

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyakit TBC

2.1.1 Definisi

Tuberkulosis adalah suatu penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang sebagian besar menyerang paru-paru dan ditularkan melalui udara yang terkontaminasi bakteri yang dilepaskan oleh penderita tuberkulosis aktif melalui batuk. Tuberkulosis aktif biasanya di mulai di paru-paru (tuberkulosis pulmoner) sedangkan tuberkulosis yang menyerang organ tubuh yang lain (tuberkulosis ekstrapulmoner) biasanya berasal dari tuberkulosis pulmoner yang telah menyebar. Infeksi tuberkulosis ekstrapulmoner ini biasanya tidak menyebabkan penyakit, tetapi bakteri dapat hidup di jaringan parut yang bisa berakibat fatal bila sejumlah besar bakteri menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah. Pada infeksi tuberkulosis yang baru, jika sistem kekebalan tubuh alami orang yang terinfeksi tuberkulosis bisa mengendalikan infeksi atau bahkan menghancurkan bakteri maka infeksi tidak berlanjut dan akan menjadi bentuk tidak aktif (dorman) di dalam makrofaq selama bertahun-tahun dan akan menjadi aktif kembali bila sistem kekebalan tubuh menurun. Perkembangan tuberkulosis pada setiap orang bervariasi tergantung dari berbagai faktor misalnya daya tahan tubuh, kepadatan penduduk, keadaan sosial ekonomi dan pemeliharaan kesehatan yang kurang (Kuswiyanto, S.Si, M.Kes, 2015).

Gejala awal penyakit tuberkulosis hanya menyebabkan penderita merasa tidak sehat dan batuk. Salah satu gejala yang paling sering ditemukan adalah

penderita berkeringat di malam hari dan sesak nafas yang merupakan pertanda adanya udara (*pneumotoraks*) atau cairan (*efusi pleura*) di dalam rongga pleura. Pada infeksi yang berlanjut, penderita akan mengalami batuk yang disertai dahak berwarna hijau atau kuning, jumlah dahak biasanya akan bertambah banyak sejalan dengan perkembangan penyakit dan akan berwarna merah dan mengandung darah pada kondisi yang memburuk (Ratna Mahdiana, 2010).

2.1.2 Epidemiologi

Dalam jaringan tubuh, kuman ini dapat dorman selama beberapa tahun. Sifat dorman ini berarti kuman dapat bangkit kembali dan menjadikan tuberculosis aktif kembali. Sifat ini menunjukkan bahwa kuman lebih menyenangi jaringan yang kaya oksigen, dalam hal ini tekanan bagian apical paru-paru lebih tinggi daripada jaringan lainnya sehingga bagian tersebut merupakan tempat predileksi penyakit tuberculosis. Bakteri dapat disebarkan dari penderita TB paru BTA positif kepada orang yang berada disekitarnya, terutama yang kontak erat. TB paru merupakan penyakit infeksi penting saluran pernafasan. Basil mikobakterium tersebut masuk kedalam jaringan paru melalui saluran napas (droplet infection) sampai alveoli, sehingga terjadi infeksi primer (ghon) yang dapat menyebar ke kelenjar getah bening dan terbentuklah primer kompleks (ranke). Keduanya dinamakan tuberculosis primer, yang dalam perjalanannya sebagian besar akan mengalami penyembuhan. Tuberculosis paru primer adalah terjadinya peradangan sebelum tubuh mempunyai kekebalan spesifik terhadap basil mikobakterium, sedangkan tuberculosis post primer (reinfection) adalah peradangan bagian paru oleh karena terjadi penularan ulang pada tubuh sehingga terbentuk kekebalan spesifik terhadap basil tersebut. Tuberculosis paru dapat

meyerang siapa saja tanpa membedakan jenis kelamin, usia dan ras. Penyakit tuberkulosis lebih dominan menyerang masyarakat yang menetap pada lingkungan kotor dan kumuh dengan populasi yang padat karena penyebaran bakteri terjadi lewat udara. Kondisi ekonomi yang lemah juga merupakan faktor pendukung meningkatnya infeksi dan penyebaran tuberkulosis karena keadaan ekonomi sangat mempengaruhi status gizi yang merupakan salah satu faktor yang menunjang daya tahan tubuh untuk melakukan perlawanan terhadap serangan bakteri karena lemahnya sistem imun tubuh sehingga memudahkan terserang bakteri *M. tuberculosis*.

