

## BAB II KAJIAN TEORI

### 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

- 2.1.1 Berdasarkan penelitian Suryani dkk (2021) dari Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Musi Charitas, yang berjudul “Analisis Kualitas Fisik dan Risiko Kontaminasi Terhadap Kandungan Bakteriologis Pada Sumur Gali di Wilayah Kerja Dinas Kesehatan OKU 2021”, Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keterkaitan antara faktor fisik dan potensi kontaminasi dengan kandungan bakteriologis pada sumur gali di wilayah kerja Dinas Kesehatan Kabupaten OKU. Penelitian ini menerapkan desain *cross-sectional* dengan jumlah sampel sebanyak 57 sumur yang sudah mendapat pemeriksaan sanitasi lingkungan. Berdasarkan data IKL tahun 2020, dari 131 sumur gali yang diperiksa, diketahui bahwa sebanyak 76 sumur tergolong dalam kategori risiko kontaminasi sedang, 47 sumur memiliki risiko rendah, 11 sumur berada pada tingkat risiko tinggi, dan 5 sumur termasuk dalam kategori risiko kontaminasi sangat tinggi. Uji bakteriologis terhadap 32 sumur gali menunjukkan bahwa 23 di antaranya (71,8%) tidak memenuhi syarat kesehatan, sementara hanya 9 sumur gali (28,2%) yang memenuhi syarat kesehatan. Pengujian menggunakan metode Chi-square menunjukkan bahwa karakteristik fisik air seperti (kejernihan, aroma, rasa, dan wana) tidak menunjukkan kaitan yang punya pengaruh nyata dengan kandungan dari perspektif mikroba bakteri pada air sumur gali ( $p > 0,05$ ). Namun, dijumpai keterkaitan berarti pada hubungan potensi pencemaran dan keberadaan bakteri dalam air sumur gali ( $p \leq 0,05$ ). Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun risiko kontaminasi berhubungan dengan kandungan bakteriologis, tidak ada satu pun variabel yang secara signifikan mendominasi pengaruh terhadap kualitas bakteriologis air sumur gali.
- 2.1.2 Penelitian yang dilakukan oleh Qorni dkk (2022) berasal dari Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Bengkulu

dan Program Studi Promosi Kesehatan Poltekkes Kemenkes Bengkulu "Hubungan Jarak dan Sanitasi Kandang dengan Keberadaan Bakteri *Coliform* Air Sumur di Desa Bangkahan Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu" bertujuan untuk menganalisis hubungan antara jarak kandang ternak dan sanitasi kandang terhadap kualitas bakteriologi air sumur gali masyarakat di Desa Bangkahan, Kecamatan Kampung Melayu, Kota Bengkulu, pada tahun 2022. Penelitian ini menerapkan desain potong lintang dengan pendekatan korelasional. Dari keseluruhan 17 sumur gali yang menjadi populasi, pengambilan sampel dilakukan secara purposive dengan menggunakan perhitungan rumus Slovin, menghasilkan 7 sumur gali sebagai sampel penelitian. Penelaahan yang dijalankan memberikan bukti dari 7 sumur yang diperiksa, sebanyak 6 sumur gali mengandung *sColiform*. Analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dengan nilai korelasi sebesar 0,864. Sebaliknya, tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara sanitasi kandang dengan keberadaan bakteri *Coliform*, dengan nilai korelasi 0,215, yang menunjukkan hubungan rendah antara kedua variabel tersebut.

- 2.1.3 Penelitian oleh Novarianti dan Amsal (2022) dari Poltekkes Kemenkes Palu berjudul "Pengaruh Konstruksi Sumur Gali dan Jarak Sumber Pencemar Terhadap Kualitas Bakteriologis Air di Wilayah Kerja Puskesmas Palolo". Riset ini termasuk penelitian kuantitatif dengan rancangan analitik serta desain cross-sectional, di mana kedua variabel utama diamati pada momen yang bersamaan. Observasi dilakukan pada 89 sumur gali untuk menilai kelayakan konstruksi dan jarak dari sumber pencemar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 89 sumur gali, sebanyak 35 sumur (39,3%) memenuhi syarat konstruksi, sedangkan 54 sumur (60,7%) tidak memenuhi syarat. Analisis statistik menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara konstruksi sumur gali dengan kualitas bakteri *Coliform*, dengan nilai p-value sebesar 0,00. Jarak sumber pencemar juga dianalisis, dengan hasil menunjukkan bahwa 31 sumur (34,8%) memenuhi syarat jarak, sementara 58 sumur (65,2%)

tidak memenuhi syarat. Analisis statistik mengonfirmasi adanya hubungan signifikan antara jarak sumber pencemar dengan kualitas bakteri *Coliform*, dengan nilai p-value sebesar 0,00. Namun, pengecekan melalui fasilitas uji terhadap kualitas bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) pada sumur gali menunjukkan bahwa hanya 1 sumur (1,1%) yang memenuhi syarat. Analisis statistik menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara jarak sumber pencemar dengan kualitas bakteri *E. coli* dalam air sumur gali, dengan nilai p-value sebesar 0,34.

**Tabel II. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang**

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis dan Desain Penelitian	Populasi dan Sampel	Variabel Penelitian	Desain Analisis	Hasil
1.	Suryani dkk (2021)	Analisis Kualitas Fisik dan Risiko Kontaminasi Terhadap Kandungan Bakteriologis Pada Sumur Gali di Wilayah Kerja Dinas Kesehatan OKU 2021	Analitik dengan desain <i>cross sectional</i> sampel yang diambil secara acak berstratifikasi	Populasinya adalah 131 sumur gali dan sampel sejumlah 57 sumur gali.	Variabel Independen (faktor fisik dan risiko kontaminasi), variabel dependen kandungan bakteriologis air	Uji <i>Chi-square</i> untuk analisis bivariat dan regresi logistik untuk analisis multivariat	Penelitian ini menemukan bahwa variabel kejernihan ( $p = 0,308$ ), bau ( $p = 0,308$ ), rasa ( $p = 1,000$ ), dan warna ( $p = 0,568$ ), kualitas air sumur gali tidak berkaitan erat dengan tingkat kontaminasi bakteriologisnya. Sebaliknya, terdapat hubungan signifikan antara tingkat risiko kontaminasi ( $p\text{-value} = 0,048$ ) dan kandungan bakteriologis. Berdasarkan hasil analisis multivariat, tidak terdapat satu pun variabel yang berperan dominan. Kesimpulan menyatakan kejernihan, bau, rasa, dan warna air tidak berkorelasi dengan kualitas bakteriologis sumur gali.
2.	Qorni dkk (2022)	Hubungan Jarak dan Sanitasi Kandang dengan Keberadaan Bakteri <i>Coliform</i> Air Sumur di Desa	Studi korelasional <i>cross sectional</i> pengambilan sampel <i>purposive sampling</i>	Dari 15 sampel diambil 7 sumur gali	Variabel independen (jarak dan sanitasi kandang) dengan variabel dependen (keberadaan	Desain analisis univariat dan bivariat	Hasil penelitian menunjukkan 7 sampel sumur gali yang diperiksa, 6 sumur gali tercemar bakteri <i>Coliform</i> . Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara jarak kandang dengan kandungan bakteri <i>Coliform</i> pada air sumur gali, dengan nilai korelasi sebesar

