

# PENGARUH ASAM FOSFAT TERHADAP NILAI UJI KUAT TEKAN BEBAS PADA STABILITAS TANAH LEMPUNG

R.A. Sri Martini<sup>1</sup>, Erny Agusri<sup>2</sup>, M. Faris Fisabilillah<sup>3</sup>, Tri Dianita<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang

\*E-mail : sri\_martini2019@gmail.com

## Abstract

*This study was motivated by the low bearing capacity of clay soils, which often causes structural failures in road construction in Tanjung Lalang Village, Payaraman District, Ogan Ilir Regency, South Sumatra. Clay soils tend to expand and shrink easily due to changes in moisture content, resulting in unstable ground conditions. Therefore, stabilization efforts are required to improve their strength. One alternative stabilizing agent is phosphoric acid, which chemically reacts with clay minerals to form stronger bonds, enhancing soil density and stability. This research aimed to analyze the effect of various phosphoric acid contents on the unconfined compressive strength of clay soils. The study used an experimental laboratory method with phosphoric acid variations of 0%, 6%, 7%, 8%, and 9% by dry soil weight, and curing periods of 0, 6, and 9 days. The test results showed that the addition of phosphoric acid significantly increased the unconfined compressive strength, reaching its optimum value at 7% concentration with a curing time of six days. However, excessive concentrations led to decreased strength due to reaction saturation. It can be concluded that phosphoric acid is effective as a chemical stabilizing agent to improve the strength and stability of clay soils and has potential applications for subgrade improvement in road construction projects with similar soil.*

**Keywords:** Clay soil, soil stabilization, phosphoric acid, unconfined compressive strength, curing, laboratory testing.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam konteks teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai massa material alami yang tersusun dari partikel-partikel mineral dan bahan organik yang telah mengalami proses pelapukan, serta berada di atas lapisan batuan dasar. Struktur tanah bersifat lepas karena ikatan antarpartikel umumnya lemah, dipengaruhi oleh kandungan oksida, karbonat, atau zat organik yang terdapat di antara butiran. Ruang pori antarpartikel dapat berisi udara, air, atau kombinasi keduanya (Hardiyatmo, 2002). Klasifikasi tanah merupakan proses pengelompokan berbagai jenis tanah berdasarkan kesamaan karakteristik dan sifat-sifatnya. Sistem klasifikasi ini memberikan gambaran umum tentang ciri-ciri tanah yang beragam, meskipun belum sepenuhnya menjelaskan potensi penggunaannya secara pasti. Tujuan utama klasifikasi tanah adalah menentukan kesesuaian tanah untuk penggunaan tertentu serta menyediakan informasi dasar

mengenai kondisi tanah di suatu wilayah yang dapat dibandingkan dengan wilayah lain, misalnya melalui data terkait karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, dan berat isi (Bowles, 1989). Darwis, M.Sc. (2018), menyebutkan bahwa klasifikasi tanah merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengelompokkan berbagai jenis tanah ke dalam kategori tertentu secara sistematis. Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan kesamaan karakteristik dan sifat fisik tanah, sehingga setiap kelompok dapat dibedakan sesuai dengan fungsi serta tujuan penggunaannya dalam bidang rekayasa.

Tanah lempung merupakan material dengan kandungan air relatif tinggi yang berpengaruh terhadap rendahnya tingkat kepadatan serta daya dukung tanah. Bowles (1991) dalam Septiyani (2016) menjelaskan bahwa tanah lempung terdiri atas partikel mineral berukuran sangat halus, yaitu kurang dari 0,002

mm, yang menyebabkan tanah ini memiliki sifat kohesif. Meskipun demikian, Chen (1975) dalam Aziz & Safitri (2015) menekankan bahwa ukuran partikel bukan satu-satunya faktor yang menentukan sifat mineral lempung. Sebagai ilustrasi, partikel halus seperti kuarsa dan feldspar tidak digolongkan sebagai lempung karena tidak menampilkan sifat plastis sebagaimana tanah lempung.

