

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan berbagai metode penelitian pada *microbial fuel cell* yaitu antara lain :

1. Hamdun dkk 2017, mahasiswa Universitas Mataram fakultas teknik jurusan elektro yang berjudul “Rancang Bangun Prototipe Microbial FuelCell Dengan Memanfaatkan Microba Feses Sapi Sebagai Sumber Energi Terbarukan”
2. Raisol dkk 2017, mahasiswa Universitas Brawijaya yang memiliki judul “Produksi Bio-Listrik dengan Kompos dan Urea pada Sistem Plant Microbial Fuel Cell Menggunakan Tanaman Padi”
3. Annisa dkk 2018 , mahasiswa Universitas Telkom yang memiliki judul “Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Penghasil Energi Listrik Menggunakan Sistem Microbial Fuel Cell”
4. M. Syahri dkk 2019, mahasiswa Universitas Pembangunan Nasiona Veteran yang berjudul “Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell Dari Limbah Cair Tempe Sebagai Energi Listrik Terbarukan”
5. Ibrahim Bustami 2018, mahasiswa IPB yang berjudul “Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell Sebagai Penghasil Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan”

2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

<b>NO</b>	<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>Hasil Review</b>
1	Hamdun, Abdul dan Sabar 2017	Rancang Bangun Prototipe Microbial Fuel Cell Dengan Memanfaatkan Microba Feses Sapi Sebagai Sumber Energi Terbarukan	Merancang prototipe MFC 3 ruangan agar tidak perlu ganti substrat atau bahan optimal daya yang dihasilkan selama 12 hari sebesar 2,995 volt.
2	Raisol Amin dan Gunomo Djoyowasito 2017	Produksi Bio-Listrik dengan Kompos dan Urea pada Sistem Plant Microbial Fuel Cell Menggunakan Tanaman Padi	Dalam penelitian tersebut terdapat pemberian jenis kompos yang berbeda sebanyak 145 gram dan disertai penambahan air sebanyak 50%.
3	Annisa, M.Ramdlan dan Ahmad 2018	Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Penghasil Energi Listrik Menggunakan Sistem Microbial Fuel Cell	Dari hasil penelitian ini memiliki beberapa variasi agar mendapatkan hasil tegangan optimal.
4	M. Syahri, Titik, Atras dan One Olivia 2019	Teknologi Bersih Microbial Fuel Cell Dari Limbah Cair Tempe Sebagai Energi Listrik Terbarukan	Penelitian ini memiliki 2 volume yang berbeda yaitu 400ml dan 800ml.
5	Ibrahim Bustami, Pipih Suptijah dan Syeila Rosmalawati, 2018	Kinerja Rangkaian Seri Sistem Microbial Fuel Cell Sebagai Penghasil Biolistrik Dari Limbah Cair Perikanan	Dalam rangkaian seri ini nilai elektrisitas optimal hasil tegangan menggunakan 2 bejana dalam menggunakan single chamber

## 2.2 Optimasi

Optimasi merupakan suatu proses untuk memaksimalkan atau meminimalkan suatu permasalahan agar dapat di peroleh secara optimal. Dalam mengoptimasi suatu permasalahan – permasalahan optimasi di bidang teknik sering kali menjumpai model yang sulit diselesaikan, (Verry Julianto, 2016).

Dari beberapa referensi atau metode *microbial fuel cell* yang memiliki bahan yang berbeda, maka dapat diambil kesimpulan bahwasanya masih perlu adanya mengoptimalkan daya yang dihasilkan *microbial fuel cell* agar dapat pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien.

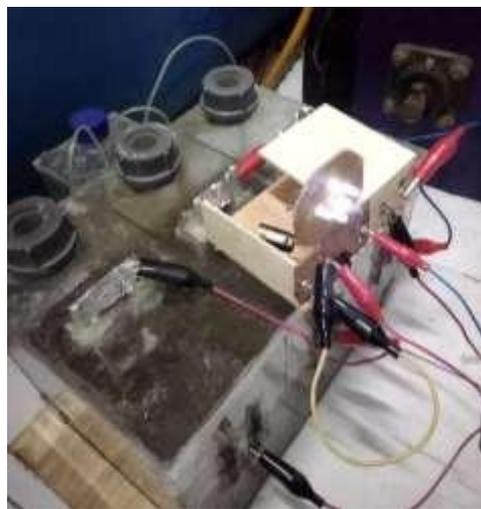
## 2.3 *Microbial Fuel Cell*

*Microbial fuel cell (MFC)* merupakan salah satu energi yang alternatif yang dapat menghasilkan ion hidrogen yang dapat diolah dan menghasilkan listrik dari biomassa yang jumlahnya ketersediaanya melimpah di alam (Yudho P dkk, 2020), *microbial fuel cell* ini memiliki komponen yang sama dengan fuel cell yaitu elektroda, sirkuit dan membran atau proton (sebagai elektrolit).

