

Pemanfaatan Bioplastik dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Peningkatan Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Lempung

Prayoga Aditia*, Riman Sipahutar, Bakri Bakri

Universitas Sriwijaya

*Correspondence email: prayogaditia.pl2020@pps.unsri.ac.id

Abstrak. Peningkatan produksi kelapa sawit yang masif di tanah air menimbulkan permasalahan pada besarnya volume limbah hasil proses pengolahan sawit yang harus dikelola. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut ialah dengan pemanfaatan ulang limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembuat bioplastik. Bioplastik ini selanjutnya digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah melalui peningkatan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada tanah lempung ekspansif. Efektifitas penggunaan bioplastik tersebut diukur dengan cara membandingkan hasil uji nilai CBR laboratorium dari sampel tanah yang telah dicampur bioplastik dengan variasi kadar masing-masing 0%, 4%, 10%, dan 15%. Hasil pengujian menunjukkan sampel yang telah diberi bioplastik memiliki nilai CBR *soaked* (rendaman) yang lebih besar dibandingkan dengan sampel tanpa bioplastik. Nilai CBR *soaked* paling besar yang diperoleh adalah 21,14% yakni pada sampel dengan kadar bioplastik 10%. Bioplastik dari limbah tandan kosong kelapa sawit berpotensi dikembangkan sebagai material untuk perbaikan daya dukung tanah.

Kata kunci: Bioplastik; Daya dukung tanah; Nilai CBR; Tandan Kosong

Abstract. The massive increase in palm oil production in Indonesia has created problems in the large volume of palm oil processing waste that must be managed. One of the efforts made to reduce this impact is by reusing the empty fruit bunches waste of palm oil as a material for making bioplastics. This bioplastic is then used to improve soil bearing capacity by increasing the CBR (*California Bearing Ratio*) value in expansive clay soils. The effectiveness of the use of bioplastics was measured by comparing the test results of laboratory CBR values of soil samples mixed with bioplastics with varying levels of 0%, 4%, 10%, and 15%, respectively. The test results showed that samples that had been treated with bioplastics had a greater soaked CBR value than sample without bioplastics. The highest soaked CBR value obtained was 21.14%, namely in sample with 10% bioplastic content. Bioplastic from empty fruit bunches of palm oil has the potential to be developed as a material to improve soil bearing capacity.

Keywords: Bioplastic; CBR value, Empty fruit bunches, Soil bearing capacity

PENDAHULUAN

Saat ini pemerintah sedang berupaya mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas bumi. Salah satu kebijakan yang diambil pemerintah untuk mencapai sasaran tersebut ialah dengan mengalihkan pemenuhan sebagian kebutuhan energi nasional pada penggunaan bahan bakar alternatif biodiesel dimana minyak nabati yang digunakan sebagai pencampurnya berasal dari minyak kelapa sawit (*crude palm oil*). Konsekuensinya, produksi kelapa sawit akan terus meningkat di masa yang akan datang agar dapat mengimbangi kebutuhan penggunaan biodiesel tersebut. Peningkatan jumlah produksi kelapa sawit berdampak pula pada peningkatan volume

limbah dari proses pengolahan sawit. Limbah ini dapat berupa limbah cair, limbah gas, dan limbah padat. Salah satu limbah padat yang dihasilkan adalah tandan kosong (tankos) kelapa sawit yang jumlahnya sangat berlimpah. Setiap satu ton tandan buah segar yang diolah bisa menghasilkan 220-230 kg tankos (22-23% dari berat total produksi sawit) (Mujiarto *et al.*, 2014).