Das (1995) menjelaskan bahwa mineral lempung merupakan hasil kombinasi kompleks antara silikat dan aluminium yang membentuk struktur dasar berupa lapisan silika tetrahedra serta aluminium oktahedra.

Jalan di Desa Tanjung Lalang, Kecamatan Payaraman, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan, juga demikian. desa ini memiliki beberapa kondisi jalan yang buruk, seperti jalan yang berlubang dan bergelombang. Dibiarkan, keadaan akan semakin memburuk. Jenis tanah di desa ini adalah tanah lempung dengan daya dukung yang sangat rendah. Untuk mengatasi atau meminimalisir dampak dari tanah ini, diperlukan perbaikan atau stabilisasi.

Berbagai bahan alternatif untuk menstabilkan tanah lempung, menurut Ibrahim, Arfan Hasan, Yuniar (2013) salah satunya dengan menambahkan Asam Fosfat pada tanah tersebut, dengan menggunakan metode kuat tekan bebas. Asam fosfat merupakan bahan kimia kental berwarna bening yang banyak dimanfaatkan dalam sektor industri. Zat kimia ini memiliki kemampuan mengikat mineral tanah lempung sehingga membentuk struktur padat yang dapat mengurangi tingkat pemuaian dan penyusutan tanah (Syahril dkk., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut mengenai efektivitas bahan kimia sebagai campuran stabilisasi tanah maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berbagai proporsi dan masa pemeraman campuran asam fosfat terhadap nilai kuat tekan bebas tanah lempung.

## 2. METODOLOGI

Penelitian mengenai kuat tekan bebas dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu

tahap persiapan, tahap pelaksanaan, serta tahap analisis dan pembahasan. Tahap persiapan diawali dengan studi literatur terkait metode pengujian tanah untuk memperoleh dasar teori yang relevan. Selanjutnya, dilakukan pengambilan sampel tanah dari Desa Tanjung Lalang, Kecamatan Payaraman, Kabupaten Ogan Ilir, sebagai lokasi penelitian. Setelah sampel diperoleh, dilakukan serangkaian uji laboratorium meliputi pengujian sifat fisik tanah (*index properties*), uji pemadatan standar, serta uji kuat tekan bebas. Pengujian dilakukan terhadap tanah asli dan campuran tanah dengan larutan asam fosfat menggunakan variasi konsentrasi sebesar 0%, 6%, 7%, 8%, dan 9% guna mengetahui perubahan karakteristik kekuatan tanah akibat penambahan bahan tersebut.

Sampel tanah yang digunakan oleh peneliti merupakan sampel tanah yang diambil dari lahan galian atau tanah timbunan, sampel tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kantong yang telah peneliti sediakan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan dan selanjutnya dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pekerjaan persiapan dimulai dengan menyiapkan sampel tanah asli yang telah diambil, tanah dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari agar terjadi dehidrasi pada tanah, kemudian tanah yang telah kering lalu dihancurkan menggunakan palu karet agar tidak merusak butiran partikel tanah akibat penumbukan, kemudian disaring berdasarkan peraturan perkerjaan pada masing-masing pengujian.

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi seperangkat alat untuk uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, serta uji batas-batas Atterberg, disertai peralatan pendukung lainnya yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian di laboratorium yaitu diantaranya:

Bahan utama yang digunakan dalam pengujian laboratorium ini terdiri atas sampel tanah berjenis lempung, air, yang digunakan air minum yang memiliki pH 7. Asam Fosfat yang bisa dibeli di toko kimia terdekat. Sampel tanah asli yang telah diperoleh kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan serangkaian pengujian sifat fisik atau index properties, meliputi uji kadar air, berat jenis, analisis butiran, dan batas-batas Atterberg.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Asam Fosfat Pada Nilai Kadar Air :

