

ESACO-ECO SANITATION CONCEPT DENGAN FILTRASI FOTOKATALIS N-TiO₂ KITOSAN KOLABORASI TURBIN TESLA SEBAGAI PIC POWER PLANT

Nazilatul Hidayah ^a, Adam Rizky Christiandava ^b, Fariz Wajdi ^c, Riza Susanti ^d, Asri Nurdiana^e

^{a,b,c,d,e} Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Corresponding Author:

Email: asri@live.undip.ac.id

Keywords:

Contraction, Hydramp Pump, N-TiO₂ Chitosan, Tesla Turbine

Abstract: Meskipun Kementerian ESDM berkomitmen menjaga rantai pasok energi primer seperti gas dan BBM, nyatanya masih belum menutup kemungkinan pemenuhan listrik RI tanpa PLTU dengan segala risiko polutan dan biaya sebesar US\$4,3 sen per kWh. Padahal, konstruksi modern era *society* 5.0 memuat konsep pembaruan teknologi di dalam konstruksi termasuk bidang kelistrikan dan air. Faktanya, banyak pemukiman kurang terencana yang mengakibatkan sistem pembuangan limbah air tidak terkoordinasi dengan baik. Akibatnya, sumber pemasok air seperti sungai terdampak limbah air rumah tangga. Sanitasi dan penyediaan air bersih yang tidak sesuai syarat, menjadi faktor utama penyebab munculnya beberapa penyakit menular dan diare sebagai penyebab kematian urutan nomor empat. Menilai ketidakefisienan dampak dan distribusi batu bara sebagai pembangkit listrik dan banyaknya pemukiman yang kurang terencana dalam pembuangan limbah air rumah tangga, maka teknologi sanitasi *eco-friendly* dengan pemanfaatan pompa hidram yang mendorong air menuju proses filtrasi dilengkapi turbin tesla sebagai pembangkit listrik menjadi alternatif pendukung *smart modern construction* sebagai salah satu solusi untuk mencapai efisiensi pemanfaatan energi listrik dan penggunaan air yang diteliti melalui metode penelitian literatur. Penggunaan turbin tesla untuk pembangkit listrik menghasilkan 300-500 watt dengan tegangan 220 volt. Sementara, aliran air limbah diteruskan menuju wadah yang letaknya berada di atas rumah melalui pompa hidram guna melewati proses filtrasi dengan pipa N-TiO₂ Kitosan sebelum nantinya aliran air yang sudah layak buang akan mengaktifkan kinerja turbin tesla. Air yang terbuang sudah tidak mencemari sungai dan aman untuk ekosistem sungai.

Copyright © 2022 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Energi listrik dan air merupakan dua komponen penting pendukung kebutuhan rumah-rumah di Indonesia. 61% sumber listrik RI berasal dari pembangkit batu bara. Penyebaran pasokan batu bara sebagai pembangkit listrik tenaga uap mengalami gangguan akibat adanya cuaca ekstrim di beberapa wilayah produsen. Akibatnya, persediaan batu bara di beberapa pembangkit PT PLN menurun. Sementara, kebutuhan batu bara untuk pembangkit sekitar 115 juta ton per tahun. Di samping itu, polutan yang dihasilkan oleh batu bara memiliki dampak negatif seperti lima kali lebih besar dibanding polutan lain terkait risiko kematian dari penyakit jantung. Meskipun Kementerian ESDM berkomitmen menjaga rantai pasok energi primer seperti gas dan bahan bakar minyak, nyatanya hal tersebut masih belum menutup kemungkinan terkait pemenuhan listrik RI tanpa PLTU dengan segala risiko polutan dan biaya sebesar US\$4,3 sen per kWh. Padahal, konstruksi modern di era *society* 5.0 memuat konsep pembaruan teknologi di dalam konstruksi termasuk bidang kelistrikan dan air.

Faktanya, semakin banyak pemukiman kurang terencana yang mengakibatkan sistem pembuangan limbah air tidak terkoordinasi dengan baik. Sumber air rumah tangga seperti sungai banyak terdampak limbah yang berasal dari limbah air rumah tangga itu sendiri. Sanitasi dan penyediaan air bersih yang tidak sesuai syarat, menjadi faktor utama penyebab munculnya beberapa penyakit menular dan diare sebagai penyebab kematian urutan nomor empat.

