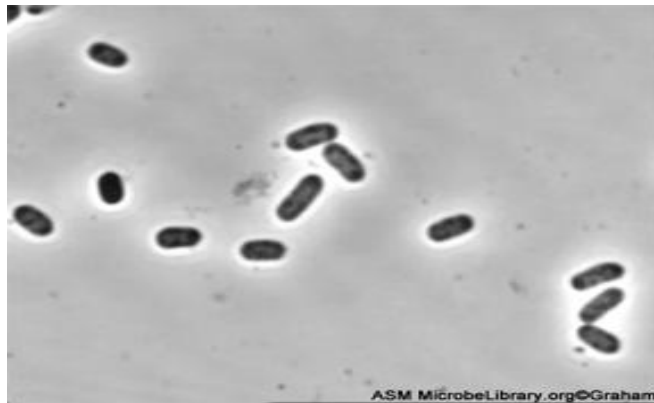
Selain *E. coli* bakteri indikator lain sebagai pelengkap, yaitu *streptococcus faecalis*. Bakteri ini terdapat di dalam feses namun jumlahnya lebih sedikit dari pada *E. coli*. Di dalam air, bakteri *streptococcus faecalis* kecepatan untuk mati atau hilang kurang lebih sama dengan *E. coli*. Apabila dalam sampel air ditemukannya bakteri *streptococcus faecalis* menunjukkan bukti penguat bahwa sampel air tersebut telah tercemar feses (Khairunnisa, 2015).

2.2 Bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*)

2.2.1 Morfologi dan Klasifikasi *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki morfologi kokobasil atau batang pendek, tidak membentuk spora, bermotil dan dapat menghasilkan gas dari glukosa (Saputro, 2005). *E.coli* memiliki ukuran $0,4\mu\text{m} - 0,7\mu\text{m} \times 1,4\mu\text{m}$ dan memiliki strain yang berkapsul. *E.coli* memiliki kompleks antigen yang terdiri dari antigen O, K, dan H (Jawetz *et al.*, 2013). Klasifikasi *Escherichia coli* menurut Todar (2008) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Familia	: Enterobacteriaceae
Genus	: Escherichia
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 1. Bakteri *Escherichia coli* (Todar, 2008).

2.2.2 Sifat Pertumbuhan

Pola fermentasi karbohidrat dan aktivitas dekarboksilase asam amino dan enzim lainnya digunakan untuk pembedaan secara biokimia. Biakan pada medium “diferensial” yang mengandung zat warna khusus dan karbohidrat (misal, eosin-metilen biru (EMB), medium macConkey, atau medium deoksikolat) membedakan koloni yang memfermentasi laktosa (berwarna) dengan yang tidak memfermentasi laktosa (tidak berwarna) dan memungkinkan identifikasi presumtif secara cepat pada bakteri enterik. *E.coli* secara khas menunjukkan hasil positif pada tes indol, lisin dekarboksilase, dan fermentasi manitol, serta menghasilkan gas dari glukosa (Jawetz *et al.*, 2013).

2.2.3 Definisi *Escherichia coli*

Enterobacteriaceae adalah suatu famili kuman yang terdiri dari sejumlah besar spesies bakteri yang erat hubungannya satu sama lainnya. Hidup di usus besar manusia dan hewan, tanah, air dan dapat pula ditemukan dekomposisi material. Kuman ini sering disebut

kuman enterik atau basil enterik karena pada keadaan normal hidupnya ada didalam usus besar manusia (Syahrurachman *et al*, 2010). Beberapa organisme enterik, misalnya *E.coli*, merupakan bagian dari flora normal dan kadang-kadang dapat menimbulkan penyakit, sedangkan lainnya, salmonela dan shigela, biasanya bersifat patogen untuk manusia (Jawetz *et al.*, 2013).

Escherichia coli adalah salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga *Coliform fekal*. Bakteri koliform lainnya berasal dari hewan dan tanaman mati dan koliform nonfekal, misalnya *Enterobacter aerogenes*. *E. coli* termasuk dalam grup koliform yang mempunyai sifat dapat menfermentasi laktose dan memproduksi asam dan gas pada suhu 37° C maupun suhu 44.5 ±0.5° C dalam waktu 48 jam (Fardiaz, 2011).

Escherichia coli dapat tumbuh dengan baik pada suhu antara 20°C – 45°C, sedangkan pada suhu di bawah 4°C *E. coli* akan mengalami fase *dormancy* atau fase tidur. *E. coli* dapat mati pada suhu di atas 50°C dalam waktu 10 menit (Sunarko, 2012).

2.2.4 Patogenesis *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri komensal yang hidup di mikroflora usus di berbagai jenis binatang dan manusia, dan dapat

menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, mamalia dan burung (Hussain, 2015). Mikroorganisme ini terdapat di feses, atau kotoran, yang penyebarannya melalui fekal-oral. Makanan dan air yang terkontaminasi adalah cara yang paling umum untuk terkena *E.coli*. Kebanyakan *E.coli* tidak menyebabkan penyakit tetapi bakteri *E.coli* dapat menimbulkan penyakit jika jumlah koloni terlalu banyak, *E.coli* hidup di luar habitatnya atau keadaan manusia sebagai pejamu yang lemah karena suatu kondisi seperti mengalami penyakit immunosupresan (Ingerson dan Reid, 2011). Manifestasi *E.coli* pada manusia bergantung dari tempat infeksi terjadi, oleh sebab itu patogenesis *E.coli* dibedakan berdasarkan letak organnya yaitu menjadi infeksi ekstraintestinal dan intrainestinal (Jawetz *et al.*, 2013).

2.2.4.1. Patogenesis *E.coli* di Ekstraintestinal

Extraintestinal pathogenic Escherichia coli (exPEC) adalah bakteri patogen gram-negatif, menyebabkan berbagai penyakit yang mempengaruhi semua kelompok umur. ExPEC adalah penyebab paling umum terjadinya bakteremia, terutama pada orang dewasa, dan sering menjadi penyebab utama meningitis pada neonatus dan prostatitis, peritonitis, dan pneumonia. Sebagian besar exPEC menyebabkan infeksi saluran kemih (ISK) pada wanita. Selain itu, exPEC juga

menyebabkan infeksi pada saluran pernapasan, kulit, dan jaringan lunak (Poolman & Wacker 2016).

Gejala dan tanda-tandanya infeksi saluran kemih yaitu sering berkemih, disuria, hematuria, dan piuria. Pada infeksi saluran kemih yang letaknya dibagian atas maka akan timbul gejala nyeri pinggang dan demam yang sangat tinggi yaitu mencapai 39°C atau lebih. Antigen yang cukup berperan dalam infeksi saluran kemih bagian atas yaitu antigen K, sedangkan antigen O hampir berperan pada seluruh infeksi. Antigen H berperan pada kejadian nefropatogenik akibat infeksi *E.coli* (Jawetz *et al.*, 2013).

Penyakit-penyakit lain yang disebabkan oleh *E. coli* ialah infeksi saluran kemih mulai dari sistitis sampai pielonefritis, *E.coli* merupakan penyebab dari lebih 85% kasus. *E.coli* juga dapat menyebabkan sepsis yang dapat mengancam nyawa. *E.coli* menjadi penyebab sepsis nosokomial yang cukup tinggi yaitu prevalensinya mencapai 15%. Sepsis akibat *E.coli* sebagian besar diakibatkan oleh endotoksin kelompok sepsis enteropatogenesis *E.coli* yang rata-rata menunjukkan resistensi (Syahrurachman, 2010).

2.2.4.2 Patogenesis *E.coli* di Intraintestinal

Pada intestinal, *E.coli* sering menyebabkan penyakit diare. Diare yang disebabkan oleh *E.coli* sangat beragam macamnya, bergantung dari jenis maupun gejala klinis yang timbul. Perbedaan tersebut terjadi karena *E.coli* memiliki beberapa kelompok dengan kemampuan virulensi yang berbeda-beda berdasarkan dari endotoksin yang dihasilkan (Jawetz *et al.*, 2013).

Ada enam grup *E.coli* yang patogen dapat yang telah diidentifikasi. Masing- masing grup memiliki virulensi dan mekanisme patogenik yang berbeda. Endotoksin strain *E.coli* yang menyerang manusia yaitu: *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC), *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC), *Enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC), *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC). *Diffuseadhering Escherichia coli* (DAEC), dan *Enteraggregative Escherichia coli* (EAEC) ETEC, EPEC, EIEC umumnya ditularkan melalui makanan dan air terkontaminasi (Vieira *et al.*, 2007; Rahmatullah, 2010).

2.3 Kolam Renang

2.3.1 Definisi Kolam Renang

Kolam renang merupakan suatu konstruksi buatan yang dirancang untuk digunakan berenang, menyelam atau aktivitas air lainnya. Renang adalah olah raga yang dapat meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan manusia. Berenang di kolam renang merupakan kegiatan olah raga atau rekreasi yang banyak digemari oleh masyarakat. Kolam renang wajib memiliki standar kolam renang agar pengguna kolam renang dan seluruh fasilitasnya aman dan terjaga (Burhanudin, 2015; Cita dan Adriyani, 2013).

2.3.2 Klasifikasi Kolam Renang

Kolam renang dapat dibedakan menjadi beberapa tipe menurut pembuatan, pemakaian, letak, dan cara pengisian airnya. Menurut pembuatannya, kolam renang dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Pemandian alam (*Natural bathing place*) adalah pemandian pantai laut, telaga, sungai dsb. Pengawasan sanitasi pada tipe ini sulit dilakukan, yang perlu diperhatikan adalah lingkungan sekitar pemandian tersebut harus dijaga kebersihannya terutama saluran pembuangan air limbah, pembuangan tinja, buangan bahan-bahan kimia dan radio aktif.
2. Pemandian buatan (*Artificial swimming Pool*) adalah pemandian umum didalam kotamadya/kabupaten, di hotel, dan sebagainya (Ismail, 2010).

Berdasarkan cara pengisian air pada pemandian buatan termasuk kolam renang dapat dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu :

1. *Fill and draw pool*, yaitu pengisian air pada kolam renang yang apabila kondisi airnya kotor dan diganti secara keseluruhan. Penentuan kondisi air tersebut ditetapkan dengan melihat kondisi fisik air atau dari jumlah perenang yang menggunakan.
2. *Flow trough pool*, yaitu sistem aliran dimana air didalam kolam akan terus-menerus bergantian dengan yang baru. Tipe ini dianggap yang terbaik namun membutuhkan banyak air yang berasal dari satu mata air di alam.
3. *Recirculation pool*, merupakan tipe pengisian air kolam renang dimana airnya dialirkan secara sirkulasi dan menyaring air kotor dalam filter-filter (Rozanto, 2015).