Tabel 1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah Campuran

Variasi Campuran	Nilai kadar air rata-rata (%)
TA + AF 0%	41,589
TA + AF 6%	24,011
TA + AF 7%	20,815
TA + AF 8%	21,125
TA + AF 9%	22,146

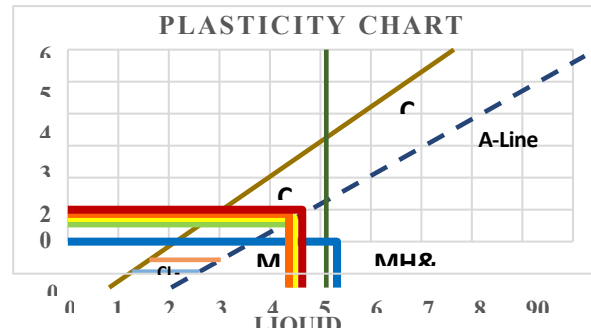
Pada campuran AF 7% ini menunjukkan bahwa semakin kecil kadar air yang didapatkan, maka semakin besar kemampuan tanah dalam mempertahankan kadar airnya.

#### Pengaruh Penambahan Asam Fosfat Terhadap Nilai Analisa Butiran Tanah

Berdasarkan hasil analisis saringan tanah asli dengan campuran 7% Asam Fosfat, dapat diketahui distribusi ukuran butiran tanah dan karakteristik gradasinya. Dari tabel hasil pemeriksaan, tanah yang tertahan pada saringan dengan diameter butiran terbesar (4,75 mm) memiliki berat tertahan sebesar 14,394 gram, Seiring dengan semakin kecilnya ukuran butiran, jumlah tanah yang tertahan meningkat secara

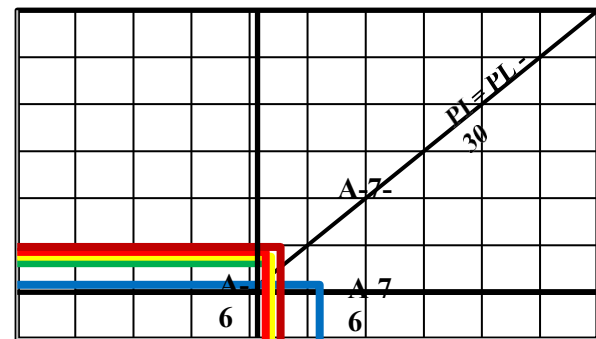
bertahap. Pada saringan dengan diameter 0,075 mm (saringan no.200), tanah yang tertahan mencapai 71.241 gram atau sekitar 28.759% , dengan akumulasi berat tertahan sebesar 100%.

Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO (*American Association Of State Highway and Transport Officials*) menggunakan nilai batas cair (LL) dan indeks plastis (IP).



Gambar 1. Grafik Plastisitas Klasifikasi Tanah

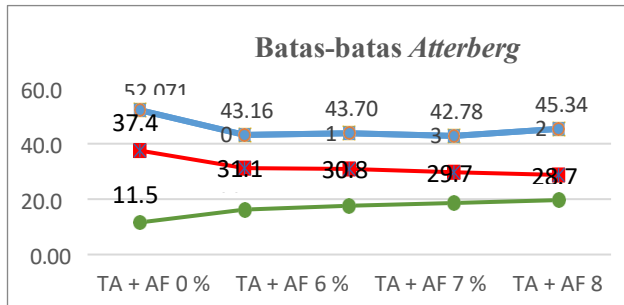
#### Klasifikasi tanah berdasarkan USCS



Gambar 2. Grafik Plastisitas Klasifikasi Tanah AASHTO

Tabel 2. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg

Variasi	Batas Atterberg		
	LL (%)	PL (%)	IP (%)
TA + AF 0%	52,071	37,489	11,582
TA + AF 6%	43,160	31,183	16,177
TA + AF 7%	43,701	30,839	17,562
TA + AF 8%	42,783	29,705	18,578
TA + AF 9%	45,342	28,708	19,634



