

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Air

Air sangat penting untuk kelangsungan hidup dan suplai air yang memuaskan (mencukupi, aman, dan dapat dijangkau) harus tersedia untuk semua meningkatkan akses pada air minum yang aman menghasilkan manfaat yang nyata bagi kesehatan. Setiap upaya harus dibuat untuk mencapai mutu air minum seaman yang dapat dilakukan.

Air minum yang aman, yang ditetapkan oleh pedoman ini, tidak mewakili setiap resiko signifikan terhadap kesehatan di sepanjang pengkonsumsian air minum selama hidup, termasuk perbedaan kerentanan yang mungkin terjadi diantara tahapan kehidupan yang berbeda bayi dan anak-anak, mereka yang lemah atau tinggal dalam kondisi yang tidak bersih, dan para orang Lanjut Usia, merupakan kelompok yang memiliki resiko tinggi terhadap penyakit bersumber air (*waterborne disease*). Air minum yang aman sesuai untuk digunakan bagi semua kegunaan domestik, termasuk kebersihan pribadi. pedoman mutu air minum ini dapat diterapkan untuk air kemasan dan yang ditunjukkan untuk konsumsi manusia. Namun, air yang bermutu lebih tinggi diperlukan untuk beberapa tinjauan khusus misalnya dialisis ginjal dan cairan pembersih lensa kontak atau untuk tujuan tertentu di dalam produksi makanan dan penggunaan obat-obatan. Mereka yang daya tahan tubuhnya sangat lemah mungkin perlu melakukan langkah tambahan. Misalnya memasak air minum karena mereka rentan terhadap organisme yang biasanya tidak menimbulkan masalah di dalam air minum. Pedoman ini mungkin tidak bertujuan untuk melindungi kehidupan akuatik atau untuk penggunaan di industri (WHO, 2011).

2.1.1 Sumber Air

seperti yang diketahui sebelumnya air tersebar dimana saja, tidak hanya tersebar di lautan, di daratan pun dijumpai air meskipun jumlahnya relatif sedikit jika dibandingkan dengan total air keseluruhan. Berdasarkan letak dan asalnya air secara umum dibagi menjadi 3 yakni air permukaan, air angkasa, dan air tanah (Agus, 2004).

1. Air angkasa

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Walau pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, air tersebut dapat mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Hal ini dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya karbondioksida, nitrogen dan ammonia (Chandra, 2007).

hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena air masih banyak mengandung kotoran (Lud, 2005). Air hujan tidak mengandung kalsium di dalam. Oleh karena itu, jika air hujan ingin dijadikan air minum yang sehat perlu ditambahkan kalsium di dalamnya (Notoatmodjo, 2003).

2. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat di sungai, danau waduk, rawa, dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah (Effendi, 2003). Air ini umumnya mendapat pencemaran selama pengalirannya. Pencemaran tersebut misalnya oleh lumpur, batangbatang kayu, daun-daun, kotoran industri, dan lain sebagainya. Dengan adanya pencemaran ini menyebabkan kualitas air permukaan menjadi berbeda-beda. Pencemaran ini dapat secara fisik, kimia dan bakteriologi (biologi). Setelah mengalami pencemaran, air permukaan akan mengalami pembersihan.

Air permukaan dibagi menjadi air sungai dan air rawa atau danau. Air sungai pada umumnya mempunyai derajat pencemaran yang tinggi. Sehingga jika digunakan sebagai air minum harus melalui proses yang panjang. Sedangkan pada air danau kebanyakan berwarna atau tidak jernih, hal ini dapat disebabkan oleh zat-zat organik yang telah membusuk (Waluyo, 2005).

3. Air tanah

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses titrasi secara ilmiah. Proses yang telah dialami air hujan tersebut, di saat perjalanannya ke bawah tanah membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sumber air lain. Air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi atau penjernihan dan persediaan air tanah juga cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun.

Air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan yaitu : air tanah mengandung zat-zat mineral, misalnya : magnesium, kalsium, dan logam berat (besi) dalam konsentrasi yang tinggi. Untuk menghisap dan mengalirkan air ke atas permukaan diperlukan pompa (Chandra, 2007).