Sedangkan fuel cell merupakan sel bahan bakar yang dapat menghasilkan arus listrik yang melalui prosesnya elektrokimia dengan mereaksikan gas hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ) (Siti Wafiroh Dkk 2016), MFC memiliki keuntungan yang lebih banyak, karena MFC dapat menghasilkan listrik dari sampah organik dan biomassa terbarukan. Bakteri ini dapat bertindak sebagai mengkatalisis dan beradaptasi dengan baik terhadap berbagai bahan organik yang ada dalam limbah lingkungan dan dengan demikian menghasilkan sebuah elektron.

Aktivitas kinerja MFC juga dipengaruhi oleh mikroba dan substrat dan juga dipengaruhi oleh suhu, yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja MFC karena berhubungan langsung dengan mikroorganisme bakteri, tingkat oksigen yang dikatalisis oleh katoda dan laju transfer proton melalui larutan. Faktor elemen lain yang membentuk MFC adalah elektroda (anoda dan katoda). Sistem MFC dengan rangkaian seri berkaitan dengan besar tegangan yang dihasilkan, dengan rangkaian seri dapat menghasilkan tegangan maksimum (Lila Putri dkk,2020).

Mikroorganisme dapat mengubah energi kimia yang tersimpan di dalam bahan organik menjadi energi listrik saat berada di dalam *Microbial Fuel Cell* (MFC), yang memungkinkan sehingga bakteri yang ada dalam MFC dapat digunakan untuk menghasilkan aliran energi yang terdapat di limbah tersebut (Bustami dkk,2017).



Gambar 2.1 *Microbial Fuel Cell* (Hamdun dkk,2017)

### 2.3.1 Prinsip Kerja

Prinsip operasi kerja MFC adalah dengan menggunakan mikroorganisme metabolik di anoda untuk mengkatalisis konversi bahan

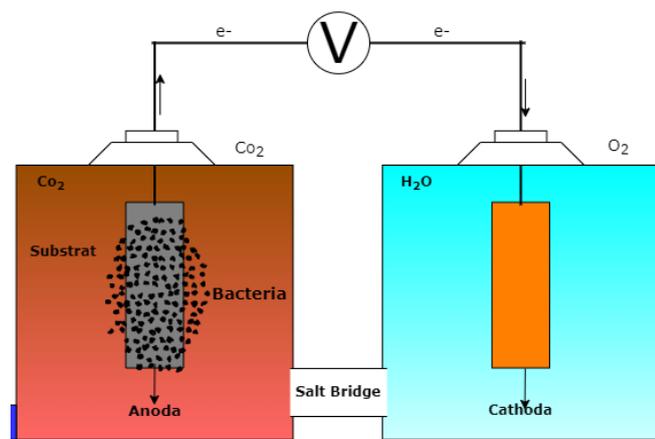
organik menjadi energi listrik dengan mentransfer elektron di anoda melalui kabel dan menciptakan arus katodik. Elektron ditransfer dari anoda diterima oleh ion kompleks katoda dengan memiliki elektron yang bebas. Yang dapat digunakan sebagai elektron adalah zat yang metabolisme mikroba saat melakukan metabolisme, zat hasil mikroba tersebut merupakan senyawa yang mengandung hidrogen. (Hamdun dkk 2017).

Sebagai donor elektron dalam MFC, zat yang dihasilkan dari metabolisme mikroba atau elektron yang dilepaskan oleh mikroorganisme selama metabolisme dapat digunakan sebagai donor elektron. Zat yang dihasilkan dari metabolisme mikroba biasanya merupakan senyawa yang mengandung hidrogen seperti etanol, metanol atau metana, yang terkandung dalam senyawa adalah sebagai sumber hidrogen melalui serangkaian proses untuk menghasilkan elektron dan menghasilkan arus listrik. Semua aktivitas metabolisme mikroba yang dilakukan oleh mikroorganisme biasanya melibatkan pelepasan elektron bebas ke lingkungan. Elektron dapat dimanfaatkan langsung di anoda di MFC untuk menghasilkan Listrik.

Ada banyak molekul mikroba dalam limbah seperti kotoran sapi, mikroorganisme yang ada didalam limbah yang sama kemudian mengoksidasi molekul tersebut untuk menghasilkan elektron, proton dan CO<sub>2</sub>. Proton bergerak ke katoda melalui larutan setelah elektrolisis. Ketika elektron melekat pada anoda melalui larutan elektrolit dan kemudian mengalir melalui rangkaian menuju katoda, aliran elektron ini menciptakan energi listrik. Dalam katoda elektron, proton dan oksigen bergabung membentuk H<sub>2</sub>O melalui sistem MFC.