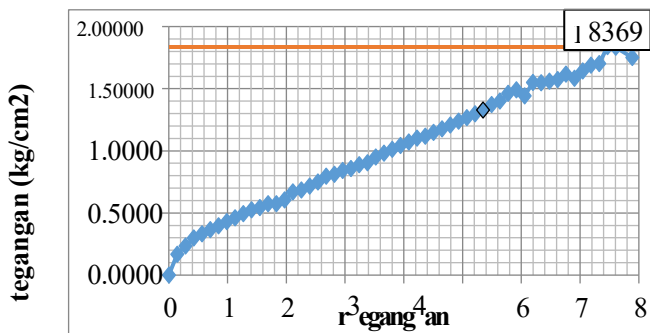
Gambar 3. Grafik batas Atterberg

Tabel 3. Hasil Pengujian Pematangan

Variasi Campuran	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air Optimum (%)
TA + AF 0 %	1.438	19.346
TA + AF 6 %	1.445	20.578
TA + AF 7 %	1.786	8.633
TA + AF 8 %	1.755	11.922
TA + AF 9 %	1.752	11.020

### Nilai Daya Dukung (qu) dan cu pada Pengujian Kuat Tekan Bebas

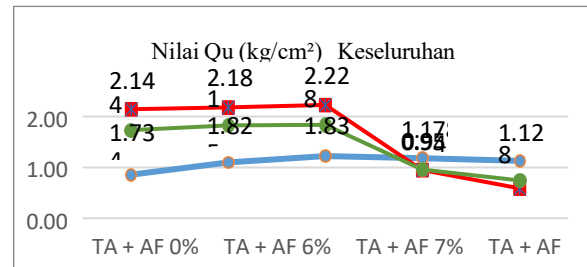
Nilai qu diperoleh melalui grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Nilai qu ditentukan dari titik maksimum pada grafik tersebut, yaitu titik di mana tegangan mencapai nilai optimal terhadap regangan. Dari titik optimum ini, garis horizontal ditarik menuju sumbu tegangan (sumbu y) untuk mendapatkan nilai qu secara akurat. Sementara itu, nilai kohesi tanah (cu) dihitung menggunakan rumus  $cu = qu/2$ , yang menggambarkan besarnya kekuatan ikatan internal antarpartikel tanah. untuk mengetahui nilai kohesi pada tanah .



Gambar 4. Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 6 Hari

Tabel 4. Nilai Daya Dukung (qu) pada Pengujian Kuat Tekan Bebas

Variasi Campuran	Nilai Qu (kg/cm <sup>2</sup> )		
	0 hari	6 hari	9 hari
TA + AF 0 %	0,85648	2,14388	1,73373
TA + AF 6 %	1,09878	2,18067	1,82519
TA + AF 7 %	1,22244	2,22797	1,83697
TA + AF 8 %	1,17836	0,94426	0,95652
TA + AF 9 %	1,12841	0,58835	0,74360
TA + AF 0 %	0,85648	2,14388	1,73373

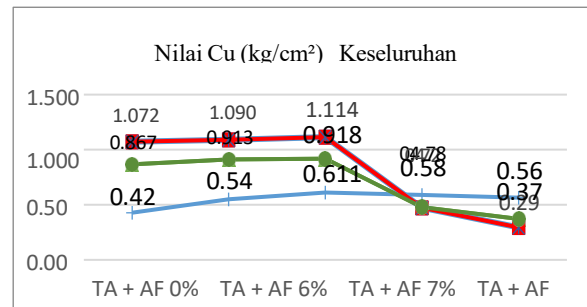


Gambar 5. Persentase Kenaikan Nilai qu

- : Pemeraman Hari ke-9
- : Pemeraman Hari ke-6
- : Pemeraman Hari ke-0

Tabel 5. Nilai Kohesi (cu) pada pengujian kuat tekan bebas

Variasi Campuran	Nilai cu (kg/cm <sup>2</sup> )		
	0 hari	6 hari	9 hari
TA + AF 0 %	0,42824	1,07194	0,86686
TA + AF 6 %	0,54939	1,09034	0,91259
TA + AF 7 %	0,61122	1,11398	0,91849
TA + AF 8 %	0,58918	0,47213	0,47826
TA + AF 9 %	0,56420	0,29418	0,37180
TA + AF 0 %	0,42824	1,07194	0,86686