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis dan Desain Penelitian	Populasi dan Sampel	Variabel Penelitian	Desain Analisis	Hasil
		Bangkahan Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu	menggunakan rumus Slovin		bakteri <i>Coliform</i> dalam air sumur).		0,864. Sementara itu, hubungan antara sanitasi kandang dan bakteri Coliform tergolong lemah, ditunjukkan oleh nilai korelasi sebesar 0,215.
3.	Novianti dan Amsal (2022)	Pengaruh Konstruksi Sumur Gali Dan Jarak Sumber Pencemar Terhadap Kualitas Bakteriologis Air di Wilayah Kerja Puskesmas Palolo	Analitik dengan rancangan potong lintang ( <i>cross-sectional</i> ) menggunakan rumus Slovin	Populasi berjumlah 806 sumur gali, pengambilan sampel k 89 sumur gali.	Variabel Independen Konstruksi Sumur Gali dan Jarak Sumber Pencemar, Variabel Dependen Kualitas Bakteriologis Air		Dari observasi terhadap 89 konstruksi sumur gali, diketahui bahwa 35 sumur (39,3%) memenuhi syarat, sedangkan 54 sumur (60,7%) tidak memenuhi syarat. Statistik menunjukkan nilai p sebesar 0,00, yang menandakan adanya. Sementara itu, terkait jarak sumber pencemar, terdapat 31 sumur (34,8%) yang memenuhi syarat dan 58 sumur (65,2%) yang tidak memnuhi syarat. Hasil uji statistik juga menunjukkan p-value sebesar 0,00, yang berarti terdapat hubungan signifikan antara jarak sumber pencemar dengan kualitas bakteri Coliform. Uji korelasi mengindikasikan bahwa jarak kandang memiliki keterkaitan yang sangat kuat terhadap keberadaan bakteri Coliform dalam air, nilai korelasi sebesar

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis dan Desain Penelitian	Populasi dan Sampel	Variabel Penelitian	Desain Analisis	Hasil
							0,864. Sementara itu, hubungan antara sanitasi kandang dan bakteri Coliform tergolong lemah, ditunjukkan oleh nilai korelasi sebesar 0,215.

Peneliti mengangkat permasalahan yang berbeda dengan judul "Hubungan Teknis Bangunan Sumur Gali dengan Kandungan Bakteri *Total Coliform* sebagai Indikator Kualitas Air Bersih". Perbedaan utama terletak pada variabel yang diteliti, yaitu aspek teknis bangunan sumur gali yang dihubungkan dengan keberadaan *Total Coliform* sebagai indikator kualitas air bersih pada air sumur.

## 2.2 Telaah Pustaka Lain Yang Sesuai

### 2.2.1 Air Bersih

#### 2.2.1.1 Definisi

Air merupakan elemen kunci utama dalam mendukung keberlangsungan hidup, karena setiap jasad hidup di planet bumi membutuhkannya. Air bersih menjadi kebutuhan mendasar, terutama bagi manusia, baik untuk bertahan hidup maupun menunjang berbagai aktivitas sehari-hari. Hal ini terlihat dari kenyataan bahwa mayoritas bagian tubuh manusia mengandung air. Terlebih lagi dalam periode modernisasi saat ini, yang mana aktivitas manusia semakin beragam dan kompleks, kebutuhan akan air bersih menjadi semakin vital (Akadun dkk., 2020).

Pemanfaatan air dalam rumah tangga mencakup keperluan konsumsi seperti minum dan memasak, serta untuk keperluan kebersihan pribadi (Winarmi 2024). Manusia menggunakan air bersih untuk menunjang kehidupan, seperti mandi, mencuci, buang air, dan keperluan irigasi, di mana sekitar 85% penggunaannya dialokasikan untuk kebutuhan MCK (Ronald droste, 2018). Di negara berkembang, penyediaan air bersih ke setiap rumah masih menghadapi berbagai kendala. Ketiadaan akses yang memadai mengenai air higienis dan juga sarana kebersihan yang memadai sering kali menjadi akar permasalahan dari berbagai penyakit yang menyebar melalui air, terutama akibat kontaminasi bakteriologis pada air bersih dapat membahayakan kesehatan manusia, karena berpotensi mengandung bakteri seperti *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteriae*, *Escherichia coli* (E. coli), dan *Vibrio cholerae* (Poerwati, 2021).

#### 2.2.1.2 Sumber Air

Melalui mekanisme siklus hidrologi, jumlah air di lingkungan cenderung tetap dari waktu ke waktu. Curah hujan yang mengenai permukaan bumi akan terbagi, di mana sebagian masuk ke dalam

tanah sebagai air tanah dan sebagian lainnya mengalir di permukaan sebagai air permukaan, seperti di sungai dan danau (Hartati 2021). Air permukaan menguap akibat panas matahari, kemudian naik ke atmosfer dan membentuk awan yang pada akhirnya mengalami kondensasi menjadi embun atau hujan. Siklus air berperan dalam mengungkap jenis-jenis air tawar yang digunakan manusia untuk kebutuhan hidup. Sumber air tersebut, menurut asalnya, mencakup air laut, hujan sebagai bagian dari atmosfer, air tanah, dan air permukaan (Hartati 2021).

Sumber daya air merupakan istilah yang merujuk pada air yang digunakan masyarakat untuk kegiatan harian, yang pemanfaatannya didasarkan pada kebiasaan, nilai budaya, dan pengetahuan lokal yang diwariskan secara turun-temurun (Lestari dkk., 2021). Air yang layak digunakan dapat berasal dari beberapa sumber berikut:

a. Air Angkasa

Berasal dari atmosfer, air angkasa turun ke bumi dalam bentuk presipitasi dan hanya mewakili sekitar 0,001% dari total volume air di planet ini. Jenis-jenis air angkasa mencakup antara lain embun, hujan, dan salju, yang terbentuk melalui proses penguapan dari permukaan perairan dan evapotranspirasi tanaman akibat pemanasan oleh sinar matahari, lalu mengalami kondensasi dan kembali ke bumi. Air angkasa bersifat lunak (soft water) karena kandungan mineral dan garamnya rendah, sehingga terasa kurang segar dan memerlukan lebih banyak sabun untuk menghasilkan busa. Selain itu, korosivitas air angkasa menjadi perhatian karena dapat merusak sistem perpipaan secara bertahap, sehingga dapat mempercepat kerusakan atau korosi (Wicaksono dkk., 2019).

b. Air Permukaan

Karakter korosif air angkasa menimbulkan risiko terhadap ketahanan saluran pipa, terutama dalam penggunaan jangka panjang. Air ini umumnya mudah diakses dalam jumlah besar, namun cenderung lebih rentan terhadap pencemaran sehingga kualitasnya relatif rendah dan sering mengandung bakteri serta zat kimia (Ramadhan dkk., 2021).

Ketika air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah karena lapisan tanahnya rapat atau kedap air, maka air tersebut akan menggenang dan mengalir ke wilayah yang lebih rendah. Aliran ini kemudian membentuk air permukaan yang dikenal sebagai sungai (Rolia dkk., 2023). Sungai sebagai sumber air permukaan dimanfaatkan secara luas berperan penting dalam berbagai bidang kehidupan manusia, mulai dari penampungan air, transportasi, agrikultur, peternakan, hingga kebutuhan industri, pemukiman, dan pengairan (Agustina dan Atina 2022).