Pada tahun 2016 potensi limbah tankos mencapai 6 juta ton (Pujiono, 2019). Meskipun ada yang digunakan kembali sebagai mulsa ataupun kompos di lahan perkebunan, namun limbah sebesar ini belum termanfaatkan dengan optimal dimana sebagian besar masih dibakar dalam *incinerator* ataupun ditimbun dalam tanah (Haryanti *et al.*, 2014). Lahan perkebunan

kelapa sawit di beberapa wilayah Indonesia seringkali berdekatan atau bersebelahan dengan lahan pertambangan. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah tankos sawit dapat juga diarahkan untuk memenuhi kebutuhan di industri pertambangan. Salah satu permasalahan yang sering dijumpai di lokasi pertambangan adalah permasalahan kestabilan / daya dukung tanah dimana faktor kandungan air pada tanah dapat mempengaruhinya (Yuniar *et al.*, 2016). Tankos kelapa sawit mengandung sekitar 30-40% kadar zat selulosa yang merupakan polimer alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat bioplastik. Pembuatan bioplastik dari selulosa dilakukan melalui proses sintesis selulosa menjadi selulosa asetat (Dewanti, 2018). Bioplastik yang dihasilkan akan memiliki sifat *biodegradable* (mudah terurai) sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Penggunaan komponen yang bersifat plastis pada tanah dapat membantu mengurangi penyerapan air ke dalam tanah sehingga meminimalisir efek dari sifat air yang dapat melemahkan daya ikat antar partikel-partikel tanah.

Analisa daya dukung tanah dapat diukur dengan menggunakan metode *California Bearing Ratio (CBR) test*. Meskipun ada metode pengukuran daya dukung tanah lainnya seperti metode *Dynamic Cone Penetration (DCP) test*, namun berdasarkan hasil penelitian Azwarman (2017) hasil pengukuran daya dukung tanah dengan kedua metode tersebut (CBR dan DCP *test*) akan menunjukkan kesesuaian pola/trend (Azwarman, 2017). Prinsip dari pengukuran CBR adalah dengan melakukan pengujian penetrasi suatu benda ke dalam benda uji sehingga diketahui nilai kekuatan benda uji (tanah / material lain) yang digunakan sebagai pondasi lahan (Fishal *et al.*, 2018). CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material terhadap beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Bahan standar tersebut berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban (Lindawati *et al.*, 2019). Satuan nilai CBR dinyatakan dalam persen (%). Semakin tinggi nilai CBR berarti semakin baik daya dukung tanah. Proses pemadatan tanah dapat meningkatkan nilai CBR, tapi hal ini juga tergantung pada kadar air optimum dan berat isi kering maksimum.

Penelitian terkait pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung yang pernah dilakukan berupa

pemanfaatan abu cangkang untuk aplikasi geoteknik dimana hasilnya menunjukkan bahwa nilai CBR yang paling optimal terjadi pada tanah yang dicampur abu cangkang dengan kadar 6% (Sarifah *et al.*, 2017). Adapun penelitian terkait pemanfaatan bioplastik (termasuk yang berasal dari limbah tankos sawit) sebagai material stabilisasi tanah belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur seberapa efektif penggunaan bioplastik asal limbah tankos kelapa sawit sebagai bahan campuran untuk meningkatkan daya dukung tanah melalui pengukuran CBR *test*.

METODE

Penelitian dilakukan di dalam lokasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. (PTBA) yang termasuk dalam wilayah administratif Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Sampel limbah tankos kelapa sawit diambil dari pabrik kelapa sawit milik PT. Bumi Sawindo Permai yang terletak bersebelahan dengan IUP Banko Barat PTBA. Limbah tankos sawit selanjutnya diolah menjadi bioplastik di Laboratorium Kimia, FKIP, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Adapun sampel tanah lempung (*clay*) diambil dari area disposal Pit 2 Banko Barat, dan sampel FABA (*fly ash bottom ash*) diambil dari TPS FABA PLTU Banko Barat 3x10 MW. Proses penyiapan (*preparing*) sampel dan pengujian nilai CBR dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, Banko Barat.