Air tanah secara umum terbagi menjadi:

a. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal terjadi akibat proses penyerapan air dari permukaan tanah. Lumpur dan bakteri akan tertahan, sehingga air tanah dangkal terlihat jernih tetapi banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang memiliki unsur-unsur kimia tertentu. Lapisan tanah berfungsi sebagai penyaring. Setelah mengalami penyaringan, setelah

menemui lapisan kedap air atau rapat air, maka air tanah akan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih. Air tanah dangkal memiliki kedalaman sampai 15 meter.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat pada lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam lebih sulit dan pada air tanah dangkal. Suatu lapis rapat air biasanya didapatkan pada kedalaman 100-300 meter. Bila tekanan air tanah dalam besar, maka air dapat menyembur keluar. Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik dari pada air tanah dangkal, karena terjadi penyaringan yang lebih sempurna terutama untuk bakteri. Porositas dan permeabilitas tanah akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri seperti *Eshcherichia coli*, semakin besar porositas dan permeabilitas tanah maka semakin besar kemampuan tanah melewatkan air yang berarti jumlah bakteri yang dapat bergerak mengikuti aliran tanah semakin banyak, tekstur tanah akan mempengaruhi penyebaran pencemar masuk kedalam air tanah karena tekstur dan struktur tanah mempengaruhi penyebaran dan pori pori tanah dan permeabilitas tanah yang pada gilirannya dapat mempengaruhi laju infiltrasi, kemampuan tanah dalam menampung air (kelembaban tanah). Semakin tinggi porositas tanah maka semakin cepat aliran tanah sehingga proses pencemaran akan semakin cepat menyebar. Porositas tanah yang besar tidak selalu disertai dengan permeabilitas yang besar pula. Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air dan udara (Huwaida, 2014).

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari air tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan memiliki kualitas yang sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan munculnya ke permukaan tanah dibagi menjadi

dua antara lain rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng dan umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran (Waluyo, 2005).

2.1.2 Kriteria Kualitas Air

Menurut Permenkes (2010), diperlukan empat persyaratan pokok air minum:

1. Persyaratan biologis, berarti air minum itu tidak boleh mengandung mikroorganisme seperti, *Eschericia coli* dan *Vibrio collera*.
2. Persyaratan fisik, kondisi fisik air minum terdiri dari kondisi fisik dari air pada umumnya, yakni derajat keasaman, suhu, kejernihan, warna, dan bau.
3. Persyaratan kimiawi menjadi penting karena banyak sekali kandungan kimiawi air yang tinggi akan berakibat buruk pada kesehatan karena tidak sesuai dengan proses biokimiawi tubuh. Terutama pada ginjal
4. Persyaratan radiologis sering juga dimasukkan sebagai persyaratan fisik, pada wilayah tertentu menjadi sangat serius seperti di sekitar reaktor nuklir yang menyebabkan zat radiokatif yang tinggi.

Dari keempat persyaratan air minum diatas yang paling mudah diatasi adalah masalah pencemaran biologis karena dapat diatasi dengan mendidihkan air agar mikroorganisme mati (Permenkes, 2010).

2.1.3 Aspek yang mempengaruhi kualitas air minum

1. Mikroba

Suplai air minum terhadap mikroba dijamin dengan menggunakan perlindungan berganda, mulai dari penampungan air hingga konsumen untuk mencegah kontaminasi air minum, mengurangi kontaminasi hingga ke tingkat yang tidak membahayakan kesehatan. keamanan air akan meningkat apabila perlindungan berganda diterapkan, termasuk perlindungan

sumber air, pemilihan dan pelaksanaan serangkaian langkah Penanganan dan pengolahan sistem distribusi (melalui pipa atau sebaliknya) yang tepat untuk memelihara dan melindungi mutu air yang digunakan strategi pilihan adalah pendekatan manajemen yang memberikan dukungan utama pada pencegahan atau pembatasan masuknya patogen kedalam sumber air dan yang tidak begitu mengandalkan proses langkah penghilangan pathogen.

Pada umumnya, resiko terbesar terhadap mikroba diakibatkan oleh konsumsi air yang terkontaminasi dengan kotoran manusia atau hewan (termasuk burung). Kotoran tersebut dapat menjadi sumber patogen bakteri virus protozoa dan cacing. Patogen yang berasal dari feses merupakan masalah penting dalam penetapan sasaran berbasis kesehatan untuk bebas mikroba. mutu air terkait kandungan mikroba memiliki rentang yang luas. Kontaminasi mikroba dalam jumlah terbesar pada jangka pendek dapat meningkatkan resiko penyakit secara drastis dan dapat memicu wabah penyakit bersumber air (WHO, 2011).

2. Desinfeksi

Desinfeksi jelas sangat penting didalam suplai air minum yang sehat. Penghancuran mikroba patogen sangat penting dilakukan dan seringkali melibatkan penggunaan agen kimia yang reaktif, misalnya klorin. Desinfeksi merupakan perlindungan yang efektif terhadap banyak patogen (khususnya bakteri) selama proses pengolahan air minum serta sebaiknya digunakan untuk air permukaan dan air tanah yang mudah terkena kontaminasi feses (WHO, 2011).

