Pengaruh Sistem *Dual Chamber Microbial Fuel Cells* (DCMFCs) Dengan Jembatan Poros Berbahan Semen Terhadap Penurunan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Cair Tekstil

1st Moch. Ahkas Rezky Syamhudi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ahkasmoch@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhamad Ramdlan Kirom
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mramdlankirom@telkomuniversity.co.id

3rd Endang Rosdiana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
endangr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak*—Saat ini dikatakan bahwa pembuangan limbah cair masih menjadi salah satu permasalahan utama di negara berkembang seperti halnya di Indonesia. Juga dalam beberapa penelitian dikatakan limbah cair tekstil memiliki nilai konsentrasi COD (Chemical Oxygen Demand) yang tinggi, dimana COD sendiri merupakan parameter pencemaraan air. Inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya dengan menggunakan Microbial Fuel Cell dimana dalam alat tersebut mikroorganisme digunakan sebagai katalis untuk mengoksidasi limbah dengan produk samping yang dihasilkan berupa listrik. Penelitian sebelumnya dengan menggunakan limbah tekstil tanpa ada penambahan inoculum dan penyesuaian pH didapat penurunan COD sebesar 77,09%. Pada penlitian ini, digunakan sistem DCMFC dengan jembatan poros campuran semen dan NaCl serta Zn/Cu sebagai elektrodanya, mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan, dan penggunaan limbah tekstil sebagai substratnya, tanpa ada penambahan incoculum dan penyesuaian pH. Didapat penurunan COD pada sampel pertama, kedua, ketiga dan keempat masing-masing sebesar 45,81%, 26,91%, 9,04%, dan 8,09%.

***Kata kunci*— Chemical Oxygen Demand (COD), Microbial Fuel Cell (MFC), Limbah**

I. PENDAHULUAN

Selain permasalahan clean energy negara berkembang seperti Indonesia, juga memiliki permasalahan utama seperti pembuangan limbah cair [1]. Salah satu jenis limbah cair adalah limbah cair tekstil. Limbah cair tekstil memiliki banyak konsentrasi pewarna, tinggi konsentrasi COD, padatan tersuspensi, dan juga polutan [2]. Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat zat organik yang terdapat dalam 1 L sampel air [3]. Semakin tinggi konsentrasi COD yang didapat dalam suatu sungai/perairan mengindikasikan tingkat pencemaran wilayah tersebut[2]. Pengolahan air limbah yang masih digunakan saat ini masih belum bisa mengimbangi kebutuhan sanitasi air yang terus meningkat dikarenakan perkembangan industri dan pertumbuhan penduduk yang sangat cepat [4].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan COD, baik secara fisika, kimia dan juga biologi. Metode biologi memiliki kelebihan dibanding beberapa metoda lainnya seperti halnya dalam sedikit menghasilkan lumpur, biaya kerja relatif rendah, serta penguraiannya limbah warna yang cukup baik[5]. Salah satu metoda biologi adalah Microbial Fuel Cell(MFC). MFC merupakan reaktor elektrokimia yang menggunakan mikroorganisme dari larutan elektrolit sebagai katalis untuk menghasilkan listrik oksidasi bahan organik seperti asetat, glukosa atau bahkan bahan bukan organik seperti sulfida[6]. Produksi listrik bukan hanya target utama dari MFC melainkan juga menghilangkan polutan seperti nitrit, sulfat, sulfida dan terutama bahan organik maka dari itu, pengolahan air limbah juga merupakan target dari MFC [6].

Penelitian sebelumnya terkait pengolahan limbah cair tekstil dilakukan dengan tambahan inoculum berupa kotoran sapi didapat tingkat COD removal sebesar 77,03% [4]. Terdapat juga penelitian penggunaan limbah cair tekstil dengan inoculum berupa lumpur didapat tingkat COD removal sebesar 92% [7]. Penelitian lain juga terkait pengolahan limbah tekstil tanpa menggunakan tambahan inoculum dan tanpa penyesuaian pH didapat tingkat COD removal sebesar 77,09% [1].