Gambar 2.2 Langkah Kerja MFC



Gambar 2.3 Prinsip Kerja MFC

### 2.3.2 Faktor Operasional Pada Kinerja MFC

Adapun terdapat beberapa faktor yang dipengaruhi aktivitas dari *microbial fuel cell* yaitu diantara lain :

#### 1. Material Elektroda

Bahan elektroda yang digunakan harus memiliki fungsi dasar karena elektroda dapat menghasilkan arus yang maksimal salah satu tantangan utama dalam pengembangan MFC adalah pemeliharaan jenis elektroda yang tepat (katoda dan anoda) yang mempengaruhi daya keluarannya. Elektroda dalam produksi MFC harus memiliki daya hantar listrik yang baik sehingga dapat berperan penting dalam pengoperasian MFC.

Peningkatan energi listrik dapat dihasilkan meskipun dengan jarak elektroda yang sangat dekat, yaitu dengan menggunakan larutan yang sangat tinggi konsentrasi, penelitian MFC pada jarak elektroda yang dekat menunjukkan performa yang kurang stabil dengan larutan cair konsentrasi substrat yang tinggi membuat bakteri semakin cepat menghilangkan oksigen dan mengurangi massa transfer oksigen ke anoda untuk menghasilkan arus listrik (Kurniati dkk, 2019).

Bagian anodik atau kompartemen ini mengandung bakteri dan bahan organik, dimana bahan baku yang digunakan adalah glukosa yang menurut Rabey menggunakan glukosa karena karbon dapat meningkatkan energi elektrofilitas hingga 80%. Glukosa dipecah secara enzimatik untuk membentuk dua molekul piruvat yang mengandung atom – atom ini, suatu proses dikenal sebagai piruvat dimana reaksi

glikolisis berturut – turut terjadi, sebagian besar energi bebas yang disediakan oleh glukosa disimpan sebagai ATP atau sumber energi yang tersimpan.

Material anaoda ini digunakan harus bersifat *biocompatible* (sesuai dengan makhluk hidup), konduktif dan stabil secara kimia didalam reaktor, perancangan katoda merupakan tantangan utama yang sangat mempengaruhi *microbia fuel cell* berkeja dengan baik atau tidak. Reaksi katoda terjadi pada katoda sulit untuk mengatur elektron, proton dan oksigen agar bertemu pada katalis dalam reaksi fase katalis padat, udara dan cair. Katalis harus berada pada permukaan yang konduktif, dan juga harus terpapar air dan udara sehingga proton dan elektron yang berada pada feses yang berada titik yang sama (Nirwana dkk 2019).

Pada elektroda MFC terdapat menggunakan unsur tembaga (Zn) dan seng (Cu), elektroda Zn cenderung lebih muda mengalami oksidasi dibandingkan logam Cu. Kombinasi anoda seng dan katoda tembaga sangat memiliki skor lebih tinggi dibandingkan jenis kombinasi bahan lainnya sehingga kombinasi seng dan tembaga layak digunakan sebagai bahan elektroda (Nofrizal dkk, 2019).

## 2. Substrat

Dalam suatu perancangan alat tentunya terdapat beberapa hal yang secara langsung dapat mempengaruhi hasil keluarannya, bagi suatu perangkat sel bahan bakar mikroba pengaruh ini sangat penting karena secara tidak langsung dapat mempengaruhi keluaran daya. Faktor

pertama adalah substrat dimana jenis substrat merupakan faktor penentu pembangkit daya pada MFC. Penggunaan media yang tepat dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme secara optimal, selain itu sifat kimia media juga mempengaruhi keluarannya daya listrik (Erwin Satria dkk, 2021).

#### 2.4 Penggunaan Feses Sapi Pada Microbial Fuel Cell

Kotoran ternak sapi merupakan limbah yang sangat fiminim dan kayakan lignohemiselulosa yang memiliki potensi besar untuk proses industri yang membutuhkan bahan baku yang mengandung bakteri tersebut. Limbah ini mengandung xylan, mannan, arabian dan arabinpgalactan dalam kotoran sapi ini juga dapat digunakan sebagai sumber karbon, sumber dan penginduksi pada media pertumbuhan *baciilluspumilus* untuk produksi enzim *lignohemiseulosa* (Endang Dwi dkk, 2011).

Pada penelitian terdahulu Kotoran sapi juga mengandung sedikit selulosa, *lignoselosa*, *ligni*, dan komponen organik yang baik untuk pertumbuhan bakteri dalam produksi bahan baku *Microbial Fuel Cell* (Corro dkk, 2013). Kotoran sapi mengandung bakteri dan mikroorganisme sebagai berikut : *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobactererium*, *Enterobacteriaceae* (*E. Coli*), *Ruminococcus*, dll (Alfa dkk, 2014).