3. Aspek kimiawi

Masalah kesehatan terkait konstituen kimiawi air minum berada dengan masalah kesehatan yang terkait dengan kontaminasi mikroba dan konstituen kimiawi utama muncul akibat kemampuan konstituen kimiawi untuk menyebabkan efek kesehatan yang buruk setelah periode perjalanan yang panjang. Dalam situasi ketika perjalanan jangka pendek tidak mungkin

kesehatan, tindakan yang efektif adalah memfokuskan sumber daya yang ada untuk tindakan perbaikan pada temuan dan menghilangkan sumber kontaminasi bukan memasang peralatan mahal pengolahan air minum untuk menghilangkan konstituen kimiawi tersebut.

Terdapat banyak zat kimia yang berada di dalam air minum namun hanya sedikit yang dapat menjadi masalah langsung pada kesehatan dalam setiap keadaan tertentu prioritas pada Pemantauan dan langkah perbaikan bagi kontaminan kimia di dalam air minum harus dikelola untuk memastikan bahwa sumber daya yang langka tidak ditujukan untuk persoalan yang sedikit atau tidak memiliki kepentingan kesehatan (WHO, 2011).

4. Radiologis

Risiko kesehatan Akibat keberadaan radionuklida terdapat yang terjadi secara alami di dalam air minum harus dipertimbangkan, walaupun kontribusi air minum pada paparan umum terhadap radionuklida sangat kecil dalam keadaan normal

Nilai pedoman resmi tidak dibuat terpisah untuk radionuklida dalam air minum. akan tetapi, pendekatan yang digunakan didasarkan pada skrining air minum untuk aktivitas radiasi Alfa dan Beta bruto. meskipun temuan kadar aktivitas radiasi yang berada di atas nilai streaming tidak menunjukkan resiko langsung pada kesehatan hal tersebut seharusnya memicu investigasi lanjutan dalam menentukan risiko radionuklida yang muncul dan mungkin muncul dengan memperhitungkan situasi tempat (WHO, 2011).

5. Kelayakan

Air harus tidak berasa dan tidak berbau untuk dikonsumsi oleh konsumen Dalam menilai mutu air minum pada dasarnya para konsumen mengandalkan Indra mereka. Konstituen mikroba, kimiawi, dan fisik air dapat mempengaruhi tampilan, bau, atau rasa air : Dan para konsumen akan menilai mutu dan kelayakan air berdasarkan kriteria tersebut. Walaupun

substansi tersebut mungkin tidak memiliki efek langsung pada kesehatan air yang sangat keruh sangat berwarna atau memiliki rasa atau bau yang sangat tidak menyenangkan akan dianggap tidak aman oleh para konsumen dan mungkin tidak akan dikonsumsi. Perubahan penampilan rasa, atau bau normal pada suplai air minum menandakan adanya penurunan mutu sumber air mentah atau proses pengolahan air tidak memadai dan harus di investigasi (WHO, 2011).

2.2 Tinjauan Sumur

2.2.1 Sumur Gali

Sumur Gali adalah lubang yang digali secara manual kedalam tanah untuk memanfaatkan air tanah (*water table*) . sumur gali hingga kedalam 15meter, dengan diameter mulai dari 1meter sampai 1.5 meter. Dinding sumur biasanya dibuat atau dilapisi dengan batu beton, Batu bata, batu kali, atau diperkuat beton untuk mencegah dinding rusak atau berlubang. Pada kedalaman dibagian akuifer, dinding tertanama namun ada celah, atau jika menggunakan cincin beton buatan dipasang celah pada sambungan antar cincin agar dapat dilewati air tanah masuk kedalam sumur. Sumur gali biasanya berbentuk lingkaran. Jenis sumur kadang-kadang mampu menghasilkan persediaan air yang cukup dari sumber air dangkal tetapi mudah tercemar oleh permukaan (PAMSIMAS, 2015).

Sumur gali merupakan sarana untuk menyadap dan menampung air tanah yang dipergunakan sebagai sumber air baku untuk air bersih. Persyaratan umum sumur gali adalah.

- 1) Bentuk bulat atau persegi, diameter sumur bulat 0.80 meter.
- 2) Sumur gali tidak boleh dilokasi dekat pembuangan sampah.
- 3) Jarak sumur gali dengan sumber pencemar seperti cubluk, tangki septik, dan lain-lain adalah 10 meter

- 4) Lokasi mudah dijangkau atau tidak terlalu jauh dari rumah-rumah sekitar.
 - 5) Penentuan lokasi yang layak untuk untuk sumur gali yang akan digunakan untuk umum harus dimusyawarahkan terlebih dahulu.
 - 6) Sumur gali dilengkapi saluran pembuangan agar tidak terjadi genangan disekitar sumur
- (Darwati, 2014)

2.2.2 Tipe sumur gali berdasarkan kondisi tanah

Tipe sumur gali ada 2 macam, tergantung pada kondisi tanah yang mudah atau tidak mudah retak.

