

PENYELIDIKAN TANAH PADA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS (PLTBg) : STUDI KASUS PABRIK KELAPA SAWIT (PKS) LUBUK DALAM PTPN V

Rivaldy Yustianto Pasaribu, Muhammad Ansori Nasution, Henny Lydiasari, Arjanggi Nasution, dan Ayu Wulandari

Abstrak - Limbah cair pabrik kelapa sawit atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) merupakan hasil samping dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Salah satu alternatif pemanfaatan POME adalah dikonversi kedalam bentuk biogas sebagai sumber energi. Pada studi ini dilakukan kajian penyelidikan tanah sebagai lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBG) *co-firing* di pabrik kelapa sawit (PKS) Lubuk Dalam PTPN V dengan menerapkan teknologi *covered lagoon*. Penyelidikan tanah dilakukan dalam skala lapangan dan laboratorium antara lain pengukuran elevasi lahan, dekripsi tanah, perlawanan konus dan klasifikasi tanah. Dari hasil pengujian diperoleh lahan termasuk kategori landai dengan spesifikasi teknis termasuk tanah keras. Jenis tanah pada lokasi pembangunan ini didominasi oleh tanah lempung (*clay*) sebesar 65,25% dan nilai CBR laboratorium mencapai 6,80% yang memenuhi sebagai syarat teknis tanah dasar untuk pembangunan PLTBG teknologi sistem *covered lagoon*.

Kata kunci: PLTBG, penyelidikan tanah, *covered lagoon*

PENDAHULUAN

Produksi minyak kelapa sawit semakin meningkat, hal ini mengakibatkan meningkatnya limbah dari proses pengolahan di pabrik kelapa sawit (PKS). Limbah dominan yang dihasilkan hingga saat ini adalah limbah cair atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) (Winanti et al., 2019). POME memiliki potensi masalah yang cukup besar apabila tidak dikelola atau dimanfaatkan secara baik. Masalah yang sering terjadi, tingginya kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam POME memberikan potensi untuk dikonversi menjadi biogas sebagai sumber energi (Sinaga & Nasution, 2016).

Saat ini, pengolahan limbah cair di PKS Lubuk Dalam PTPN V masih menggunakan kolam terbuka, sehingga belum dapat dimanfaatkan dengan baik sumber energi dan nutrisi yang ada pada POME di

PKS tersebut. Padahal POME dapat menghasilkan metana yang merupakan salah satu biogas (Hakim et al., 2020). Dengan memanfaatkan limbah cair untuk biogas, dapat dihasilkan energi listrik ramah lingkungan yang dapat mengurangi kerusakan lingkungan hidup serta memberikan nilai tambah ekonomis (Butar-butar et al., 2013). Sebagai alternatif, PTPN V melakukan pembangunan PLTBg dengan pemanfaatan POME sebagai sumber energi.

Umumnya pengolahan POME menjadi sumber energi yang dikonversi menjadi biogas menggunakan reaktor atau digester. Berikut ini adalah jenis reaktor dan digester yang sering jumpai di PKS antara lain :

1. *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)

Berupa silinder terbuat dari beton atau logam dengan rasio antara tinggi dan diameter yang relatif rendah. Reaktor ini perlu dilengkapi dengan peralatan pengadukan dan dapat beroperasi pada temperatur mesofilik atau termofilik (Sugiyono et al., 2019).

2. *Covered lagoon* (CL)

Sebuah kolam tertutup yang berisi limbah cair

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Rivaldy Yustianto Pasaribu(✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158, Indonesia

Email: rivaldyustiantopa1000@gmail.com

dimana tujuannya untuk menangkap gas metana yang di hasilkan dari POME dan beroperasi pada temperatur mesofilik. Pada umumnya sistem ini digunakan untuk areal yang relatif landai serta mempunyai lahan yang cukup luas.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) yang diterapkan di PTPN V menggunakan teknologi *covered lagoon* yang membutuhkan perencanaan yang baik dalam hal kesesuaian lahan. Untuk itu perlu dilakukan penyelidikan tanah diantaranya, topografi lahan, daya dukung dan spesifikasi tanah. Hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan agar daya dukung tanah dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun (Prayogo & Saptowati, 2016). Selain itu, spesifikasi tanah juga mempunyai peranan penting dalam pekerjaan konstruksi. Jenis tanah berdasarkan ukuran partikelnya melalui analisis mekanis tanah terdiri dari kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) (Widyananda et al., 2015). Tanah yang memiliki sifat fisis dan mekanis yang terbatas memberi kontribusi sebagai lapisan dasar konstruksi jika daya dukung lebih besar dari beban yang diterima namun tidak semua jenis tanah secara langsung digunakan sebagai material konstruksi (Ludfian & Wibowo, 2017).