Kualitas air sungai perlu dipastikan terlebih dahulu sebelum berbagai organisme memanfaatkan air tersebut, sementara mutu airnya dipengaruhi oleh karakteristik sungai secara alami, kegiatan manusia, dan penggunaan lahan di area sekelilingnya (Triwulandari dan Cahyonugroho, 2023). Mempertahankan kapasitas alami sungai penting dilakukan sebagai upaya menanggulangi pencemaran dan mengurangi risiko penurunan kualitas air sungai (Sasmita dkk., 2022).

c. Air Tanah

Pengertian air tanah biasanya merujuk pada air yang mengisi ruang-ruang kosong di dalam tanah atau batuan di bawah permukaan bumi, baik di zona tak jenuh maupun zona jenuh. Air yang berada di zona tak jenuh, atau disebut juga soil water, berfungsi mendukung kehidupan tanaman di

permukaan tanah. Sementara itu, air di zona jenuh, dikenal sebagai groundwater, merupakan cadangan air dalam tersimpan di lapisan tanah dalam dan dapat muncul ke permukaan secara alami sebagai artesis, atau tetap tertahan di dalam tanah dalam bentuk air fosil (*fossil water*) (Darwis 2018).

Penggunaan air tanah perlu memperhatikan aspek kelestariannya, baik dalam aspek jumlah air yang tersedia maupun tingkat kelayakannya. Kualitas sumber air pada periode tertentu dapat mencerminkan apakah air tersebut masih dalam kondisi baik atau sudah tercemar jika dibandingkan dengan standar baku mutu yang berlaku (Nipu 2022). Air yang dimanfaatkan melalui sumur gali termasuk air tanah dangkal, terletak di bagian atas struktur geologi tanah, tepat di atas lapisan impermeabel, dan biasanya lebih dalam dari 15 meter. Air ini juga dikenal sebagai air tanah bebas karena tidak berada di bawah tekanan (Hamzar dkk., 2021).

Kualitas air tanah dangkal tidak selalu terjamin baik, disebabkan jenis air ini cenderung mudah terpapar pencemaran. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya yang rentan terhadap infiltrasi atau rembesan zat pencemar dari permukaan tanah (Hamzar dkk., 2021). Untuk memanfaatkan air tanah, perlu dibuat sumur sebagai sarana pengambilannya, jenis sumur ini dibuat melalui proses penggalian tanah secara manual hingga mencapai lapisan yang mengandung air, kedalamannya disesuaikan dengan letak air tanah, secara umum terdapat tiga kategori utama air tanah, yakni: Efrida (2019):

- 1) Air Tanah Dangkal

Terbentuknya air tanah dangkal disebabkan oleh meresapnya air dari permukaan ke dalam tanah, dalam

proses peresapan ini partikel lumpur dan bakteri umumnya terhenti sehingga air yang dihasilkan tampak jernih. Namun, karena air tersebut mengalir melalui struktur tanah yang mengandung zat kimia spesifik, kandungan zat kimianya bisa cukup tinggi. Pencemaran masih berpotensi terjadi, terutama pada air tanah dangkal yang sering digunakan sebagai sumber konsumsi melalui sumur gali. Dari segi kualitas, air tanah dangkal relatif layak dikonsumsi, namun dari segi jumlah, ketersediaannya terbatas dan dipengaruhi oleh musim.

## 2) Air Tanah Dalam

Jenis air ini berada di zona yang lebih dalam, tepat di bawah lapisan impermeabel pertama. Karena berada pada kedalaman yang cukup dalam, pengambilan air tanah jenis ini memerlukan upaya lebih dibandingkan dengan air tanah dangkal, yaitu sekitar 100 hingga 300 meter. Secara umum, mutu air tanah dalam biasanya lebih baik sebab telah mengalami proses penyaringan alami yang lebih sempurna dan umumnya tidak mengandung bakteri. Komposisi kimia dalam air dipengaruhi oleh karakteristik lapisan tanah yang dilaluinya.

## 3) Mata Air

Sumber air yang muncul secara alami di permukaan disebut mata air. Jika asalnya dari lapisan dalam tanah, air ini biasanya terus mengalir sepanjang tahun dengan mutu yang menyerupai air tanah dalam.

### 2.2.1.3 Baku Mutu Air Bersih

Air yang digunakan oleh masyarakat harus memenuhi standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sebagai pelaksanaan dari Peraturan Pemerintah

Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, agar aman untuk dikonsumsi. Air untuk tujuan kebersihan dan sanitasi mencakup penggunaannya dalam praktik yang dipergunakan dalam kegiatan kebersihan individu maupun rumah tangga.

SBMKL (Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan) untuk air yang digunakan dalam kegiatan higiene dan sanitasi disusun sebagai acuan bagi rumah tangga yang menggunakan sumber air pribadi untuk memenuhi kebutuhan hariannya pada media air untuk keperluan higiene dan sanitasi ditujukan bagi rumah tangga yang mengakses air secara mandiri atau menggunakan sumber air pribadi untuk kebutuhan harian. Kriteria kualitas kesehatan air yang digunakan untuk kegiatan higiene dan sanitasi meliputi:

- a. Persyaratan kualitas fisik mencakup bau, jumlah total zat terlarut, kejernihan atau kekeruhan, suhu, rasa, dan warna (Permenkes RI, 2023).

- 1) Bau

Kehadiran bau dalam air biasanya disebabkan oleh kontaminasi bahan asing, seperti limbah organik atau bangkai makhluk hidup. Bau tersebut bisa juga muncul akibat aktivitas mikroorganisme yang memecah zat organik dalam air, menghasilkan senyawa gas yang berbau tajam, bahkan berpotensi beracun. Proses biologis ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme (BOD), sehingga menurunkan kadar oksigen yang terlarut dalam air (DO). Deteksi terhadap bau pada air dilakukan dengan penciuman secara langsung untuk menilai apakah terdapat aroma mencurigakan sebagai indikasi pencemaran. Jika tercium bau pada air, maka air tersebut dianggap tidak layak karena tidak memenuhi standar kualitas air bersih.

- 2) Zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*)

Konsentrasi total padatan yang larut dalam air (TDS) dalam air yang melampaui ambang batas yang ditetapkan, yakni lebih

dari 1000 miligram per liter, dapat menunjukkan penurunan kualitas air, terdiri dari senyawa zat anorganik serta gas yang terlarut di dalam air. Jika jumlahnya berlebihan, dapat memiliki rasa tidak enak dan berpotensi menimbulkan mual.

### 3) Kekeruhan

Kekeruhan merupakan gangguan optik yang terjadi ketika cahaya dipantulkan oleh partikel tersuspensi dalam air. Kondisi ini bisa disebabkan oleh zat organik maupun bahan anorganik, contohnya lumpur atau limbah dari permukaan tertentu yang mencemari aliran sungai. Meskipun kadar kekeruhan rendah, tetap dapat membuat warna air tampak lebih gelap dari aslinya. Air dengan tingkat kekeruhan tinggi menyulitkan proses pengolahan berubah menjadi bersih, khususnya saat proses filtrasi berlangsung. Selain itu, air yang keruh juga lebih sulit untuk didesinfeksi secara efektif, merupakan proses eliminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan. Tingkat kejernihan air dipengaruhi oleh nilai pH, di mana pada air minum biasanya telah dilakukan berbagai upaya agar mencapai standar kejernihan sebagai air layak konsumsi.