1. Bila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala mudah retak atau runtuh

Konstruksi:

- a. Dinding atas buat dari pasangan bata atau batako atau batu belah yang diplester bagian luar dan dalam setinggi 80 cm dari permukaan lantai, dinding bawah dari bahan yang sama sedalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.
 - b. Dinding atas dibuat dari pasangan bata atau batako/ batu belah yang diplester bagian luar dan dalam setinggi 80 cm dari permukaan lantai, dinding bawah dari pipa beton sedalam minimal 300cm dari permukaan lantai
2. Bila keadaan tanah menunjukkan keadaan mudah retak atau runtuh

Konstruksi :

Dinding atas dibuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah yang di plester bagian luar dan dalam setinggi 80 cm dari permukaan lantai, dinding bawah sampai kedalaman sumur dari pada pipa beton sedalam minimal 300 cm dari permukaan lantai pipa beton harus kedap air, dan sisanya berlubang (Darwati, 2014).

2.2.3 Sumur Bor

Sumur bor dibangun secara manual dengan menggunakan bor (*augers*), biasanya tanah yang akan dibor bersifat kohesif lembut atau tanah tak berongga yang mengandung tanah liat. Kedalaman sumur bor biasanya sampai 15 meter. Pada saat pemboran mencapai garis level tanah (*water table*). Bor dinaikkan keluar dari lubang dan di bersihkan setiap saat. Demikian pula ketika pengeboran mencapai air tanah, bor diangkat kembali untuk membersihkan pasir dan tanah dilubang bor. Untuk melakukan pengeboran lebih dalam, ditambah batang pipa dibagian atas bor. Sementara itu, perlu disiapkan pipa jambang (*casing*) baja yang berdiameter sama seperti lubang bor dimasukkan kedalam lubang bor untuk mencegah lubang galian bor runtuh. Setelah pengeboran mencapai kedalam akhir, kira-kira yang paling baik adalah 2 meter dibawah garis permukaan air tanah (*water table*) saat musim kemarau, selanjutnya pipa PVC berlubang dipasang didalam pipa jambang sementara tersebut. Selanjutnya pipa jambang sementara ditarik secara bertahap keluar saat krikil dituangkan diantara pipa PVC dan pipa jambang sementara tersebut. Ketika pipa jambang telah ditarik 3 meter dibawah permukaan tanah, semen *grouting* dituang diatas kerikil hingga ke permukaan tanah untuk melindungi sumur dari kontaminasi permukaan (PAMSIMAS, 2015).

2.2.4 Metode Pemboran

Metode pemboran sumur air banyak macamnya, dari yang tradisional dengan bor tangan sampai dengan menggunakan mesin. Beberapa metode yang menggunakan mesin diantaranya adalah metode:

a. Bor tumbuk

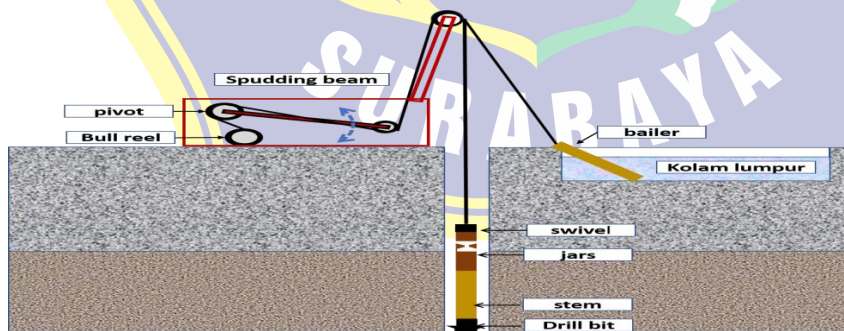
Bor tumbuk atau dikenal dengan nama *cable tool drilling* juga disebut perkusi atau *spudder*. Pada dasarnya pemboran sumur air dengan metode ini adalah dengan cara mengangkat dan menjatuhkan berulang-ulang kali serangkaian alat pemboran ke dalam lubang bor.

Mata bor melumatkan atau menghancurkan batuan yang konsolidasi dan tidak terkonsolidasi (batuan lepas) dilumatkan menjadi partiel atau diurai bercampur dengan air tanah, membentuk bubur, atau lumpur di dasar lubang bor. Jika tidak ada atau hanya sedikit air dari formasi yang ditembus, ditambahkan air untuk membentuk bubur. Akumulasi bubur meningkat seiring dengan hasil kemajuan pemboran pada gilirannya akan mengurangi atau meredam kemampuan alat dalam menghancurkan batuan. Bila tingkat penetrasi menjadi tidak dapat diterima karena adanya redaman bubur *cutting*, secara periodik bubur diambil dari lubang bor oleh pompa pasir atau menggunakan alat yang disebut *bailer*. Pemboran dengan metode ini, sekarang di Indonesia sudah jarang dijumpai (Arsyad, 2017).

b. Pemboran Putar Sirkulasi Langsung

Mata bor dipasang melekat pada ujung bawah dari serangkaian pipa bor yang disebut sebagai *drill string*, yang meneruskan aksi berputar dari mesin bor yang disebut sebagai rig ke mata bor.