2.1.3 Patofisiologi dan Patogenesis

Terjadinya penularan tuberkulosis paru karena adanya kuman yang di batukkan keluar bersama droplet nuclei dan bertahan di udara. Jika bakteri tuberkulosis terhirup oleh orang sehat, bakteri akan menempel atau masuk dalam jaringan paru, bisa pula masuk ke alveolar bila ukuran bakteri $< 5 \mu\text{m}$. Bakteri pertama kali akan dihadapi oleh neutrofil kemudian makrofaq. Kebanyakan bakteri akan mati lalu dibersihkan keluar dari percabangan trakeobronkial oleh makrofaq bersama gerakan silia dan sekretnya.

Interaksi antara bakteri dan reseptor makrofaq akan menghasilkan kemokin dan sitokin yang dikenal sebagai sinyal infeksi. Sinyal ini menyebabkan berpindahnya monosit dan sel dendritik dari aliran darah ke fokus infeksi (Paru). Pada fase awal sel dendritik lebih berperan penting dari pada makrofaq, karena sel dendritik mengaktifkan sel T dengan antigen spesifik dari *M. tuberculosis*, oleh sel dendritik bakteri akan di telan menjadi matur dan bermigrasi ke limfonodi. Proses migrasi sel menuju fokus infeksi menyebabkan terbentuknya granuloma.

Granuloma dibentuk sel T, makrofaq, sel B, sel dendritik, sel endotel dan sel epitel. Granuloma mencegah penyebaran bakteri dalam makrofaq dan menghasilkan respon imun yang berhubungan dengan interaksi antara sekresi sitokin oleh makrofaq dan sel T. Granuloma menjadi sarang bakteri dalam periode lama atau disebut sarang primer yang dapat ditemukan dalam setiap jaringan paru. Selain itu dapat terjadi peradangan saluran getah bening menuju hilus (limfangitis lokal) dan diikuti pembesaran kelenjar getah bening hilus (limfadenitis regional).

Sarang primer, limfangitis lokal dan limfadenitis regional membutuhkan waktu 3 – 8 minggu untuk membentuk kompleks primer. Selanjutnya kompleks primer dapat menjadi sembuh tanpa cacat, sembuh dengan sedikit bekas fibrotik, klasifikasi di hilus dan 10 % dapat reaktivasi kembali, karena bakteri yang dorman atau berkomplikasi dan menyebar ke jaringan sekitar paru, saluran gastrointestinal lewat dahak yang tertelan dapat pula ke organ lain melalui penyebaran hematogen (Infeksi tuberkulosis primer). Apabila terjadi ketidakseimbangan sitokin, maka bakteri akan terlepas dan terjadi reaktivasi penyakit yang disebut tuberkulosis sekunder.

2.1.4 Klasifikasi Penyakit

1. Berdasarkan organ yang terkena

1) Tuberkulosis Paru

Tuberkulosis yang menyerang jaringan paru, tidak termasuk pleura dan kelenjar pada hilus.

2) Tuberkulosis Ektra Paru

Tuberkulosis yang menyerang organ tubuh selain paru, misalnya pleura, selaput otak, tulang, pembungkus jantung (perikardium), kulit, usus, ginjal, alat kelamin, saluran kencing dll.

2. Berdasarkan hasil pemeriksaan sputum

1) Tuberkulosis Paru BTA (+)

1. Sekurang-kurangnya 2 – 3 specimen sputum SPS hasilnya BTA (+)
2. Hasil 1 sputum SPS BTA (+) dan foto Rontgen menunjukkan gambaran TB
3. Hasil 1 sputum SPS BTA (+) dan biakan TB (+)
4. Hasil dari 1 atau lebih sputum SPS BTA (+) setelah 3 specimen sputum sebelumnya (-) dan tidak ada perbaikan setelah pemberian Antibiotik non OAT.

2) Tuberkulosis Paru BTA (-)

1. Paling tidak 3 spesimen sputum BTA (-)
2. Foto Rontgen abnormal menunjukkan gambaran TB
3. Tidak ada perbaikan setelah pemberian Antibiotik non OAT
4. Ditentukan (dipertimbangkan) dokter untuk mendapat pengobatan

3. Berdasarkan riwayat pengobatan sebelumnya

1. Kasus baru

Adalah pasien yang belum pernah diobati dengan OAT atau sudah pernah menelan OAT sebelum 4 minggu.

2. Kasus kambuh (relaps)

Pasien TB yang sebelumnya sudah pernah diobati OAT dan dinyatakan sembuh namun kambuh kembali.