Berdasarkan pemakaiannya, kolam renang dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Kolam renang perorangan (*private swimming pool*) adalah kolam renang milik pribadi yang terletak di rumah perseorangan.
2. Kolam renang semi umum (*semi public swimming pool*) adalah kolam renang yang biasanya terdapat di hotel, sekolah, atau perumahan sehingga tidak semua orang dapat menggunakannya.
3. Kolam renang umum (*public swimming pool*) adalah kolam renang yang diperuntukan untuk umum dan biasanya terdapat di perkotaan (Rozanto, 2015).

Berdasarkan letaknya, tipe kolam renang terbagi menjadi 2 yaitu :

1. *Outdoor swimming pool*, yaitu kolam renang yang terletak di tempat terbuka.
2. *Indoor swimming pool*, yaitu kolam renang yang terletak di tempat tertutup atau yang berada di dalam ruangan (Rozanto, 2015).

2.3.3 Air Kolam Renang

2.3.3.1 Golongan Air

Air secara bakteriologi dapat dibagi menjadi beberapa golongan berdasarkan jumlah bakteri koliform yang terkandung dalam 100 cc sampel air/MPN. *Most probable number* (MPN) adalah jumlah terkaan terdekat dari bakteri koliform dalam 100 cc air. Golongan-golongan air tersebut, antara lain :

1. Air tanpa pengotoran ; mata air (artesis) bebas dari kontaminasi bakteri koliform dan patogen atau zat kimia beracun
2. Air yang sudah mengalami proses desinfeksi; MPN <50/100 cc
3. Air dengan penjernihan lengkap; MPN <5000/100 cc
4. Air dengan penjernihan tidak lengkap; MPN >5000/100 cc
5. Air dengan penjernihan khusus (*water purification*); MPN>250.000/100 cc (Chandra, 2007).

2.3.3.2 Penyakit Pada Air

Penyakit yang menyerang manusia dapat ditularkan dan menyebar secara langsung maupun tidak langsung melalui air. Penyakit yang ditularkan melalui air disebut sebagai *waterborne disease* atau *water-related disease*. Terjadinya suatu penyakit memerlukan adanya agen dan terkadang vektor (Chandra, 2007). Beberapa penyakit yang ditularkan melalui air berdasarkan tipe agen penyebabnya :

1. Penyakit viral, misalnya, hepatitis viral, poliomielitis
2. Penyakit bakterial, misalnya, kolera, disentri, tifoid, diare.
3. Penyakit protozoa, misalnya, amebiasis, giardiasis.
4. Penyakit helmintik, misalnya, askariasis, *whip worm*, *hydatid disease*.
5. Leptospiral, misalnya, *weil's disease* (Chandra, 2007).

Beberapa penyakit yang ditularkan melalui air ini di dalam penularannya terkadang membutuhkan hospes, biasa disebut sebagai *aquatic host*. Hospes akuatik tersebut berdasarkan multiplikasinya dalam air terbagi menjadi dua, yaitu:

1. *Water multiplied*

Contoh penyakit dari hospes semacam ini adalah skistosomiasis (vektor keong).

2. *Not multiplied*

Contoh agen penyakit dari hospes semacam ini adalah cacing Guinea dan *fish tape worm* (vektor *cyclop*).

Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dapat dibagi dalam kelompok-kelompok berdasarkan cara penularannya. Mekanisme penularan penyakit sendiri terbagi menjadi empat, yaitu:

1. *Waterborne mechanism*

Kuman patogen dalam air yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia ditularkan kepada manusia melalui mulut atau sistem pencernaan. Contoh penyakit yang ditularkan melalui mekanisme ini antara lain kolera, tifoid, hepatitis viral, disentri basiler, dan poliomyelitis.

2. *Waterwashed mechanism*

Mekanisme penularan semacam ini berkaitan dengan kebersihan umum dan perseorangan. Pada mekanisme ini terdapat tiga cara penularan, yaitu:

- a. Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare
- b. Infeksi melalui kulit dan mata, seperti skabies dan trakhoma
- c. Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis.

3. *Water-based mechanism*

Penyakit yang ditularkan dengan mekanisme ini memiliki agen penyebab yang menjalani sebagian siklus hidupnya di dalam tubuh vektor atau sebagai *intermediate host* yang hidup di dalam air. Contohnya skistosomiasis dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*.

4. *Water-related insect vector mechanism*

Agen penyakit ditularkan melalui gigitan serangga yang berkembang biak di dalam air. Contoh penyakit dengan mekanisme penularan semacam ini adalah filariasis, dengue, malaria, dan *yellow fever* (Chandra, 2007).

2.3.4 Pencemaran Air Kolam Renang

Pencemaran air kolam renang dapat dibedakan menjadi 2, yaitu pencemaran mikrobiologis dan pencemaran kimia.

1. Pencemaran Mikrobiologis pada air kolam renang dapat disebabkan karena kontaminasi fekal dan kontaminasi non-fekal. Kontaminasi fekal berasal dari kotoran yang dikeluarkan oleh pengguna kolam renang maupun dari kotoran yang terdapat pada sumber air yang digunakan sebagai air kolam renang. Pada kolam renang terbuka, kontaminasi fekal juga dapat berasal dari kotoran hewan seperti burung dan tikus yang berada di area kolam renang. Kontaminasi non-fekal di kolam renang dapat

berasal dari pengguna kolam renang, yaitu dari muntahan, lendir, air liur, atau lapisan kulit yang mencemari air kolam renang. Kontaminasi tersebut merupakan sumber potensial dari mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan protozoa dalam air yang dapat menyebabkan infeksi pada pengguna kolam renang lain apabila kontak dengan air yang telah terkontaminasi tersebut (*World Health Organization*, 2006).

2. Pencemaran kimia pada air kolam renang berasal dari bahan kimia yang dihasilkan dari proses desinfeksi serta berasal dari bahan kimia yang dihasilkan oleh pengguna kolam renang seperti keringat, urin, sisa sabun, dan lotion kosmetik yang melekat pada tubuh pengguna kolam renang (*World Health Organization*, 2006).

2.3.5 Persyaratan Kualitas Air Kolam Renang

Kualitas air yang digunakan sebagai air kolam renang harus memenuhi standar persyaratan yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Adapun persyaratan kualitas air untuk kategori kolam renang yang telah ditetapkan meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, dan persyaratan mikrobiologis.

1. Persyaratan fisik

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990, syarat fisik yang ditetapkan untuk air kolam renang antara lain:

a) Bau

Air yang digunakan dalam kolam renang harus terbebas dari bau yang mengganggu, jernih dan tidak ada benda asing yang terapung. Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Bau pada air dapat disebabkan karena kandungan klor yang tinggi dalam air kolam renang akibat proses desinfeksi (Burhanudin, 2015).

b) Benda terapung

Benda terapung merupakan benda-benda asing yang ada di permukaan air yang dapat berasal dari kotoran-kotoran. Kotoran dapat dibawa oleh pengguna kolam renang maupun berasal dari lingkungan disekitar kolam renang. Air kolam renang harus terbebas dari benda terapung supaya tidak mengganggu kenyamanan dari pengguna kolam renang (Rozanto, 2015).

c) Kejernihan

Kejernihan air kolam renang dapat dilihat dengan piringan yang diletakan pada dasar kolam yang terdalam. Air kolam renang dapat dikatakan jernih apabila piringan tersebut dapat dilihat dengan jelas dari tepi kolam pada jarak lurus 7 meter. Air yang keruh disebabkan oleh adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah liat. Kolam renang yang keruh akan menyulitkan orang untuk melihat jika ada perenang yang tenggelam di dasar kolam (Burhanudin, 2015).

2. Persyaratan kimia

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990, syarat kimia yang ditetapkan untuk air kolam renang antara lain:

a) Aluminium

Unsur ini biasanya terkandung pada senyawa-senyawa yang digunakan sebagai bahan koagulan dalam proses pengolahan air kolam, misalnya tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Batasan maksimal kandungan aluminium dalam air kolam renang yang ditetapkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990 adalah sebesar 0,2 mg/L (Burhanudin, 2015; Rozanto, 2015).

b) Kesadahan (CaSO_3)

Kesadahan air dapat berlangsung sementara (*temporary*) maupun menetap (*permanent*). Kesadahan air yang bersifat sementara disebabkan oleh adanya persenyawaan dari kalsium dan magnesium dengan bikarbonat, sedangkan yang bersifat permanen terjadi bila terdapat persenyawaan dari kalsium dan magnesium dengan sulfat, nitrat, dan klorida. Batasan minimum kesadahan dalam air kolam renang yang ditetapkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990 adalah 50 mg/l dan maksimalnya adalah 500 mg/l (Chandra, 2007; Rozanto, 2015).

c) Oksigen terabsorpsi (O_2)

Kadar oksigen terabsorpsi maksimal yang ditetapkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No.416 Tahun 1990 untuk air kolam renang adalah 0,1 mg/l dalam waktu 4 jam pada suhu udara. Kadar oksigen terlarut dalam air dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Jika tingkat oksigen terlarut terlalu rendah, maka organisme anaerob dapat mati ataupun menguraikan bahan organik dan menghasilkan bahan seperti metana dan hidrogen sulfida yang dapat menyebabkan air berbau busuk (Rozanto, 2015).

d) pH

pH dalam air sebaiknya netral yaitu tidak asam maupun basa. Kualitas air dengan pH 6,7 - 8,6 dapat dikatakan normal dan tidak terganggu. Air yang berasal dari pegunungan biasanya memiliki pH yang tinggi. Akan tetapi semakin lama pH akan menurun menuju suasana asam akibat dari penambahan bahan-bahan organik yang kemudian membebaskan CO_2 jika mengurai (Sastrawijaya, 2009).

e) Sisa khlor (Cl)

Sisa khlor merupakan sebagian khlor yang tersisa akibat dari reaksi antara senyawa khlor dengan senyawa organik maupun anorganik yang terdapat di dalam air. Kandungan sisa khlor bebas dalam air sengaja dipertahankan sebesar

0,2 mg/l untuk membunuh kuman patogen dalam air
(Chandra, 2007; Joko, 2010)

f) Tembaga (Cu)

Tembaga pada umumnya diperlukan oleh tubuh untuk perkembangan tubuh manusia. Akan tetapi jika dosisnya terlalu tinggi, tembaga justru bersifat racun yaitu dapat mengganggu enzim yang terkait dengan pembentukan sel darah, dapat menimbulkan gejala pada ginjal, hati, muntaber, pusing, lemah, anemia, kram dan lain sebagainya. Pada dosis yang terlalu rendah, tembaga dalam air dapat menimbulkan rasa kesat, berwarna, dan korosi pada pipa (Soemirat, 2011).