Dengan masalah-masalah yang telah disampaikan dan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan tersebut,

penulis tertarik melakukan penelitian terhadap sistem Dual Chamber Microbial Fuel Cell (DCMFCs) dengan menggunakan jembatan poros berbahan semen yang dicampur dengan NaCl dan juga penggunaan Zn/Cu sebagai elektrodanya mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya[8,9]. Penggunaan jembatan poros dengan semen dan campuran NaCl bertujuan untuk menggantikan membran berupa agar salt bridge yang membuat dimensi reaktor DCMFC menjadi lebih padat/kecil. Untuk substrat yang akan digunakan berupa limbah cair tekstil dalam hal ini merupakan limbah hasil pencelupan kain katun dan tie-dye. Pada penelitian ini tidak akan ada tambahan inoculum yang diberikan merujuk pada penelitian (Baiq, 2019) dikatan dalam air tanah permukiman terdapat bakteri E.Coli dan juga pada penelitian (Syaiful et al,2020) terdapat bakteri E.Coli pada sumber air PDAM, depot air dan sumur gali[10,11]. Dalam hal ini, tujuan dari penelitian ini akan melihat pengaruh sistem DCMFC yang dibuat terhadap penurunan konsentrasi COD tersebut. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, tanpa adanya tambahan inoculum sistem MFC masih dapat menurunkan konsentrasi COD dari limbah tekstil yang digunakan sebagai substrat dengan keluaran listrik sebagai produk sampingannya.

II. KAJIAN TEORI

A. Limbah Cair Tekstil

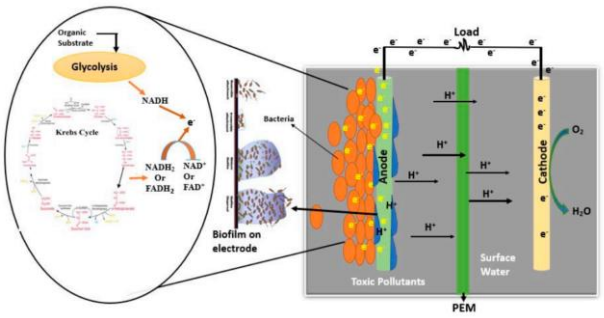
Limbah cair sejatinya merupakan suplai air dari suatu komunitas (industri, domestik, dll) yang sudah digunakan dalam berbagai aplikasi [12]. Salah satu jenis limbah cair industri adalah limbah cair tekstil. Limbah cair tekstil memiliki banyak konsentrasi pewarna,, nilai *Chemycal Oxygen Demand* (COD) yang tinggi, padatan tersuspensi, dan juga polutan [2]. Kandungan dari limbah cair tekstil tersebut tidak hanya menyebabkan kerusakan pada kehidupan tetapi juga pada manusia itu sendiri dengan efek dari *mutagenic* dan juga *carciogenic* [13]. Dalam proses produksinya, salah satu prosesnya berupa pewarnaan (*dyeing*) dimana limbah yang dihasilkannya memiliki parameter COD yang tinggi [14].

B. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan parameter ukuran oksigen yang ekuivalen terhadap bahan organik yang mudah teroksidasi oleh oksidan kimia yang kuat dalam hal ini seperti $KMnO_4$ (*potassium permanganate*) atau $K_2Cr_2O_7$ (*potassium dichromate*) [15]. Pada umumnya dalam beberapa regulasi satuan dari COD adalah mg/L. Dalam hal ini COD digunakan untuk mengukur banyaknya senyawa organik yang terkandung dalam suatu perairain.

C. *Microbial Fuel Cell*

Microbial Fuel Cell merupakan alat atau sistem yang menggunakan mikroorganisme sebagai katalis untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik[16]. Bahan organik dan anorganik disebut sebagai substrat yang nantinya diolah mikroorganisme[17].