3. Kasus setelah putus obat (default)

Pasien yang telah berobat dan putus obat selama 2 bulan atau lebih dengan BTA(+)

4. Kasus setelah gagal (failure)

Pasien yang hasil pemeriksaan sputumnya tetap positif atau kembali menjadi positif pada bulan kelima atau lebih selama pengobatan

5. Kasus lain

Semua kasus yang tidak memenuhi kriteria di atas, dalam kelompok ini termasuk kasus kronik, yaitu pasien dengan hasil pemeriksaan masih BTA (+) setelah selesai pengobatan (<http://repository.unimus.ca.id>)

2.1.5 Mekanisme Infeksi

Infeksi dimulai saat bakteri *M. tuberculosis* berhasil berkembang biak dengan cara pembelahan diri di paru yang mengakibatkan peradangan di dalam paru. Saluran limfe akan membawa bakteri *M. tuberculosis* ke kelenjar limfe di sekitar hilus paru yang disebut sebagai kompleks primer. Waktu antara terjadinya infeksi sampai pembentukan kompleks primer sekitar 4 – 6 minggu. Infeksi ini sangat tergantung dari banyaknya kuman yang masuk dan besarnya respon daya tahan tubuh orang yang terserang. Masa inkubasi yang diperlukan sekitar 6 bulan (Depkes, 2007).

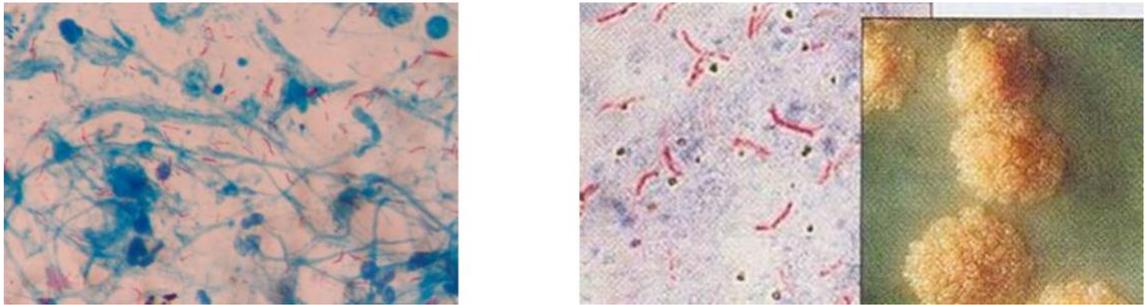
2.2 *Mycobacterium tuberculosis*

2.2.1 Morfologi dan Sifat Bakteri

2.2.1.1 Morfologi Bakteri

Mycobacterium tuberculosis berbentuk batang ramping lurus atau sedikit melengkung, tidak berspora, tidak berkapsul, yang berukuran kira-kira 0,4 x 3 µm, dengan pewarnaan Ziehl-Neelsen akan tampak berwarna merah dengan latar

belakang biru (Velma, 2014). Morfologi koloni *M. tuberculosis* pada media pembedihan berbentuk kokoid, berfilamen, tidak berspora dan tidak bersimpai, berbentuk kasar, kering, rapuh, tengah bertumpuk dengan tepi berjejas tipis; kadang-kadang tipis dan menyebar. Tumbuh dalam waktu 12 – 28 hari dan tidak berpigmen baik pada tempat terang maupun gelap.



Gambar 2.1. *Mycobakterium tuberculosis* dengan pewarnaan ZN

2.2.1.2 Sifat Bakteri

Bakteri ini bersifat aerob obligat yang pertumbuhannya terhambat oleh pH < 6,5, sifat ini menunjukkan bahwa bakteri lebih menyukai jaringan yang kaya oksigen, dalam hal ini tekanan bagian apical paru-paru lebih tinggi daripada jaringan lainnya sehingga bagian tersebut merupakan tempat predileksi penyakit tuberkolosis (Devi Darliana). *M. tuberculosis* tidak mudah diwarnai tetapi jika telah diwarnai tahan dekolorisasi oleh asam atau alkohol karena itu dinamakan “tahan asam”. Sebagian besar dinding bakteri terdiri atas asam lemak (lipid) yang menyebabkan bakteri lebih tahan terhadap asam. Bakteri *Mycobakterium tuberculosis* cepat mati dengan sinar matahari langsung tetapi dapat bertahan hidup beberapa hari di suhu ruangan yang gelap dan lembab dan bertahan berbulan-bulan dalam lemari es dengan suhu 4°C – 8°C (Ratna Mahdiana, 2010). Daya tahan bakteri *M. tuberculosis* lebih besar dibandingkan bakteri lainnya karena sifat hidrofobiknya (tidak dapat larut dalam air). Bakteri *M. Tuberculosis*

tahan terhadap zat kimia, keadaan kering dan dingin, permukaan sel bakteri tahan terhadap pencucian warna dengan asam dan alkohol, sehingga disebut basil tahan asam (BTA). Bakteri *M. tuberculosis* mati pada pemanasan 100⁰ C selama 5 – 10 menit atau pada pemanasan 60⁰ C selama 30 menit atau dengan alkohol 70 -95 % selama 15 – 30 detik. Bakteri ini tahan selama 1 – 2 jam di udara, di tempat yang lembab dan gelap dapat tahan berbulan-bulan, namun tidak tahan terhadap sinar matahari langsung. (<http://repository.unimus.ac.id>)