Penyelidikan tanah adalah tahapan awal sebelum melaksanakan kegiatan konstruksi, data yang disajikan untuk mempermudah dan memastikan kondisi tanah pada lokasi rencana pembangunan. Tujuan penyelidikan tanah pada studi ini untuk mendapatkan syarat teknis tanah sebagai daya dukung dalam pelaksanaan konstruksi. Hasil penyelidikan tanah diharapkan dapat mempermudah dalam perencanaan konstruksi yang aman dan optimal ditinjau dari segi teknis dan segi ekonomis.

METODOLOGI

Metode uji test pada proses penyelidikan tanah yang dilaksanakan terdiri dari pengujian lapangan dan laboratorium dimana hasil kedua metode ini saling berhubungan satu sama lain. Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan metode pengambilan sampel dilapangan dan analisa dilaboratorium tanah mengaju kepada pengujian *American Society for Testing Material* (ASTM) D. 3441 – 98 dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASTHO). Waktu pengambilan sampel

dilaksanakan pada tanggal 22 Nopember 2020 berlokasi di PKS LDA, Kabupaten Siak, Propinsi Riau dengan titik koordinat N 0° 37' 41,6" E 101° 46' 42,0". Keseluruhan data berasal dari dokumen perencanaan pembangunan Cofiring Biogas milik PTPN V.

1. Pengujian lapangan

a. Pengukuran topografi

Pengukuran topografi adalah kegiatan penentuan suatu titik secara horizontal maupun vertikal untuk memperoleh nilai elevasi permukaan tanah (Novriza & Agusmaniza, 2020). Alat yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu total station, berfungsi untuk membaca dan merekam sudut (jarak miring) secara bersamaan menentukan objek dari jauh dengan menghitung koordinat (x,y,z).

b. Pengeboran tanah

Metode ini bertujuan untuk pengambilan sample tanah asli agar diketahui kondisi tanah setiap lapisan hingga sampai ke tanah keras sekaligus dilakukan pengambilan sampel tanah *undisturbed* (tidak terganggu) dan *disturbed* (terganggu) serta Standard Penetration Test (SPT) disetiap interval 2 m (Prayogo dan Saptowati, 2016). Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada ASTM D1586.

c. Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT)

Pengujian DCPT atau sondir dilakukan untuk mengetahui konsistensi dan kepadatan relatif setiap lapisan tanah. Data pengujian ini dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tanah untuk pondasi bangunan. Alat yang digunakan dalam uji sondir ini adalah "*Dutch Cone Penetrometer*" kapasitas 2.5 ton, pembacaan dilakukan pada setiap interval 20 cm sampai pembacaan pada manometer menunjukkan nilai perlawanan konus 200 kg/cm² digambarkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan nilai perlawanan konus (*cone penetration resistance*) dan jumlah hambatan pelekat (*Total Friction Resistance*) sesuai dengan prosedur standard ASTM D. 3441 – 98.

2. Pengujian laboratorium mekanika tanah

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh analisis mekanika tanah seperti sifat fisik dan mekanik tanah, antara lain kadar air, *specific gravity*, berat isi, atterberg limit dan analisa butir saringan (*grain size analysis*).