GAMBAR 1
SKEMA DCMFC [18]

Reaksi yang terjadi pada ruang anoda dan katoda dengan contoh susbtrat yang digunakan berupa asetat diberikan pada persamaan berikut [19] :

Anoda :

$$CH_3COOH + 2H_2O \xrightarrow{\text{Mikroorganisme}} 2CO_2 + 8H^+ + 8e^-$$

Katoda :

$$2O_2 + 8H^+ + 8e^- \rightarrow 4H_2O$$

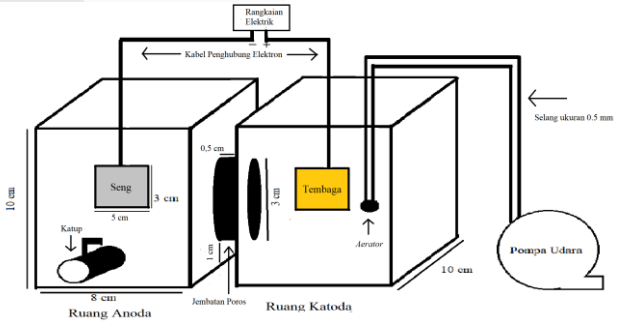
III. METODE

A. Pengambilan Sampel

Terdapat 4 sampel yang akan digunakan dimana sampel pertama dan kedua akan diambil dari sumber yang sama yaitu hasil pencelupan kain katun disalah satu perusahaan industrik tekstil di Bandung. Pada sampel kedua akan dilakukan proses koagulasi untuk memberikan variasi konsentrasi COD. Pada sampel ketiga dan keempat merupakan sampel yang diambil dari hasil proses ikat celup atau *tie-dye*.

B. Desain Sistem *Dual Chamber Microbial Fuel Cell*

Berikut merupkana desain dari DCMFC yang dibuat



GAMBAR 2
DESAIN DCMFC

Pada ruang kedua *chamber* tersebut memiliki dimensi 10x10x8 (800 mL). Dimana ruang anoda menggunakan elektroda berupa seng dengan ukuran 3x5 cm dan ruang katoda elektrodanya berupa tembaga dengan ukuran 3x5 cm. Pada ruang anoda tedapat *valve* yang digunakan untuk pengambilan sampel limbah cair yang akan di ukur konsentrasi COD. Membrannya sendiri memiliki diameter 3

cm dengan lebar 0,5 cm. Terdapat suplai oksigen yang akan diberikan pada ruang katoda.

C. Pengukuran *Chemycal Oxygen Deman* (COD)

Pada pelaksanaanya pengukuran COD dilakukan oleh pihak ketiga yaitu dalam hal ini merupakan Lab Lingkungan Hidup Kab Bandung. Dengan sampel tersebut akan diambil setiap 2-3 hari sekali.

TABEL 1
KOMPOSISI SAMPEL

Sampel Limbah	Lama Penguji an	Ruang Anoda Limbah (mL)	Ruang Katoda Aquades (mL)	Pengambilan Sampel Tiap 2 hari (mL)
Limbah 1 (katun)	15 Hari	800 mL	600 mL	50 mL
Limbah 2 (katun + koagulasi)	15 Hari	800 mL	600 mL	50 mL
Limbah 3 (*tie-dye* kuning)	15 Hari	800 mL	600 mL	50 mL
Limbah 4 (*tie-dye* biru)	15 Hari	800 mL	600 mL	50 mL

Saat pengambilan sampel juga akan dilakukan pengukuran pH pada sampel tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Awal Sampel

Berikut merupakan tabel karakterisk awal dari masing masing sampel.