2.2.2 Klasifikasifikasi

Phylum	= <i>Protophyta</i>
Kelas	= <i>Schizomyceters</i>
Ordo	= <i>Antinomycetes</i>
Familia	= <i>Mycobacteriaceae</i>
Genus	= <i>Mycobacterium</i>
Spesies	= <i>Mycobacterium tuberculosis</i>

Genus *Mycobacterium* mempunyai banyak spesies, selain *M. tuberculosis* banyak spesies lain di temukan yang berasal dari berbagai sumber. Spesies ini digolongkan atipycal atau un classified.

2.2.3 Struktur Antigen dan Faktor Virulensi

Beberapa bagian tertentu dari sel bakteri bersifat antigenik, misalnya dinding sel yang mengandung polisakarida, protein dan polipeptida. Demikian pula membran sitoplasma yang terdiri dari protein yang juga bersifat antigenik karena *M. tuberculosis* kaya akan lipid. Padasel, lipid sangat terikat dengan protein dan polisakarida, hal ini dapat menyebabkan pembentukan granuloma. Galur virulen basil tuberkulosis membentuk tali menyerupai ular yaitu kumpulan

basil tahan asam yang tersusun dalam rantai paralel. Pembentukan tali ini berhubungan dengan virulensi karena senyawa ini menghambat migrasi lekosit, menyebabkan granuloma kronis dan dapat berfungsi sebagai adjuvan imunologis (Jawetz dkk, 2012)

2.2.4 Sputum

Sputum atau dahak adalah sekret yang di batukkan dan berasal dari bronchi dan bukan berasal dari tenggorokan, hidung atau mulut. Sputum disekresi oleh sel-sel goblet dan kelenjar mukus di percabangan bronkus yang dikeluarkan oleh epitel silia bagian dari tenggorokan dan refleksi batuk menyebabkan sputum keluar dari paru-paru. Sputum merupakan produk abnormal dari alveoli bronkus atau trakhea dan proses patologi yang tidak langsung akan direfleksikan dalam komponen-komponen materi peralihan. Sifat kimia dan fisika yang menyimpang dari proses normal di paru-paru akan menghasilkan sputum yang banyak dan tidak normal (Widman, 1995). Gambaran sputum seperti warna dan konsistensinya dapat membantu diagnosis. Sputum yang berwarna hijau menunjukkan adanya penimbunan nanah, tetapi makin siang sputum ini akan berwarna kuning, kemungkinan disebabkan karena penimbunan sputum yang purulen di malam hari. Sputum yang banyak sekali, purulen dan berwarna kecoklatan biasanya disebabkan oleh abses paru. Sputum yang berwarna kekuning-kuningan menunjukkan adanya infeksi. Sedangkan sputum yang berwarna merah muda dan berbusa merupakan tanda dari edema paru-paru akut. Sputum yang berlendir, lekat dan berwarna abu-abu atau putih merupakan tanda bronkitis kronik. Sputum yang berbau busuk merupakan tanda abses paru-paru dan bau ini dapat tercium pada udara napas pasien.

2.3 Media Pertumbuhan Bakteri

Media pertumbuhan bakteri merupakan suatu bahan yang terdiri dari campuran nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri, komponen dasar media biasanya disesuaikan dengan jenis nutrisi yang diperlukan oleh bakteri yang akan di biakkan. Media harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Mengandung semua nutrisi yang diperlukan bakteri
2. Mempunyai tekanan osmose dan pH yang sesuai
3. Tidak mengandung zat penghambat seperti logam-logam berat
4. Tidak kadaluarsa, menggumpal dan harus Steril

2.3.1 Jenis Media Pertumbuhan Bakteri

Jenis Media dapat digolongkan berdasarkan:

1. Berdasarkan Konsistensi

a. Media Cair (Liquid Medium)

Yaitu media berbentuk cair / broth, contoh : Air pepton, Nutrient broth

b. Media Setengah Padat (Semi Solid Medium)