3. Persyaratan mikrobiologis

Kualitas air secara biologis ditentukan oleh kehadiran bakteri *E. coli* di dalamnya. Kandungan bakteri *E. coli* dalam air berdasarkan ketentuan WHO, air untuk rekreasi jumlah maksimum yang diperkenankan setiap 100 ml adalah 1.00 koloni, air untuk kolam renang 20 koloni, dan untuk air minum 1 koloni. Standar jumlah total bakteri *E. coli* yang sesuai dengan Permenkes No. 416/Menkes/Per/IX/1990 yaitu batasan kandungan *Coliform* dalam air kolam renang adalah 0 per 100 ml sampel air. Menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017 batasan kandungan *E. coli* dalam air kolam renang adalah <1/100 ml. Penentuan kehadiran bakteri dalam air berdasarkan

kebutuhannya, dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya jenis yang berbahaya sebagai penyebab penyakit, penghasil toksin, dan penyebab pencemaran air (Ismail, 2009; Permenkes, 2017).

Tabel 1. Daftar persyaratan Air kolam renang

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar yang diperbolehkan		Keterangan
			Min	Max	
A	<u>FISIKA</u>				
1.	Bau	-	-	-	Bebas dari bau yang mengganggu
2.	Benda terapung	-	-	-	Bebas dari benda terapung
3.	Kejernihan	-	-	-	Piringan sechi yang diletakkan pada dasar kolam yang terdalam, dapat dilihat dari tepi kolam pada jarak lurus 9 meter.
B.	<u>KIMIA</u>				
1.	Alumunium	Mg/L	-	0.2	
2.	Kesadahan(CaCO ₃)	Mg/L	50	500	
3.	Oksigen terabsorpsi (O ₂)	Mg/L	-	1.0	Dalam waktu 4 jam pada suhu udara
4.	pH	-	6.5	8.5	
5.	Sisa Chlor	Mg/L	0.2	0.5	
6.	Tembaga sebagai Cu	Mg/L	-	1.5	
C	<u>Mikrobiologik</u>				
1.	Koliform total	Jumlah per 100 ml	-	0	
2.	Jumlah kuman	Jumlah per 100 ml	-	200	

Sumber: (Depkes RI, 1990)

Tabel 2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air Kolam Renang

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	E. coli	CFU/ 100ml	<1
2.	Heterotrophic Plate Count (HPC)	CFU/ 100ml	100
3.	Pseudomonas aeruginosa	CFU/ 100ml	<1
4.	Staphylococcus aureus	CFU/ 100ml	<100
5.	Legionella spp	CFU/ 100ml	<1

Sumber: (Permenkes, 2017)

Tabel 3. Standar kualitas air kolam renang menurut Standar New Zealand

No.	Parameter	Standar Baku Mutu
1.	Heterotrophic Plate Count	< 200 per ml
2.	Faecal Coliform	< 1 per 100 ml
3.	Staphylococcus aureus	< 100 per ml
4.	Pseudomonas aeruginosa	<10 per 100 ml

Sumber: (NZS5826, 2010)

Tabel 4. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Untuk Media Air Kolam Renang

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
1.	Bau		Tidak berbau	
2.	Kekeruhan	NTU	0,5	
3.	Suhu	°C	16-40	
4.	Kejernihan	Piringan terlihat jelas		Piringan merah hitam (Secchi) berdiameter 20 cm terlihat jelas dari kedalaman 4,572 m
5.	Kepadatan perenang	m ² / perenang	2,2	Kedalaman < 1 meter
			2,7	Kedalaman 1-1,5 meter
			4	Kedalaman > 1,5 meter

Sumber: (Permenkes, 2017)

Tabel 5. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air Kolam Renang

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
1.	pH		7-7,8	apabila menggunakan khlorin dan diperiksa minimum 3 kali sehari
			7-8	apabila menggunakan bromine dan diperiksa minimum 3 kali sehari
2.	Alkalinitas	mg/l	80-200	semua jenis Kolam Renang
3.	Sisa Khlor bebas	mg/l	1-1,5	Kolam beratap/ tidak beratap
		mg/l	2-3	Kolam panas dalam ruangan
4.	Sisa Khlor terikat	mg/l	3	semua jenis Kolam Renang
5.	Total bromine	mg/l	2-2,5	kolam biasa
	Sisa bromine	mg/l	4-5	heated pool
		mg/l	3-4	Kolam beratap/tidak beratap/kolam panas dalam ruangan
6.	OxidationReduction Potential (ORP)	mV	720	semua jenis Kolam Renang Sisa Khlor/Bromine diperiksa 3 kali

Sumber: (Permenkes, 2017)

2.4 Desinfeksi Air Kolam Renang

2.4.1 Desinfeksi dengan cara konvensional

Dalam proses desinfeksi secara konvensional, senyawa kimia yang sering digunakan adalah senyawa klorin. Klorin adalah desinfektan yang banyak digunakan karena biayanya lebih murah, mudah dan efektif. Klorin memiliki sifat bakterial dan germisidal, dapat mengoksidasi zat besi, mangan dan hidrogen sulfida, dapat menghilangkan bau dan rasa tidak enak pada air, dapat mengontrol perkembangan alga dan organisme pembentuk lumut yang dapat

mengubah bau dan rasa pada air, serta dapat membantu proses koagulan. Zat koagulan pada kolam renang bertujuan untuk membunuh kuman patogen dalam air. Hal ini dilakukan karena meskipun telah melalui proses penyaringan, air akan kelihatan bersih namun harus dicurigai masih adanya bakteri di dalam air tersebut. Klorin efektif membunuh bakteri pada suhu 23-25°C. Kadar klorin yang dianjurkan sebagai desinfektan untuk kolam renang mempunyai batas hingga 0,5 ppm (*parts per million*). Senyawa klorin yang umum digunakan dalam proses klorinasi antara lain gas klorin, klorin cair (*sodium hypochlorite*), klorin granular (*calcium* dan *litium hypochlorite*), klorin tablet (*calcium hypochlorite*), klor dioksida, bromine klorida, *dihidrososianurate* dan *chloramine* (Burhanudin, 2015; Cita dan Adriyani, 2013).

Klorin sebagai desinfektan terutama dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl) dan sebagian kecil dalam bentuk ion hipoklorit (OCl⁻). Klorin dapat bekerja secara efektif sebagai desinfektan jika berada dalam air dengan pH 7. Jika nilai pH air lebih dari 8,5 maka 90% dari asam hipoklorit itu akan mengalami ionisasi menjadi ion hipoklorit. Dengan demikian khasiat desinfektan yang dimiliki klorin akan menjadi lemah atau berkurang. Klorin efektif membunuh bakteri pada suhu 23-25°C dan membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk dapat membunuh semua organisme yang ada di dalam air (Busyairi *et al*, 2016).

2.4.2 Desinfeksi dengan ozon

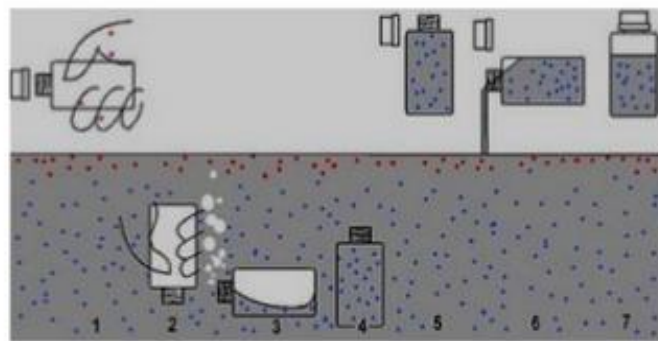
Ozon adalah zat pengoksidasi yang kuat sehingga mampu melakukan kerusakan bakteri antara 600 sampai 3000 kali lebih kuat dari klorin. Penggunaan ozon untuk desinfeksi tidak dipengaruhi oleh pH air. Prinsip mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan elektron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. Oksigen (O_2) yang melewati medan listrik yang tinggi berupa arus bolak-balik akan menghasilkan lompatan elektron yang bergerak dari elektroda satu ke elektroda yang lainnya. Jika elektron mencapai kecepatan yang cukup maka elektron ini dapat menyebabkan molekul oksigen splinting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini bergabung dengan molekul O_2 membentuk O_3 (ozon). Ozon dalam air akan terdekomposisi membentuk radikal bebas dan hal inilah yang bertindak sebagai desinfeksi (Rozanto, 2015).

2.4.3 Desinfeksi dengan UV

Desinfeksi dengan UV dapat dilakukan melalui 2 cara, yaitu cara langsung dan interaksi tidak langsung. Proses desinfeksi dengan UV yang melalui interaksi tidak langsung, yaitu menggunakan zat pengoksidasi H_2O_2 atau semi konduktor (TiO_2). Pada interaksi langsung, sinar UV berperan sebagai desinfektan. Daerah yang berperan penting dalam efek germicidal adalah pada UV-AC, yaitu pada 280-220 nm. Sinar UV dalam area ini merupakan area yang mampu mematikan semua mikroorganisme (Rozanto, 2015).

2.5 Teknik Pengambilan Sampel Air Kolam Renang

Air kolam, waduk atau danau memiliki air relatif tenang dan sedikitnya arus yang menyebabkan sedimentasi bahan terlarut air seperti tanah dan pasir. Endapan ini tentunya memiliki karakteristik mikroba yang cukup berbeda dengan badan air. Salah satu metode sederhana dalam pengambilan sampel air di lingkungan seperti diatas adalah *hand dip method*, prinsipnya yaitu (Wagiono, 2013).



Gambar 2 *Hand Dip Method*
(Wagiono, 2013).

- 1) Tutup botol dibuka kemudian botol dimasukkan ke dalam air dengan posisi mulut botol kebawah. Usahakan agar mulut botol jangan sampai dipegang oleh tangan.
- 2) Celupkan botol hingga kedalaman tertentu, minimal 6 inchi atau 16 cm . Udara yang ada di dalam botol akan menekan dan mencegah air masuk. Hal ini bertujuan untuk menghindari terambilnya sampel air yang berbeda di dekat permukaan.
- 3) Lalu botol dimiringkan agar air dapat masuk secara perlahan. Hadapkan mulut botol melawan arus atau buat aliran sendiri dengan

cara mendorong botol horisontal berlawanan arah dengan tangan sehingga air masuk kedalam botol.

- 4) Botol diangkat ke permukaan lalu buang sedikit air yang terambil supaya terdapat ruang udara di dalam botol. Kemudian tutup dan dengan kencang. Botol dimasukan ke dalam plastik bersekat sebelum disimpan dalam *freezer ice pack*.

