

BAB IV

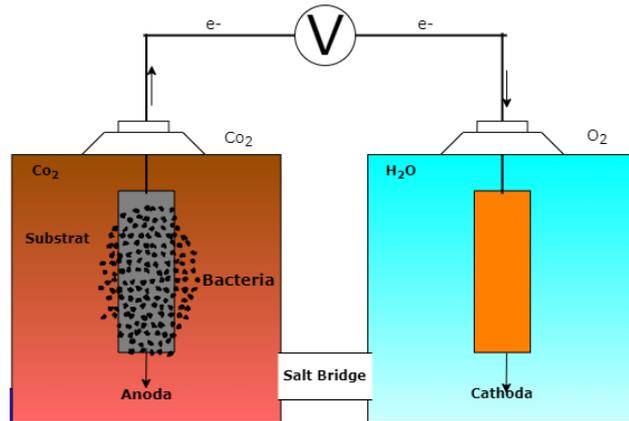
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain *Microbial Fuel Cell*

Alat MFC ini dibuat dengan sel elektrokimia dan sistem dual – chamber yang mencakup sistem MFC. Reaktor ini dapat menampung dengan volume yang sama yaitu 1000 mL dan dipisahkan dari tempat wadah anoda dan katoda lain oleh membran yang disebut jembatan garam. Biasanya digunakan untuk menguji pengaruh kondisi operasi yang berbeda yang berfungsi sebagai penukar elektron dan menggunakan jembatan garam yang sering digunakan dalam penelitian MFC ini.

Dalam desain MFC, membran penukar proton secara fisik memisahkan kompartemen anoda dan katoda untuk mengirimkan H⁺ (hidrogen) ke katoda sambil membatasi difusi oksigen dikompartemen katoda. Area kontak membran adalah 3 cm² dan panjang jembatan garam adalah 5 cm yang dililitkan dengan sebuah tali.

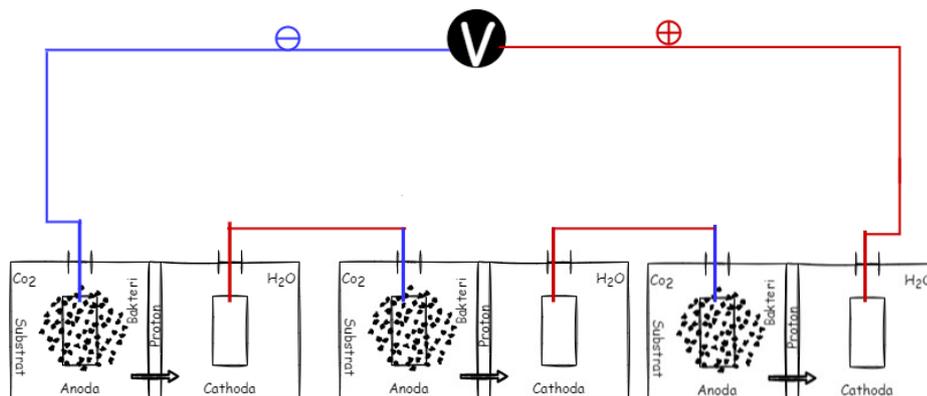
Sebelum digunakan, membran disiapkan atau dilarutkan untuk meningkatkan luas efektif dan maksimum untuk pertukaran proton. Gambar 4.1 menggambarkan skema desain MFC yang digunakan dalam penelitian ini. Membran ini dilapisi dengan silikon dan solasi hitam untuk mempersulit membran untuk bergeser dari posisi awalnya.



Gambar 4.1 Desain Skema MFC dual Chamber

Elektroda dalam sistem MFC ini adalah jenis tembagan dan seng, dan disiapkan untuk dinetralkan sebelum digunakan. Kabe tembaga digunakan untuk menghubungkan elektroda ke multimeter sehingga daya yang dihasilkannya dapat diukur. Setelah instrumen dipasang kabel tembaga digunakan unruk menyatukan ser MFC.

Untuk menjaga kondisi lingkungan mikroba pada anoda dan katoda rangkaian MFC, maka anoda dan katoda ditutup dan rangakaian seri yang digunakan untuk percobaan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema MFC Rangkaian Seri

Sebelum melakukan pengoperasian reaktor kompartemen dibuat rangkaian seri seperti gambar 4.2 bertujuan untuk menghasilkan Tegangan yang tinggi, Penggunaan kotoran sapi dengan sistem MFC yang disusun secara seri menjadi alasan terbatasnya penelitian penggunaan sistem MFC. Informasi tentang rangkaian yang dapat digunakan pada sistem MFC belum sepenuhnya tergal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa baik daya listrik yang dihasilkan oleh kotoran sapi menggunakan rangkaian seri.