Contoh : Anies, Carry & Blair

c. Media Padat

Contoh : Mac Konkey, EMB, BAP

2. Berdasarkan Fungsinya

a. Media Transport

Digunakan untuk mengirimkan specimen ke laboratorium

rujukan contoh : Carry & Blair, Anies

b. Media Pemupuk

Digunakan untuk memperbanyak bakteri, contoh : BHB, Nutrient Broth

c. Media Universal

Dapat ditumbuhi hampir semua jenis bakteri, contoh : BAP, NA

d. Media Identifikasi

Dipakai untuk menentukan jenis bakteri, contoh : Media gula-gula, Urea, Motil, Simon's Citrat Agar

e. Media untuk Test Kepekaan

Dipakai untuk uji kepekaan dengan menggunakan bakteri kontrol sesuai standar Internasional, contoh : BAP, MH

f. Media untuk Perbenihan Jamur

Bersifat asam untuk perbenihan jamur dan yeast, contoh : SDA, Chrom Agar, PDA

g. Media Penyimpanan

Digunakan untuk menyimpan bakteri, contoh : NA, Semi Solis Agar

h. Media kultur Anaerob

Dipakai untuk golongan bakteri Anaerob, contoh : Cooked Meat media

3. Berdasarkan Susunan Kimia

a. Media Anorganik, media yang tersusun dari bahan-bahan anorganik, contoh : Silika gel

b. Media Organik, media yang tersusun dari bahan-bahan organik

c. Media Sintesis, media buatan dengan ramuan tertentu yang diracik sendiri atau yang siap pakai

d. Media Non Sintesis, media alamiah, contoh : Media Wortel, media Kentang dll

4. Berdasarkan Cara Pembuatan

- a. Media buatan sendiri
- b. Media jadi (Komersial)

2.3.2 Media Pertumbuhan Bakteri *M. tuberculosis*

Media kultur yang paling sering digunakan untuk isolasi pertama untuk *M. tuberculosis* adalah:

1. Media Lowenstein Jensen, yang merupakan media padat dan paling sering digunakan yang mengandung telur untuk merangsang pertumbuhan *M. tuberculosis*. Selain telur sbagai unsur utama, media ini juga mengandung asparagin dan gliserol yang digunakan sebagai sumber nitrogen dan karbon bagi pertumbuhan bakteri.
2. Media Kudoh, komposisinya mirip dengan Lowenstein Jensen tetapi lebih mudah dibuat dan harganya lebih murah karena tidak menggunakan asparagin (B.Sandjaja, 1992 ; C.N paramasivan, 1999).

Dari kedua media di atas, media Lowenstein Jensen masih merupakan standar baku kultur *M. tuberculosis* untuk saat ini. Sebelum dipergunakan, media di uji sterilitasnya dengan mengambil 5 – 10 % dari jumlah tiap batch pembuatan dan diinkubasi pada suhu 35°C – 37°C selama 24 jam, apabila tidak terdapat pertumbuhan koloni maka media aman untuk digunakan tetapi apabila terjadi pertumbuhan bakteri berarti media terkontaminasi dan tidak dapat dipakai, selain itu dilakukan juga uji kesuburan dengan menggunakan bakteri kontrol (B. Sandjaja, 1992 ; Richard Lumb, 2006).

2.4 Virgin Cococnut Oil (VCO)

Sudah sejak dahulu mulai adanya catatan sejarah, buah kelapa telah tercatat sangat bermanfaat sebagai bahan makanan dan bahan pengobatan tanpa

efek samping. Belakangan ini, pemanfaatan daging buah kelapa lebih variatif, VCO (Virgin Coconut Oil) merupakan bentuk olahan yang akhir-akhir ini mulai populer di gunakan dalam pengobatan karena di klaim memiliki segudang manfaat terhadap kesehatan seperti untuk anti-bakteri, anti-virus dan anti-jamur. Selain itu, VCO juga dapat mengatasi kegemukan, penyakit kulit, darah tinggi dan mampu mendukung sistem kekebalan tubuh dengan membebaskan diri terhadap mikroorganisme dengan memberikan sumber energi cepat dan merangsang metabolisme sehingga peningkatan energi ini mampu menyebabkan penyembuhan lebih cepat (Wiwit, 2016).