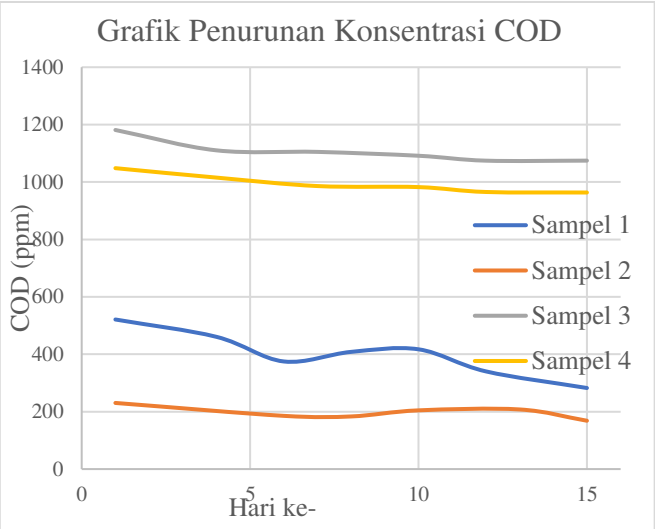
TABEL 2.
KARAKTERISTIK AWAL SAMPEL

Sampel	COD (ppm)	pH	Warna
Pertama	521.1	8.26	Biru Tua
Kedua	230.4	5.93	Biru Muda
Ketiga	1181.3	9.88	Kuning Gelap
Keempat	1048.3	9.92	Biru Gelap

Dapat dilihat pada sampel pertama dan kedua terdapat variasi COD meskipun dari sumber yang sama, hal tersebut hasil dari proses koagulasi yang telah dilakukan untuk memberikan variasi konsentrasi COD.

B. Penurunan Konsentrasi COD

Berikut merupakan grafik dari hasil penurunan konsentrasi COD yang terjadi pada masing masing sampel.



GAMBAR 3
GRAFIK PENURUNAN KONSENTRASI COD

Selama 15 hari penelitian dilakukan didapat penurunan konsentrasi COD tertinggi sebesar 45,81% pada sampel pertama, dan konsentrasi COD terkecil sebesar 8,1% pada sampel keempat.

C. Pengukuran pH

Berikut merupakan hasil pengukuran pH pada masing masing sampel.

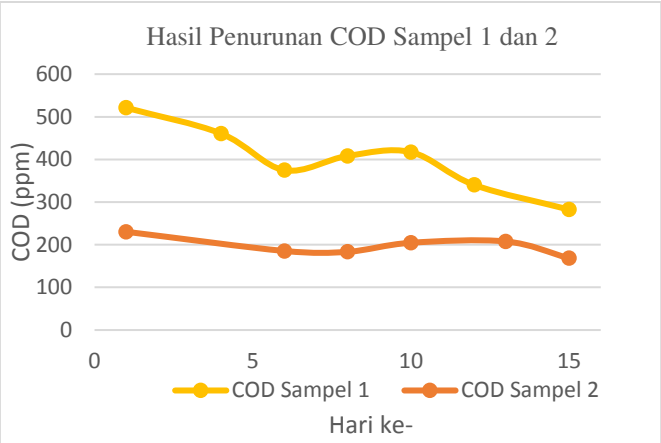
TABEL 3
HASIL PENGUKURAN PH

Sampling Hari	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
	pH			
1	8.26	-	9.88	9.92
4	7.97	6.22	9.78	9.56
6	7.77	6.25	-	-
7	-	-	9.58	9.51
8	8.01	6.3	-	-
10	8.07	6.34	9.57	9.49
12	7.98	6.35	9.52	9.48
15	7.98	6.41	9.42	9.33

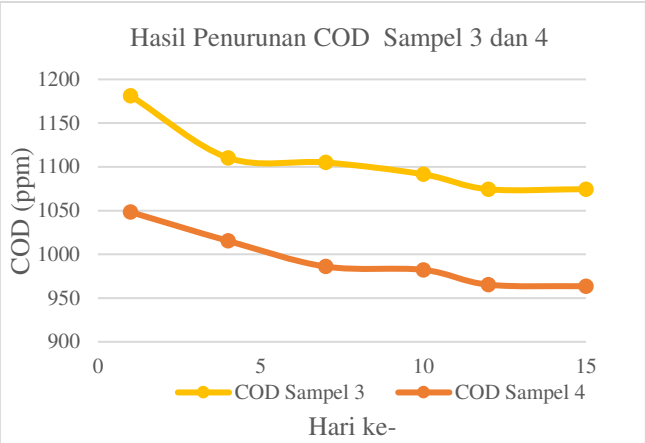
Masing masing sampel memiliki variasi pH yang berbeda beda dikarenakan dalam penlitian ini tidak dilakukan penyesuaian pH pada sistem MFC yang dibuat.