*Ruminokokus sp.* adalah bakteri pendegradasi selulosa yang hadir dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan bakteri lain. Peran bakteri ini dalam kotoran sapi untuk melepaskan nitrogen. *Bacillus* dan *pseudomonas* memiliki efek memecah fosfas sebagai bioligis, *bacillus* juga silikat dan seng untuk

menghidupkan rhizobacteri, aspergillus dan penicillium juga memiliki efek feses melarutkan fosfat (Alfa dkk, 2014).



Gambar 2.4 Kotoran Sapi basah



Gambar 2.5 Kotoran Sapi kering

Pada penelitian sebelumnya digunakanlah atau memanfaatkan feses sapi pada microbial fuel cell untuk menghasilkan energi listrik sebagai energi terbarukan karena feses sapi memiliki potensi daya atau tegangan yang lumayan tinggi pada bahan – bahan yang lain.

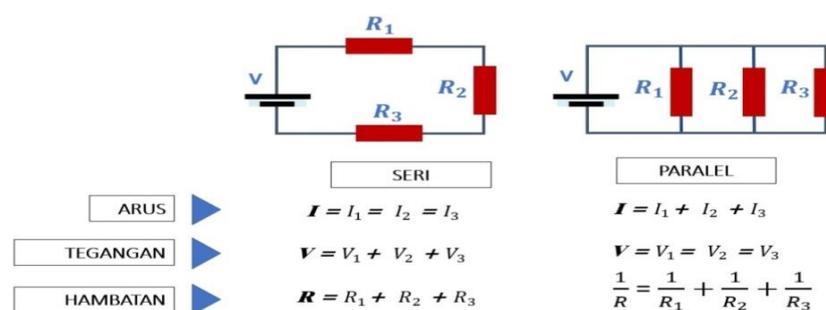


Gambar 2.6 Penggunaan feses sapi pada MFC (Hamdun dkk 2017)

## 2.5 Metode Rangkaian Seri

Rangkaian listrik dapat dibedakan menjadi rangkaian seri dan paralel. Pada rangkaian seri ini merupakan kuat arus listrik yang mengalir pada masing – masing bebanya adalah sama (Muhammad Erfan dkk, 2020), jumlah penurunan tegangan ini pada rangkaian seri dari masing – masing beban seri adalah sama dengan tegangan total pada sumber teganganya, kuat arus yang mengalir rangkaian seri tergantung pada jumlah besar beban atau tahanan bebabn dalam rangakain serta jika salah satu beban atau bagaian rangkaian dari rangkaian terputus, maka aliran arus akan terhenti (Muhammad Erfan dkk, 2020).

### JENIS RANGKAIAN LISTRIK



Gambar 2.7 Jenis Rangkaian Dan Rumusnya

Dalam penelitian sebelumnya pemanfaatan rangkaian seri ini sangat berguna dalam penelitian ini dimana penelitian sebelumnya menggunakan rangkaian seri dalam sistem *microbial fuel cell* dengan berguna untuk menghasilkan daya yang besar dalam metode ini (Bustami Ibrahim dkk, 2014).

## 2.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian pustaka diatas dapat dilakukan penelitian untuk membuktikan bahwasanya *microbial fuel cell* yang berbahan feses sapi bisa menghasilkan energi listrik, dalam penelitian ini kemudian dapat mengajukan hipotesis bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara tegangan dan kebutuhan, maka penelitian ini menggunakan hipotesis. Teori adalah perumusan kemungkinan postulat. Teori sebagai titik awal dalam arti bahwa hipotesis yang akan diuji dapat dibuktikan.

Istilah “hipotesis” berasal dari kata “hipo”, yang berarti kurang atau masih lemah dan “tesis” mengacu pada teori yang dikemukakan sebagai bukti. Dalam pembahasan ini, hipo diartikan sebagai lemah, dan bukti atau pertanyaan – pertanyaan yang menyusun tesis itu dibahas. Jadi sangat mungkin berasal bahwa spekulasi adalah suatu penjelasan yang masih lemah kebenarannya meskipun segala sesuatunya harus dibuktikan sebagai suatu fakta. Suatu hipotesis akan disebut sebagai tesis, yang merupakan teori setelah kebenarannya telah ditetapkan.

Jika bahan penelitian mendukung hipotesis, itu dapat diterima, tetapi juga dapat ditolak jika mereka menyangka (menolak) kenyataan. Hipotesis merupakan jawaban sementara Dikatakan sementara, karena jawaban yang

diberikan baru didasarkan pada teori yang revalan, dan masih belum didasarkan pada fakta – fakta empiris yang diperoleh melalui pengumpulan data (Drs. Cholid N, 2003).