VCO mengandung asam lemak rantai sedang yang mudah dicerna dan dioksidasi oleh tubuh sehingga tidak terjadi penimbunan dalam tubuh. Di samping itu ternyata kandungan antioksidannya pun sangat tinggi seperti tokoferol dan betakaroten yang berfungsi untuk mmencegah penuaan dini dan menjaga vitalis tubuh. Komponen utama VCO adalah asam lemak jenuh sekitar 90 % dan asam lemak tak jenuh sekitar 10 %. Asam lemak jenuh didominasi oleh asam laurat \pm 53 % dan asam kaprilat \pm 7 %, keduanya merupakan asam lemak rantai sedang yang biasa disebut Medium Chain Fatty Acid (MCFA), di dalam tubuh manusia asam laurat ini akan di ubah menjadi monolaurin yang bersifat anti-bateri, anti-virus dan anti-protozoa serta asam-asam lain yang di dalam tubuh manusia di ubah menjadi monocaprin yang bermanfaat untuk penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari pemakaiannya di bidang kesehatan, proses produksi VCO harus dilakukan secara higienis. Uji aktivitas antibateri VCO terhadap *S.aureus* yang dilakukan di LIPI mengkonfirmasi kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri dengan aktivitas

lebih tinggi di bandingkan aktivitas chloramphenicol – antibiotik komersial. VCO juga berkhasiat mengatasi candidiasis vagina (keputihan), hal tersebut dibuktikan oleh Hery Winarsi, seorang peneliti dari Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, yang memberikan VCO yang diperkaya Seng (Zn) kepada pasien selama 2 bulan. Hasilnya, VCO plus Zn ampuh menekan pertumbuhan bakteri pemicu keputihan seperti *Streptococcus*, *Klebsiella* dan *Escherichia coli*, penurunan pertumbuhan bakteri itu juga diikuti oleh penurunan pH secret vagina dari 6 menjadi 5,1. Keberadaan bakteri-bakteri patogen tersebut dapat meningkatkan pH vagina yang mengakibatkan cendawan *Candida albicans* yang menyebabkan keputihan tumbuh subur (Rahma, 2015)

2.5 Ultrasonik Tranduser Knob 48 kHz

Perangkat ultrasonik adalah suatu perangkat akustik yang memanfaatkan energi dari gelombang ultrasonik yang merupakan gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi > 20.000 Hz (20 kHz). Gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi mempunyai kemampuan untuk memecah sel bakteri melalui proses kavitasi (Sutrisno, 2004), akan tetapi dari penelitian Made Sriundy, *et al.*, (2017) setelah air tebu dikavitasi ultrasonik tranduser *Piezoelectric* 2,5 jam nilai potensial Hidrogen (pH) menjadi 8,5 dari pH awalnya (= 5) berarti koloni bakteri anaerob yang mati disebabkan adanya oksigen, sedangkan bakteri aerobnya tetap hidup. Menurut Hudori (2003), jika bakteri berada dalam medan ultrasonik, maka bakteri akan mengalami tegangan mekanik yang besar sehingga dindingnya akan mengalami perenggangan yang besar dan jika batas elastisitasnya terlampaui maka akan meyebabkan dinding sel bakteri sobek dan bakteri mati, tetapi hal ini bertentangan dengan penelitian Syamsul Arifin, *et al.*,(2015), yang menyatakan

bahwa: a). Air tape dalam tabung reaksi ketika diradiasi ultrasonik dengan transduser 12 biji *knobs* ternyata pH menjadi asam (= 4) dari pH asalnya (pH = 5) selama 30 menit artinya bakteri tetap hidup (tidak mati), tetapi dengan transduser *piezoelectric* (fenomena kavitasi) dari pH asal = 4 meningkat menjadi 6 dalam waktu 3 ½ jam (210 menit), yang artinya menolak pendapat Nur Yakin (2017) pengaruh bunyi ultrasonik mempunyai kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Juga pendapat Nur Yakin (2017) terjadi tegangan geser yang menjadikan dinding sel bakteri mudah merobek menggunakan alat pengusir tikus / nyamuk dan menurut hasil observasi pendahuluan kami, ada toleransi pada alat pengusir Tikus dan Nyamuk dimana: Amplitudo puncaknya = $32240 \pm 110,36$ Hz sedangkan amplitudo lembahnya = $32211 + 113,34$ Hz, sehingga pertentangan ini menghasilkan tidak sesuai dengan pendapat Syamsul Arifin (2013) yang menggunakan alat *function generator* (merek Proteks VOM VFG 3020) dengan frekuensi sangat stabil 48 kHz, 20 Vpp, 2 Vdc, dan transduser 3 biji *knobs*, 6 biji *knobs*, 9 biji *knobs*, dan 12 biji *knobs*, dengan hasil perkembangan bakteri (koloni) berturut-turut: Sangat tinggi dan kecil-kecil (> 3000 koloni artinya bakteri tumbuh) ;450 : 130 ; 129 (cfu/mL artinya ada keaktifan bakteri) dengan kontrol tanpa ultrasonik (139 cfu/mL) dari sini ada gap (kesenjangan) antara menggunakan transduser 3 biji *knobs* (yang dapat mengembang biakan koloni bakteri) dengan 12 biji *knobs* yang dapat menginaktifkan / memutasikan koloni (sel) bakteri.