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengambilan sampel adalah:

- 1) Jangan ambil di dekat permukaan atau dekat dengan dasar
- 2) Ambil berlawanan dengan arus air
- 3) Ambil sampel ditengah sungai atau kolam, jika tidak memungkinkan maka sejauh mungkin dari tepian dengan mempertimbangkan faktor keamanan.
- 4) Ambil dengan kedalaman antara 8-12 inchi atau 20-30 cm, jika air yang tersedia umumnya kurang dari 4 inchi maka sebaiknya cari *sample point* lain yang lebih dalam (Wagiono, 2013).

2.6 Identifikasi Bakteri *E.coli*

2.6.1 Uji *Most Probable Number* (MPN)

Metode MPN merupakan salah satu teknik menghitung jumlah mikroorganisme per mili bahan yang digunakan sebagai media biakan. Metode MPN pada dasarnya sama dengan metode perhitungan cawan, tetapi menggunakan medium cair dalam tabung reaksi. Perhitungan didasarkan pada tabung yang positif, yaitu tabung menunjukkan pertumbuhan mikroba setelah inkubasi pada tabung Durham. Metode

MPN umumnya digunakan untuk menghitung jumlah bakteri khususnya untuk mendeteksi adanya bakteri *Coliform* yang merupakan kontaminan. Ciri-ciri utamanya yaitu bakteri Gram negatif, batang pendek, tidak membentuk spora, memfermentasikan laktosa menjadi asam dan gas yang dideteksi dalam waktu 24 jam inkubasi pada 37°C . (Waluyo, 2009; Sunardi, 2014).

Terdapat tiga tahap dalam prosedur lengkap metode MPN yaitu uji penduga (*presumptive test*), uji penegasan (*confirmed test*) dan uji pelengkap (*completed test*). Uji penduga dilakukan untuk memperoleh kombinasi tabung positif awal, kemudian uji penegasan digunakan untuk memastikannya. Nilai akhir yang diambil adalah dari hasil uji penegasan dan pelengkap sehingga dimungkinkan mengubah kombinasi tabung yang diperoleh pada uji penduga. Umumnya hanya uji *E.coli* saja yang sampai tahap uji pelengkap. Uji *E.coli* yang sesuai standar harus dilakukan sampai tahap akhir yang memerlukan waktu sehari-hari. Jika analisa tidak dilakukan sampai akhir maka belum dapat dinyatakan pasti bahwa tabung positif tersebut mengandung *E.coli* (Standar Nasional Indonesia, 2008). Tiga tahap dalam prosedur MPN yaitu :

a. Uji pendugaan (*Presumptive Test*)

Untuk pemeriksaan mikrobiologi air terlebih dahulu disiapkan 15 tabung reaksi volume 10 ml berisi media LB (*Lactose bouillon*) yang di dalamnya diberi tabung durham sebagai indikator adanya

kandungan bakteri aerob, dengan susunan 5 tabung untuk 10 ml, 5 tabung untuk 1 ml dan 5 tabung untuk 0,1 ml. Dilanjutkan dengan menginkubasi medium yang telah diinokulasi pada inkubator pada suhu 37°C selama 2 x 24 jam, jika setelah diinkubasi 1 x 24 jam menunjukkan hasil negatif, maka dilanjutkan dengan inkubasi 2 x 24 jam pada suhu 35°C. Jika dalam waktu 2 x 24 jam tidak terbentuk gas dalam tabung durham, dihitung sebagai hasil negatif. Tabung dinyatakan positif ditandai dengan adanya gelembung akibat aktifitas fermentasi di dasar tabung durham maka dilanjutkan dengan uji penegasan untuk mengetahui adanya bakteri *Coliform* (Ismail, 2009; Wandrivel *et al*, 2012).

b. Uji penguat (*Confirmed Test*)

Uji penguat ini bertujuan untuk menguji kembali kebenaran adanya coliform dengan bantuan media selektif, yang menegaskan hasil positif dari uji pendugaan, media yang digunakan adalah *Brilliant Green Laktosa Bile Broth* (BGLBB), dilihat ada tidaknya pembentukan gas dalam tabung durham setelah diinkubasi dalam waktu 24-48 jam. Bila terbentuk gas dalam tabung durham maka tes dinyatakan positif (Boekoesoe, 2010; Sunarti, 2015).

2.6.2 Pemeriksaan Mikroskopis

Pewarnaan gram merupakan pewarnaan diferensiasi sebab pewarnaan ini dapat membedakan sifat bakteri berdasarkan gram menggunakan dua zat warna. Pada pewarnaan Gram negatif apabila

warna bakteri adalah merah dan Gram positif apabila warna bakteri ungu. Selain sifat, pewarnaan Gram juga dapat menunjukkan morfologi bakteri, yaitu kokobasil, basil, kokus, diplokokus dan spora (Putri, 2015).

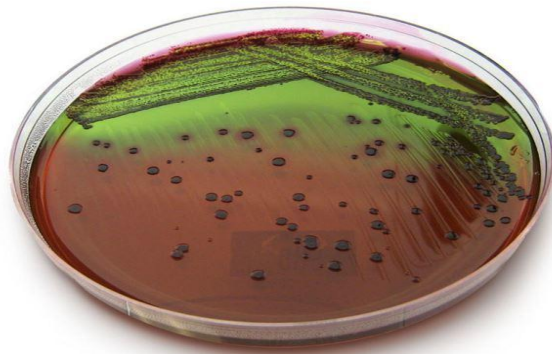
2.6.3 Pembiakan Bakteri

Media selektif digunakan untuk mengisolasi kelompok khusus bakteri. Media ini dilengkapi bahan kimia untuk menghambat pertumbuhan satu tipe bakteri dan menyebabkan pertumbuhan yang lainnya, sehingga memberi kemudahan untuk mengisolasi bakteri yang diinginkan. Media diferensial digunakan untuk membedakan kelompok mikroorganisme dari sifat morfologi dan biokimianya. Media ini dilengkapi campuran bahan kimia, setelah inokulasi dan inkubasi, menghasilkan perubahan karakteristik pada penampakan pertumbuhan bakteri dan atau pada medium sekitar koloni, yang menyebabkan perbedaan. Media diferensial adalah medium yang menyebabkan koloni dari jenis organisme tertentu memberikan suatu tampilan yang khas (Jawetz *et al.*, 2012). Media yang digunakan yaitu:

1) Agar Eosin-Methylene Blue (EMB agar)

EMB agar memiliki kandungan metilen biru di mana zat tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif sehingga yang tumbuh hanya bakteri Gram negatif. Selain itu, EMB agar memiliki kondisi yang asam sehingga hal ini membuat kompleks presipitat

dan menimbulkan warna hijau kilap logam pada *E. coli* yang mana bakteri *E. coli* merupakan indikator *Coliform* fekal (Putri, 2015).



Gambar 3. *E.coli* dalam media EMB Agar
(sumber: Acharya, 2013a).

2.6.4 Uji Biokimia dan Uji Gula-gula

2.6.4.1 Uji IMViC

Pada bakteri *E.coli* uji biokimia yang umumnya dilakukan adalah uji gula-gula dan uji IMViC. Pada uji IMViC pada *E.coli* terdapat lima rangkaian uji yaitu uji Indole, Methyl Red, Voges Praskauer, dan Citrat. Keempatnya menjadi standar baku dalam menentukan sifat biokimiawi bakteri koliform.

Pada uji indole bakteri *E.coli* dapat memproduksi indole dari pemecahan asam amino tryptopan dengan menggunakan enzim tryptophanase. Produksi indole akan dideteksi dengan menggunakan pereaksi Erlich atau reagen kovac's. Indole

akan bereaksi dengan aldehyde dalam reagen dan memberikan warna merah. Sebuah lapisan alkohol merah akan terbentuk seperti cincin di bagian atas menandakan indole positif (Putri, 2015).

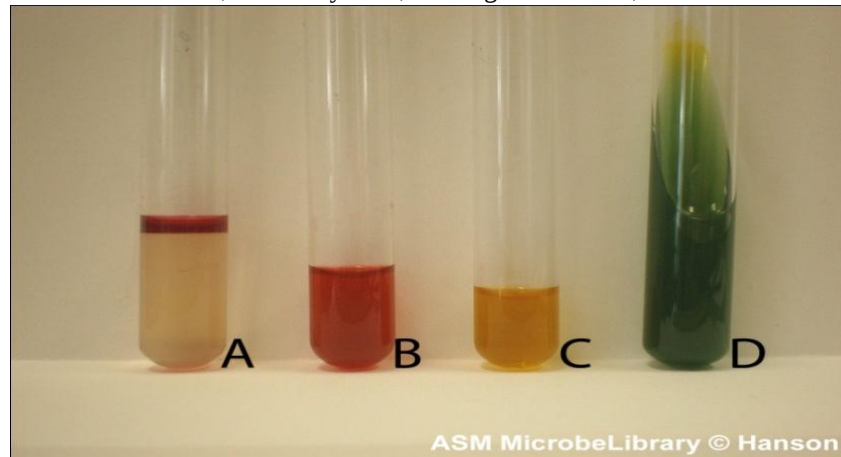
Uji *Methyl Red* (MR), mengetahui kemampuan bakteri *E.coli* dapat menghasilkan asam metilen glikon dari proses fermentasi glukosa. *Methyl Red* merupakan indikator pH, hasilnya akan positif dimana hal tersebut ditunjukkan indikator merah yang berarti pH asam yang diproduksi sekitar 4.4 (Putri, 2015; Rao, 2006).

Pada uji *Voges Proskauer* (VP), maka bakteri *E.coli* akan menunjukkan hasil negatif sebab bakteri tidak menghasilkan produk netral seperti asetil metil karbinol (asetoin) dari hasil metabolisme glukosa melainkan menghasilkan asam sehingga saat ditetaskan alfanaftol dan KOH tidak terjadi perubahan warna media menjadi merah (Cappucino, 2012).

Uji Sitrat jika yang diduga adalah bakteri *E.coli* maka akan didapatkan hasil yang negatif sebab *E.coli* tidak dapat menggunakan sitrat sebagai sumber karbon maka medianya akan tetap berwarna hijau (Cappucino, 2012). Sehingga pada

keseluruhan uji IMViC akan didapatkan hasil seperti pada tabel dan gambar dibawah ini

A : indol, B : Methyl Red, C : Voges Proskauer, D : sitrat



Gambar 4. Uji IMViC pada *E.coli*
(sumber: Acharya, 2013b).

Tabel 6. hasil uji IMViC

Bakteri	Indole	MR	VP	Sitrat
<i>E. coli</i>	+	+	-	-

2.6.4.2 Uji Gula-gula

Pada uji gula-gula digunakan 5 jenis yaitu glukosa, laktosa, maltosa, manitol dan sukrosa. Pada uji gula-gula akan didapatkan hasil positif karena *E.coli* dapat memfermentasikan gula-gula sehingga hasil fermentasi tersebut adalah asam dan gas. Asam dapat terlihat dengan adanya perubahan warna pada media yaitu dari ungu menjadi

kuning keruh dan adanya gas dapat dilihat di tabung durham (Cappucino, 2012).