Gambar 4.3 Rangkaian MFC

Rancangan reaktor ini mudah dibuat dan bahan – bahanya daur ulang rumah tangga karena menekankan dari segi pembiyaanya, setelah perancangan instrument MFC sudah siap dipasang, kemudian eksperimen MFC dioperasikan dengan menutup dibagian anoda dan katoda untuk menjaga kondisi lingkungan mikroba di katoda maupun di anoda rangkaian MFC dan melakukan rangkaian seri yang digunakan ditunjukkan dalam gambar 4.2 elektroda dipreparasi sebelum pemakaian dan kabel tembaga dihubungkan elektroda ke multimeter seperti di

gambar 4.3 kemudian dipasang saluran oksigen ke katoda rangkaian seri ini menggunakan 3 bejana.

4.2 Proses Penggunaan Feses Sapi

Sebelum melakukan substrat atau feses sapi terhadap *microbial fuel cell*, feses sapi terlebih dahulu di diamkan beberapa menit dan setelah itu melakukan timbangan berapa yang di butuhkan terhadap pada volume anoda agar dapat mengetahui perbedaan hasil pengukuran di MFC dan setelah itu baru dimasukan ke bejana di anoda.



Gambar 4.4 Penampakan Pelarut dan Feses Sapi



Gambar 4.5 Pengukuran Timbangan Feses Sapi

4.3 Reaksi Reaktor di kompartemen Katoda dan Anoda Tanpa Larutan Elektrolit

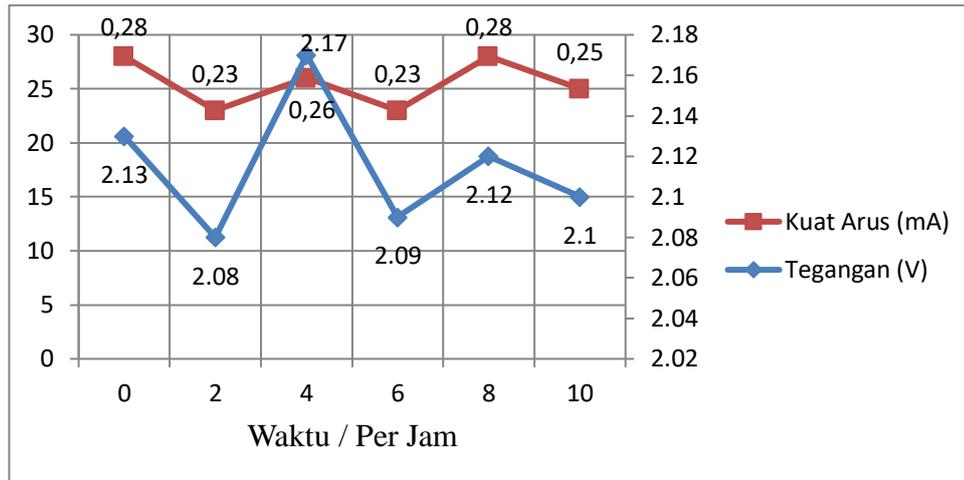
Tujuan dari pengukuran MFC yang dihasilkan oleh energi listrik dalam berbagai variasi operasi MFC ini adalah untuk mengetahui bagaimana peningkatan waktu operasi mempengaruhi energi listrik dan menentukan MFC maksimum yang dapat dilakukan. Waktu operasi optimal yang menghasilkan listrik paling banyak akan ditentukan oleh percobaan ini.

Percobaan variasi waktu operasi ini dilakukan dengan reaktor yang terbuat dari kotoran sapi dan katoda H₂O. Waktu pengamatan adalah selama 12 jam, dan nilai arus dan tegangan terus turun sampai akhir, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Hal ini terjadi karena perkembangan bakteri tidak memiliki metabolisme pada awal pengoperasian MFC.

4.3.1 Hasil Eksperimen Pengaruh Jumlah Feses Sapi 250g Dengan Pelarut Tetap

Tabel 4.1 Pengukuran Penambahan 250 Gram

No	Waktu (S)	Pelarut ait (mL)	Jumlah Feses (Gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	0	500	250	2,13	0,28
2	2	500	250	2,08	0,23
3	4	500	250	2,17	0,26
4	6	500	250	2,09	0,23
5	8	500	250	2,12	0,28
6	10	500	250	2,10	0,25