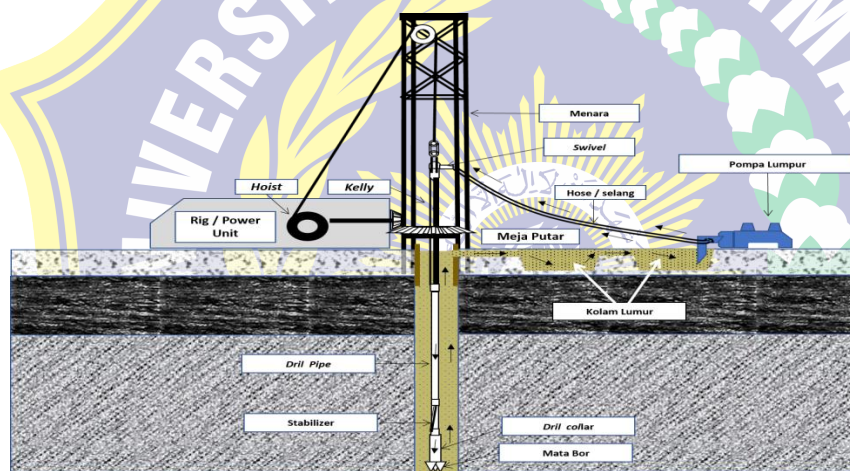
Mata bor yang mendapat beban dari *drill string*, menggiling dan melumatkan batuan menjadi parikel serbuk bor atau selanjutnya disebut *cutting*, yang bercampur dengan air atau lumpur, bubur dan serpihan batuan ini kemudian diambil dengan cara memompakan cairan pemboran untuk “menghanyutkan” *cutting*.



Gambar 2.1 Garis Besar Peralatan Pemboran Tumbuk (Arsyad, 2017)

Cairan pemboran yang dipompakan mengambil *cutting* secara umum disebut sebagai fluida, dapat berupa air saja, campuran air dan lempung, sudah tentu termasuk udara didalamnya. Pemboran putar dengan fluida campuran air dan lempung serta sebagian kecil bahan tambahan, fluida ini di lapangan sering disebut sebagai lumpur pemboran atau lumpur saja.

Selanjutnya dalam naskah ini apabila disebutkan sebagai fluida, maksudnya berlaku umum, jika disebutkan lumpur konotasinya adalah terbatas pada fluida yang terdiri dari campuran air dengan lempung (termasuk disini *bentonite*) serta sedikit bahan tambahan (*additives*) , fluida pemboran mempunyai banyak fungsi, karena itu, sering ditambahkan bahan pencampur (*additives*) yang akan dijelaskan kemudian (Arsyad, 2017).

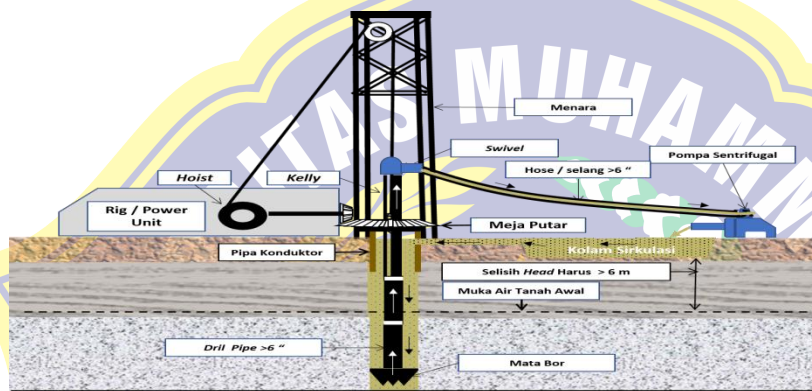


Gambar 1.2 Garis Besar Peralatan Pemboran Putar Sirkulasi Langsung (Arsyad, 2017)

Fluida dipompakan masuk melalui lubang dalam pipa stang bor atau *drill pipe* sampai ke ujung mata bor dan keluar melalui lubang penyemprot (*nozzle*) yang terdapat di mata bor, fluida mengalir disamping mendinginkan dan melumasi mata bor juga menghanyutkan partikel hancuran batuan yang digiling oleh mata bor dalam bentuk suspensi terbawa naik melalui ruang *annulus* yaitu ruang antara *drill string* dengan lubang sumur hasil pemboran, aliran fluida yang membawa muatan *cutting* meluap di permukaan dan mengalir melalui parit kedalam kolam

pengendap kemudian sebagian besar *cutting* mengendap turun terkumpul di dasar kolam, sedangkan cairan yang bersih dialirkan ke kolam tempat cadangan lumpur dipompa dengan menggunakan pompa lumpur.