Gambar 6. Persentase Kenaikan Nilai cu

- : Pemeraman Hari ke-9
- : Pemeraman Hari ke-6
- : Pemeraman Hari ke-0

Berdasarkan hasil uji laboratorium, penambahan Asam Fosfat (AF) pada tanah memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat

fisik dan mekanik tanah. Salah satu perubahan yang terlihat adalah penurunan kadar air seiring dengan bertambahnya persentase AF. Hal ini terjadi karena sifat AF yang mengurangi kemampuan tanah dalam menyimpan kelembapan. Distribusi ukuran butiran tanah juga menunjukkan gradasi yang lebih baik dengan penambahan AF sebesar 7%, yang berpotensi meningkatkan daya dukung dan kestabilan tanah. Meskipun klasifikasi tanah tetap sebagai lempung (CL) menurut Sistem Klasifikasi Tanah Bersatu (USCS), penambahan AF menyebabkan penurunan nilai plastisitas dan batas cair tanah. Ini menunjukkan bahwa tanah menjadi kurang plastis dan lebih stabil, sehingga mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan yang sering terjadi pada tanah lempung. Selain itu, berat jenis tanah meningkat seiring dengan bertambahnya AF, menandakan bahwa campuran tanah menjadi lebih padat dengan struktur yang lebih rapat.

Dari segi kepadatan, nilai berat volume kering maksimum tercapai pada campuran 7% AF, yang menunjukkan tingkat kepadatan optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi tersebut, partikel-partikel tanah dan AF memiliki susunan yang paling efektif dalam mengisi rongga tanah. Namun, ketika persentase AF dinaikkan menjadi 8% dan 9%, terjadi penurunan berat volume kering karena penumpukan partikel halus dari AF mengganggu proses pemadatan tanah. Kondisi ini menyebabkan tanah menjadi kurang padat dan lebih rapuh. Dengan kata lain, penambahan AF yang berlebihan justru mengurangi kemampuan tanah untuk mencapai kepadatan maksimal. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan dalam penambahan AF agar diperoleh hasil yang optimal dalam meningkatkan kepadatan tanah tanpa mengurangi stabilitas struktur tanah.

Dalam hal kekuatan mekanik, penambahan AF hingga 7% secara signifikan meningkatkan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan kohesi ( $c_u$ ) tanah. Ini menunjukkan peningkatan kekuatan dan kestabilan tanah dalam menahan beban vertikal maupun geser. Dengan

meningkatnya kuat tekan bebas dan kohesi, tanah menjadi lebih kuat dan stabil, sehingga lebih cocok digunakan untuk aplikasi teknik sipil seperti perkerasan jalan, perbaikan lereng, dan pondasi bangunan yang membutuhkan daya dukung lebih tinggi. Namun, pada campuran 7% AF, nilai kuat tekan bebas dan kohesi justru menurun akibat kepadatan tanah yang berkurang dan sifat rapuh yang mulai muncul. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan AF secara berlebihan dapat berdampak negatif pada kekuatan tanah. Berdasarkan hasil penelitian ini, kadar optimal penambahan AF adalah 7%, di mana terjadi keseimbangan yang ideal antara kepadatan dan kekuatan tanah. Dengan demikian, penggunaan AF pada kadar yang tepat dapat menjadi alternatif yang efektif dalam perbaikan sifat fisik dan mekanik tanah untuk keperluan konstruksi dan stabilitas tanah.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penambahan Asam Fosfat (AF) berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat fisik dan mekanik tanah lempung.