Gambar 4.6 Grafik Penambahan Feses 250 Gram

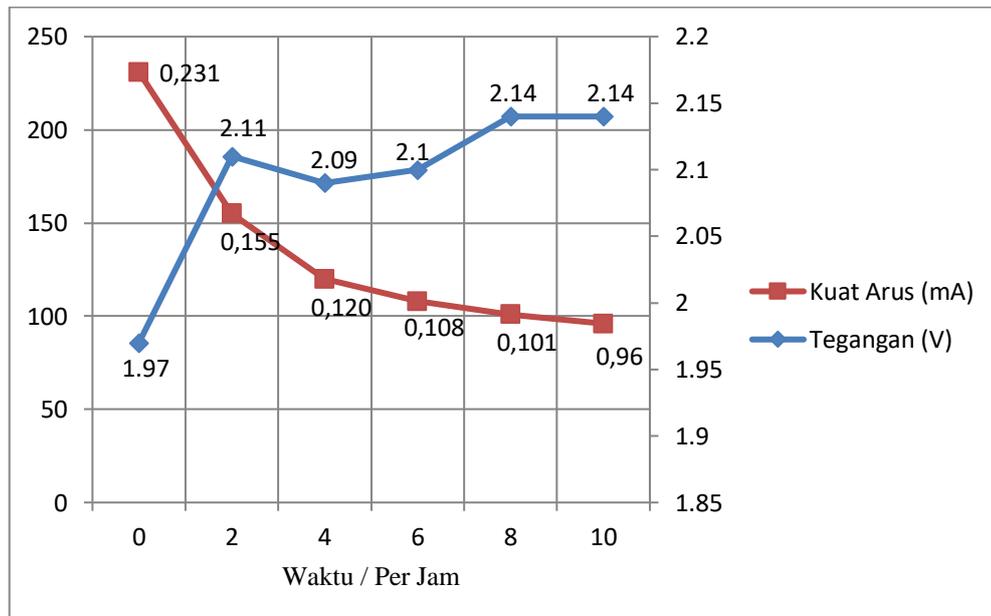
Eksperimen ini melakukan pengukuran sebanyak 6 kali selama 10 jam dengan formasi substrat yaitu feses sapi 250 gram dan pelarut sebanyak 500 ml, eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui penambahan jumlah pelarut pada substrat terhadap tegangan yang dihasilkan. Terlihat gambar pada awal pengukuran terdapat tegangan sebesar 2,13 dan kuat arus sebesar 0,28 mA dalam beberapa jam kemudian mulai penurunan tegangan maupun arus.

Dalam pengukuran 4 jam kemudian ada kenaikan tegangan 2,17 V akan tetapi hanya bertahan beberapa jam saja disaat 8 jam kemudian terlihat mulai kenaikan meskipun yang kenaikanya hanya 2,12 V dan mulai menurun dalam pengukuran 10 jam terdapat tegangan yang diperoleh sebesar 2,10 V dan kuat arus sebesar 0,25 mA.

4.3.2 Hasil Eksperimen Pengaruh jumlah Feses Sapi 450 Gram Dengan Pelarut Tetap

Tabel 4.2 Penambahan jumlah Feses Sapi Terhadap MFC

No	Waktu (S)	Pelarut ait (mL)	Jumlah Feses (Gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	0	500	450	2,13	0,28
2	2	500	450	2,08	0,23
3	4	500	450	2,17	0,26
4	6	500	450	2,09	0,23
5	8	500	450	2,12	0,28
6	10	500	450	2,10	0,25



Gambar 4.7 Grafik Penambahan jumlah Feses Sapi Terhadap MFC

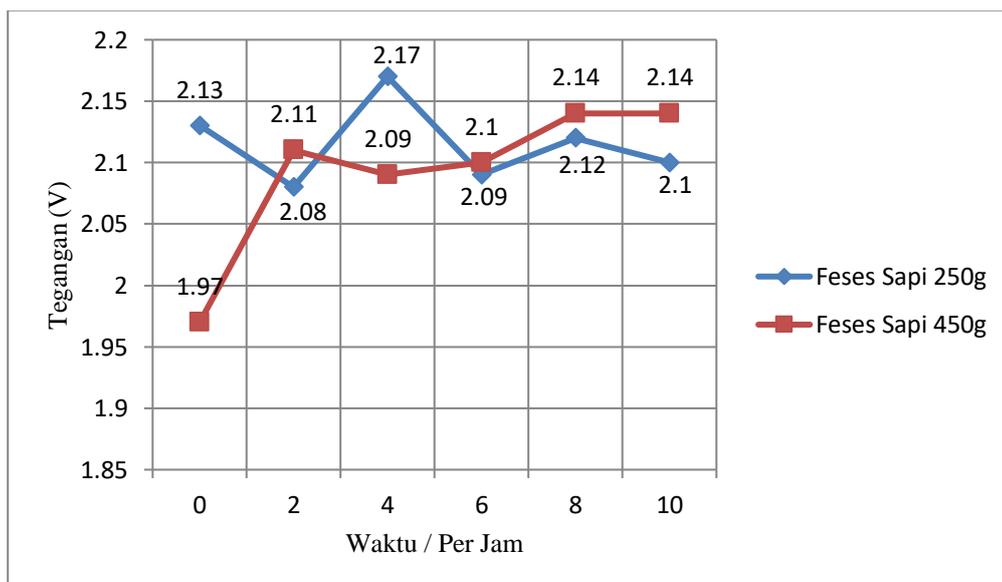
Pada grafik diatas dilihat hasil pengukuran dengan berbagai Percobaan yang dilakukan ada perubahan signifikan dalam hasil tegangan maupun arus dimana tegangan dari awal waktu kemudian ada kenaikan meskipun kuat arus yang di peroleh mulai menurun, pada percobaan pertama menghasilkan kuat arus dan tegangan sebesar 0,231 mA dan 1,97 V.