Gambar2.2 Tanduser Bola-bola

Penelitian yang telah diterangkan di atas telah dilakukan 1). Syamsul Arifin, *et al.*, (2013) memiliki kriteria berbagai transduser ultrasonik (12 biji *knob*) pada media: Air garam fisiologi (PZ) ber-*Pseudomonas aeruginosa*, dalam tabung reaksi dengan 48 kHz, 20 Vpp, 2 Vdc. 2). Syamsul Arifin, *et al.*, (2014). Minuman air tebu, Legen dan susu Sapi diultrasonik transduser 12 *knobs* dengan teknik tanpa diultrasonik, diultrasonik berperioda dan diultrasonik kontinyu selama 3 jam dan dalam tabung reaksi dengan 48 kHz, 1 Vpp, 1 Vdc.. 3). Made Sriundy, *et al.*, (2017) diultrasonik transduser 12 *knobs*, transduser *Piezoelectric* dan tanpa diultrasonik dengan media air Tebu (2 pedagang) yang memiliki pH awal = 5,5 – 5 ditempatkan dalam 3 tabung reaksi dengan 48 kHz, 5 Vpp, 5 Vdc.. 4). Wisnu Istanto *et al.*, (2016) dengan Minyak kelapa sawit (baru) diultrasonik transduser 12 *knobs* dengan 48 kHz, 5 Vpp, 5 Vdc. Minyak kelapa sawit (baru) tidak diultrasonik dan Minyak kelapa sawit (bekas) tidak diultrasonik dalam tabung-tabung reaksi, 5). Syamsul Arifin, *et al.*, (2015) dengan media air Tape membedakan hasil diradiasi ultrasonik transduser *knob* dengan hasil dikavitasi transduser *piezoelectric* dalam tabung reaksi, dengan 48 kHz, 5 Vpp, 1 Vdc.

Dalam penelitian-penelitian ini dengan transduser *piezoelectric* berasal dari signal-signal *Function Waveform Generator*, merek protek 20 kHz, VOM, VFG 3020, DDS, yang signal yang dipilih Sinusoida saja dari banyak pilihan Gergaji, Kotak. Dengan menggunakan sebuah kabel probe yang diteruskan ke kutub-kutub +/- speaker *Piezoelectric* (modifikasi). Adapun penelitian dan pengembangan transduser yang dipakai dari semula menggunakan transduser celup ke transduser celup lainnya atau transduser cairan, seperti: Kawat, Plat, Solenoida, serta transduser *liquid* homogen (setelah diultrasonik baik radiasi maupun kavitasasi dan tetap bergetar terus lebih dari 10 hari setelah *function generator* dimatikan), tidak / larut dalam air atau darah, seperti Minyak kelapa sawit (terapung), *Virgin Coconut Oils* (merendam) dan Gliserin (tenggelam)..

Proses perlakuan pemaparan transduser ultrasonik knob yang akan dilakukan berdasarkan penelitian yang lalu pada : air tebu, air Legen atau air Susu dengan cara periodik adalah dalam waktu 30 menit paparan hidup, dilanjutkan 30 menit paparan mati, ternyata pH larutan-larutan itu bervariasi Naik-Turun, cara konstan adalah dipapar terus menerus selama 3 jam, ternyata pH selalu tetap, atau tanpa dipapar ultrasonik, ternyata nilai pH semakin turun atau menjadi asam (Syamsul Arifin, et al., 2014), sedangkan pada minyak kelapa sawit yang dipapar ultrasonik selama 3 jam saja (Wisnu Istanto et al., 2016 dan Feni Agustin et al., 2018) ternyata di dapatkan fenomena minyak tersebut tetap bergetar nonstop selama lebih dari 10 hari dan tidak ada pertumbuhan bakteri dengan nilai pH konstan. Pada sampel darah *Salmonella* di rendam VCO yang dipapar ultrasonik dengan transduser knob 48 kHz ternyata bergetar terus menerus lebih dari 1 bulan dan hasilnya tidak ada pertumbuhan bakteri *Salmonella* (Sri Wahyuni, 2019).