Tabel 7. Uji Gula-gula untuk bakteri *E.coli*

Genus	Spesies	Glukosa	Laktosa	Manitol	Maltosa	Sukrosa
Escherichia	<i>Escherichia coli</i>	+/+ gas	+	+	+	+/-

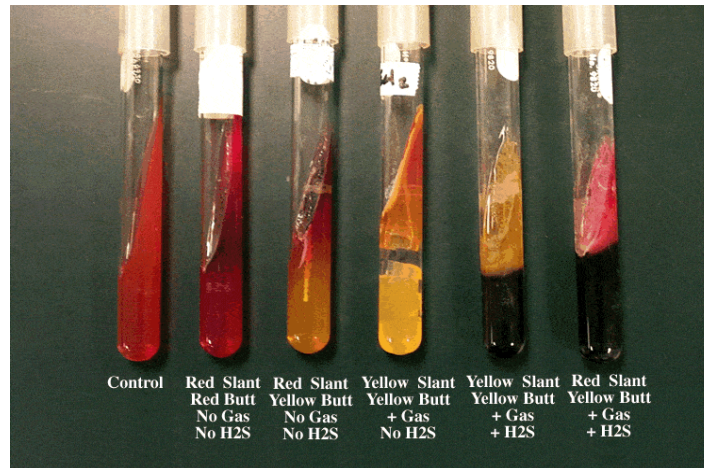
6.4.3 Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)

Uji TSIA dilakukan untuk mengidentifikasi mikroorganisme jenis Enterobacteriaceae dan juga untuk mengetahui perbedaan bakteri Gram negatif yang dapat mengkatabolisme laktosa, glukosa, sukrosa dan membebaskan asam sulfat. Terdapat tambahan fero sulfat dan sodium tiosulfat untuk mendeteksi produksi gas H₂S. Hasil positif untuk produksi gas H₂S adalah terbentuknya warna hitam pada media. Prinsip dari uji TSIA adalah lereng basa (merah) menandakan terjadinya pemakaian glukosa konsentrasi 0,1 % secara aerob setelah pengamatan 18-24 jam, glukosa habis terpakai dan mikroorganisme beralih menggunakan pepton yang akan membebaskan amonia dan menimbulkan suasana basa. Interpretasi hasil yang didapatkan pada uji ini adalah Lereng merah (K=alkali)/kuning (A=acid), Dasar merah (K=alkali)/kuning (A=acid), H₂S warna hitam antara dasar dan lereng, gas agar bagian dasar pecah atau ada gelembung (UPTD, 2013). Reaksi yang dapat timbul antara lain :

- a) Lereng merah (-) / Dasar kuning (+) → -/+, menandakan adanya fermentasi glukosa
- b) Lereng kuning (+) / Dasar kuning (+) → +/+, fermentasi laktosa dan / atau sukrosa.
- c) Lereng merah (-) / Dasar merah (-) → -/-, tidak memfermentasi gula dan tidak membentuk gas ataupun H₂S
- d) Ruang udara dibawah medium → terbentuknya gas sehingga medium teragkat keatas
- e) Warna hitam pada medium → terbentuknya H₂S

Tabel 8. Hasil uji TSIA pada mikroorganisme

Nama organisme	Lereng	Dasar	Gas	H ₂ S
<i>Escherichia, Klebsiella, Enterobacter</i>	Acid (A)	Acid (A)	Pos (+)	Neg (-)
<i>Shigella, Serratia</i>	Alkaline (K)	Acid (A)	Neg (-)	Neg (-)
<i>Salmonella, Proteus</i>	Alkaline (K)	Acid (A)	Pos (+)	Pos (+)
<i>Pseudomonas</i>	Alkaline (K)	Alkaline (K)	Neg (-)	Neg (-)



Gambar 5. Berbagai reaksi pada uji TSIA
(Acharya, 2013c).

2.9.4 Uji *Sulfur Indol Motility* (SIM)

Uji Sulfur bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menguraikan asam amino menjadi sulfur. Sulfur dihasilkan oleh beberapa jenis mikroba melalui pemecahan asam amino yang mengandung sulfur belerang (S) seperti lisin dan metionin. Hasil peruraian sulfur dapat diamati dengan penambahan garam-garam logam berat kedalam medium. Hasil positif apabila H₂S bereaksi dengan senyawa-senyawa ini yang ditandai dengan terbentuknya logam sulfid yang berwarna hitam. Uji motilitas adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *E.coli* terhadap bakteri lainnya berdasarkan penyebaran koloni karena *E.coli* memiliki kemampuan bergerak (motil) dalam media SIM. Kandungan NA semisolid dalam media SIM memungkinkan bakteri yang memiliki flagel melakukan pergerakan dalam media tersebut. *E.coli* memiliki karakteristik mempunyai flagel diseluruh badan sebagai alat gerak di habitatnya. Apabila dalam media terdapat pertumbuhan bakteri yang menyebar,

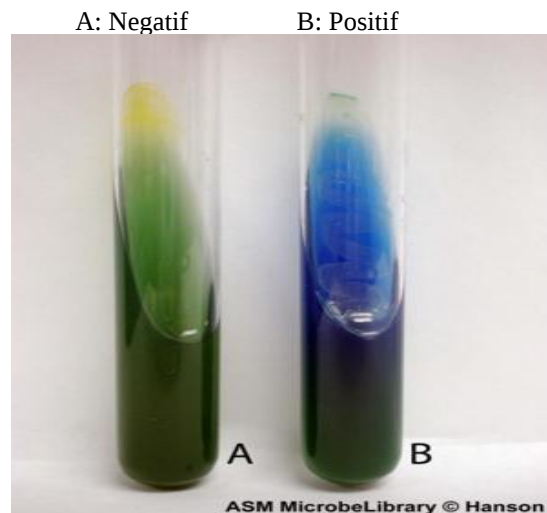
maka dinyatakan bakteri yang diidentifikasi tersebut adalah golongan Enterobacter, termasuk *E.coli* (Anita, 2015).

Tabel 9. Uji *Sulfur Indol Motility* (SIM)

Bakteri	SIM		
	Sulfur (H ₂ S)	Indole	Motilitas
<i>Escherichia coli</i>	Negatif (-)	Positif (+)	Positif (+)

2.6.4.4 Uji *Simmon Citrate* (SC)

Media yang dipakai adalah Simons citrat. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui apakah kuman menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Pada media Simons citrat berisi indikator BTB (*Brom Tymol Blue*). Apabila bakteri menggunakan sitrat sebagai sumber karbon maka media berubah menjadi basa dan berubah warna menjadi biru. Interpretasi hasil : negatif (-) : tidak terjadinya perubahan warna media dari hijau menjadi biru. Artinya bakteri ini tidak mempunyai enzim sitrat permease yaitu enzim spesifik yang membawa sitrat ke dalam sel. Sehingga kuman tidak menggunakan citra sebagai salah satu/satu-satunya sumber karbon. Positif (+) : terjadinya perubahan warna media dari hijau menjadi biru, artinya kuman menggunakan citrat sebagai salah satu/satu-satunya sumber karbon (Ratna, 2012).



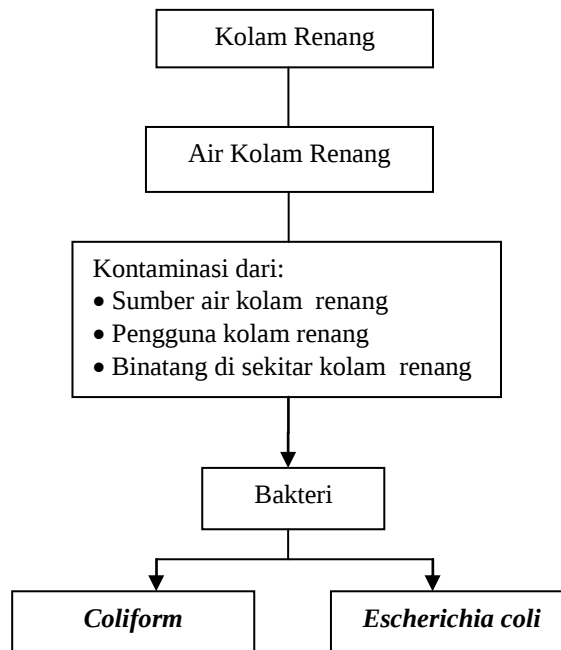
Gambar 6. Uji *Simmon Citrate* (SC)
(sumber: Acharya, 2013d)

Tabel 10. Uji Sitrat

Mikroorganisme	Hasil
<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella</i> spp, <i>Salmonella</i> Typhi, <i>Salmonella</i> Paratyphi A, <i>Morganella morganii</i>	Negatif (-)
<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter</i> species, <i>Citrobacter</i> <i>freundii</i> , <i>Serratia marcescens</i>	Positif (+)

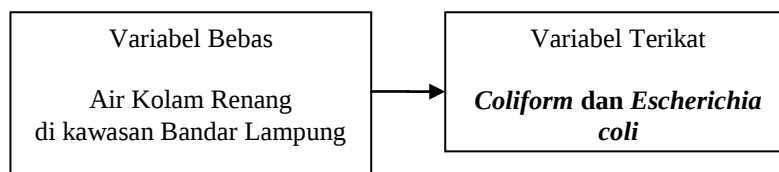
2.7 Kerangka Teori

Kolam renang sebagai sarana umum yang ramai dikunjungi masyarakat dapat berpotensi menjadi sarana penyebaran bibit penyakit maupun gangguan kesehatan akibat kondisi sanitasi lingkungan kolam renang yang buruk dan kualitas air kolam renang yang tercemar. Pencemaran mikrobiologis pada air kolam renang dapat disebabkan karena kontaminasi fekal dan kontaminasi non-fekal. Kontaminasi fekal berasal dari kotoran yang dikeluarkan oleh pengguna kolam renang maupun dari kotoran yang terdapat pada sumber air yang digunakan sebagai air kolam renang atau kontaminasi yang berasal dari kotoran hewan seperti burung dan tikus yang berada di area kolam renang. Kontaminasi non-fekal di kolam renang dapat berasal dari pengguna kolam renang, yaitu dari muntahan, lendir, air liur, atau lapisan kulit yang mencemari air kolam renang. Kontaminasi tersebut merupakan sumber potensial dari mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan protozoa dalam air yang dapat menyebabkan infeksi pada pengguna kolam renang lain apabila kontak dengan air yang telah terkontaminasi tersebut.