### 4) Suhu

Suhu air yang sesuai untuk keperluan higiene dan sanitasi adalah sekitar suhu kamar, dengan toleransi  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  dari  $27^{\circ}\text{C}$ . Jika suhu air melebihi batas tersebut, hal ini dapat mengindikasikan adanya kandungan bahan kimia dalam jumlah tinggi, fenol atau sulfur, maupun aktivitas penguraian zat organik oleh mikroorganisme, dapat menyebabkan kualitas air menurun. Oleh sebab itu, air dalam kondisi demikian sebaiknya tidak digunakan untuk keperluan konsumsi.

### 5) Rasa

Rasa pada air baku dapat muncul akibat keberadaan mikroorganisme seperti alga mikroskopis dan bakteri, maupun dari sisa pembuangan rumah tangga berupa limbah cair dan

padat. Selain itu, sisa bahan desinfektan seperti klor juga dapat memengaruhi rasa. Umumnya, keberadaan rasa dalam air berkaitan erat dengan bau. Air idealnya memiliki rasa netral agar dapat diterima oleh pengguna. Rasa air dapat dikenali melalui indera pengecap, dengan tujuan mendeteksi adanya penyimpangan dari rasa normal air yang seharusnya netral.

#### 6) Warna

Kehadiran warna pada air umumnya disebabkan oleh zat kimia tertentu atau mikroorganisme terlarut seperti plankton. Istilah *apparent color* merujuk pada warna air yang ditimbulkan oleh zat-zat kimia yang terlarut di dalamnya dan dapat membahayakan kesehatan. Sementara itu, warna alami air yang disebabkan oleh mikroorganisme dikenal sebagai *true color* dan pada umumnya tidak berdampak negatif terhadap kesehatan. Syarat air layak konsumsi mencakup kejernihan dan ketiadaan warna. Agar dapat digunakan untuk tujuan kebersihan dan sanitasi, warna air tidak boleh melampaui ambang batas 50 TCU sesuai ketentuan yang berlaku.

#### b. Syarat Kualitas Biologi

Baku mutu secara biologi menekankan keberadaan bakteri patogen seperti *Total Coliform* dan *Escherichia coli* tidak diperbolehkan dalam air layak konsumsi, yang menjadi indikator adanya kontaminasi tinja dalam air. Selain itu, air juga harus aman dari mikroorganisme lain, termasuk protozoa patogen seperti *Giardia* dan *Cryptosporidium*, serta virus yang dapat menimbulkan infeksi. Dalam standar jumlah bakteri *Total Coliform* dalam air tidak boleh melebihi batas tertentu, umumnya nol dalam 100 mililiter sampel. Persyaratan tersebut penting untuk memastikan bahwa yang digunakan dalam aktivitas mencuci, membersihkan, atau kontak langsung dengan manusia aman dan tidak menimbulkan risiko penyebaran penyakit.

### c. Syarat Kualitas Kimia

Parameter kimia dibagi menjadi dua, yaitu kimia wajib dan kimia tambahan. Pemeriksaan kualitas kimia air terdiri atas parameter utama seperti pH, logam terlarut, dan zat pencemar umum, serta parameter tambahan yang meliputi logam berat dan senyawa organik tertentu.

## 2.2.2 Sumur sebagai Sumber Air Bersih

### 2.2.2.1 Definisi

Sumur atau perigi merupakan sumber air yang diperoleh dengan cara menggali tanah. Baik di desa maupun di kota, sumur gali tetap menjadi pilihan masyarakat dalam memperoleh air bersih. Air diperoleh dari air dangkal yang berada di lapisan tanah dekat permukaan, Dengan letaknya yang dekat permukaan, air ini berisiko tinggi tercemar oleh rembesan dari aktivitas manusia dan hewan di sekitarnya, maupun limbah domestik rumah tangga (Dewi 2021). Air tanah, khususnya yang berasal dari sumur gali, Digunakan secara luas oleh masyarakat sebagai penyedia utama air untuk keperluan tiap hari. Air dari sumur gali ini umumnya termasuk dalam kategori air tanah dangkal (Rasmini dkk., 2024).

Ketersediaan air pada sumur gali sangat bergantung pada musim. Saat musim kemarau, volume air bisa menurun drastis atau bahkan kering, oleh karena itu sumur perlu digali lebih dalam menjangkau lapisan tanah yang memiliki cadangan air (Citra dan Balebu 2022). Di berbagai wilayah masih menggantungkan kebutuhan air bersih pada sumur gali. Namun, karena mengambil air dari lapisan tanah yang dekat dengan permukaan, sumur ini sangat mudah terpapar pencemaran dari aktivitas domestik maupun limbah biologis (Hadidjah, 2020).

Dalam proses pembuatan sumur gali, pemilihan lokasi yang bebas dari sumber pencemaran sangat penting dilakukan agar air yang dihasilkan tidak tercemar oleh bakteri patogen bahkan zat berbahaya

lainnya (Sudiartawan dk., 2020). Konstruksi sumur gali merujuk pada kondisi fisik sumur yang mencakup bagian-bagian seperti teknis bangunan sumur, serta ada alat penarik air seperti kerekan timba atau pompa, sekitar 45 persen masyarakat Indonesia masih mengakses air bersih melalui sumber smur, dan dari angka itu, dominasi penggunaan sumr gali mencapai sekitar 75 persen (Winarmi, 2024). Karena merupakan jenis sumur paling sering digunakan untuk mengakses air tanah, terutama oleh rumah tangga kecil dan perorangan (Rahmawati dkk., 2024). Dalam pembuatan sumur gali, langkah awal yang penting adalah memilih lokasi yang bebas dari sumber pencemaran agar Keamanan air sumur ditentukan oleh ketiadaan kontaminasi mikrobiologis dan kimia berbahaya menurut Sudiartawan dkk (2020):