Pembuatan Bioplastik

Alat yang digunakan dalam pembuatan bioplastik meliputi gelas kimia, labu didih, labu erlenmeyer, batang pengaduk, cawan petri, kertas saring, corong kaca, desikator, oven, alat sentrifugasi dan neraca analitik. Pengolahan limbah tankos sawit hingga menjadi bioplastik melalui tiga tahap yaitu ekstraksi selulosa, sintesis selulosa asetat, dan pembentukan bioplastik. Proses ekstraksi selulosa dimulai dari kegiatan pengambilan sampel limbah tankos di lapangan, proses delignifikasi dengan larutan NaOH, hingga proses *bleaching* dengan larutan H₂O₂ (Dewanti, 2018). Selanjutnya tahap sintesis selulosa dilakukan dengan cara melarutkan bubuk selulosa ke dalam larutan asetat anhidrida dan dibantu larutan asam sulfat sebagai katalisnya. Dari proses sintesis ini diperoleh bubuk selulosa asetat sebagai bahan pembuat bioplastik. Tahap akhir pembentukan

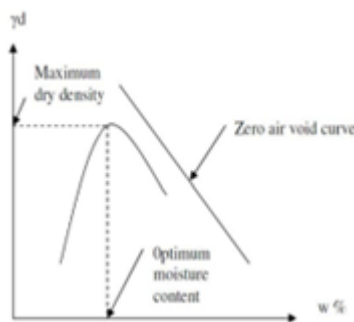
bioplastik dari bubuk selulosa asetat dilakukan dengan mencampur bubuk tersebut ke dalam larutan aseton yang kemudian dipanaskan hingga cairannya menguap dan terbentuk lembaran bioplastik (Indriyanti, 2019). Untuk mengetahui tingkat ketahanan bioplastik terhadap air, maka dilakukan pengujian hidrofobisitas. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D-570.

Pengujian CBR

Sampel tanah asli diukur terlebih dahulu nilai CBR-nya melalui uji pemadatan (*proctor test*) dan *CBR test*. Uji pemadatan dilakukan untuk menentukan berat jenis kering (γ_{dry}) maksimal dan kadar air optimum (OMC) dari sampel tanah. Berat jenis kering dicari dengan persamaan berikut (Wiqoyah *et al.*, 2018):

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1+w} \quad (1)$$

dimana: γ_{dry} = berat jenis kering tanah (kN/m^3);
 γ_{wet} = berat jenis basah tanah (kN/m^3); w = kadar air (%)



Sumber: data olahan

Gambar 1
Alat Uji CBR Laboratorium



Sumber: data olahan

Gambar 2
Alat Uji CBR Laboratorium



Sumber: data olahan

Gambar 3
Proses Pencampuran Bioplastik dan Tanah

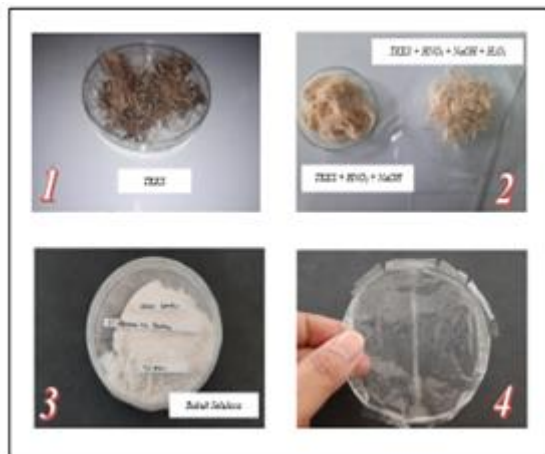
Untuk mendapatkan γ_{dry} maksimum dan OMC maka hubungan nilai γ_{dry} dan kadar air diplot pada suatu Gambar 1 (Agustina *et al.*, 2019). Hasil uji pemadatan ini akan digunakan sebagai acuan dalam menyiapkan sampel pada uji CBR selanjutnya. Pengujian CBR dilakukan dengan alat *CBR test*. Prosedur uji pemadatan dilakukan dengan mengacu pada SNI 1742-2008, sedangkan CBR laboratorium dilakukan dengan mengacu pada SNI 1744-2012. Sebelum diberi bioplastik, sampel tanah asli ditingkatkan terlebih dahulu nilai daya dukungnya dengan cara dicampur FABA (15% dari berat kering tanah). Campuran tanah dan FABA diaduk merata dan dipadatkan. Setelah dilakukan uji pemadatan dan uji CBR pada campuran tanah dan FABA, maka selanjutnya bioplastik ditambahkan ke campuran tersebut dengan variasi kadar sebesar 0%, 4%, 10%, dan 15%. Pencampuran dilakukan pada suhu sekitar 250 °C dimana bioplastik akan meleleh sehingga proses pencampurannya dapat lebih merata. Apabila proses pendinginan sudah selesai, maka terhadap keempat variasi sampel tersebut dilakukan kembali uji pemadatan dan uji CBR. Uji CBR pada tahap ini melibatkan proses perendaman atau biasa disebut uji *CBR soaked* (rendaman). Tujuannya adalah untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan bioplastik dalam meminimalisir serapan air ke dalam tanah.