Fluida sebagai media sirkulasi bahan dasarnya dapat berupa air (*water base fluid*) yang umum digunakan untuk pemboran air, dan dapat berupa minyak (*oil base fluid*) yang umumnya untuk pemboran minyak.



Gambar 2.3 Garis Besar Peralatan Pemboran Putar Sirkulasi Terbalik (Arsyad, 2017)

Fluida berbasis air, untuk mendapatkan hasil lubang sumur yang optimal menggunakan berbagai macam bahan pencampur (*additiv*), diantaranya bentonite, polimer, udara, CMC, barite dan lain sebagainya yang akan dijelaskan kemudian. Pemboran dengan metode putar sirkulasi langsung ini yang sangat umum dan paling banyak dilakukan dalam pemanfaatan air tanah di Indonesia (Arsyad, 2017).

Metode putar sirkulasi langsung dapat juga menggunakan udara sebagai fluida pemboran. Beberapa ahli memisahkan metode ini dari metode pemboran berbasis air, sehingga ada yang menyebutkan terdapat juga metode pemboran putar berbasis udara (*Air base*) dalam hal ini udara bertekanan tinggi ditiupkan dari kompresor melalui *drill string* menuju mata bor dan meniup *cutting* melalui *anulus* ke permukaan untuk membuang *cutting* (Arsyad, 2017).

c. Pemboran Putar Sirkulasi terbalik

Pemboran putar sirkulasi terbalik ini pada prinsipnya sirkulasi dalam pengambilan serbuk bor (*cutting*) dilakukan dengan menyedot bubur campuran fluida dengan *cutting*.

Pompa sentrifugal yang cukup besar kapasitasnya menyedot fluida bersama-sama *cutting*. Media fluida berupa air, baik yang berasal dari air formasi batuan atau air yang ditambahkan dialirkan masuk melalui *anulus* sampai ke ujung mata bor di bawah permukaan disedot melalui lubang mata bor masuk kedalam *drill pipe* disedot ke pompa sentrifugal di permukaan dan di curahkan ke kolam tandon air, dalam kolam tersebut *cutting* di endapkan dan air bersih kembali dimasukkan ke ruang *anulus* untuk disirkulasikan kembali (Arsyad, 2017).

Pipa hisap pompa dan *drill pipe* yang digunakan pada metode ini dengan demikian harus memiliki diameter yang cukup besar, biasanya berukuran 6 inci, mata bor yang digunakan juga cukup besar, biasanya antara 10 sampai 22 inci (Arsyad, 2017)

2.3 Tinjauan *Escherichia coli*

2.3.1 Sejarah dan Morfologi

Bakteri *Escherichia coli* ditemukan pada tahun 1885 oleh Theodor Escherich dan diberi nama sesuai dengan nama penemunya. Pada umumnya bakteri ini dapat ditemukan di usus besar manusia. Kebanyakan *Escherichia coli* tidak berbahaya, tetapi beberapa seperti *Escherichia coli* tipe O157:H7 dapat mengakibatkan keracunan makanan yang sering pada manusia yaitu diare berdarah karena eksitoksin yang dihasilkan bernama verotoksin. Toksin ini bekerja dengan cara menghilangkan satu basa adenine dari unit 28S rRNA sehingga menghentikan sintesis protein (Sutiknowati, 2016).

Escherichia coli merupakan bakteri berbentuk batang dengan panjang sekitar 2 micrometer dan diameter 0.5 micrometer. Volume sel *Escherichia coli* berkisar $0.6-0,7 \text{ m}^3$. Bakteri ini dapat hidup pada rentang suhu $20-40^\circ\text{C}$ dengan suhu optimumnya 37°C dan tergolong bakteri gram negative. *Escherichia coli* termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Bakteri ini merupakan bakteri gram-negati, berbentuk batang pendek (kokobasil), mempunyai falgel, berukuran $0,4-0,7\mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$, dan mempunyai simpai, *Escherichia coli* tumbuh dengan baik di hampir semua media perbenihan, dapat meragi laktos, dan bersifat mikroaerofilik (Radji, 2011).

2.3.2 Klasifikasi



Gambar 2.4 Bakteri *Escherichia coli* (Huwaida, 2014).

Domain	: Bacteria
Kingdom	: Eubacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gammaproteobacteria
Order	: Enterobacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Species	: <i>Escherichia coli</i> (Huwaida, 2014).

2.3.3 Struktur antigen

Escherichia coli mempunyai antigen O, H, K. Saat ini, telah ditemukan sekitar 150 tipe antigen O, 90 tipe antigen K, dan 50 tipe antigen H. Berdasarkan sifat sifat fisiknya, antigen K dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu L, A, dan B.

2.3.4 Faktor virulensi

1. Antigen permukaan

Escherichia coli memiliki setidaknya 2 jenis tipe fibria, yaitu sebagai berikut.