D. Analisis Data

Percobaan pertama dengan menggunakan sampel 1 dan sampel 2 dimana menurut penelitian (David, 2007) sekitar >96% zat warna terserap pada proses pencelupan katun menggunakan zat warna reaktif dan sisanya terhidrolisis oleh air [20].



GAMBAR 4
Grafik Penurunan COD Sampel 1 dan 2



GAMBAR 5
Grafik Penurunan COD Sampel 3 dan 4

Percobaan pertama dengan menggunakan sampel pertama dan sampel kedua didapat penurunan COD sebesar 45,81% dan 26,91%. Hal ini menunjukan dengan tanpa penambahan inoculum sistem MFC dapat menurunkan COD dari kedua sampel tersebut. Sebagaimana dalam Penelitian (Ramadan et al, 2015) dikatakan penurunan COD dalam reaktor MFC diakibatkan oleh aktivitas yang dilakukan oleh mikroorganisme[21]. Dengan menggunakan limbah yang sama pada sampel kedua mengalami penurunan yang lebih sedikit dari sampel pertama hal tersebut dikarenakan pada sampel kedua dilakukan koagulasi terlebih dahulu dengan menggunakan tawas. Menurut penelitian (Helmiyati dan Nurrahman, 2010), tawas sendiri memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri sehingga disebut bakteriostatis[22]. Dalam hal ini menyebabkan perkembangan dari mikroorganisme pada sampel kedua terhambat yang juga menyebabkan penurunan konsentrasi COD semakin sedikit akibat dari sedikitnya aktivitas mikroorganisme yang terjadi pada sampel kedua. Pada sampel pertama terjadi penurunan pH akibat dari proses asidogenesis dan asetogenesis yang dalam hal ini menyebabkan penurunan pH dalam reaktor anoda [23]. Sedangkan pada sampel kedua terjadi kenaikan pH akibat dari terbawanya endapan hasil proses koagulasi yang dalam hal ini memiliki sifat asam, ketika pengambilan sampel dilakukan endapan endapan tersebut ada yang terbawa dalam botol sampel sehingga jumlahnya semakin berkurang yang dalam hal ini menyebabkan kenaikan pH pada ruang anoda.

Percobaan kedua dilakukan dengan menggunakan sampel ketiga dan keempat yang merupakan hasil dari limbah *tie-dye* dimana zat warna yang terkandung didalamnya dapat berupa zat warna azo, atau vat yang memiliki struktrur senyawa organik komplek dan sulit untuk terdegradasi [24]. Selain itu, limbah tie-dye memiliki warna yang cenderung lebih gelap dengan rata rata konsentrasi COD lebih besar dari limbah industri dikarenakan sekitar 10-15% dari zat warna tersebut tidak terikat dengan pakaian[25]. Hal ini juga dibuktikan dengan tingginya konsentrasi COD pada sampel ketiga dan keempat dibanding dengan sampel pada percobaan pertama yang merupakan sampel limbah dari industri.

Pada sampel ketiga penurunan COD sebesar 9,04% dan sampel keempat 8,09%. Dalam penelitian (Gupta et al, 2020) dikatakan konsentrasi zat warna berefek pada penurunan COD, dengan meningkatkan konsentrasi zat warna, tingkat penurunan COD akan semakin mengecil [26]. Akibatnya penurunan dari konsentrasi COD pada sampel ketiga dan keempat kecil. Akan tetapi masih terdapat penurunan konsentrasi COD yang juga menunjukan terdapat aktivitas dari mikroorganisme pada kedua sampel tersebut. Pada penelitian (Boonyaprapa et al, 2019) proses anaerobik limbah zat warna azo, mikroorganisme akan melepaskan azoreductase yang dapat merusak ikatan pada stuktur senyawa organik yang kompleks menjadi monomer, akan tetapi tidak merubah konsentrasi dari COD itu sendiri[25]. Di lain sisi, faktor lain yang menyebabkan sedikitnya penurunan COD pada kedua sampel tersebut adalah aktivitas dari mikroorganisme itu sendiri. Pertumbuhan dari mikroorganisme salah satunya dapat dipengaruhi oleh faktor intrisik yaitu bagian dari pangannya, seperti struktur biologis, pH, dan juga potensi redoks[27]. Dalam hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 dimana sampel ketiga dan keempat memiliki pH 9,88 dan 9,92. Pertumbuhan dari mikroorganisme memiliki rentang pertumbuhan pada pH 4-9, dengan pH optimum 6,5-7,5[28]. Pada penelitian (sebastia et al, 2010) juga menunjukan penurunan COD removal dari 77% menjadi 46% ketika pH dari substrat meningkat diatas 9.5 [29]. Hal tersebut juga mempengaruhi laju perkembangan mikroorganisme dan juga sebagai salah satu faktor sedikitnya penurunan konsentrasi COD pada kedua sampel selain dari struktur senyawa yang kompleks pada zat warna tersebut.