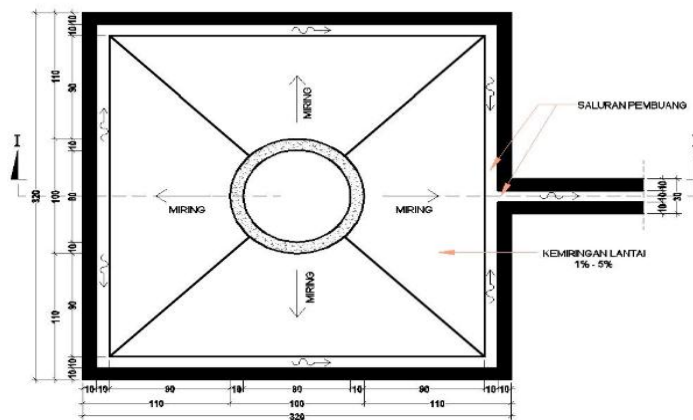
- a. Bibir sumur idealnya dibangun seperti cincin penjaga yang kokoh dan anti bocor, berdiri tegak minimal 80 cm dari lantai, seolah memberi batas jelas antara air tanah dan dunia luar yang penuh potensi cemaran. Struktur sumur sebaiknya dibangun dari bahan tangguh dan anti-bocor, semisal batu atau bata yang direkatkan dengan semen, bukan galian tanah polos yang rawan jadi jalan masuk cemaran.
- b. Dibatasi dinding sumur dengan 3 meter dari permukaan tanah dibuat menggunakan semen yang kedap air agar air tidak merembes melalui bagian tersebut. Selain berperan menghalangi pencemaran secara horizontal lewat tanah, dinding ini juga menjaga kestabilan tanah di sekitar sumur agar tidak longsor dan supaya zat pencemar tidak masuk ke bagian dalam sumur.
- c. Pada bagian lantai sumur, hal tersebut adalah struktur dimana bagian itu mengelilingi sumur. Lantai yang baik memiliki lebar minimal sekitar satu meter berasal dari bibir sumur, hal itu dalam kondisi utuh tanpa retak atau lubang.
- d. Kemiringan lantai dirancang sedemikian rupa agar pembuangan air limbah berlangsung lancar menuju saluran yang tersedia serta

memudahkan proses pengeringan, dengan kemiringan antara 1% hingga 5%

- e. Jarak antara sumur gali dan sumber pencemar dihitung dalam satuan meter, dengan batas minimum yang ditentukan adalah 11 meter. Pengukuran dilakukan secara horizontal menggunakan meteran gulung, mulai dari batas luar terjauh jamban hingga ke dinding sumur gali. Sumber pencemar meliputi jarak *septi tank*, Saluran Pembuangan Air Limbah, Tempat Penampungan Sementara (TPS), dan kandang ternak.
- f. Penutup sumur adalah bagian pelengkap konstruksi sumur yang berfungsi untuk menutupi setelah digunakan dan mengurangi dampak pencemaran.

Terdapat dua jenis sumur gali yang dibedakan berdasarkan kondisi tanah, yaitu tanah yang mudah retak dan yang tidak mudah retak (Kementerian Pekerjaan Umum 2017, dalam Winarmi 2024) yaitu:

1) Sumur Tipe 1



Gambar 2.2.2.1 1 Sumur Gali Tipe 1

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2017, dalam Winarmi 2024

Apabila tanah tidak cenderung mengalami keretakan atau hancur, dinding bagian atas sumur dibangun dengan komponen bata, batako, dengan batu belah yang dipoles plester pada kedua permukaannya sampai ketinggian 80 cm dari lantai. Sementara



lokasi yang tepat serta konstruksi yang memenuhi syarat demi mutu tetap aman dengan standar yang ada (Ratumbanua dkk., 2021).

Air sumur ini mudah sekali terkontaminasi oleh polutan yang asalnya dari buangan limbah domestik, seperti kebocoran tangki septik, saluran pembuangan yang rusak, dan sampah yang dibuang sembarangan, tingginya kadar bahan organik, nitrat, deterjen, serta keberadaan bakteri Total Coliform yang berasal dari kotoran menjadi indikator pencemaran air tanah, selain itu konstruksi sumur yang kurang kedap, terutama pada lantai, bibir, dan pada dinding, turut menurunkan nilai kelayakan air, pola warga yang berkegiatan seperti mencuci, mandi, dan buang air di dekat sumur juga berkontribusi pada penurunan mutu air sumur tersebut (Sandi 2021).

Dalam penelitian Gufran dan Mawardi (2019), juga menyatakan pencemaran juga dipengaruhi oleh jarak antara sumur dengan tempat penampungan yakni *septic tank*, sebabnya jamban ini bisa menjadi asal mula utama masuknya zat asing jika pengelolaannya kurang baik. Selain itu, jarak optimal sumur gali pada tempat pembuangan sampah (TPS) juga punya makna penting. Pengelolaan limbah rumah tangga yang tidak benar bisa mengakibatkan pencemaran air sumur gali, faktor-faktor yang memengaruhi tingkat pencemaran air sumur meliputi konfigurasi tanah, kondisi hidrogeologis, lokasi geografis, periode musim, arah aliran air, dan kualitas pengerjaan sumu, cara pengambilan air juga berpengaruh, misalnya penggunaan timba yang diletakkan di lantai dapat memfasilitasi masuknya bakteri ke dalam air sumur dan menyebabkan kontaminasi (Sandi 2021).

Faktor lain yang memengaruhi jarak antara pencemar dan sumur gali adalah porositas serta permeabilitas tanah, juga arus pergerakan air bawah tanah, Ruang pori (porositas) serta tingkat keterbukaan pori yang memungkinkan perpindahan fluida (permeabilitas) menentukan seberapa mudah air meresap dan mengalir ke dalam tanah, termasuk menuju sumur gali, secara alami pergerakan air dari tanah mengikuti gaya gravitasi dari daerah tinggi ke daerah yang lebih rendah akibat

perbedaan tekanan dan elevasi, jika hal ini terletak di titik bahwanya pusat pencemar, maka unsur yang mencemari dapat terbawa bersamaan dengan laju perpindahan air tanah menuju sumur tersebut (Rahayu dkk., 2019).

#### 2.2.2.3 Mekanisme Pencemaran Air Sumur Gali

Pencemaran air tanah biasanya berlangsung secara perlahan, sebbanya air kotor yang dikeluarkan secara tanpa kontak langsung ke dalam bagian tanah. Limbah yang melaju melalui drainase akan menyerap lewat sela-sela yang rusak sebelum akhirnya mencapai lapisan air tanah (Anamevia dkk., 2023). Lapisan tanah sebenarnya berfungsi sebagai penyaring yang mampu menahan berbagai zat atau limbah yang masuk ke dalamnya. Namun, jika jumlah limbah terlalu banyak atau berukuran besar, beberapa zat berbahaya bisa menerobos tanah hingga sampai ke lapisan pembawa air, yang dikenal sebagai akuifer (Rahmawati dkk., 2024). Secara garis besar, proses perusakan kualitas dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Kategori awal mencakup pencemaran dari lokasi awal (direct contaminant sources), yang disalurkan ke lingkungan secara langsung tanpa melalui proses awal terlebih dulu seperti pengolahan, contohnya meliputi limbah cair rumah tangga, tinja manusia, dan sampah yang dibuang sembarangan, pencemaran ini terjadi ketika limbah tersebut mengalir langsung ke dalam sistem penyediaan air seperti sungai, kanal, atau selokan sehingga mencemari air yang digunakan penduduk dalam aktivitas sehari-hari (Anamevia dkk., 2023). Pencemaran air tanah akibat limbah rumah tangga tidak hanya terjadi melalui proses infiltrasi dan perkolasi, tetapi juga melibatkan proses dekomposisi oleh mikroorganisme di dalam tanah, tak hanya itu cara hidup masyarakat dalam memperoleh air dari sumur serta perilaku membuang sisa metabolisme di area yang berdekatan dengan sumber air turut memberikan kontribusi terhadap terjadinya pencemaran (Liana 2019).