Gambar 7. Kerangka Teori
(sumber: *World Health Organization*, 2006 dan Depkes RI, 1990)

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 8. Kerangka Konsep

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif observatif dengan pendekatan *cross sectional*.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada air kolam renang di kota Bandar Lampung dan pengidentifikasian bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, Bandar Lampung. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017.

3.3 Subjek Penelitian

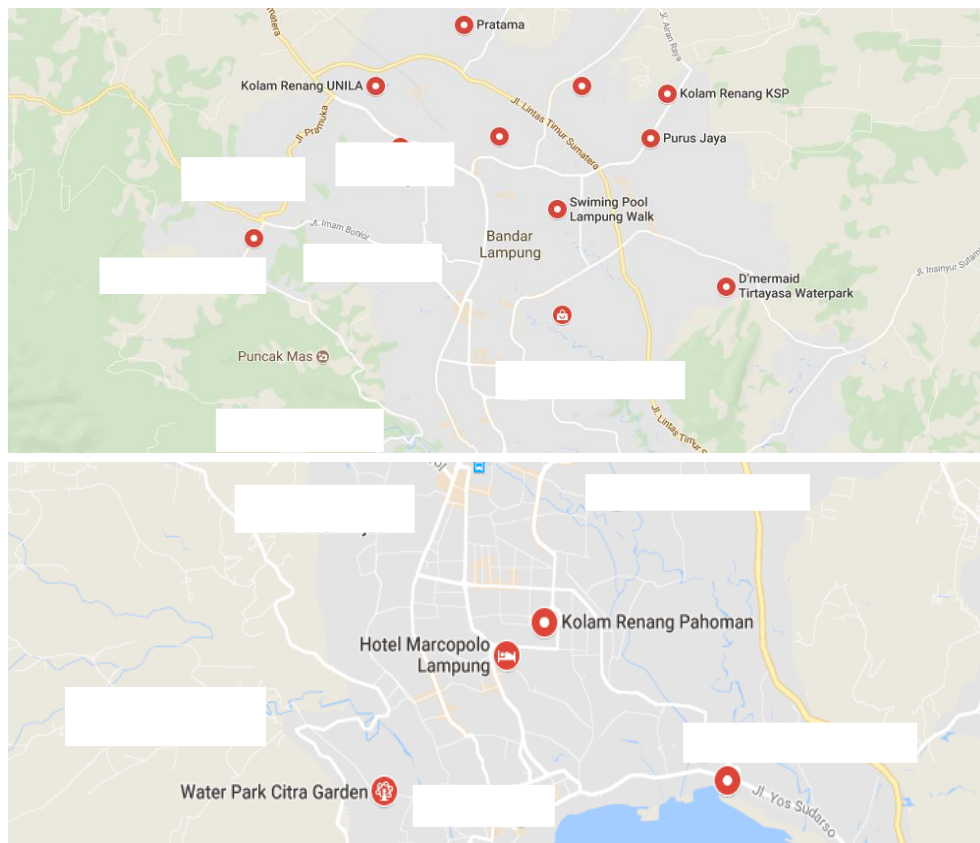
3.3.1 Populasi

Populasi adalah keseluruhan objek penelitian atau objek yang diteliti (Notoatmodjo, 2012). Populasi dalam penelitian adalah kolam renang di Kota Bandar Lampung.

3.3.2 Sampel

Sampel adalah bagian dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 11 air kolam renang

di Kota Bandar Lampung. Diantaranya adalah Kolam renang Alung, Bukit Mas, Bumi Kedaton, D'mermaid Tirtayasa Waterpark, Lampung Walk, Marcopolo, Pahoman, Pratama, Purus Jaya, Unila dan Water Park Citra Garden.



Gambar 9. Lokasi pengambilan sampel air kolam renang di Kota Bandar Lampung

3.3.3 Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kolam renang komersial yang terdapat di Bandar Lampung yang sedang beroperasi.
- Pemilik kolam renang bersedia untuk diteliti.

3.3.4 Teknik Sampling

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *non-probability sampling* dengan menggunakan jenis *total sampling* yaitu seluruh populasi diambil untuk dijadikan sebagai sampel. Pengambilan sampel pada seluruh kolam renang komersial di Bandar Lampung yang memenuhi kriteria Inklusi.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah air kolam renang yang diambil dari 11 tempat kolam renang umum di Kota Bandar Lampung, yaitu Kolam renang Alung, Bukit Mas, Bumi Kedaton, D'mermaid Tirtayasa Waterpark, Lampung Walk, Marcopolo, Pahoman, Pratama, Purus Jaya, Unila dan Water Park Citra Garden.

3.4.3 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah adanya bakteri *E. coli* yang di dapat dari sampel air kolam renang di Bandar Lampung.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah air kolam renang yang terdapat di kolam renang yang telah ditentukan sebagai sampel.

3.5.2 Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini adalah lemari pengering (inkubator), *autoclave*, rak dan tabung reaksi, tabung durham, gelas ukur, pipet ukur, pipet hisap, cawan petri, kapas, bunsen, korek api, label dan alat tulis, masker, *handscoon*, ose bulat dan ose lurus, serta peralatan lainnya yang dipergunakan di Laboratorium Mikrobiologi.

3.5.3 Media yang Digunakan

- a) *Lactose Broth* (LB)
- b) *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB) 2%
- c) *EC Broth*
- d) *Eosin Metylen Blue Agar* (EMBA)
- e) Pereaksi *Kovacs*
- f) Pereaksi untuk pewarna gram
- g) Pereaksi *Indole*
- h) Media TSIA dan SIM
- i) Media *Simmons Citrate*
- j) Media Gula-gula

3.6 Pengambilan Sampel

3.6.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengambilan sampel air kolam renang antara lain, alkohol 70%, label dan alat tulis, *cool box*, plastik bersekat dan botol sampel steril.

3.6.2 Prosedur Penelitian

3.6.2.1 Persiapan

Pada tahap persiapan bahan penelitian dan alat-alat yang akan digunakan. Persiapan alat yang dilakukan berupa sterilisasi semua alat menggunakan *autoclave*. Semua alat yang harus di sterilisasi adalah botol plastik bermulut lebar 250 ml dan box atau termos sebagai wadah untuk botol tersebut. Benda-benda tersebut disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15-20 menit. Prosedur pengambilan sampel air untuk pemeriksaan mikrobiologi, yaitu :

- 1) Sebelum pengambilan sampel air, tangan di aseptik terlebih dahulu dengan menggunakan alkohol 70%, hal ini mencegah pengambilan sampel air dari tangan yang terkontaminasi.
- 2) Tutup botol di buka dari alumunium foil (dibuka sampai setengah saja untuk menghindari kontaminasi). Tutup botol dan alumunium foil diambil sebagai satu kesatuan dan dipegang antara jari-jari tangan (tutup botol jangan ditaruh disembarang tempat untuk menghindari kontaminasi). Pengambilan harus dilakukan secara aseptis.
- 3) Botol yang telah terikat dengan benang atau dipegang oleh tangan dicelupkan hingga kedalaman tertentu biasanya 20-30 cm.
- 4) Botol dimiringkan sehingga air perlahan masuk. Mulut botol dihadapkan melawan arus.

- 5) Isi botol dengan air kolam renang hingga $\frac{3}{4}$ botol, hal ini bertujuan agar sisa ruangan botol masih ada udara untuk mikroorganisme. Kemudian tutup rapat botol.
- 6) Kemudian botol sampel di beri label
- 7) Pengerjaan ini dilakukan secara aseptis dan hati-hati (Nugroho, 2015).

Setelah sampel didapatkan, sampel harus segera dikirim ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan. Jika waktu pengiriman lebih dari 3 jam maka sampel disimpan dalam *ice box* untuk mempertahankan suhu di sekitar 4-10°C. Kemudian dipindahkan kedalam beker glass yang telah disterilkan (Hadi, 2005).

3.6.2.2 Uji *Most Probable Number* (MPN)

a. Uji pendugaan (*Presumptive Test*)

- 1) Siapkan medium LB steril di dalam 15 tabung reaksi yang masing-masing telah dimasukkan tabung durham.
- 2) Buat pengenceran 10 ml, 1 ml, 0,1 ml dari sampel.
- 3) Masukkan masing-masing 1 ml dari setiap seri pengenceran ke dalam medium LB.
- 4) Kocok dengan hati-hati hingga sampel homogen dan tutup mulut tabung reaksi dengan kapas.
- 5) Inkubasi semua tabung pada suhu 37°C .

6) Pada 1 x 24 pertama, amati perubahan yang terjadi yaitu positif bila warna medium berubah dari hijau menjadi kuning dan ada gas dalam tabung durham. Jika belum terjadi perubahan inkubasi dilanjutkan sampai maksimal 2 x 24 jam.

b. Uji penegasan (*Confirmed Test*)

- 1) Siapkan tabung kultur yang masing-masing berisi 10 ml media cair BGLB 2% steril yang sudah dilengkapi dengan tabung durham. Aturlah letaknya pada rak tabung dan masing-masing beri kode misalnya : (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3), sehingga jumlahnya sama dengan jumlah tabung yang positif saja.
- 2) Air sampel yang sudah diinkubasikan dituangkan ke dalam media kultur laktosa menggunakan pipet steril masing-masing sebanyak 1 ml ke dalam tabung yang positif.
- 3) Inkubasi tabung kultur yang sudah diperlukan pada suhu 35°C selama 1 x 24 jam.
- 4) Amati adanya gelembung udara di dalam tabung durham. Catat kode tabung yang positif mengeluarkan gas. Mikroba penghasil gas yang tumbuh pada tabung adalah kelompok mikroba yang mampu memfermentasikan laktosa dan tahan terhadap suhu tinggi 35°C mikroba ini disebut kelompok bakteri coliform fekal.

Selain diinokulasikan pada media BGLB, tabung yang positif gas juga dilanjutkan dengan menggunakan media *Escherichia coli Broth (EC Broth)* dengan cara memasukkan 1 sengkelit biakan positif gas pada BGLB ke dalam tabung berisi *EC Broth*. Inkubasikan dalam penangas air pada suhu 44 – 45°C selama 24 – 48 jam. Catat tabung yang didalamnya terbentuk gas. *E.coli* dianggap positif, jika didalam tabung terbentuk gas.

c. Uji penguat (*Completed Test*)

Uji penguat dapat dilakukan dengan mendeteksi adanya bakteri *E.coli*, caranya ialah

- 1) Inokulasi sample perlakuan dari tabung yang positif pada uji penegasan sebanyak satu ose kepermukaan media EMBA secara zigzag. Inkubasi pada suhu 37°C selama 1 x 24 jam.
- 2) Uji positif bila terdapat koloni hijau metalik dengan titik hitam ditengah koloni pada medium EMBA. Adanya kilau metalik adalah koloni bakteri *E.coli*.
- 3) Koloni bakteri pada medium lempeng tersebut kemudian dimurnikan dan disimpan di medium agar miring.
- 4) Selanjutnya dapat dipastikan lagi dengan cara mengamati inokulum dari koloni tersebut secara langsung dengan menggunakan mikroskop.