Terdapat pengukuran beberapa jam kemudian ada kenaikan tegangan sebesar 2,11 volt terlihat dari grafik tersebut, kenaikan ini secara stasioner dimana pertumbuhan membaik untuk menghasilkan tegangan secara stabil akan tetapi kuat arus yang didapatkan secara berlangsung semakin menurun hingga 10 jam kemudian.

4.3.3 Perbandingan Pengukuran Jumlah Feses Sapi 250g Dan 450g

Tabel 4.3 Grafik Perbandingan Teagangan (V)

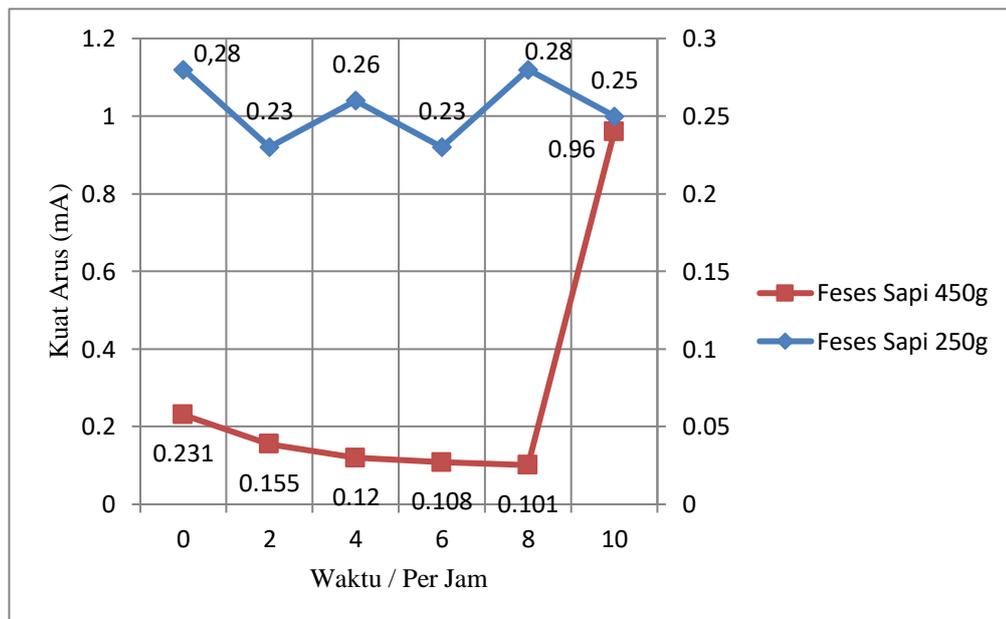
Waktu / Per Jam	Feses Sapi 250g	Feses Sapi 450g
0	2,13 V	1,97 V
2	2,08 V	2,11 V
4	2,17 V	2,09 V
6	2,09 V	2,10 V
8	2,12 V	2,14 V
10	2,10 V	2,14 V



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Teagangan (V)

Tabel 4.4 Grafik Perbandingan Kuat Arus (mA)

Waktu / Per Jam	Feses Sapi 250g	Feses Sapi 450g
0	0,28 mA	0,231 mA
2	0,23 mA	0.155 mA
4	0,26 mA	0,120 mA
6	0,23 mA	0,108 mA
8	0,28 mA	0,101 mA
10	0,25 mA	0,096 mA



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kuat Arus (mA)

Pada grafik diatas terdapat perbandingan hasil pengukuran antara penambahan jumlah pelarut dan pada subtract berfungsi untuk mengetahui nilai optimalnya, berdasarkan grafik tersebut elektrisitas tertinggi pada tegangan adalah pada subtract yaitu 2,14 volt sedangkan elektrisitas terendah terdapat pada pelarut sebesar 2,10 volt maka dari itu listrik yang dihasilkan berfluktuasi

mengalami peningkatan dan penurunan di akhir pengukuran tegangan pada grafik tersebut.