b. Kategori kedua merujuk pada jenis zat yang timbul akibat sumber secara tak langsung (indirect contaminant sources), yakni zat pencemar yang meresap dan berpindah ke bagian tanah lewat rongga-rongga serta celah pada lapisan tanah maupun batuan. Hal ini umumnya terjadi akibat tercemarnya air permukaan oleh limbah domestik. Jenis tanah, seperti berpasir atau berlempung, juga turut menentukan sejauh mana pencemaran air dapat terjadi, terutama jika tanah yang tercemar berada dekat dengan sumber air (Anamevia dkk., 2023). Beberapa jenis pencemaran tanah dapat berasal dari kontaminan berbahaya meliputi pestisida, herbisida, logam-logam berat, dan senyawa kimia sintetis sejenis, serta dari aktivitas penimbunan sampah dalam jumlah besar. Bakteri pencemar air tanah dapat bergerak secara horizontal maupun vertikal bersama air, urin, atau air hujan yang meresap ke dalam tanah, jarak perpindahan bakteri bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu, terutama porositas tanah, bakteri dapat terdeteksi hingga 15 meter dari sumur tempat awal masuknya bakteri, dengan perpindahan horizontal melalui tanah umumnya kurang dari 90 cm, sementara itu perpindahan ke arah bawah dapat mencapai kurang dari 3 meter pada lubang yang terbuka terhadap air hujan, dan kurang dari 60 cm pada tanah berpori, dalam kondisi tertentu, bakteri dapat menyebar hingga 30 meter dari titik pembuangannya dalam waktu 33 jam, namun sepanjang perjalanan tersebut jumlah bakteri mengalami penurunan yang cepat akibat filtrasi yang efektif dan kematian bakteri (Abu Sini dkk., 2023).

### 2.2.3 Bakteri *Total Coliform*

#### 2.2.3.1 Definisi

Bakteri *Total Coliform* merupakan mikroba yang muncul dari saluran usus hewan berdarah panas dan ada di tanah dan tumbuh-tumbuhan, adanya bakteri *Total Coliform* di dalam air menunjukkan kemungkinan bakteri penyebab penyakit juga terdapat di dalam air (Abu Sini dkk., 2023). *Total Coliform* merupakan kelompok bakteri

yang bersifat gram negatif, membentuk spora, dan dapat ditemukan pada hewan seperti kelelawar (Sianipar dkk., 2022). Saat dipanaskan pada suhu 37°C selama 48 jam, bakteri ini mampu memfermentasi substrat makanan dengan menghasilkan gas dan asam. Sebagian besar bakteri Total Coliform ditemukan dalam sistem pencernaan manusia serta hewan mamalia berdarah panas, sehingga banyak ditemukan dalam limbah tinja, karena jumlahnya yang lebih banyak dibandingkan bakteri patogen, *Total Coliform* sering digunakan sebagai indikator kemungkinan keberadaan bakteri penyebab penyakit (entero-patogen) di lingkungan air (Petculescu, 2022).

Bakteri *Total Coliform* sering ditemukan dalam kotoran manusia dan hewan, sehingga kehadirannya di dalam air sangat tidak diinginkan, hal ini disebabkan oleh berbagai pertimbangan seperti risiko terhadap kesehatan, penurunan kualitas kebersihan, aspek estetika, serta potensi penyebaran infeksi yang berbahaya, bakteri ini dapat menjadi media penularan berbagai penyakit yang ditularkan melalui air, terutama gangguan pada saluran pencernaan seperti tifus, kolera, dan disentri (Sianipar dkk., 2022). Bakteri *Total Coliform* digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi keberadaan jenis bakteri lain, terutama bakteri patogen, penetapan *Total Coliform* sebagai indikator pencemaran didasarkan pada jumlah koloninya yang umumnya memiliki hubungan positif dengan keberadaan bakteri penyebab penyakit (Saputri dkk., 2020).

Air dengan kadar Total Coliform melebihi ambang batas yang ditentukan berisiko menimbulkan berbagai penyakit (Rahmawati dkk., 2024). Bakteri *Total Coliform* merupakan sekelompok bakteri yang berfungsi sebagai indikator adanya pencemaran serta menunjukkan kualitas makanan dan minuman yang kurang layak, kelompok bakteri ini bersifat gram negatif dan heterogen, dengan habitat utama berada di saluran pencernaan manusia dan hewan, *Total Coliform* terdiri atas beberapa genus, seperti *Escherichia*, *Shigella*,

*Salmonella*, *Enterobacter*, *Proteus*, dan lainnya (Helma dan Leila, 2024).

Kelompok bakteri *Total Coliform* mencakup beberapa genus seperti *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia coli*, dan *Klebsiella*, bakteri ini bersifat fakultatif aerob maupun anaerob, mampu memfermentasi karbohidrat, serta menghasilkan toksin dan faktor virulensi lain yang dapat membahayakan kesehatan (Siswandi dkk., 2020). *Total Coliform* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Coliform* fekal seperti *Escherichia coli* dan *Coliform* non-fekal seperti *Enterobacter aerogenes*, *Coliform* non-fekal biasanya ditemukan pada jaringan hewan atau tumbuhan yang mati atau membusuk, sementara *Coliform* fekal berasal dari kotoran manusia atau hewan berdarah panas lainnya, keberadaan bakteri *Total Coliform* dapat memicu berbagai penyakit pada manusia, seperti diare, meningitis, hingga gagal ginjal akut, mikroorganisme ini juga sering digunakan sebagai indikator mikrobiologis dalam pengujian kualitas air dan makanan (Sianipar dkk., 2022).

#### 2.2.3.2 Pengambilan Sampel Air Sumur Gali

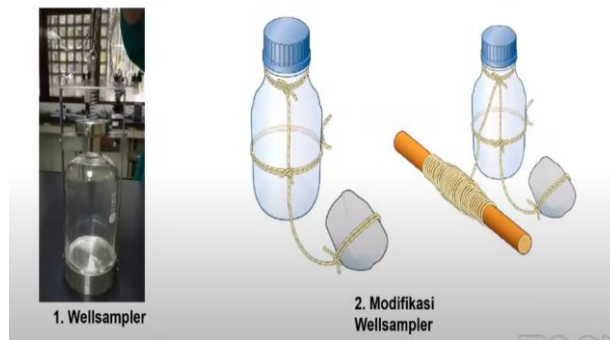
Prosedur pengambilan sampel air untuk analisis parameter biologis mengacu pada standar SNI 9063:2022, yang menetapkan tata cara pengambilan contoh uji air dan air limbah guna keperluan pemeriksaan mikrobiologi. Penentuan lokasi pengambilan sampel air dari akuifer tak tertekan disesuaikan dengan jenis sumurnya, pada sumur gali sampel diambil pada kedalaman sekitar 20 cm di bawah permukaan air. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel uji harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Dibuat dari material yang tidak mengubah karakteristik sampel uji.
- b. Mudah dibersihkan dan dapat disterilkan atau didesinfeksi setelah digunakan.
- c. Memungkinkan pemindahan sampel ke dalam wadah tanpa meninggalkan sisa.