Menilai ketidakefisienan dampak dan distribusi batu bara sebagai pembangkit listrik dan banyaknya pemukiman yang kurang terencana dalam pembuangan limbah air rumah tangga di Indonesia, maka teknologi sanitasi *eco-friendly* dengan pemanfaatan pompa hidram untuk mendukung air menuju proses filtrasi dilengkapi turbin tesla sebagai pembangkit listrik menjadi alternatif pendukung *smart modern construction* sebagai salah satu solusi untuk mencapai efisiensi pemanfaatan energi listrik dan penggunaan air yang diteliti melalui metode penelitian literatur. Penggunaan turbin tesla untuk pembangkit listrik menghasilkan 300-500 watt dengan tegangan 220 volt. Sementara, aliran air limbah diteruskan menuju wadah yang letaknya berada di atas rumah melalui pompa hidram guna melewati proses filtrasi dengan pipa N-TiO₂ Kitosan sebelum nantinya aliran air yang sudah bersih akan mengaktifkan kinerja turbin tesla. Air yang terbuang ke sungai sudah dalam keadaan layak buang sehingga tidak mencemari sungai dan tetap menjaga ekosistem yang ada di dalamnya.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara mengurangi residu air kotor dengan filtrasi.
2. Mengetahui rancangan penerapan konsep pompa hidram menuju filtrasi N-TiO₂-Kitosan sebelum aliran air yang sudah bersih akan mengaktifkan kinerja turbin tesla.
3. Mengetahui upaya dalam mengatasi pengurangan pasokan batu bara melalui penerapan konsep turbin tesla sebagai pembangkit listrik.
4. Mengetahui dampak dari penerapan inovasi sanitasi *eco-friendly* dan efisiensi energi listrik penunjang konstruksi modern *era society 5.0*.

2. DATA DAN METODE

Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan mengutamakan 3 fase utama yaitu Preliminari, Pilot Project, serta Analisis dan Rekayasa. Pada fase Preliminari termuat proses pengumpulan data dan studi literatur yang akan dilakukan. Pengumpulan data yang telah diperoleh sebelumnya didapatkan beberapa fakta terkait problematika yang ditimbulkan dari penggunaan batu bara sebagai bahan utama pemasok listrik terbesar di Indonesia. Tak hanya itu residu yang ditimbulkan dari limbah sanitasi pada perumahan juga mengancam beberapa penyakit menular dan diare yang menjadi pokok permasalahan yang harus segera ditangani.

Dari data yang telah didapat maka selanjutnya akan kita diskusikan keterkaitan antar aspek sebagai dasar dari solusi yang akan kita wujudkan sebagai inovasi konstruksi di era *society 5.0* pada bidang konstruksi. Setelah menemukan solusi, selanjutnya kita masuk ke dalam metode studi literatur. Dimana kelebihan dari penelitian sebelumnya akan dikembangkan sedangkan kekurangannya akan kembali ditinjau untuk dimodifikasi agar relevan untuk diterapkan.

Setelah rangkaian inovasi didapat, maka dilakukan proses Pilot Project dari pembuatan desain dan estimasi pembiayaannya. Hingga pada fase terakhir yaitu Analisis dan Rekayasa, yang menggunakan metode analisa implementasi atas inovasi yang telah dicanangkan guna menentukan kelayakan inovasi dari konsep sanitasi yang akan kita tawarkan. Peninjauan akan dilakukan dari segi keefektifitasan inovasi, tingginya minat pengguna, serta prosentase dari perbandingan listrik yang dihasilkan dari penggunaan sebelumnya.

Metode Analisis Biaya dan Waktu

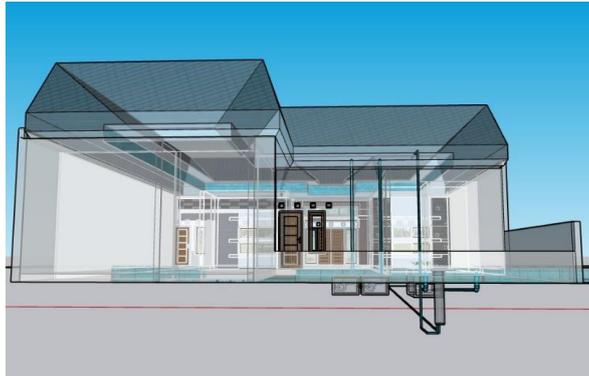
Penambahan penggunaan konsep filtrasi dan pembangkit listrik pada sanitasi adalah suatu hal yang baru. Bila dibandingkan dari segi biaya, tentu biaya yang dikeluarkan berada di atas rata-rata biaya sanitasi pada umumnya. Namun, output dari penggunaan turbin tesla, jelas akan memberikan penurunan biaya pada penggunaan listrik kesehariannya. Waktu yang diperlukan dalam proses instalasi konsep ini memerlukan waktu tidak sebentar, adanya pemilihan material yang harus disesuaikan dalam filtrasi serta penempatan pipa yang tidak seperti umumnya. Meskipun persiapan dari segi biaya dan waktu tidak seperti biasanya, namun memiliki tujuan baik bagi lingkungan dan efisiensi biaya pada jangka panjang.