Sedangkan hasil perbandingan pengukuran kuat arus terhadap jumlah pelarut dan substrat mulai adanya penurunan dimana pengukuran awal tertinggi yaitu subtract 0,231 dan pelarut sebesar 0,280 mA nilai ini berbeda dengan pengukuran pelarut dimana nilai kuat arus yang dihasilkan cukup stabil tidak menurun secara berskala berbeda dengan penambahan subtract. Potensial ini dapat terukur yang berasal dari kemampuan sistem MFC sebagai yang dapat mengubah konversi energi menjadi energi listrik melalui aktivitas mikroba. Menurut (Pant et al, 2009).

Peningkatan nilai elektrisitas yang terukur dengan multimeter kemungkinan mikroba yang terdapat di anoda melakukan pemecahan substrat sederhana yang terdapat di dalam medium dan penurunan listrik juga dapat disebabkan oleh mikroba yang memecah substrat yang lebih kompleks menjadi substrat yang lebih sederhana, kenaikan dan penurunan ini menunjukkan dinamika sistem karena didorong oleh makhluk hidup, menurut (Ieropoulos et al, 2008).

Penelitian ini dapat menggunakan indikator berupa LED untuk menunjukkan adanya arus listrik dan tegangan dengan watt rendah akan tetapi tetapi tidak terlalu terang dikarenakan memiliki arus yang rendah. Hal ini disebabkan sebagaimana pada diketahui bakteri memiliki fase hidup yaitu lag, ekspensial, stasioner dan kematian. Sebagaimana dijelaskan pada penjelasan grafik gambar tersebut.

4.4 Reaksi Reaktor di kompartemen Katoda dan Anoda Dengan Larutan Elektrolit

Dalam pengukuran ini terdapat larutan elektrolit dimana elektrolit berasal dari garam yang dilarutkan dengan sebuah zat pelarut yaitu berupa air, penggunaan larutan elektrolit ini merupakan salah satu akseptor elektron di katoda yang dapat mempengaruhi kinerja microbial fuel cell dalam menghasilkan listrik.

Kompartemen anoda ini berisikan bakteri yang ada didalam substrat yang digunakan adalah feses sapi. Percobaan pengukuran ini dilakukan selama 10 jam yang dibagi 6 kali pengukuran Menurut (Lissa, 2017) garam merupakan salah satu elektrolit kuat yang dapat dihasilkan arus listrik yang dapat menjadikan alternative energi terbarukan pembangkit listrik yang mengandung senyawa ionic dari ion positif ion negatif.

Sehingga dapat dibuat larutan elektrolit dari larutan garam, oleh karena itu larutan elektrolit digunakan pada katoda dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana perubahan larutan elektrolit mempengaruhi produksi listrik. Tabel dan grafik berikut menunjukkan hasil pengukuran.

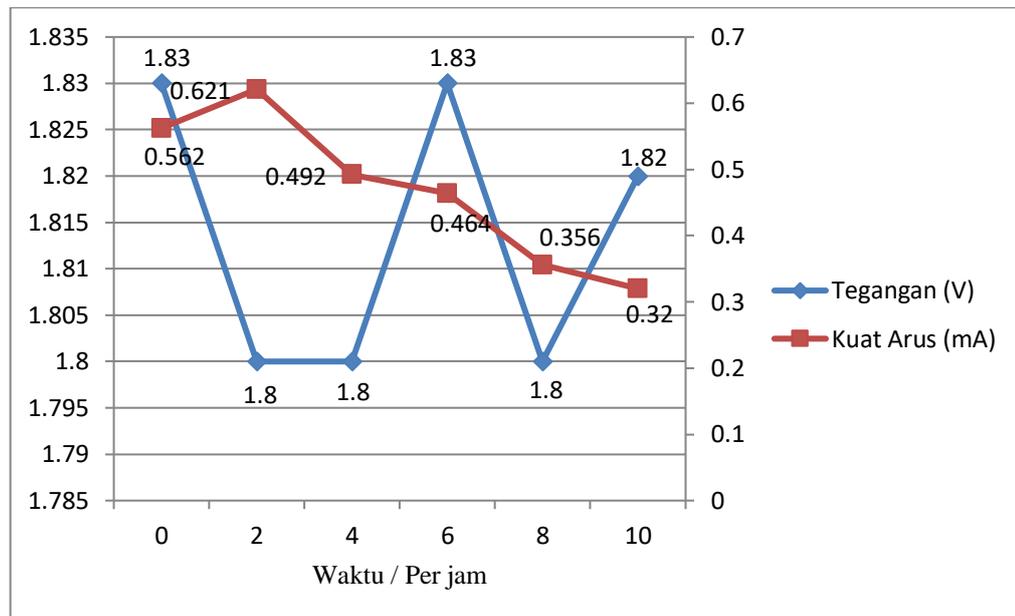
4.4.1 Hasil Eksperimen Pengaruh Jumlah Feses Sapi 250g Dengan Jumlah Larutan Elektrolit Tetap