- a) Tipe manosa sensitif (pili)
- b) Tipe manosa resisten (*Colonization factor Antigen*, CFA I dan II

Kedua tipe fibria ini sebagai faktor kolonisasi, yaitu untuk pelekatan sel bakteri pada sel hospes. Sebagai contoh, CFA I dan II melekatkan *Escherichia coli* enteropatogenik pada sel epitel usus. Enteropatogenik berarti dapat menyebabkan penyakit pada saluran intesstin.

2. Enterotoksin

Enterotoksin yang berhasil diisolasi dari *Escherichia coli* adalah sebagai

- a) Toksin LT (termolabil)
- b) Toksin ST (termotabil)

Produksi kedua jenis toksin tersebut diatur oleh plasmid. Plasmid dapat pindah dari satu sel bakteri ke sel bakteri yang lain. Bakteri *Escherichia coli* memiliki dua plasmid, yaitu plasmid yang menjadi pembentuk toksin LT dan ST dan plasmid, yaitu plasmid yang menjadi pembentukan pembentukan ST saja (Radji, 2011).

2.3.5 Macam-macam Enterotoksin

1. *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

jenis merupakan penyebab utama diare pada bayi. EPEC memiliki fibria, toksin yang tahan terhadap panas (ST), dan toksin yang tidak tahan panas (LT),serta menggunakan *adhesin*, yang dikenal dengan intimin,untuk melekat pada sel mukosa usus. Infeksi EPEC mengakibatkan diare yang bisanyan bisa sembuh sendiri, tetapi ada juga yang menjadi kronis. Lama diare yang disebabkan oleh EPEC dapat diperpendek dengan pemberian antibiotik (Jawetz dkk, 2018).

2. *Escherichia coli enterotoksigenik (ETEC)*

ETEC merupakan bakteri penyebab diare pada anak dan wisatawan yang bepergian ke daerah yang mempunyai sanitasi buruk. Oleh karena itu, diare yang disebabkan oleh bakteri ini sering dinamakan diare wisatawan. Factor kolonisasi ETEC yang spesifik untuk manusia adalah *fimbrial adhesin*. Faktor ini dapat menyebabkan ETEC melekat pada epitel usus halus sehingga menyebabkan diare tanpa demam (Jawetz dkk, 2018).

ETEC juga memproduksi toksin yang tahan terhadap panas (ST). Toksin ini tahan didalam air mendidih selama 30 menit. Enterotoksin yang stabil terhadap pemanasan inimerupakan peptida yang memiliki bobot molekul sekitar 4000 dalton. Karena ukurannya yang kecil inilah, toksin ST diperkirakan sulit diinaktifkan oleh pemanasan. Toksin ini dapat menyebabkan konsentrasi guanosin monofosfat siklik dalam sitoplasma hospes meningkat sehingga meningkatkan konsentrasi adenosin monofosfat setempat (AMP). Hal ini menimbulkan hipersekresi air dan klorida secara terus menerus dan lama dan disertai penghambatan resorpsi natrium. Lumen usus teregang oleh cairan dan mengakibatkan hipermotilitas dan diare.

Untuk menghindari diare ini, sangat dianjurkan untuk berhati hati dalam memilih makanana yang kemungkinan terkontaminasi oleh ETEC. Profilaksis dengan suatu anti mikroba dapat efektif, tetapi mungkin dapat meningkatkan resistensi bakteri pada antibiotik (Radji, 2011).

3. *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC)

Mekanisme patogenik EIEC mirip dengan patogenesis infeksi yang disebabkan oleh *Shigella*. Masuk dan berkembang dalam epitel sel-sel kolon sehingga menyebabkan kerusakan pada sel kolon. Gejala klinis yang ditimbulkan oleh infeksi EIEC mirip dengan gejala diare yang disebabkan oleh *Shigella*. Gejala diare biasanya disertai demam (Radji, 2011).

4. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC)

Jenis bakteri ini menghasilkan suatu toksin yang dikenal dengan verotoksin. Nama verotoksin sesuai dengan efek sitotoksik toksin ini pada sel vero., yaitu sel ginjal yang diperoleh dari ginjal monyet afrika (*Africangreen monkey*). EHEC dapat menyebabkan kolitis berdarah (yakni diare berat yang disertai perdarahan) dan sindrom uremik hemolitik (yakni gagal ginjal akut yang disertai anemia hemolitik mikroangiopatik dan trombo sitopenia). Kasus kolitis berdarah dan komplikasinya dapat dicegah dengan memasak daging sampai matang sebelum dikonsumsi (Radji, 2011).