Metode Analisis Efisiensi Tenaga

Pada analisa efisiensi tenaga yang dihasilkan, perlu memperkirakan dengan detail terkait faktor-faktor yang mampu mempengaruhi kinerja konsep sanitasi ini. Seperti halnya syarat debit air mencapai berapa liter agar air mampu naik pada bak penampungan diatas, berapa tinggi tekanan yang ditimbulkan dari pompa hidram untuk menaikkan air, berapa lama masa penggantian filter pada katalisator NTiO₂Kitosan, berapa minimal kecepatan air untuk memutar turbin tesla, dan hal lain berkaitan dengan efisiensi penggunaan tenaganya.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengurangan Residu Melalui Proses Filtrasi



Gambar 1. Desain Penerapan Esaco (Penulis, 2022)

Teknologi sanitasi eco-friendly dengan pemanfaatan pompa hidram untuk mendukung air menuju proses filtrasi dilengkapi turbin tesla sebagai pembangkit listrik menjadi alternatif pendukung *smart modern construction* sebagai salah satu solusi untuk mencapai efisiensi pemanfaatan energi listrik dan penggunaan air. Penggunaan turbin tesla untuk pembangkit listrik menghasilkan 300-500 watt dengan tegangan 220 volt. Sementara, aliran air limbah diteruskan menuju wadah yang letaknya di atap rumah melalui pompa hidram usai melewati filtrasi agregat kasar guna melewati proses filtrasi kedua yakni pipa N-TiO₂ Kitosan untuk pembubuhan bakteri serta oksidasi logam berat sebelum nantinya aliran air yang sudah bersih ditambah air hujan untuk penambahan tekanan pada penampungan air akan mengaktifkan kinerja turbin tesla.

Pada penelitian ini, terdapat 2 jenis filtrasi yakni filtrasi terhadap kotoran agregat kasar melalui saringan pada intake, serta filtrasi menggunakan pipa N-TiO₂-Kitosan untuk pembubuhan bakteri dan kuman pada air.

1. Filtrasi Menggunakan Saringan

Proses filtrasi yang pertama menggunakan saringan dengan pori pada bagian saringan tergolong masih bisa terlihat untuk melakukan penyaringan air residu tahap pertama dengan output berupa air tanpa kotoran berukuran besar.

2. Filtrasi Menggunakan Pipa N-TiO₂-Kitosan

1gram TiO₂ tersebar di 100 ml 1% (v/v) asam asetat sehingga berubah menjadi Ti⁴⁺. 1 kg Kitosan ditambahkan dengan proses sinkronisasi selama 30 menit hingga membentuk sol-gel. NaOH ditambahkan hingga larutan berada pada kondisi pH di angka 10. Proses *doping* dengan N melalui pencampuran dengan larutan pada kondisi pH di angka 10 menggunakan *magnetic stirrer* sekaligus penambahan diethylamine. Endapan hasil pencampuran dipanaskan selama 5 jam pada suhu 80°C. Sebelum diaplikasikan pada pipa, endapan tersebut disaring dan dicuci terlebih dahulu menggunakan aquades dan dikeringkan kembali pada suhu 60°C selama satu malam.

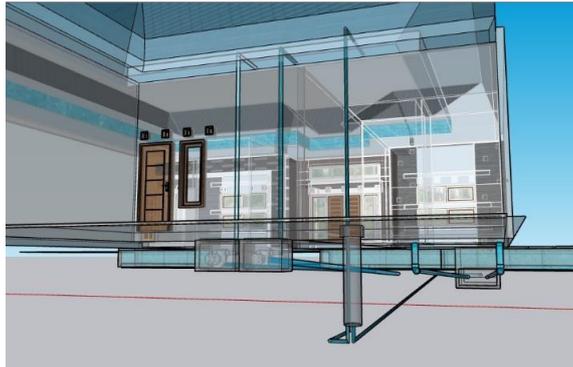
Berdasarkan gambar, pada mekanisme reaksi fotokatalis N-TiO₂-Kitosan terdapat radikal OH sebagai zat super oksida yang mengoksidasi berbagai logam berat dan bakteri sehingga bakteri disekeliling pipa yang dilapisi N-doped TiO₂ akan mati dan logam berat akan tereduksi menjadi tidak berbahaya. Ketika plat pipa yang telah dilapisi N-Doped TiO₂-kitosan disinari oleh cahaya matahari, maka diruang penyimpanan atau didalam pipa akan terdapat senyawa super oksida yang