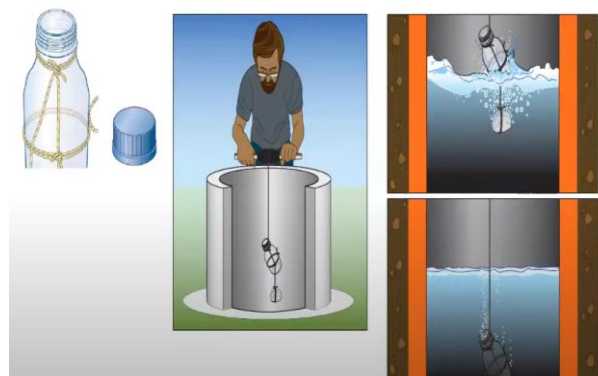
- d. Praktis dan aman saat dibawa ke lokasi pengambilan sampel.
- e. Volume atau kapasitas alat disesuaikan dengan tujuan dan kebutuhan pengambilan sampel.

Proses pengambilan sampel uji dari sumur gali dapat dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut:

- a. Masukkan alat pengambil sampel ke dalam sumur hingga mencapai kedalaman sekitar 20 cm di bawah permukaan air.
- b. Setelah alat terisi air, tarik kembali secara perlahan untuk menghindari tumpahan atau kontaminasi.
- c. Tuangkan sampel air ke dalam wadah secara cepat dengan teknik aseptis untuk menjaga kebersihan dan keakuratan sampel.
- d. Sisakan ruang udara sekitar 2,5 cm dari bagian atas wadah untuk memungkinkan proses penghomogenan sebelum dilakukan analisis, lalu tutup wadah dengan rapat



Gambar II. 1 *Wellsampler* dan Modifikasi *Wellsampler*  
 Sumber: *Youtube* Badan Standardisasi Nasional 2022



Gambar II. 2 Pengambilan Sampel Air Sumur Gali Secara Mikrobiologi  
 Sumber: *Youtube* Badan Standardisasi Nasional 2022

### 2.2.3.3 Uji Bakteriologis

Tes bakteri pada air sumur dibutuhkan untuk mengetahui seberapa baik taraf air yang dipakai sebagai air konsumsi. Secara umum, bakteri yang terdapat dalam air terbagi menjadi dua kelompok, yaitu bakteri patogen dan non-patogen. Mikroorganisme patogen adalah jenis bakteri di habitat air yang berpotensi menyebabkan ancaman terhadap kesejahteraan tubuh manusia (Sandi 2021). Untuk mengukur tingkat kualitas air, metode yang cukup umum dipilih adalah *Most Probable Number* (MPN), yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan bakteri Coliform fekal serta mengestimasi jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam sampel air (Jiwintarum dkk., 2018).

*Most Probable Number* (MPN) merupakan metode untuk mendeteksi bakteri *Total Coliform* dalam sampel air maupun bahan pangan, dengan mengandalkan hasil pertumbuhan mikroorganisme pada media cair khusus seperti *Lactose Broth* (LB) dan *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLBB). Media tersebut digunakan dalam pengenceran berseri sesuai dengan urutan tabung, sehingga memungkinkan perhitungan perkiraan jumlah mikroorganisme yang terdapat dalam sampel, hasil pengujian dinyatakan dalam satuan MPN per 100 ml, sebagai contoh, jika suatu sampel air menunjukkan hasil 10 MPN/100 ml, maka dapat diartikan bahwa dalam setiap 100 ml air tersebut diperkirakan terdapat 10 bakteri *Total Coliform* (Elvi, 2019). Metode *Most Probable Number* (MPN) adalah teknik untuk memperkirakan jumlah mikroorganisme berdasarkan hasil pertumbuhan bakteri dalam media cair yang ditanam melalui serangkaian tabung reaksi, baik dari sampel cair maupun padat, jumlah bakteri diperkirakan oleh banyaknya tabung menunjukkan hasil teridentifikasi, yang menunjukkan ciri gelembung serta munculnya kondisi keruh di media (Jiwintarum dkk., 2018).

Metode MPN (*Most Probable Number*) bertujuan mengevaluasi aspek kualitas tanpa pengukuran angka serta mendeteksi perluasan koloni mikroorganisme kelompok *Total Coliform* tepatnya media

liquid khusus, prosesnya terdiri dari tiga tahapan, yaitu uji penduga (*presumptive test*), uji pelengkap (*completed test*), dan uji identifikasi (*identification test*) yang dilakukan melalui pewarnaan Gram (Wardani 2021). Proses analisis MPN *Total Coliform* dilakukan melalui beberapa tahapan (Paparang ,2021):

- a. Uji penduga dilakukan sebagai tahap awal untuk mengidentifikasi adanya bakteri *Total Coliform* dalam sampel hadir dalam kadar yang nyaris tak terdeteksi, terutama pada air minum kemasan atau produk pangan lainnya. Tes ini dilakukan untuk mengetahui deteksi maupun absensi bakteri *Total Coliform* pembentukan gas dan asam sebagai akibat fermentasi laktosa oleh bakteri dalam kelompok coli menjadi indikator adanya Coliform. Proses deteksi awal bakteri Coliform dilakukan dengan menggunakan media Lactose Broth. Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Reaksi deteksi ditunjukkan oleh perubahan warna atau kekeruhan media serta pembentukan gelembung gas dalam tabung Durham. Jika tidak ada indikasi gas setelah 24 jam, inkubasi dilanjutkan hingga 48 jam untuk memastikan apakah bakteri fermentatif laktosa berkembang.
- b. Tahap uji pelengkap dilaksanakan apabila pada uji pendahuluan ditemukan tabung yang menunjukkan hasil reaksi positif, kemudian dilanjutkan dengan uji pelengkap atau kepastian. Uji ini dimaksudkan untuk mengkonfirmasi bahwa mikroorganisme yang tumbuh tergolong ke dalam bakteri Total Coliform yang relevan dengan tujuan pengujian. Pengamatan langsung juga bisa dijalankan melalui identifikasi morfologi dan pewarnaan Gram pada bakteri yang ditemukan.
- c. Media *Metilen Blue Agar* (EMB)