- 5) Buatlah sediaan yang diwarnai secara gram, kemudian amati di bawah mikroskop. Bakteri *E.coli* akan memperlihatkan sebagian bentuk batang, gram negatif.
- 6) Setelah semua pengujian selesai, tentukanlah nilai MPN.

3.6.2.3 Pewarnaan gram

- 1) Siapkan *object glass* baru. Bersihkan dan lewatkan diatas api. Beri identitas pada pinggir *object glass*.
- 2) Ambil spesimen dengan menggunakan ose steril. Panaskan ose sebelum dan sesudah digunakan.
- 3) Hapuskan pada bagian tengah *object glass* secara merata dan tipis.
- 4) Lakukan fiksasi. Pegang *object glass* dengan penjepit preparat, dan lewatkan di atas lampu bunsen sebanyak 3 kali secara perlahan
- 5) Letakkan slide pada rak pewarnaan. Genangi seluruh permukaan slide dengan kristal violet. Biarkan selama 60 detik, kemudian cuci slide di bawah air mengalir selama 5 detik.
- 6) Slide digenangi dengan larutan iodine, biarkan selama 1 menit, kemudian cuci dengan air mengalir selama 5 detik.
- 7) Teteskan etanol sedikit demi sedikit sampai warna biru ungu luntur pada spesimen.

- 8) Safranin ditetaskan pada slide dan biarkan selama 1 menit, kemudian cuci dengan air mengalir selama 5 detik untuk menghilangkan zat warna.
- 9) Keringkan dengan kertas saring atau biarkan kering sendiri di udara.
- 10) Kemudian amati dibawah mikroskop.

3.6.2.4 Uji Biokimia dan Uji Gula-gula

1) Uji SIM (*Sulfur Indol Motility*)

- Dengan menggunakan ose steril, diambil koloni biakan pada media EMBA, kemudian ditanam pada media SIM dengan cara menusuk ose tegak lurus.
- Inkubasikan pada suhu 37°C selama 18-24 jam.
- Permukaan pertumbuhan bakteri pada SIM ditetesi reagen kovac sebanyak 0,25 ml.
- Kocok pelan dan perhatikan adanya warna yang timbul.

Hasil positif jika terbentuk cincin warna merah dan hasil negatif jika tidak terbentuk cincin merah. Hasil uji motilitas positif jika ada pertumbuhan bakteri hanya pada bekas tusukan. Untuk bakteri *E.coli* hasilnya adalah Sulfur negatif, Indol positif, Motilitas positif.

2) Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*)

Uji TSIA bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri yang berasal dari enterobacteriaceae. Uji ini biasa juga digunakan untuk

membedakan gram negatif antara yang mampu mengkatabolisme glukosa, laktosa, sukrosa, dan mampu membebaskan H₂S atau tidak. Penanaman dilakukan dengan cara mengambil spesimen bakteri dari media EMB.

- Dengan ose yang sudah steril dan dingin, diambil koloni bakteri
- Tutup dari media agar dibuka dan didekatkan dengan api
- Ose yang sudah berisi bakteri digoreskan zig-zag pada permukaan media, ditengah media tidak terlalu keatas ataupun kebawah dan juga tidak terlalu kekanan atau kekiri.
- Setelah itu ditusukan ditengah-tengahnya 1 sampai 2 kali
- Diinkubator pada suhu 37°C selama 18-24 jam.

Untuk bakteri *E.coli* hasilnya adalah Lereng kuning, Dasar kuning, gas positif.

3) Uji Sitrat

Koloni bakteri diinokulasi kedalam medium biakan *Simmons Citrat Agar* dan diinkubasi selama 24 jam pada 37°C. Jika bakteri yang diuji dapat menggunakan sitrat maka medium akan berubah warna dari hijau ke biru maka hasilnya positif. Pada *E.coli* tidak menunjukan perubahan warna sehingga didapat hasil negatif (Rao, 2006).

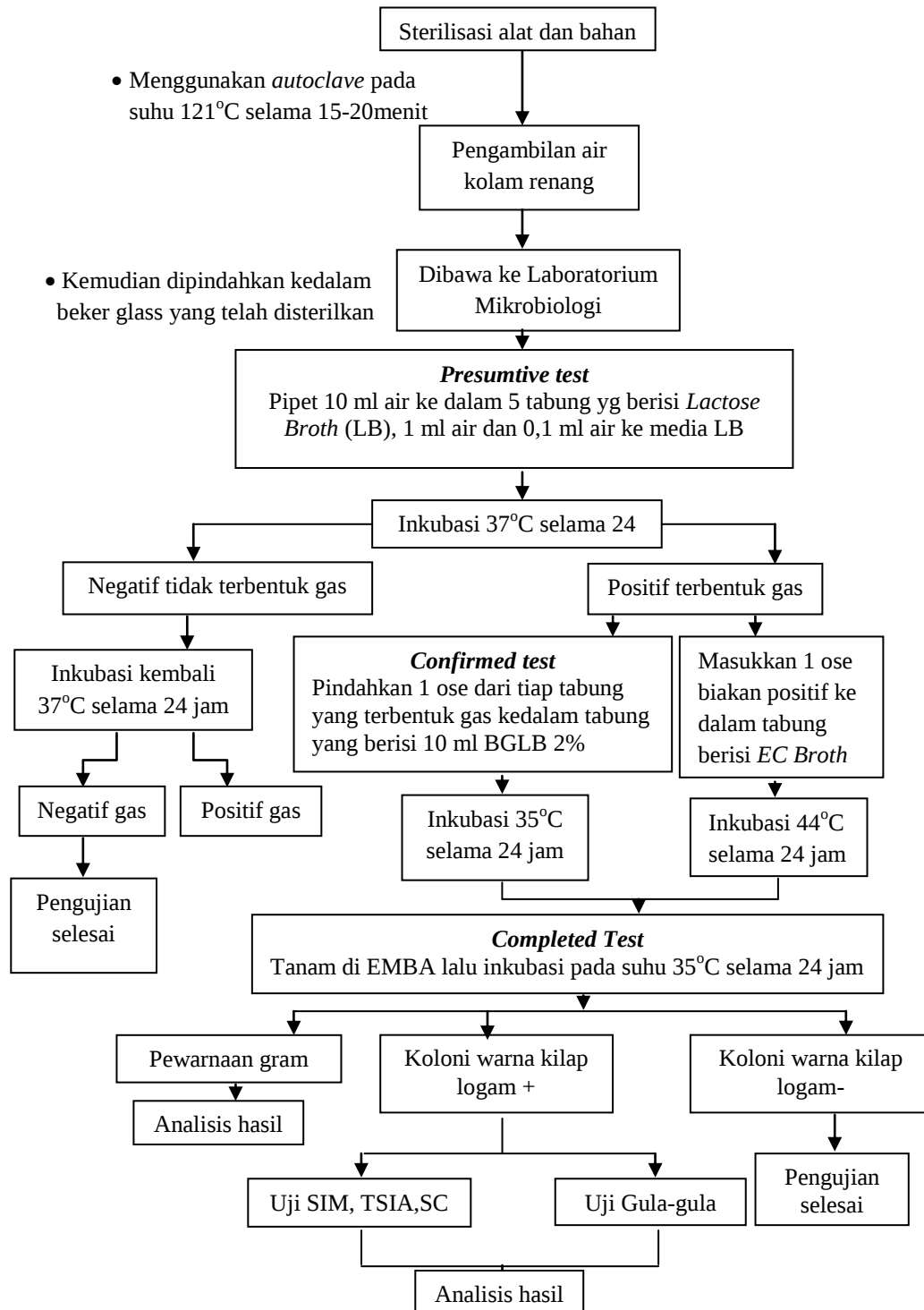
4) Uji Gula-gula

- Disiapkan biakan bakteri yang tidak diketahui pada agar miring.

- Kawat ose dengan ujung yang membulat dipanaskan sampai berpijar, kemudian didinginkan.
- Setelah dingin, biakan bakteri pada agar miring yang telah diketahui gram negatif diambil dengan kawat ose ujung.
- Lalu ditanamkan bakteri yang ada pada kawat ose pada masing-masing media gula dari glukosa, laktosa, manitol, maltosa, dan sukrosa.
- Beri nama dan tanggal penanaman pada tiap tabung.
- Media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

Pada *E.coli* menunjukkan hasil positif dengan terjadinya perubahan warna media dari ungu menjadi kuning keruh dan adanya gas pada tabung durham.

3.7 Alur Penelitian



Gambar 10. Alur Penelitian

3.8 Definisi Operasional

Tabel 11. Definisi operasional dari variabel yang ada dalam penelitian.

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
Identifikasi <i>E.coli</i>	Bakteri gram negatif yang berbentuk batang dan umumnya sebagai flora normal di kolon manusia	1. Uji MPN 2. Pewarnaan Gram 3. Uji TSIA dan SIM 4. Uji Gula-gula	(-)	1. Media LB menjadi keruh dan terdapat gas pada tabung durham, tumbuh koloni pada media EMBA dengan warna hijau dengan kilap logam. 2. Gram negatif dengan bentuk batang pendek 3. Uji TSIA Lereng kuning, Dasar kuning, gas (+). Uji SIM membentuk cincin warna merah, Sulfur (-), Indol (+), Motilitas (+). 4. Uji gula-gula positif mengandung gas.	kategorik

3.9 Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil identifikasi *Escherichia coli* pada air kolam renang di kota Bandar Lampung. Berdasarkan hasil pemeriksaan secara mikrobiologi didapatkan data ada atau tidaknya bakteri *Escherichia coli* pada sampel. Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel, dinarasikan kemudian dianalisis secara deskriptif untuk diambil kesimpulan dan saran.

3.10 Etika Penelitian

Penelitian ini mendapatkan *Ethical Clearance* dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan Nomor 678/UN26.8/DL/2018.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdeteksi adanya bakteri *Coliform* pada 11 sampel air kolam renang di kota Bandar Lampung. Diantaranya, terdeteksi adanya bakteri *E. coli* sebanyak 3 sampel (27%) dan *Citrobacter freundii* sebanyak 8 sampel (73%).

5.2 Saran

1. Diharapkan kepada Dinas Kesehatan (Dinkes) Kota Bandar Lampung untuk menjaga mutu dan kualitas kolam renang Bandar Lampung.
2. Diharapkan kepada pengurus kolam renang untuk memperhatikan sanitasi kolam renang serta kualitas air kolam renang sesuai syarat Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 Tahun 1990.
3. Diharapkan kepada pengurus kolam renang agar melakukan pemantauan secara berkala terhadap parameter biologi, fisika, dan kimia agar kualitas air kolam renang tetap terjaga.
4. Para pengguna kolam renang diharapkan untuk menjaga kebersihan kolam renang dengan tidak buang air kecil, meludah, dan lain-lain
5. Untuk para peneliti lain, disarankan untuk melakukan penelitian tentang air baku kolam renang.