akan mengoksidasi bakteri di ruang penyimpanan sampai mati. Output dari proses filtrasi menggunakan pipa N-TiO₂-Kitosan yakni adanya keluaran air dengan pH 6,5-8,5 memenuhi syarat sebagai air layak buang untuk pemerhati ekosistem lingkungan sebagaimana terdapat dalam Peraturan Menkes RI No: 492/MENKES/PER/IV/2010 (Apriyanti, Ihwan, & Jumarang, 2016).

Cara Kerja Pompa Hidram

Material yang digunakan dalam penerapan pompa hidram diantaranya:

1. Pipa PVC 1 ½" untuk diameter pipa masuknya dengan panjang 8 m.
2. Selang sebagai pipa keluar dengan ½" sepanjang 7 m.
3. Tabung pipa volume $\pi r^2 t = 3,14 \times 0,05082 \times 1 = 0,008 \text{ m}^3$, diameter tabung 4 inch, tinggi tabung 1 m dan klep karet dengan massa sebesar 20 gram.



Gambar 2. Perletakan Pompa Hidram (Penulis, 2022)

Dalam menggerakkan air menuju penampang atas, pompa hidram dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang memanipulasi energi potensial menjadi kinetik pada air residu pembuangan. Berikut merupakan siklus prinsip kerja pada pompa yang dapat dideskripsikan melalui 4 siklus.

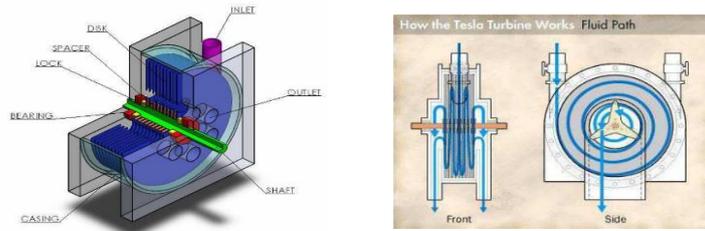
Posisi pada siklus 1, air yang berasal dari reservoir mengalir melewati pipa A memenuhi badan pompa. Badan pompa yang telah penuh mampu membuka klep buang B, sehingga air akan keluar. Pada tahap 2, klep B mulai menutup secara cepat menghasilkan gelombang kejut. Klep B yang menutup akan secara cepat memberikan gelombang kejut (water hammer), sehingga membuat air kembali ke arah reservoir melalui pipa A. Disisi lainnya, klep C mulai terbuka dan tabung udara mulai mendapat tekanan. Air yang kembali menuju reservoir secara tidak langsung kembali ditekan oleh tekanan air dari reservoir sehingga menghasilkan hisapan udara. Klep C akan menutup dengan cepat dan memompa air untuk keluar menuju pipa E. Klep C yang menutup memberikan gelombang kejut pada air dibawah klep, sehingga membuat air mampu ditekan menuju reservoir di pipa A. Akibatnya air kembali tertekan oleh gaya potensial reservoir sehingga menyebabkan klep B terbuka. Saat ini tekanan udara dalam tabung pompa diatas klep C stabil sehingga air tidak lagi keluar dari pipa E. Keempat siklus ini kembali berulang dan terjadi 24 jam tanpa henti, selama air residu masih tersisa.

Rancangan Penerapan Konsep Turbin Tesla

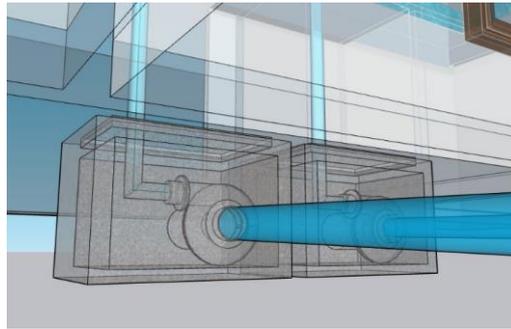
Air pada penampungan yang sudah memenuhi volume maksimal di angka 57,17 m³, akan membuka katup pada pipa air menuju turbin tesla. Sementara, pada proses instalasi Turbin Tesla selaku pembangkit listrik dalam skala kecil, memerlukan beberapa material yang harus disesuaikan. Seperti halnya:

1. Pipa PVC 2" sebagai pipa masuk menuju turbin tesla sepanjang 6 m,
2. Pipa PVC 4" (jalur limbah air dari turbin tesla, panjang 1 m menuju filter),
3. Casing Keong Tesla berukuran 250 x 250 x 250 mm³,
4. Shaft berdiameter 7 mm dengan panjang 300 mm dan Bearing d = 20 mm,
5. Dudukan keong turbin tesla ukuran disk luar 250mm berbahan alumunium,
6. Spesifikasi disk sebagai berikut, Diameter disk (D) = 250 mm, Jari-jari dalam (r_i) = 30 mm = 0,03 m, Jari-jariluar (r_o) = 125 mm = 0,125 m, Jarak antar disk (b) = 1 mm = 0,002 m, Tebal disk = 2 mm, Jumlah celah = 18, dan Jumlah disk = 19,

7. Box pengaman Turbin Tesla ukuran 0,5 x 0,5 x 0,5 m³



Gambar 3. Box Pengaman Turbin Tesla dan Cara Kerjanya (Penulis, 2022)



Gambar 4. Konsep Pemasangan Turbin Tesla Esaco (Penulis, 2022)

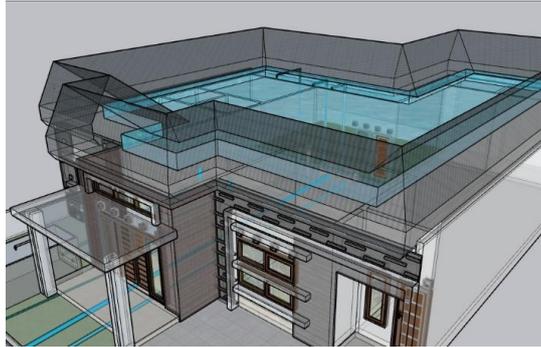
Turbin Tesla akan mulai bergerak saat membuka 2 pipa pada setiap ujung sisi penampungan guna mengalirkan debit air sebagai media gerak turbin. Proses untuk memutar Turbin Tesla berbeda dengan Turbin sirip yang bergerak mengandalkan gaya angkat pada bawah sirip, namun pada Turbin Tesla justru menggunakan metode lebih singkat yang efisien. Yaitu dengan mengolah energi viskositas atau biasa disebut dengan pengaruh kekentalan aliran gesek suatu fluida dengan benda disekitarnya. Viskositas sangat berpengaruh terhadap kenaikan suhu, dimana suhu meningkat maka viskositas dari suatu fluida akan menurun.

Fluida akan melewati disk yang memicu gesekan yang semakin lama membentuk lingkaran spiral menuju pusat disk. Fluida yang telah mengalami cukup torsi maka akan keluar pada lubang pembuangan disk yang berada di tengah yang akan mengalir menuju pembuangan. Kecepatan yang diperoleh dari disk dipengaruhi oleh beberapa unsur seperti masukan input, diameter piringan, suhu, dan jarak antar piringan.

Penetapan penggunaan turbin tesla sebagai pembangkit listrik dibarengi dengan pemasangan turbin dan generator, pemeriksaan instalasi listrik, hingga pemasangan panel listrik itu sendiri (Team, 2020).

Sementara, skema rancangan pembangkit listrik tenaga air dengan turbin tesla dimulai dari Pada turbin tesla yang menjadi poros penggerak utama dari generator guna menangkap arus deras air pada bilah-bilah turbin yang cukup efektif memutar turbin. Semakin kuat arus air, maka semakin kencang putarannya. Di bagian 2 (Generator), poros turbin melalui gearbox tidak memutar poros rotor yang membuat gesekan pada stator menimbulkan medan elektromagnetik penghasil listrik. Pada bagian controller terdapat pengaturan *power supply* supaya tegangan tetap stabil spanya dapat dikonversi dari DC ke listrik AC 220 volt. Sebagai *back up*, controller juga mengisi ulang aki 12 colt 7 sampai 15 A. Bagian 4 (*Accu Seal Lead Acid/Battery*) sesuai skema rancangan bekerja menjadi *back up power bank* ketika *supply* dari generator terputus atau mengalami tegangan yang kurang. Kunci dari penggunaan listrik melalui turbin tesla adalah dengan merubah hasil generator dari *battery* atau SLA 12 VDC yang terdapat di bagian 5 (Inverter DC to AC) menuju tegangan jala-jala listrik sebesar 220 VAC.