5. *Escherichia coli* enteroagregatif (EAEC)

Bakteri ini menimbulkan diare akut dan kronis dan merupakan penyebab utama diare pada masyarakat dinegara berkembang. EAEC melekat pada sel manusia dengan pola khas yang menyebabkan diare yang tidak berdarah, tidak menginvasi, dan tidak menyebabkan inflamasi pada mukosa intestin. EAEC diperkirakan memproduksi *Entero agregative ST toxin* (EAST), yang merupakan suatu enterotoksin yang tidak tahan panas. EAEC juga memproduksi hemolisin yang di perkirakan mirip dengan hemolisin yang diproduksi oleh galur *Escherichia coli* yang dapat menyebabkan infeksi saluran kemih. Peranan toksin dan hemolisin dalam virulensi EAEC

belum diketahui dengan jelas. Demikian dengan peranan galur EAEC sebagai penyebab penyakit pada manusia masih kontroversial (Radji, 2011).

2.3.6 Identifikasi bakteri *Escherichia coli*

Pembiakan *Escherichia coli* dan sebagian besar bakteri enteric yang lain membentuk koloni bulat, cembung serta lembut dengan tepi yang berbeda. Koloni enterobacter serupa tetapi dalam beberapa hal lebih mucoid. Koloni klebsiella lebih luas sangat mucoid dan cenderung bergabung apa bila inkubasinya diperpanjang. Salmonella dan Shigella menghasilkan koloni serupa dengan *Escherichia coli* tetapi tidak memfermentasi laktosa. Beberapa strain *Escherichia coli* menghasilkan hemolisis dalam agar darah. Identifikasi *Escherichia coli* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu (Jawetz dkk, 2005).

A. Uji Eosin Metylen Blue (EMB)

Pada uji Eosin Metylen Blue (EMB), *Escherichia coli* mempunyai morfologi yang khas. Bakteri *Escherichia coli* akan menunjukkan warna kemilau (*Metallic sheen*). Warna *metallic sheen* ini merupakan indikator bakteri yang dapat memfermentasi laktosa dengan kuat, seperti bakteri *Escherichia coli*. (Jawetz dkk, 2005).

B. Uji indol

Escherichia coli pada uji indol akan menghasilkan tes positif, yaitu pada saat diinokulasikan 1 sengkeli biakan kedalam media indol kemudian di inkubasi selama 18-24 jam dengan suhu 37 °C. kemudian sebanyak 0,2-0,3 pereaksi indol ditambahkan akan menghasilkan warna merah tua pada permukaan media. Hal ini disebabkan karena bakteri yang diuji memiliki enzim triptonase yang dapat menghidrolisis asam amino jenis triptofan yang memiliki gugus samping indol sehingga indol akan bereaksi dengan reagen uji yang berwarna merah. (Jawetz dkk, 2005).

C. Uji lisin

Escherichia coli pada uji lisinakan menghasilkan dekarboksilase dan dapat menfermentasi manitol serta menghasilkan gas dari glukosa (Jawetz dkk. 2005).

D. Uji Methyl Red (MR)

Dari biakan murni, diinokulasikan 1 sangkelit biakan ke dalam *methyl red-voges proskauer* (MR-VP), kemudian di inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37⁰ C. ditambahkan 5 tetes reagen methyl red, dan kocok sampai homogen. Warna kuning menunjukkan hasil negative dan warna merah menunjukkan hasil positif. Hal ini disebabkan karena pada keadaan asam bakteri yang diuji menghasilkan asam campur yang menyebabkan warna merah pada hasil positif dan bakteri tidak menghasilkan asam campur jika warna yang dihasilkan adalah warna kuning (Jawetz dkk. 2005).

E. Uji Voges Proskauer (VP)

Dari biakan murni, diinokulasikan 1 sangkelit biakan ke dalam *methyl red-voges proskauer* (MR-VP), kemudian di inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37⁰ C. ditambahkan 0.5 ml larutan α -naftol dan 0,2 ml lartan kalium hidroksida, dan kocok sampai homogen. Warna tidak berubah menunjukkan hasil negative dan warna merah muda hingga merah tua menunjukkan hasil positif. Uji VP digunakan untuk mengetahui bakteri melewati fermentasi karbohidrat oleh bakteri menjadi 2,3-butanadiol yang dijadikan sebagai produk utama. Bila KOH ditambahkan akan membentuk senyawa asetoin acetyl methyl carbinol, namun tergantung pencernaan glukosa terjadi, bila glukosa pecah maka akan bereaksi dengan α -naftol. Perubahan warna memperjelas proses dari pembentukan asetoin menjadi warna merah cerry, sedangkan apabila tidak terjadi pembentukan asetoin menunjukan warna kuning cokelat (Puspadewi, 2017).

F. Uji sitrat

Dari biakan murni, diinokulasikan 1 sangkelit biakan ke dalam *simmons citrate*, kemudian di inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37⁰ C. Warna hijau menunjukkan hasil negative dan warna biru menunjukkan hasil positif (Radji, 2010).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah ada perbandingan hasil pemeriksaan bakteri *Escherichia coli* pada air sumur gali dan bor di desa Tebul Timur Kabupaten Pamekasan Madura.