Data yang diperoleh dari hasil pengujian berupa karakteristik jenis tanah, dukung tanah, indeks plastisitas, dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Pada hasil percobaan laboratorium menurut , didalam sistem penentuan klasifikasi tanah yang di pakai yaitu AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6 , bergantung pada batas plastisnya (PL) :

- Untuk PL >30 ; klasifikasinya A7-5
- Untuk PL <30 ; klasifikasinya A7-6

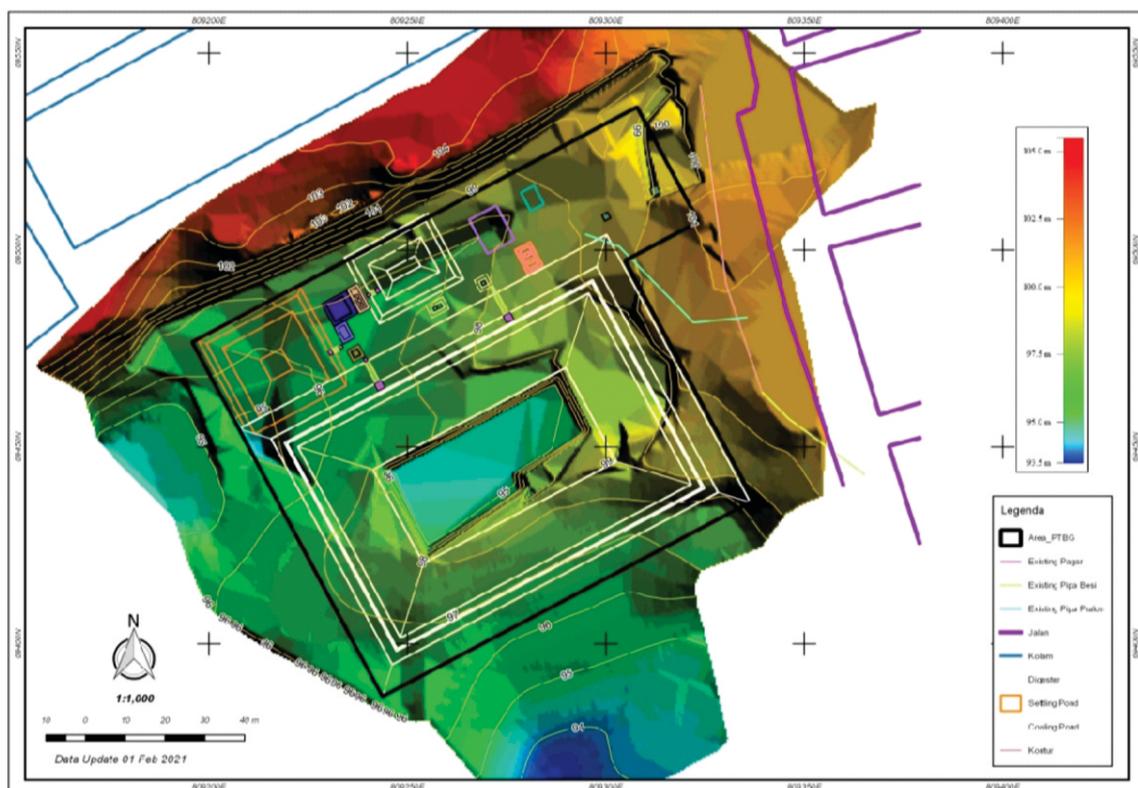
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penyelidikan tanah terdiri dari beberapa

pengujian yang telah dilakukan seperti pengukuran topografi, uji nilai CBR, data sondir, atterberg limit dan jenis tanah berdasarkan standar konstruksi.

1. Pengukuran topografi

Dari hasil pengukuran topografi diperoleh data nilai elevasi tertinggi pada 104 mdpl dan nilai elevasi terendah pada 95 mdpl (Gambar 1.), dimana selisih ini digunakan untuk memperhitungkan galian dan timbunan pada areal pembangunan tersebut. Volume tanah pada galian dan timbunan dapat disesuaikan untuk mengurangi biaya pengadaan material tanah. Berdasarkan data pengukuran topografi didapatkan bahwa ketersediaan material tanah dari hasil galian tidak dapat memenuhi kebutuhan tanah timbunan untuk pembangunan kolam digester, perlu pengadaan material tanah dari luar lokasi proyek.