Data yang diperoleh dari penelitian ini diolah secara kuantitatif. Pengukuran variabel-variabel dilakukan berdasarkan standar SNI sehingga hasilnya dapat lebih valid dan memenuhi persyaratan suatu eksperimen. Hubungan antar variabel data ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Metode analisa yang

digunakan adalah analisa varian dan regresi. Selanjutnya hasil analisa disimpulkan berdasarkan asumsi-asumsi logis.

HASIL

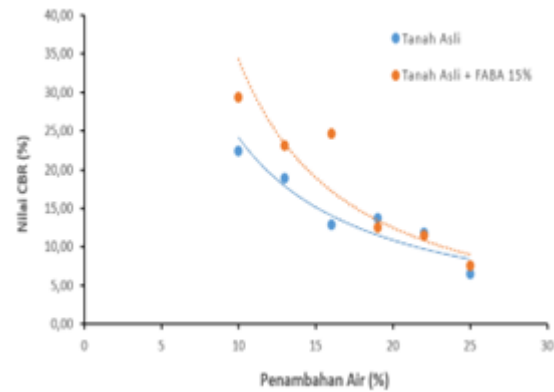
Proses pembuatan bioplastik dari limbah tankos sawit yang dilakukan pada penelitian ini memiliki tingkat *yield* sebesar 9,12%. Dari setiap 10 gram tankos sawit yang diekstraksi dapat menghasilkan selulosa ± 6,7 gram. Proses sintesis selulosa tersebut dengan larutan asetat anhidrida selanjutnya menghasilkan selulosa asetat sebesar 1,02 gram. Jumlah selulosa asetat sebanyak ini pada akhirnya bisa menghasilkan bioplastik sebesar 0,912 gram.



Sumber: data olahan

Gambar 4
Proses Pembuatan Bioplastik dari Tankos Sawit

Pengujian hidrofobisitas pada bioplastik yang dihasilkan, dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu daya serap air bioplastik yang dihitung melalui perbandingan antara perubahan berat sampel bioplastik setelah direndam air dengan berat awal sebelum direndam air. Hasil pengukuran menunjukkan berat awal sampel sebelum direndam dan berat akhir sampel setelah direndam masing-masing adalah 15,67 gr dan 17,57 gr. Dengan demikian diperoleh daya serap air bioplastik adalah sebesar 12,13%. Nilai hidrofobisitas bioplastik dihitung : $\text{Hidrofobisitas} = 100\% - \text{daya serap air} = 100\% - 12,13\% = 87,87\%$.