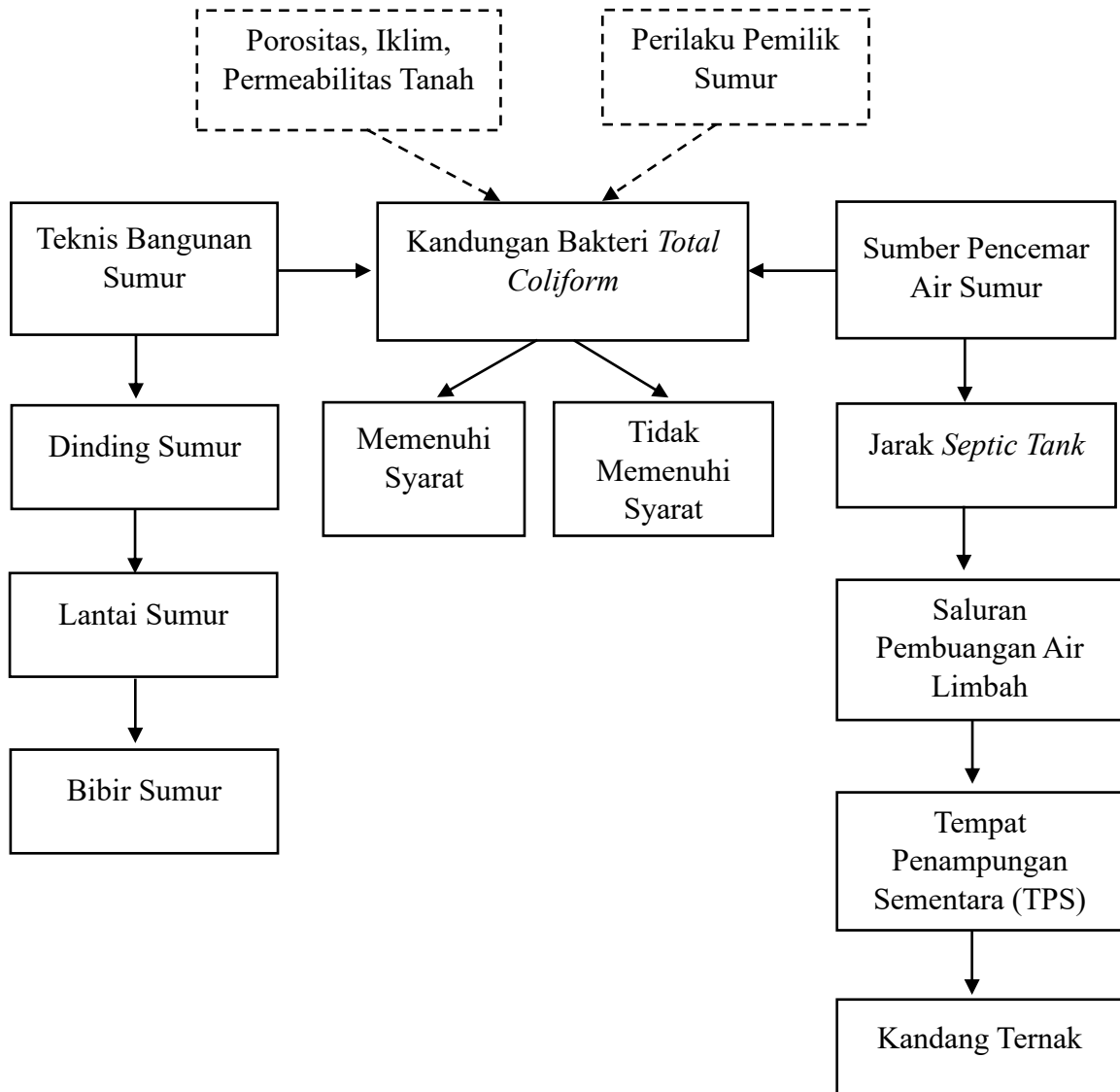
Media ini dikenal substrat diferensial sekaligus selektif yang dirancang guna mengakomodasi proliferasi mikroorganisme gram negatif, sambil menekan laju pertumbuhan mikroba gram positif melalui efek sinergis dua zat pewarna, yakni eosin dan

metilen biru. Formulasi medium ini diperkaya dengan senyawa karbohidrat berupa laktosa dan sukrosa, yang memungkinkan terjadinya fermentasi oleh mikroba tertentu. Mikroorganisme yang mampu menguraikan laktosa secara intens menghasilkan endapan koloni bernuansa gelap disertai refleksi logamik.

Sebaliknya, strain dengan kemampuan fermentasi lambat hanya membentuk sedikit asam dan menampilkan koloni berwarna keunguan atau merah samar. Adapun mikroba yang tak memiliki kapasitas memetabolisme laktosa akan membentuk koloni yang nyaris tak berwarna. Kombinasi eosin dan metilen biru dalam media ini juga berperan dalam meningkatkan distingsi visual antar koloni, sehingga sangat bermanfaat untuk proses taksonomi mikroba secara makroskopis

### 2.3 Kerangka Teori

Kerangka Teori penelitian dengan judul Hubungan Teknis Bangunan Sumur Gali dengan Kandungan Bakteri *Total Coliform* sebagai Indikator Kualitas Air Bersih sebagai berikut:

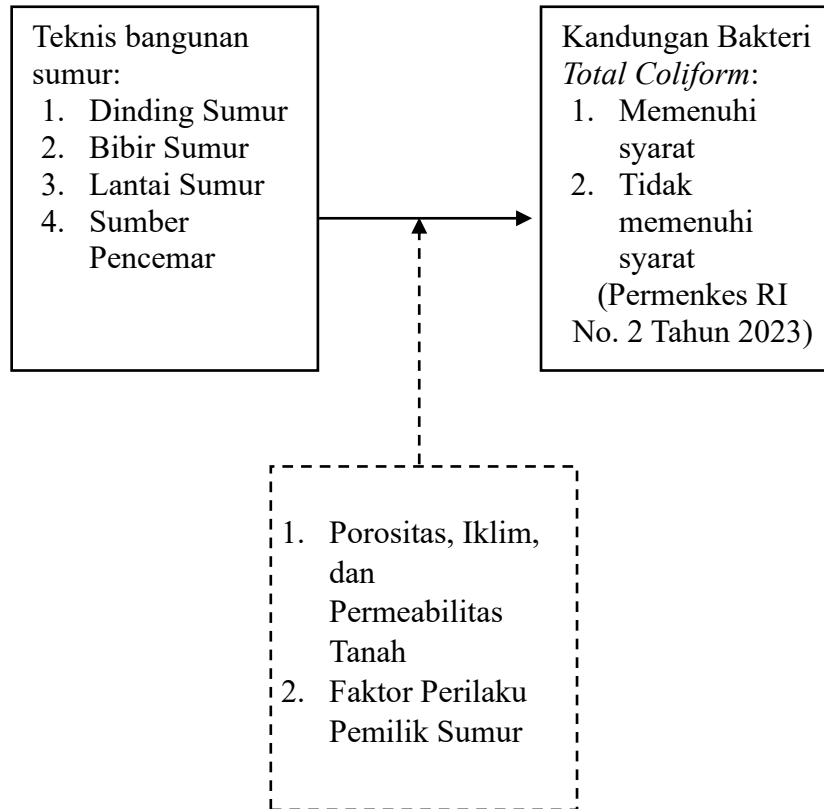


Gambar 2.3 1 Kerangka Teori

Kerangka teori pada penelitian ini meliputi teknis bangunan sumur (dinding, bibir, dan lantai) serta potensi sumber pencemar (*septic tank*, SPAL, TPS, dan kandang ternak). Adapun porositas dan permeabilitas tanah serta perilaku pemilik sumur tidak menjadi fokus penelitian ini.

## 2.4 Kerangka Konsep

Kerangka Konsep penelitian dengan judul Hubungan Teknis Bangunan Sumur Gali dengan Kandungan Bakteri *Total Coliform* sebagai Indikator Kualitas Air Bersih sebagai berikut:



Gambar 2.3 2 Kerangka Konsep

Kerangka konsep di atas menjelaskan hubungan antara aspek teknis bangunan sumur gali, seperti dinding, bibir, lantai, dan sumber pencemar, terhadap kandungan bakteri *Total Coliform* dalam air sumur gali. Variabel pengganggu, seperti perilaku pemilik sumur dan kondisi lingkungan dikontrol selama penelitian.