Gambar 1. Peta topografi lokasi pembangunan PLTBg

2. Pengeboran tanah

Pengeboran tanah dilakukan pada 3 titik pengamatan sekaligus pengambilan sampel tidak terganggu (*undisturbed*) dan terganggu

(*disturbed*). Pengujian ini menggunakan alat bor mesin pada ujungnya dilengkapi berupa tabung besi, bertujuan untuk mengetahui jenis tanah berdasarkan kedalaman dan lapisan tanah pada

setiap titik lubang bor. Selain itu juga menunjukkan klasifikasi tanah berdasarkan jenis tanah, berikut ini hasil pengujian seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pengujian nilai SPT dilakukan pada setiap interval 2m hingga kedalaman 8 m untuk memperoleh konsistensi tanah yang berbutiran halus. Hasil yang diperoleh yaitu antara 0-4 blows/ft Tabel 3) dimana menunjukkan tanah dengan konsistensi sangat lepas dan lepas berdasarkan ASTM D1586-84. Berdasarkan hasil ini diketahui jenis tanah pada setiap lapisan

didominasi oleh jenis tanah lempung dengan rata-rata memiliki plastis sedang, kondisi ini perlu memperhatikan proses pemadatan yang baik dan maksimal dalam pembentukan kolam digester pada pembangunan PLTBg. Penggunaan alat berat berupa mesin pemadat (*compactor*) dengan jenis Vibratory Roller maupun Padfoot Roller sangat dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek nantinya, agar pemadatan tanah dapat memenuhi kualifikasi yang sudah ditentukan.

Tabel 1. Litologi tanah sesuai metode pengeboran basah

Kedalaman (m)	Tebal lapisan (m)	Deskripsi tanah
00.00-02.30	02.30	Lempung berlanau, kuning kecoklatan, plastis sedang, kadar air rendah.
02.30-06.50	04.20	Lempung Berlanau, Merah Kekuningan, Plastis Sedang, Kadar Air Sedang.
06.50-11.45	05.00	Lempung Berpasir, Abu-abu, Plastis Rendah, Kadar Air Sedang.

Tabel 2. Litologi tanah sesuai metode pengeboran kering

Kedalaman (m)	Tebal lapisan (m)	Deskripsi tanah
00.00-02.30	02.30	lempung berlanau, kuning kecoklatan, plastis sedang, kadar air rendah
02.30-06.00	03.70	Lempung berlanau, merah kekuningan, plastis sedang, kadar air sedang.
06.50-08.45	02.00	Lempung berpasir, abu-abu, plastis rendah, kadar air sedang.

Tabel 3. Pengujian nilai SPT

Jumlah SPT	Kedalaman (m)	N1	N2	N3	Jumlah blows
0	0	0	0	0	0
1	2	1	1	-	0
2	4	1	1	1	2
3	6	1	1	2	3
4	8	1	1	2	4

3. Pengujian *dutch cone penetrometer test*

Hasil uji penetrasi sondir yang dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 4 titik pengamatan pada

lokasi areal rencana pembangunan. Data yang di peroleh dari pengujian ini merupakan pembacaan perlawanan konus (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai perlawanan konus pada 4 titik pengamatan

No test	Kedalaman	Muka air tanah	Qc/Cr	JHP/TSF
(No)	Meter	Meter	Kg/cm ²	Kg/cm
S-01	20	8	200	1352
S-02	18	5	200	1272
S-03	19	5	200	1470

Keterangan : Jumlah Hambatan Pelekat (JHP), *Total Skin Friction* (TSF)

Nilai perlawanan konus pada 4 titik pengamatan antara 1272 kg/cm - 1744 kg/cm menunjukkan bahwa tanah pada lokasi pembangunan termasuk tanah sangat keras karena nilai konus melebihi 150 kg/cm. Selain itu, data yang diperoleh adalah muka air tanah antara 5 m - 8 m, hal ini sebagai acuan penentuan level dasar kolam yang seharusnya berada 2 m di atas muka air tanah.