TABEL 4
HASIL PERBANDINGAN PENURUNAN COD

Percobaan	Marimuthu (2019)	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
pH awal	7,2	8,26	6,22	9,88	9,92
COD Removal	77%	45,81%	26,91%	9,04%	8,09%

Merujuk pada penelitian (Marimuthu et al,2017) yang dalam hal ini sebagai acuan terkait penggunaan sistem DCMFC tanpa adanya penambahan *inoculum* dan penyesuaian pH

pada sampel yang akan digunakan sebagai substrat. Jika dibandingkan dengan penelitian ini tentunya terdapat perbedaan penurunan COD yang cukup jauh dari tiap masing masing sampel yang sudah diteliti. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam hal ini adalah salah satunya dari jenis limbah, mikroorganisme awal, dan, juga elektroda pada ruang anoda. Dalam hal ini elektroda yang digunakan pada penelitian ini berupa zinc dan pada penelitian sebelumnya berupa grafit. Mikroorganisme pada ruang anoda akan menempel pada elektroda maka dari itu diperlukan elektroda yang memiliki sifat biokompatible [30]. Dalam penelitian (Yakar et al, 2018) pada media yang berporos mikroorganisme dapat merekat dengan baik, juga memberikan tempat yang baik untuk melakukan reproduksi dari mikroorganisme sendiri, sehingga pada graphit anoda terjadi kolonisasi yang terus meningkat, yang juga meningkatkan laju metabolisme yang terjadi pada ruang anoda [31]. Konduktivitas pada material berbahan logam lebih baik dibandingkan dengan material berbahan karbon, akan tetapi dengan permukaan yang halus pada logam menurunkan tingkat kerekatan mikroorganisme pada anoda [32]. Serta juga menjadi salah satu penyebab lebih sedikitnya laju perkembangan mikroorganisme pada anoda Zn dibanding dengan graphit. Dikatakan juga bahwa morpologi dari permukaan anoda berperan dalam perkembangan biofilm yang berada pada anoda [33]. Dengan meningkatnya biofilm pada ruang anoda juga sebanding dengan pertumbuhan populasi dari mikroorganisme tersebut, yang dalam hal ini juga sebanding dengan tingkat penurunan COD akibat dari metabolisme yang dilakukan oleh mikroorganisme.

V. KESIMPULAN

Pada limbah hasil pencelupan katun yaitu sampel pertama dan kedua didapat penurunan COD sebesar 45,81% dan 26,91%, sampel kedua dilakukan koagulasi terlebih dahulu yang dalam hal ini menurut beberapa literatur mengakibatkan laju perkembangan mikroorganisme terhambat yang juga mengakibatkan penurunan COD semakin kecil. Sedangkan pada limbah hasil tie-dye didapat penurunan COD sebesar 9,04% dan 8,09%, dari beberapa literatur menunjukan akibat dari kompleksitas zat warna yang digunakan pada tie-dye menyulitkan mikroorganisme untuk mendegradasinya, dan juga tingginya pH pada sampel tersebut juga menghambat laju perkembangan dari mikroorganisme yang membuat penurunan COD pada sampel ketiga dan keempat jauh lebih kecil.