Sumber: data olahan

Gambar 5
Nilai CBR Campuran Tanah-FABA pada Kadar Air yang Berbeda

Uji pemadatan yang dilakukan pada sampel tanah asli memperoleh berat jenis kering (γ_{dry}) maksimum sebesar 16,37 kN/m³ dan kadar air optimum (OMC) sebesar 17,01%. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai CBR tanah asli adalah sebesar 19,5%. Sedangkan ketika dilakukan penambahan FABA dengan kadar 15%, pada uji pemadatan diperoleh berat jenis kering (γ_{dry}) maksimum sebesar 15,88 kN/m³ dan kadar air optimum (OMC) sebesar 16,13 %. Pada kondisi tersebut nilai CBR sampel meningkat menjadi 24,5%. Pengaruh penambahan FABA dengan kadar 15% pada peningkatan nilai CBR juga terlihat dalam pengujian sampel dengan komposisi sejenis lainnya yang diberi air dengan persentase yang bervariasi. Peningkatan nilai CBR ini terjadi disebabkan adanya reaksi bahan *pozzolan* dari FABA sehingga meningkatkan kekakuan tanah.

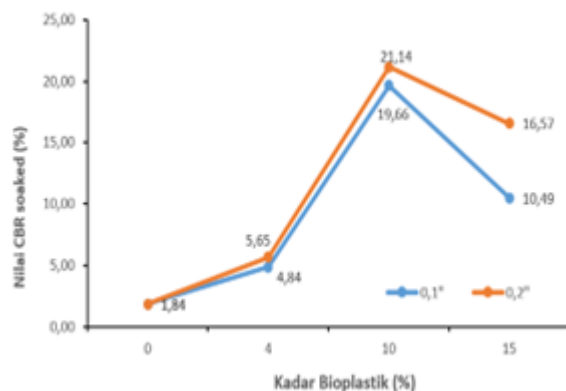
Pengujian yang dilakukan pada campuran tanah-FABA dan bioplastik meliputi uji persentase pengembangan (*swell*) dan nilai CBR yang melibatkan aktifitas perendaman sampel. Penambahan bioplastik pada sampel cenderung meningkatkan kepadatan tanah karena wujud bioplastik yang dilelehkan saat proses pemanasan dan pencampuran secara manual dapat mengisi rongga-rongga kosong antar partikel tanah. Namun demikian, apabila kadar bioplastik pada sampel terus ditambah maka rongga-rongga antar partikel tanah akan menjadi jenuh dan menyebabkan sebagian massa tanah tergantikan oleh massa bioplastik dengan massa jenis lebih rendah dibandingkan partikel tanah.

Tabel 1
Pengaruh Penambahan Bioplastik terhadap Densitas Kering

Jenis Sampel	Dry Density (kN/m ³)		% Swell
	Sebelum Direndam	Sesudah Direndam	
Tanah-FABA + Bioplastik 0%	15,89	17,46	9,88
Tanah-FABA + Bioplastik 4%	15,69	16,87	7,52
Tanah-FABA + Bioplastik 10%	17,46	18,04	3,32
Tanah-FABA + Bioplastik 15%	16,38	16,87	2,99

Sumber: data olahan

Pada saat perendaman sampel, bioplastik yang mengisi rongga-rongga partikel tanah meminimalisir potensi air untuk masuk ke dalamnya sehingga tingkat kepadatan kering sampel pada kondisi sesudah perendaman lebih stabil. Pada sampel dengan kadar bioplastik 15%, tingkat perubahan kepadatan kering (% *swell*) sampel adalah yang paling kecil. Pada uji CBR rendaman (*soaked*), lama perendaman sampel dalam air adalah 4 hari (96 jam). Hasil pengujian terhadap keempat variasi sampel (kadar bioplastik 0%, 4%, 10%, dan 15%) menunjukkan adanya peningkatan nilai CBR *soaked* ketika dilakukan penambahan bioplastik pada campuran tanah-FABA.