Tabel 4.5 Tabel Penambahan Jumlah Feses Sapi 250g

No	Waktu (S)	Larutan Elektrolit (mL)	Jumlah Feses (Gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	0	500	250	1,83	0,562
2	2	500	250	1,80	0,621
3	4	500	250	1,80	0,492

Tabel 4.5 (Lanjutan)

No	Waktu (S)	Larutan Elektrolit (mL)	Jumlah Feses (Gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
4	6	500	250	1,83	0,464
5	8	500	250	1,80	0,356
6	10	500	250	1,82	0,320



Gambar 4.10 Grafik Penambahan Jumlah Feses Sapi 250g

Dalam percobaan tersebut pengukuran dilakukan selama 10 jam dengan 6 kali pengukuran dan eksperimen ini dilakukan dengan formulasi substrat yaitu feses sapi 250 gram dan larutan elektrolit 500 mL, terdapat pengukuran awal mula tegangan dan kuat arus yang dihasilkan sebesar 1,83 V dan 562 mA dan selama pengukuran 2 jam kemudian terdapat tegangan menurun akan tetapi kuat arus yang dihasilkan naik sebesar 0,621 mA.

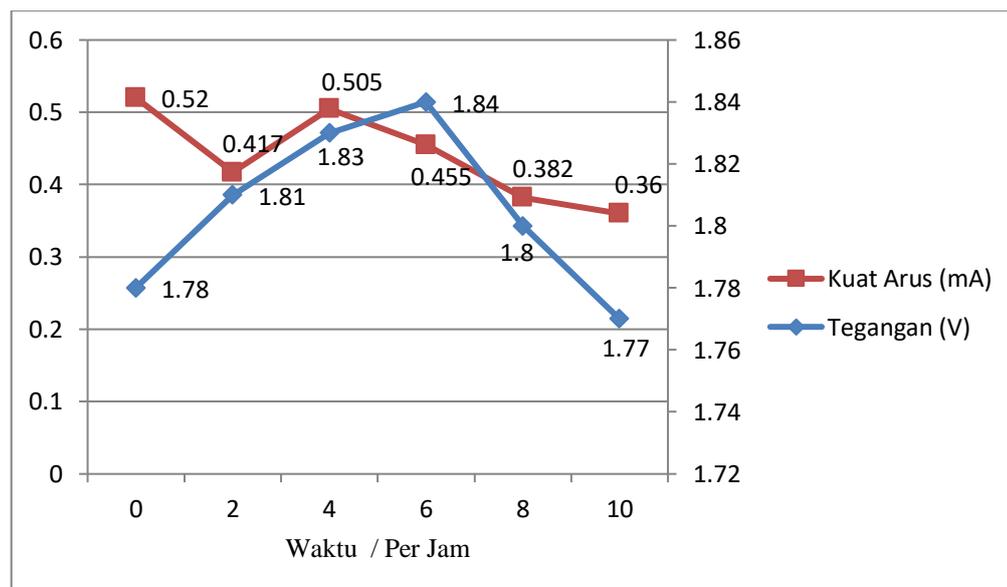
Pengukuran tegangan tersebut tidak ada perubahan selama 2 jam kemudian 1,8 V dan kuat arus mulai menurun 0,492 mA setelah pengamatan 4

jam kemudian terlihat pada grafik tersebut, penurunan ini terjadi karena kondisi bakteri mulai bertahan memasuki fase dalam kematian akan tetapi tegangan yang dihasilkan ada kenaikan meskipun tidak tetap selama pengukuran 10 jam.