4. Pengujian laboratorium mekanika tanah

Pengujian ini untuk menentukan klasifikasi tanah (kadar air, *specific gravity*, batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas serta *grainsize distribution*) dan nilai CBR laboratorium. Pada Tabel 5 dan Gambar 2 diperoleh data yaitu kadar air sebesar 19,06 %, *specific gravity* tanah sebesar 2,643, nilai batas cair sebesar 65,02%, batas plastis sebesar 29,12% dan indeks plastis 35,90% serta distribusi analisis butiran didominasi 65,25% lempung. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi tanah pada lokasi pembangunan termasuk jenis lempung (A-7-6). Sedangkan nilai CBR laboratorium sebesar 6,80% menyatakan bahwa tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar dalam konstruksi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa tanah di lokasi pembangunan PLTBg memenuhi persyaratan teknis mekanika tanah sebagai berikut :

1. Kondisi lahan di areal sekitar lokasi pembangunan relatif landai, disebabkan perbedaan elevasi tertinggi dan terendah sebesar 9 m.

2. Pengeboran tanah dilakukan hingga mencapai 8,45 m diperoleh deskripsi tanah yang berbeda pada setiap lapisan dengan dua metode pengeboran basah dan kering. Lapisan atas merupakan lempung berlanau dengan kadar air rendah, lapisan tengah merupakan lempung berlanau dengan kadar air sedang dan lapisan bawah merupakan lanau berpasir dengan kadar air sedang.

3. Nilai perlawanan konus dari pengujian DCPT diperoleh antara 1272 kg/cm² – 1744 kg/cm². Nilai ini memenuhi standar minimum tanah sangat keras (>150 kg/cm²) dengan tinggi muka air tanah antara 5 m - 8 m sebagai acuan level dasar kolam. Sedangkan nilai SPT yang diperoleh 0-4 blows/ft termasuk kategori konsistensi tanah sangat lepas dan lepas yang akan mempengaruhi dalam pekerjaan pemadatan tanah.

4. Klasifikasi tanah didominasi lempung (A-7-6) sebesar 65,25% dengan kadar air 19,06%, *specific gravity* 2,643, batas cair 65,02, batas plastis 29,12% dan indeks plastisitas 35,90%. Jenis tanah ini mempunyai kompresibilitas yang tinggi sehingga membutuhkan perlakuan tertentu

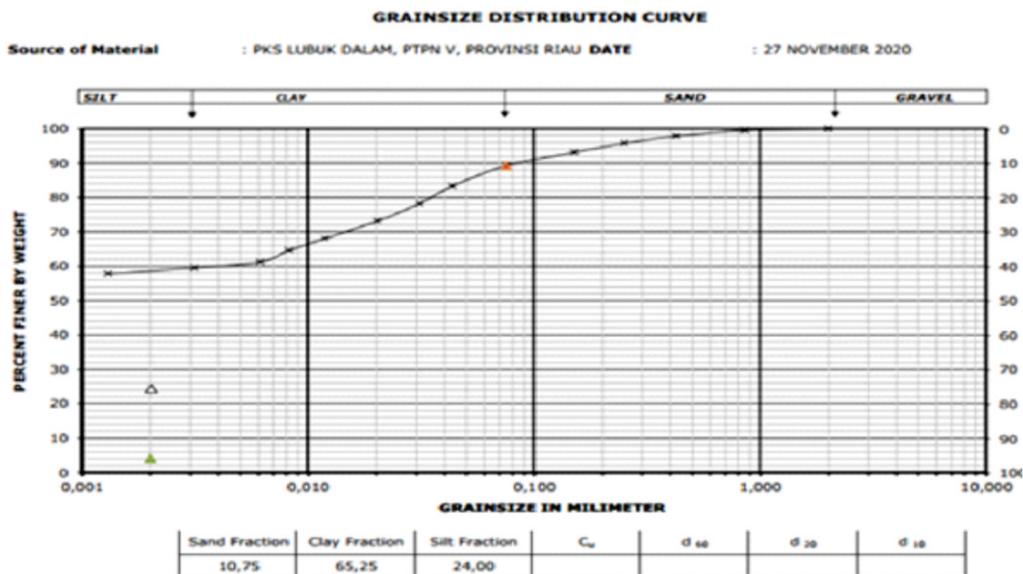
dalam pekerjaan pemadatan tanah.

5. Nilai CBR laboratorium sebesar 6,80 %

memenuhi persyaratan sebagai tanah dasar dalam suatu pekerjaan konstruksi dengan standar minimum 6%.