REFERENSI

[1] C.Marimuthu, S.Vidya, S. Diwakaran "*Treatment of Textile Industry Wastewater using Microbial Fuel Cell*" *IJ.RTE*. vol.8, pp.87-91. 2019.

[2] Sarker, S. K, "*Textile wastewater treatment and electricity generation by Microbial Fuel Cell with freezing technology as pretreatment (A No-water discharge approach)*" TRITA-LWR Degree Project 12:39. 2012.

[3] N. Annisaa "Verifikasi Kebutuhan Oksigen Kimiawi Secara Kolorimetri dengan Metode HACH 8000" Juli. 2017.

[4] Shameeda Nk, R. Rahman "*Microbial Fuel Cell an Alternative for Treatment of Textile Wastewater*" *IRJ.ET*. vol.7, issue. 4, pp. 3962-3967, Apr. 2020.

[5] Holkar, C.R., Jadhav, A.J., Pinjari, D.V., Mahamuni, N.M. and Pandit, A.B., "*A critical review on textile wastewater treatments: possible approaches*." *Journal of environmental management*, Vol. 182, pp.351-366, 2016.

[6] M. L. V. Santos, F. J. R. Valadez, V. M Solis, C. G. Nava, A. J. C Martell and O. Hensel "*PERFORMANCE OF A MICROBIAL FUEL CELL OPERATED WITH VINASSES USING DIFFERENT COD CONCENTRATIONS*" *Revista internacional de contaminación ambiental*. vol.33, issue. 3, pp. 21-528. 2017.

[7] Logroño, W., Pérez, M., Urquizo, G., Kadier, A., Echeverría, M., Recalde, C., Rákhely, G. "*Single chamber microbial fuel cell (SCMFC) with a cathodic microalgal biofilm: A preliminary assessment of the generation of bioelectricity and biodegradation of real dye textile wastewater*." *Chemosphere*. Vol. 176, pp. 378-388. 2017.

[8] A. Taslim, M. R. Kirom, R. A. Salam"RANCANG BANGUN TUBULAR MICROBIAL FUEL CELL DENGAN JEMBATAN GARAM BERBAHAN SEMEN" 2021

[9] T. N. Akbar, M. R. Kirom, R. F. Iskandar "ANALISIS PENGARUH MATERIAL LOGAM SEBAGAI ELEKTRODA MICROBIAL FUEL CELL TERHADAP PRODUKSI ENERGI LISTRIK" *e-Proceeding of Engineering*, Vol.4, No. 2, pp 2123, 2017.

[10] B. L. Widiyanti "Studi Kandungan Air Tanah (*Cofined Aquifer*) di Permukaan Padat Desa Dasan Lekong, Kecamatan Sukamulia" *Jurnal Geodika*, Vol.3, No.1, pp 1-12, June, 2019.

[11] S. Hakim, H. Listiano, L, Novianti " Kandungan *Eschericia Coly* Pada Sumber Air PDAM, Depot Air Minum, dan Sumur Gali" *Jurnal Kesehatan dan Pembangunan*, Vol.10, No.19, pp 107-113, Jan, 2020.

[12] Metcalf and Eddy, "*Wastewater Engineering*" in *Waste Management*, 3rd ed. New York : McGram-Hill, Inc, 1991. Vol. 12, Issue 1.

[13] M. H. Alsghireen " *Low Cost Treatment of Textile Wastewater Generated by the Blue Jeans Industry at Al-Hassan Industrial Estate, Ramtha - Jordan,* " M.S thesis, SES. Department Earth and Environmental Science., Yarmouk Univ., Irbid., Jordan, 2006.

[14] Carmen, Z., & Daniel, S. "*Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview.*" In Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention - Environmental and Analytical Update. InTech. 2012.

[15] Li, J., Luo, G., He, L., Xu, J. and Lyu, J., "*Analytical approaches for determining chemical oxygen demand in water bodies: a review*." *Critical reviews in analytical chemistry*, 48(1), pp.47-65, 2018.