Penambahan Asam Fosfat mampu menurunkan kadar air tanah secara signifikan. Nilai kadar air paling rendah diperoleh pada campuran 7% AF dengan hasil 20,815%. Hal ini menunjukkan bahwa AF dapat mengurangi kemampuan tanah menyerap air sehingga tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air. Hasil analisis butiran menunjukkan bahwa campuran tanah dengan 7% AF memiliki gradasi partikel yang lebih baik dan padat, yang dapat meningkatkan kestabilan serta daya dukung tanah.

Berdasarkan sistem klasifikasi USCS dan AASHTO, tanah masih termasuk jenis lempung (CL dan A-6), namun nilai batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) mengalami penurunan. Artinya, plastisitas tanah berkurang dan tanah menjadi lebih stabil terhadap pengembangan dan penyusutan. Nilai berat jenis (Specific Gravity) meningkat seiring dengan bertambahnya kadar Asam Fosfat. Hal ini menandakan bahwa campuran tanah menjadi

lebih padat dan rapat akibat karakter padat dari AF.

Pada pengujian pemadatan (*Proctor Standard*), nilai berat volume kering maksimum tertinggi dicapai pada campuran 7% AF dengan berat 1,786 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum 8,633%. Ini menunjukkan bahwa 7% merupakan komposisi paling efektif dalam meningkatkan kepadatan tanah. Hasil uji kuat tekan bebas menunjukkan bahwa nilai kuat tekan (*qu*) dan kohesi (*cu*) meningkat hingga kadar 7% AF, dengan nilai *qu* maksimum 2,22797 kg/cm<sup>2</sup> dan *cu* sebesar 1,11398 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, penambahan AF di atas 7% menyebabkan penurunan kekuatan karena tanah menjadi kurang padat dan rapuh. Secara keseluruhan, kadar optimal Asam Fosfat dalam meningkatkan sifat fisik dan mekanik tanah adalah sebesar 7%. Pada kadar ini, tanah mencapai kondisi paling padat, kuat, dan stabil untuk diaplikasikan dalam pekerjaan teknik sipil seperti perkerasan jalan.

## REFERENSI

- Darwis, H., & Sc, M. (2018). *Dasar-dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta : Pena Indis.
- Das, B. M, Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geotekniks) jilid I*. Erlangga, Indonesia.
- Direktorat Bina Marga. Metode Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah. Badan Standar Nasional Indonesia. Jakarta
- Fauziek, dkk. (2020). *Mekanika Tanah II*. Bandung : Universitas Negeri Badung.
- Hardiyanto, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ibrahim, Hasan, A. & Yuniar, (2013). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Kimia Asam Fosfat Sebagai Lapisan Fondasi Jalan. *PILAR*, Volume 8 No.1 : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Rashchi, F., & Finch, J. A. (2000). The role of silica and phosphoric acid in phosphate processing. *Minerals Engineering*, 13(4), 389–395. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(99\)00112-1](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(99)00112-1)
- Septiyani. (2019). Pengertian Tanah Lempung

- dan Karakteristik. Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Syahril, S., Suyono, A. Muchtar, Sirait, T. Riandi, M. R., (2022). Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lunak Yang Distabilisasi Menggunakan Limbah Abu Sekam Padi Dan Asam Fosfat. Vol. 24, No.2. : Politeknik Negeri Bandung.
- Winarno, A. B., Syahril, S. (2024). Stabilisasi Tanah Lunak Menggunakan Lumpur Bledud Kuwu dan Larutan Asam Fosfat Ditinjau dari Nilai Kuat Tekan Bebas. Vol. 31, No. 2. : Politeknik Negeri Bandung.
- Zhang, Z., Provis, J. L., Reid, A., & Wang, H. (2014). Mechanical, thermal and chemical properties of geopolymers synthesized from silica and phosphoric acid. *Construction and Building Materials*, 56, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.081>