Tabel 5. Hasil uji tanah di laboratorium

No	TEST DESCRIPTION	CODE/STANDART	TEST REPORT	
			SPESIFIKASI	RESULT
1	Laboratory compaction	AASHTO T99/T180	-	Max. Dry Density (MDD) = 1,624 gr/cm ³ Opt. Moisture Cont.(OMC) = 19,06 %
2	Specific Gravity	AASHTO T100-82	-	2,643 LL = 65,02 %
3	Atterberg Limits	AASHTO T89-96	-	PL = 29,12 % PI = 35,90 %
4	Soil Clasiffication	AASHTO M 145	-	A-7-6
5	California Bearing Ratio	AASHTO T-193	CBR 100% > 6 % Swelling < 1,50 %	C.B.R 100% = 60,80 % (Soaked) C.B.R 95% = 24,00 % (Soaked) Swelling =0,84 %



Gambar 2. Kurva distribusi ukuran butiran tanah

Hasil penyelidikan ini nantinya akan mendukung perencanaan pembangunan konstruksi PLTBg sehingga teknologi yang akan diterapkan sesuai standar keamanan konstruksi. Kondisi tanah dasar pada lokasi memiliki tingkat kepadatan diatas standar minimum berdasarkan data uji laboratorium mekanika tanah, tidak memerlukan perbaikan tanah khusus pada pelaksanaan pembangunan konstruksi. Proses yang perlu dijaga adalah pada saat pekerjaan pemadatan dilapangan, mulai dari penghamparan tanah dilokasi proyek dan tebal setiap lapisan ketika tanah dipadatkan menggunakan alat berat agar tidak melebihi kadar air optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Butar-butur, D. P., Amin, M. N., & Kasim, T. (2013). Analisis biaya produksi listrik per kWh menggunakan bahan bakar biogas limbah cair kelapa sawit(Aplikasi pada PLTBGS PKS Tandun). 17–22.
- Darwis, H. (2018). Dasar-dasar mekanika tanah (A. Kodir (ed.)). Pena Indis.
- Hakim, D. L., Valentino, N., & Syafrinaldy, A. (2020). Investigasi tanah lokasi pembangunan reaktor PLTBg di PKS Sei Pagar, Ptpn 5. *Jurnal energi dan lingkungan (Enerlink)*, 14(2), 55–62. <https://doi.org/10.29122/elk.v14i2.4276>
- Ludfian, M., & Wibowo, D. E. (2017). Stabilisasi tanah lempung menggunakan campuran limbah abu sekam padi dan pasir dengan metode pemadatan laboratorium. *Informasi dan ekspose hasil riset teknik Sipil Dan Arsitektur*, 13(1), 66-75). <https://doi.org/10.21831/inersia.v13i1.14600>
- Novriza, F., & Agusmaniza, R. (2020). Pemetaan topografi menggunakan total station pada kompleks sekolah terpadu Teuku umar Aceh Barat. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(1), 41–48. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i1.42>
- Prayogo, K., & Saptowati, H. (2016). Penyelidikan struktur dan karakteristik tanah untuk desain pondasi Iradiator Gamma kapasitas 2 MCi. 10(1978).
- Sinaga, N., & Nasution, A. S. B. (2016). Simulasi pengaruh komposisi limbah cair pabrik kelapa sawit (pome) terhadap kandungan air biogas dan daya listrik yang dihasilkan sebuah pembangkit listrik tenaga biogas. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 12(3), 66–72.
- Sugiyono, A., Adiarso, A., Puspita Dewi, R. E., Yudiantono, Y., Wijono, A., & Larasati, N. (2019). Analisis keekonomian pembangunan pembangkit listrik tenaga biogas dari Pome dengan Continuous Stirred Tank Reactor (Cstr). *Majalah Ilmiah pengkajian industri*, 13(1), 75–84. <https://doi.org/10.29122/mipi.v13i1.3232>
- Widyananda, S. L., Rustamaji, R. M., & Purwoko, B. (2015). Uji parameter penghalang lempung (Clay Barrier) untuk mencegah sebaran polutan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 2(2), 1–9.
- Winanti, W. S., Prasetiyadi, P., & Wiharja, W. (2019). Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) menjadi biogas dengan sistem anaerobik tipe fixed bed tanpa proses netralisasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 143. <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.3248>