Sumber: data olahan

Gambar 6
Nilai CBR Soaked pada Berbagai Variasi Kadar Campuran Bioplastik

Pada semua sampel, nilai CBR pada penetrasi 0,2 inci lebih besar daripada nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci, sehingga mengacu pada SNI 1744-2012 maka nilai CBR pada penetrasi 0,2 inci yang digunakan. Nilai CBR *soaked* terbesar adalah 21,14 % yang terjadi pada sampel dengan kadar bioplastik sebesar 10%. Ketika kadar bioplastik ditambah menjadi 15% maka nilai CBR *soaked*-nya justru turun kembali. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik dapat meminimalisir dampak infiltrasi

air terhadap penurunan nilai CBR dan daya dukung tanah. Berkurangnya volume air yang terserap oleh partikel-partikel tanah, menyebabkan berkurangnya juga pelemahan gaya tarik antar partikel tanah sehingga tanah cenderung lebih stabil. Namun demikian bila kadar bioplastik terus ditambah maka tingkat kepadatan tanah akan berkurang sehingga berpotensi menurunkan kembali daya dukung tanah.

SIMPULAN

Bioplastik yang dicampur ke dalam sampel tanah-FABA mampu meningkatkan kualitas daya dukung tanah. Peningkatan kualitas tanah tersebut terjadi pada parameter kepadatan kering, % pengembangan (*swell*), dan nilai CBR tanah. Tingkat kepadatan kering dan CBR *soaked* tertinggi terjadi pada sampel tanah-FABA dengan campuran kadar bioplastik sebesar 10%, sedangkan % pengembangan (*swell*) yang paling kecil terjadi pada sampel dengan campuran kadar bioplastik sebesar 15%. Pemanfaatan bioplastik dari limbah tandan kosong kelapa sawit dapat menjadi solusi dalam mengatasi permasalahan stabilisasi tanah lunak di area tambang dan juga sekaligus mengatasi permasalahan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwarman, A. 2017. Kajian Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Menggunakan Dynamic Cone Penetrometer dan CBR *In Place*. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15(1), 150–152.
- Dewanti, D. P. 2018. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81–88.
- Fishal, F., Gusrizal, G., & Hanafiah, H. 2018. Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji CBR Laboratorium. *Jurnal Sipil Sains Terapan*, 1(03).

- Haryanti, A., Norsamsi, N., Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2), 57–66.
- Indriyanti, R. 2019. Pembuatan Bioplastik Menggunakan Selulosa Asetat Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pati Umbi Ganyong (*Canna Edulis Kerr*) dengan Penambahan Variasi Gliserol sebagai Plasticizer dengan Melakukan Uji Mekanik. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Lindawati, L., & Sari, E. K. 2019. Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai CBR Tanah Dasar di Ruas Jalan BK 1 Desa Tanjung Bulan Kabupaten OKU Timur. *Jurnal Deformasi*, 4(1), 13–20.
- Mujiarto, S., Ristianingsih, Y., Amrullah, A., & Khalid, A. 2014. Studi Proses Pirolisis Tandan Kosong Sawit Menjadi Bio Oil Sebagai Energi Alternatif. *Polhasains: Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur.*, 2(02), 21–25.
- Pujiono, R. 2019. Pengaruh Penambahan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) Bekas Media Jamur Merang Terhadap Kualitas Pupuk Organonitrofos. Lampung: Universitas Lampung.
- Sarifah, J., & Pasaribu, B. 2017. Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Guna Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 55–60.
- Wiqoyah, Q., Renaningsih, R., Susanto, A., Listiawan, A. B., & Tahta MH, M. 2018. Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Nambuhan, Purwodadi yang Dicampur dengan Asam Fosfat (H_3PO_4) dengan Perawatan 4 dan 7 Hari. *Simposium Nasional RAPI XVII-2018 FT UMS*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. S154-S159.
- Yuniar, D., & Fatihin, H. 2016. Identifikasi Kerusakan Jalan dan Penanganan Perbaikan pada Jalan Tambang. *Polhasains: Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur.*, 4(01), 34–40.