Pengembangan dan penelitian sebagai berikut: jika VCO diapungkan di atas media sputum terinfeksi *M. tuberculosis* (volume terukur) akan menunjukkan kejadian teori baru setara dalam membunuh seluruh mikroba (aerob dan anaerob) dalam sputum terutama dalam VCO yang diradiasi ultrasonik kawat bola-bola 48 kHz. Perbedaan perlakuan di rendam dan di apungkan adalah jika di rendam maka permukaan tidak tertutup secara menyeluruh atau masih ada celah sehingga masih terhubung dengan udara yang memungkinkan bakteri *M. tuberculosis* akan bertahan hidup karena sifatnya yang aerob sedangkan jika diapungkan maka seluruh permukaan akan tertutup dan tidak berhubungan dengan udara sehingga peluang hidup bakteri *M. tuberculosis* makin rendah terutama jika di beri radiasi ultrasonik.

Pengamatan visual hasil penelitian yang lalu, ada kesamaan alat, frekuensi ultrasonik, transduser knob (bola) transduser *piezoelectric* atau transduser model *liquid* (Minyak kelapa sawit, Wisnu Istanto, et al, 2016) yang antara dua permukaan larutan adalah datar dan tidak saling melarutkan antara objek penggetar dan objek tergetarkan memiliki masa pergetaran efektifnya dan ditandai oleh : adanya reaksi kimia dalam objek dan kemampuan daya tumbuh bakteri. Pada pergetaran (pengultrasonikan) objek tergetar (VCO) dalam penelitian ini yang berada di atas sputum yang menurut penelitian awal ada pengaruh antara yang tidak diultrasonik dengan VCO yang diultrasonik (transduser *liquid* tidak datar) yang menginaktifkan bakteri. Hal ini perlu diteliti, sehingga dimungkinkan ada penemuan dalam teori baru yang dapat membuktikan adanya pengembangan teori ultrasonik dengan transduser media *liquid* khususnya VCO dan VCO yang diradiasi ultrasonik transduser knob 48 kHz pada sampel sputum.

2.6 VCO Radiasi Ultrasonik Oleh Transduser Knob 48 kHz

VCO memiliki kriteria bahan homogen yang akan mengapung di atas air, karena massa jenis VCO lebih kecil dari massa jenis air (homogen) atau sputum (heterogen), maka VCO akan tetap berada di atas sputum. Jika VCO setelah diradiasi ultrasonik transduser knob 3 jam dan VCO radiasi ultrasonik terbukti tetap memancarkan getaran ultrasonik (dalam penelitian awal lebih dari 3 jam), serta VCO radiasi ultrasonik diapungkan diatas sputum (heterogen), maka sputum akan menerima getaran terus menerus lebih dari 3 jam dan sebagai akibatnya akan terjadi tumbukan antara partikel-partikel yang berbeda massa, dimana partikel ringan lebih atraktif dari pada partikel berat demikian juga antar partikel mati (kimia) dengan partikel hidup (biologis), dimana partikel mati akan bergetar searah, elastis dan harmonis mengikuti getaran mekanik sumber suara, sedangkan partikel hidup akan bergetar pelan, non elastis dan melawan arah getar partikel kimia atau antar mikroba hidup (Sri Wahyuni, 2019)

Dengan demikian sputum sebagai media heterogen yang ditenggelamkan, digetar terus menerus lebih dari 3 jam oleh VCO radiasi ultrasonik diatasnya, maka partikel-partikel heterogen dalam sputum akan bertubrukan dengan partikel-partikel yang berbeda, partikel VCO radiasi ultrasonik di sisi atas, ke sisi sampel sputum dan mengusik partikel di dalam sputum yang berada di bawah VCO radiasi ultrasonik, sehingga partikel-partikel sputum juga akan bergetar dan menggetarkan partikel lainnya dalam sampel sputum dan getaran ini akan menyebabkan adanya reaksi kimia dan biologi di dalam sputum. Getaran dari media datar VCO radiasi ultrasonik ini disebut dengan getaran kavitasasi yang menimbulkan efek memecahkan air (H_2O) menjadi komponen H (ada yang saling

terikat menjadi H_2 dan ada yang menjadi H bebas yang akan bereaksi dengan apapun) dan komponen O (ada yang terikat menjadi O_2 dan ada yang menjadi O tunggal (= o nasen = O_n = O bebas) yang akan bereaksi dengan apapun dalam sputum. Hal ini akan menjadikan molekul-molekul terlarut dalam sputum menjadi tidak seimbang dan dapat merubah keseimbangan komponen sputum, baik partikel dan bakteri *M. tuberculosis*.