[16] A. Hermayanti, and N. Irwan, "Potensi perolehan energi listrik dari limbah cair industri tahu dengan metode salt bridge microbial fuel cell." *Jurnal Sains Dasar*. vol.3, pp. 162-168. 2014.

[17] Ibrahim B, Suptijah P, Adjani ZN. 2017. "Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia." *J.PHPI.* vol.20, no.2, pp.296-304. 2017.

[18] Yaqoob, A.A., Mohamad Ibrahim, M.N., Rafatullah, M., Chua, Y.S., Ahmad, A. and Umar, K.,. "*Recent advances in anodes for microbial fuel cells: An overview*." *Materials*, 13(9), p.2078, 2020.

[19] Zhuwei Dua, Haoran Li and Tingyue Gu, "*A state of the art review on microbial fuel cells: A promising technology for wastewater treatment and bioenergy*," Biotechnology Advances. vol. 25, issue 5, pp. 464-482. 2007.

[20] Lewis, M, D,. Vo, T, T, L,. "*Dyeing Cotton With Reactive Dyes Under Neutral Condition.*" *Dept of Colour and Polymer Chemystry*. Pp 306-311, Jul. 2007.

[21] B. S. Ramadan, G. Samudro, and S. Sumiyati "PENGARUH KONSENTRASI CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) DAN RAGI TERHADAP KINERJA GRANULAR ACTIVATED CARBON DUAL CHAMBER MICROBIAL FUEL CELLS (GAC-DCMFCs)" 2015.

[22] Helmiyati, A. F., & Nurrahman, N. "Pengaruh konsentrasi tawas terhadap pertumbuhan bakteri gram positif dan negatif". *Jurnal Pangan dan Gizi*, Vol.1, No.1, 2010.

[23] Rohim, Mazlani F, Samudro, G., & Sumiyati, S. "Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Ph Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (Dcmcs)." *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 1-10, 2015.

[24] Ranga, V, S,. Sanghavi, K, L,. "*Dye Wastewater Treatment Using Agro Waste : Green Abdsoption*." *IJIRSET*. Vol. 6, *issue*. 1, Jan. 2017.

[25] Boonyaprapa, P,. Vanpetch, W,. Sangsirimongkolying, R,. Yoosook, W,. "*Wastewater Treatment of Dye Contamination*." *EnvironmentAsia*. Pp 49-53, 2009.

[26] Gupta, S. Mittal, Y. Tamta, P. Srivastava, P. Yadav, K, A. " *Textile WasteWater Treatment Using Microbial Fuel Cell and Coupled Technology : a Green Approach for Detoxification and Bioelectricity Generation*." *Butterworth-Heinemann*, Pp 73-92, 2020.

[27] Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S. H. "Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah." 2020.

[28] Y. Hamdiyati "Pertumbuhan dan Perkembangan Mikroorganisme II" Bandung Universitas Pendidikan Indonesia. 2011.

[29] Jadhav, G. S., and M. M. Ghangrekar. "Performance of microbial fuel cell subjected to variation in pH, temperature, external load and substrate concentration." *Bioresource Technology,* 100, no. 2 pp 717-723, 2009.

[30] B. E. Logan, B. Hamelers, R. Rozendal, U. Schröder, J. Keller, S. Freguia, P. Aelterman, W. Verstraete, and K. Rabaey "*Microbial fuel cells: Methodology and technology*." *Environmental Science and Technology*. vol. 40, no. 17, pp. 5181-5192, Jul. 2006.

[31] Yakar, A., Türe, C., Türker, O.C., Vymazal, J. and Saz, Ç "*Impacts of various filtration media on wastewater treatment and bioelectric production in up-flow constructed wetland combined with microbial fuel cell* (UCW-MFC)." *Ecological Engineering*, Vol.*117*, pp.120-132, 2018.

[32] Yu, B., Feng, L., He, Y., Yang, L. and Xun, Y., "Effects of anode materials on the performance and anode microbial community of soil microbial fuel cell." *Journal of Hazardous Materials*, 401, p.123394. 2021.

[33] Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B. and Ieropoulos, I., "*Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review.*" *Journal of power sources*, 356, pp.225-244, 2017.