4.4.2 Hasil Eksperimen Pengaruh Penambahan Jumlah Feses Sapi 450g Dengan Jumlah Lautan Elektrolit Tetap

Tabel 4.6 Penambahan Jumlah Feses Sapi 450g

No	Waktu (S)	Larutan Elektrolit (mL)	Jumlah Feses (Gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	0	500	450	1,78	0,520
2	2	500	450	1,81	0,417
3	4	500	450	1,83	0,505
4	6	500	450	1,84	0,455
5	8	500	450	1,80	0,382
6	10	500	450	1,77	0,360



Gambar 4.11 Grafik Penambahan Jumlah Feses Sapi 450g

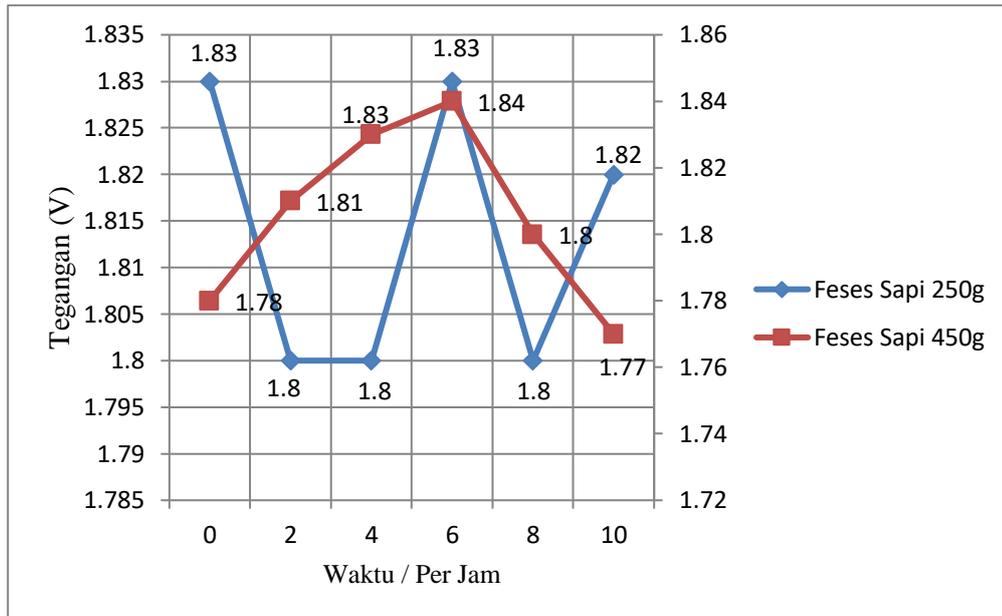
Berdasarkan percobaan eksperimen tersebut dilakukan dengan formulasi sutrat yaitu feses sapi 450 g dan larutan elektrolit sebesar 500 mL pengukuran ini dilakukan selama 10 jam dalam 6 kali pengukuran, pada waktu pertama tegangan yang dihasilkan adalah 1,78 V sedangkan arus kuat yang di dapat kan sebesar 520 mA pengukuran tersebut mulai ada peningkatan selama 6 jam terlihat pada gambar grafik tersebut.

Akan tetapi penurunan terjadi disaat pengukuran tegangan 6 jam sampai 10 jam dimana mikroba dalam anoda tersebut mulai adanya fase kematian pada pengukuran 6 jam terhadap mikroba dimana tegangan dan kuat arus yang diperoleh adalah 1,77 V sedangkan arus sebesar 360 mA.

4.4.3 Perbandingan Pengukuran Jumlah Feses Sapi 250g Dan 450g

Tabel 4.7 Perbandingan Tegangan (V)

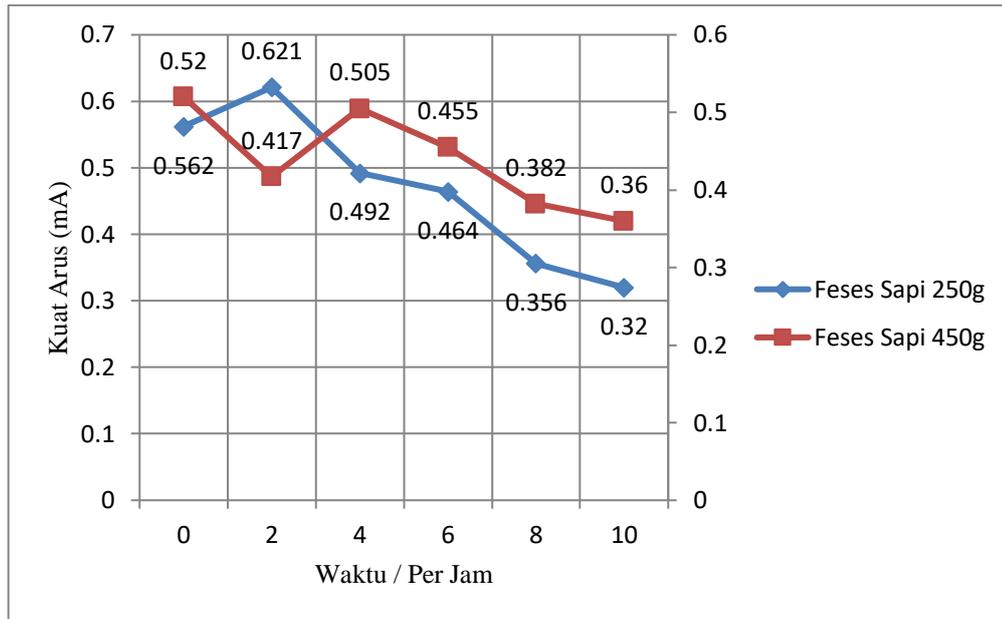
Waktu / Per Jam	Feses Sapi 250g	Feses Sapi 450g
0	1,83 V	1,78 V
2	1,80 V	1,81 V
4	1,80 V	1,83 V
6	1,83 V	1,84 V
8	1,80 V	1,80 V
10	1,82 V	1,77 V