6. Peneliti selanjutnya dapat menambah jumlah sampel dengan menggunakan metode penelitian yang berbeda, dan atau identifikasi kuman yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Acharya T. 2013a. Eosin Methylene Blue (EMB) agar; composition, uses and colony characteristics [Online Artikel] [diunduh 26 september 2017]. Tersedia dari: <https://microbeonline.com/eosin-methylene-blue-emb-agar-composition-uses-colony-characteristics/>.

Acharya T. 2013b. IMViC tests; principle, procedure and results [Online Artikel] [diunduh 26 september 2017]. Tersedia dari: <http://microbeonline.com/imvic-tests-principle-procedure-and-results/>.

Acharya T. 2013c. Triple Sugar Iron Agar (TSI); principle, procedure and interpretation [Online Artikel] [diunduh 02 oktober 2017]. Tersedia dari: <https://microbeonline.com/triple-sugar-iron-agar-tsi-principle-procedure-and-interpretation/>.

Agbagwa OE, Young HW. 2012. Health implications of some public swimming pools located in port harcourt, Nigeria. Public Health Research. 2(6): 190-6.

Amala SE, Aleru CP, Harcourt P. 2016. Bacteriological quality of swimming pools water in port harcourt metropolis. J Nat Sci Res. 8(3):79-84

Anita N. 2015. Uji angka lempeng total dan identifikasi *Escherichia coli* pada jamu pahitan brotowali yang diproduksi oleh penjual jamu gendong keliling di wilayah Tonggalan Klaten [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

Ayandele AA, Adebayo EA, Oladipo EK. 2015. assesment of microbiological quality of outdoor swimming pools in Ilorin, Kwara State. IOSR-JESTFT. 9(8):25-30.

Bambang AG, Fatimawali, Novel, Kojong S. 2014. Analisis cemaran bakteri *Coliform* dan identifikasi *Escherichia coli* pada air isi ulang dari depot di kota Manado. J Ilmiah Farmasi. 3(3):325-334.

Boekoesoe L. 2010. Tingkat kualitas bakteriologis air bersih di desa Sosial kecamatan Paguyuman kabupaten Boalemo. INOVASI. 7(4):1112-1123.

Burhanudin I. 2015. Analisis klorin terhadap keluhan iritasi mata pada pengguna kolam renang pemerintah di Jakarta Selatan [skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Busyairi M, Dewi YP, Widodo DI. 2016. Efektivitas kaporit pada proses klorinasi terhadap penurunan bakteri *Coliform* dari limbah cari rumah sakit x Samarinda. J Manusia dan Lingkungan.23(2):156-162.

Capuccino JG, Sherman N. 2012. Microbiology a laboratory manual. Edisi ke-9. California: The Benjamin Cummings Publishing Company. hlm. 323-7

CDC. 2013. CDC study finds fecal contamination in pools [Online Journal]. Tersedia dari: <https://www.cdc.gov/media/releases/2013/p0516-pool-contamination.html>.

Chandra B. 2007. Pengantar kesehatan lingkungan. Jakarta: EGC. hlm. 40-2.

Cita DW, Adriyani R. 2013. Kualitas air dan keluhan kesehatan pengguna kolam renang di Sidoarjo. J Kesling.7(1):26-31.

Depkes RI. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416 / MEN . KES / PER / IX / 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. hlm.1–10

Ekopai JM, Onyuth H, Sente C, Musisi NL, Namara BG. 2017. Determination of bacterial quality of water in randomly selected swimming pools in Kampala city, Uganda. New Journal of Science. Vol. 2017:1-7.

Fardiaz S. 2011. Polusi Air & Udara. Yogyakarta: Kanisius. hlm.44

Hadi A. 2005. Prinsip pengelolaan pengambilan sampel lingkungan. Jakarta: Gramedia

Hussain T. 2015. An introduction to the serotypes, pathotypes and phylotypes of *Escherichia coli*. IJOMAS. 2(1):9–16

Ingerson MM, Reid A. 2011. *E. coli*: Good, bad, & deadly. American Academy of Microbiology. hlm. 1-14

Ismail M. 2009. Efektivitas proses chlorinasi terhadap penurunan bakteri *Escherichia coli* dan residu chlor pada instalasi pengolahan air bersih RSUD. Saiful Anwar Malang. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.

Jawetz E, Melnick JL, Adelberg EA, Brooks GF, Butel JS, dan Ornston LN. 2013. Mikrobiologi Kedokteran. Edisi 25. Jakarta: EGC.

Joko, Tri. 2010. Unit air baku dalam sistem penyediaan air minum. Edisi pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu. ISBN : 978-979-756-596-1.

Khairunnisa C. 2012. Pengaruh jarak dan konstruksi sumur serta tindakan pengguna air terhadap jumlah *Coliform* air sumur gali penduduk di sekitar pasar hewan desa Cempeudak kecamatan Tanah Jambo Aye kabupaten Aceh Utara tahun 2012 [Tesis]. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Liu LH, Wang NY, Jung AY, Lin CC, Lee CM, Liu CP. 2017. *Citrobacter freundii* bacteremia: risk factors of mortality and prevalence of resistance genes. *J of Microbiology, Immunology and Infection*. 20:1-8.

New Zealand Standards (NZS). 2010. New Zealand standard pool water quality. New Zealand: NZS 5826:2010.

Notoatmodjo, S. 2012. Metode penelitian kesehatan Edisi revisi. Jakarta: Rineka Cipta

Nugroho R. 2016. Pengolahan air kolam renang menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda alumunium- grafit [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta

Permenkes. 2017. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum. hlm. 12-5.

Poolman JT, Wacker M. 2016. Extraintestinal pathogenic *Escherichia coli*, a common human pathogen: Challenges for vaccine development and progress in the field. *J Inf Dis*. 213. hlm. 6–13

Putri ND. 2015. Identifikasi bakteri *Escherichia coli* pada es batu yang dijual warung nasi di kelurahan Pisangan tahun 2015 [skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah

Ratna S. 2012. Mikrobiologi dasar dalam praktek: teknik dan prosedur dasar laboratorium. Jakarta: PT Gramedia.

Restina D. 2017. Identifikasi bakteri *Escherichia coli* pada air PDAM dan air sumur di kelurahan gedong air Bandar Lampung [skripsi]. Lampung: Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Rao, Shidar PN. 2006. IMViC reactions [diunduh 25 september 2017]. Tersedia dari: <https://www.microrao.com/micronotes/imvic.pdf>.

Rozanto NE. 2015. Tinjauan kondisi sanitasi lingkungan kolam renang, kadar sisa khlor, dan keluhan iritasi mata pada perenang di kolam renang umum kota Semarang tahun 2015 [skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Santoso L, Iswanto MG, Rukmi, Oenik L. 2012. Jumlah total bakteri coliform dalam air susu sapi segar pada pedagang pengecer di kota Semarang. *J Kesmas*. 1(2):402-12.

Sastrawijaya T. 2009. Pencemaran lingkungan. Jakarta: Rineka Cipta.

Sastroamoro S, Ismael S. 2014. Dasar-dasar metodologi penelitian klinis. Edisi 5. Jakarta : CV. Sagung Seto.

Sengupta C, Saha R. 2013. Understanding Coliforms - a short review. International Journal of Advanced Research. 1(4):16-25.

Seputro D. 2005. Dasar-dasar mikrobiologi. Jakarta: EGC.

Soemirat, J. 2011. Kesehatan lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Standar Nasional Indonesia. 2008. Metode pengujian air minum dalam kemasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Sunarko I. 2012. Disinfeksi bakteri *Escherichia coli* dengan menggunakan kavitasi hidrodinamika [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik Kimia.

Sunarti RN. 2016. Uji kualitas air minum isi ulang disekitar kampus UIN Raden Fatah Palembang. J Bioilmi.2(1):40-50.

Suriaman E, Apriliasari WP. 2017. Uji MPN *Coliform* dan identifikasi fungi patogen pada air kolam renang di kota Malang. J SainHealth.1(1):16-22.

Syahrurachman A, Chatim A, Soebandrio A, Karuniawati A, Santoso A, Harun B. 2010. Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran. Edisi revisi. Jakarta: Binarupa Aksara publishers.

Talaro KP, Chess B. 2012. Foundations in Microbiology VIII. New York: McGraw - Hill International Edition

Talita S, Nurjazuli, Dangiran L. 2016. Studi kualitas bakteriologis air kolam renang dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di kolam renang kota Semarang. JKM e-Journal. 4(5):196-203.

Todar. 2008. Classification of *Escherichia coli*. [diunduh 16 Maret 2017]. Tersedia dari: <http://textbookofbacteriology.net/e.coli.html>.

Tristyanto N. 2015. Uji bakteriologi MPN *Coliform* dan *Escherichia coli* pada air baku kolam renang di kota Malang. Malang: PT. Semesta Anugrah.

Umaroh F, Nurjazuli, Dangiran HL. 2017. Studi angka kuman air kolam renang di Owabong kabupaten Purbalingga. JKM. 5(5):630-8.

UPTD Laboratorium Kesehatan. 2013. Instruksi kerja pemeriksaan dan identifikasi bakteri aerob. hlm. 1-11, No.19-80/IK

Vieira N, Bates SJ, Solberg OD, Ponce K, Howsmon R, Cevallos W, Trueba G, Riley L, Eisenberg JN. 2007. High prevalence of enteroinvasive *Escherichia coli*

isolated in a remote region of northern coastal ecuador. *Am J Trop Med Hyg.* 76(3):528-33.

Wagiono, 2013. Mengambil contoh bahan padatan, cairan dan semi padat. Bagian Proyek Pengembangan Kurikulum Diktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.

Waluyo L. 2009. Mikrobiologi lingkungan. Malang: UMM Press.

Wandrivel R, Suharti N, LestariY. 2012. Kualitas air minum yang diproduksi depot air minum isi ulang di kecamatan Bungus Padang berdasarkan persyaratan mikrobiologi. *J Kes Andalas.* 1(3):129-132

World Health Organization (WHO). 2006. Microbial hazards in: Guidelines for safe recreational water environment. Vol 1. Swimming pools and similar environments. Switzerland: WHO Press.

Zarzoso M, Liana S, Soriano P. 2010. Potential negative effects of chlorinated swimming pool attendance on health of swimmers and associated staff. *J Biol Sport.* 27(3):233-40