Dampak Penerapan Esaco



Gambar 5. Desain Rumah yang Menerapkan Konsep Esaco (Penulis, 2022)

Terdapat beberapa dampak yang dihasilkan dari penerapan inovasi Esaco. Seperti:

1. Modernisasi konstruksi dan infrastruktur

Penggunaan suatu teknologi dinilai akan menambah efisiensi bangunan dibanding konstruksi konvensional. Esaco hadir dengan keunggulan pada bagian *double filtration* sekaligus dilengkapi dengan teknologi pengembangan dan pemanfaatan turbin tesla sebagai pembangkit listrik yang mendukung konstruksi modern *era society 5.0*.

2. Mengurangi residu air limbah rumah tangga guna penyelamatan lingkungan

Adanya konsep *double filtrasi* yang memanfaatkan filtrasi agregat kasar dengan konsep fotokatalis pada pipa N-TiO₂-Kitosan mampu membuat Esaco memiliki output berupa air dengan pH sesuai standar kelayakan buangan air di lingkungan terbuka. Yakni 6,5-8,5 dengan catatan pada bagian fotokatalis air mampu tereduksi secara maksimal. Dengan buangan air yang berada pada pH di angka tersebut, maka biota sungai sebagai lokasi pembuangan akhir limbah rumah tangga dapat diselamatkan.

3. Menghemat energi listrik

Penghematan energi listrik ada pada konstruksi modern disebabkan adanya *spiral voltex tesla turbine* yang memuat daya generator sebesar 300W dengan efisiensi 60%. Mampu menghasilkan aliran listrik dari 300-500watt dengan tegangan 220 volt. Mengusung konsep *hybrid power generation* pada aliran listrik yang dibutuhkan masyarakat membuat penghematan energi listrik dapat mencapai hingga 50%.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Solusi untuk mengurangi residu dilakukan dengan pemanfaatan 2 proses filtrasi pada pembuangan limbah rumah tangga. Yakni filtrasi agregat kasar melalui saringan pada intake dan filtrasi pipa N-TiO₂-Kitosan untuk pembunuh bakteri, logam berat, dan kuman pada air. Aliran air yang sudah bersih akan di tampung bersamaan dengan air hujan sebelum menuju ke turbin tesla untuk membangkitkan tenaga listrik ramah energi. Air dari turbin terus mengalir menuju pembuangan sebagai air bersih yang aman untuk lingkungan.
2. Cara kerja pompa hidram guna mendorong air menuju pipa N-TiO₂-Kitosan yakni dengan melewati 4 siklus dengan prinsip terletak pada pipa, klep buang, dan tekanan pada air atau volume penampungan maksimal 57,17 m³.
3. Rancangan penerapan konsep turbin tesla sebagai solusi untuk mencapai efisiensi pemanfaatan energi listrik dibentuk dalam desain seefisien mungkin yang memberikan manfaat jangka panjang untuk penggunaannya yakni berupa aliran listrik 300-500 watt dengan tegangan 220A.
4. Dampak dari penerapan inovasi sanitasi *eco-friendly* dan efisiensi energi listrik penunjang konstruksi modern *era society 5.0* yakni berperan besar dalam penyelamatan lingkungan khususnya ekosistem air sungai sebagai tempat pembuangan air limbah rumah tangga dan hemat energi listrik sebab dikombinasikan menggunakan pemanfaatan turbin tesla melalui konsep *hybrida system*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terimakasih ditujukan kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini, serta semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Harapannya semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca untuk menambah wawasan dan pengetahuan.

REFERENSI

- Anonim. (2018, March 19). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tekanan Udara dan Jarak Disk Terhadap Daya yang Dihasilkan Pada Model Prototipe Turbin Tesla Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik*. From Repository Untag: <http://repository.untag-sby.ac.id/id/eprint/181>. ←Website
- Apriyanti, E., Ihwan, A., & Jumarang, I. M. (2016). Analisis Kualitas Air di Parit Besar Sungai Jawi Kota Pontianak. *Jurnal Prisma Fisika*, 102-109.
- Team, M. E. (2020, November 16). *Polinema Gandeng TAF-IP Dukung Elektrifikasi di Javan Langur Center*. From Memontum.com: <https://memontum.com/127681-polinema-gandeng-taf-ip-dukung-elektrifikasi-di-javan-langur-center>.