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan (V)

Tabel 4.8 Perbandingan Kuat Arus (mA)

Waktu / Per Jam	Feses Sapi 250g	Feses Sapi 450g
0	0,562 mA	0,520 mA
2	0,621 mA	0,621 mA
4	0,492 mA	0,505 mA
6	0,464 mA	0,455 mA
8	0,356 mA	0,382 mA
10	0,320 mA	0,360 mA



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kuat Arus (mA)

Berdasarkan hasil perbandingan pengukuran antara penambahan jumlah larutan elektrolit dan penambahan jumlah substrat atau feses sapi, perbandingan pengukuran ini untuk mengetahui nilai optimalnya yang dihasilkan MFC terhadap penambahan larutan elektrolit dan penambahan feses sapi.

Dalam pengukuran hasil tegangan nilai elektrilitas tertinggi yaitu pada substrat sebesar 1,84 V pada waktu pengukuran 6 jam meskipun diakhir pengukuran menurun selama 10 jam, pada saat pengukuran 10 jam tegangan tertinggi diperoleh penambahan larutan elektrolit terlihat pada gambar grafik yaitu sebesar 1,82 V sedangkan tegangan terendah pada substrat sebesar 1,77 V.

Sedangkan pada pengukuran kuat arus tertinggi yaitu larutan elektrolit pada pengukuran 2 jam sebesar 0,621 mA akan tetapi mulai adanya penurunan secara berskala pada 10 jam dan pengukuran selama 10 jam diakhir yaitu di larutan elektrolit dan terendah pada substrat sebesar 0,320 mA

Menurut (Trinh, 2009 dalam Deni novitasari, 2011) metabolisme hidrogen sel anoda bertanggung jawab atas penurunan kekuatan arus. Konsentrasi hidrogen akan meningkat seiring waktu dan menutupi permukaan elektroda di anoda, mencegah bakteri mentransfer elektron ke elektroda.

Sedangkan penurunan tegangan disebabkan oleh terbentuknya bioflim pada jembatan garam sehingga aktivitas bakteri di anoda terhambat. Bioflim tersebut memberikan dampak yang buruk terhadap perpindahan massa yang terjadi pada membrane serta dapat menghalangi transfer proton dari anoda ke katoda.

4.5 Hasil Tegangan MFC Terhadap Perhitungan Power Density

Power Density atau kerapatan daya merupakan daya listrik yang dihasilkan per luas penampang elektroda, berdasarkan hasil pengukuran hingga mendapatkan nilai arus kuat dan tegangan maksimum pada reaktor dengan pearut air dan larutan elektrolit, maka dapat dilakukan perhitungan *power density* atau kerapatan daya yang dihasilkan oleh sistem MFC dalam menggunakan rangkaian seri tersebut.

Hasil perhitungan power density dari MFC :

$$\text{Diketahui : } V = 2,14 \text{ Volt}$$

$$I = 0,231 \text{ miliampere}$$

$$A = 5 \times 3 \text{ cm}^2 = 15 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ buah} = 90 \text{ cm}^2 = 0,90 \text{ m}^2$$

Ditanya : Power Density.....?

$$\text{Power Density } \left(\frac{\text{mW}}{\text{m}^2} \right) = \frac{I(\text{mA}) \cdot V(\text{volt})}{A(\text{m}^2)}$$

$$\text{Power Density } \frac{0,231 \times 2,14}{0,90}$$

$$\text{Power Density} = 0,549 \text{ mW} / \text{m}^2$$

4.6 Nilai Optimasi Terhadap Tegangan Yang Di Hasilkan MFC

Berdasarkan pengukuran *microbial fuel cell* berbahan feses sapi menggunakan rangkaian seri pada variasi tanpa larutan elektrolit dan larutan elektrolit, nilai optimasi tegangan minimum dan maksimum di peroleh pada tanpa larutan elektrolit atau pelarut air yaitu sebesar 1,97 V sedangkan pengukuran tegangan maksimum terbesar adalah 2,17 V.