

---

## PERUBAHAN POTENSI MENGEMBANG TANAH EKSPANSIF YANG DISTABILISASI SECARA FISIS DAN MEKANIS

**Paksitya Purnama Putra<sup>1</sup>, M. Farid Ma'ruf<sup>2</sup>, Muhammad Ari Ridwansyah<sup>3</sup>,  
Rendra Kurniawan<sup>4</sup>, Celia Nindy Carisa<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Kampus Tegalboto, Jl. Kalimantan  
No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121  
e-mail : [paksitya.putra@unej.ac.id](mailto:paksitya.putra@unej.ac.id), [farid.teknik@unej.ac.id](mailto:farid.teknik@unej.ac.id), [maridwansyah@gmail.com](mailto:maridwansyah@gmail.com),  
[rendra7.rk@gmail.com](mailto:rendra7.rk@gmail.com), [celia.nindy.cn@gmail.com](mailto:celia.nindy.cn@gmail.com).

### ABSTRACT

*Expansive soil has a high swelling and shrinkage ability which can damage the buildings above it. Glagahagung Village, Purwoharjo District, Banyuwangi Regency is one of the areas suspected of having this type of soil. Residents often experience problems in their residential buildings every year, such as cracks in floors, walls, columns, and beams. Several methods can be used to improve expansive soil, including physical and mechanical stabilization. In this study, lime and cement were used as physical stabilizers. On the other hand, sand is used as a mechanical stabilizer. Physical and mechanical parameters will be observed in the stabilization process. Based on the three stabilizers, a 5% cement mixture can be the best alternative. Cement stabilizers can increase the maximum dry volume weight, reduce the rate of soil swelling, and change natural soils' classification from high plasticity clay to silty sand.*

**Keywords:** *Expansive Soil, Mechanical Stabilization, Physical Stabilization, Swelling Potential.*

### ABSTRAK

*Tanah ekspansif memiliki kemampuan kembang susut yang tinggi yang dapat merusak bangunan di atasnya. Desa Glagahagung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu wilayah yang diduga memiliki jenis tanah ini. Warga sering mengalami permasalahan pada bangunan rumah tinggal mereka setiap tahunnya seperti keretakan pada lantai, tembok, hingga kolom, dan balok. Beberapa macam metode dapat dilakukan untuk memperbaiki tanah ekspansif, diantaranya stabilisasi secara fisis dan secara mekanis. Pada penelitian ini, kapur dan semen digunakan sebagai bahan stabilisator fisis. Dilain pihak, pasir digunakan sebagai bahan stabilisator mekanis. Parameter fisik dan mekanik akan diamati dalam proses stabilisasi. Berdasarkan ketiga bahan stabilisator, campuran semen 5% dapat menjadi alternatif terbaik. Stabilisator semen dapat meningkatkan berat volume kering maksimum, menurunkan tingkat pengembangan tanah, dan mengubah klasifikasi tanah natural dari lempung berplastisitas tinggi menjadi pasir kelanauan.*

**Kata kunci:** *Potensi Mengembang, Stabilisasi Fisik, Stabilisasi Mekanik, Tanah ekspansif.*

## PENDAHULUAN

Warga Desa Glagahagung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi sering mengalami permasalahan pada konstruksi bangunan rumah tinggal setiap tahunnya. Masyarakat beranggapan bahwa penyebab kerusakan bangunan rumah tinggal mereka disebabkan karena kondisi tanah setempat. Mereka meyakini bahwasanya tanah lokal disekitar mereka dapat bergerak sehingga menyebabkan beberapa kondisi rumah retak-retak. Berdasarkan wawancara langsung kepada Kepala Kecamatan Purwoharjo, memang benar bahwa mereka memiliki permasalahan terhadap kondisi tanah yang banyak menjadi keluhan warga bertahun-tahun. Dalam ranah teknik sipil, kondisi tersebut sering dikaitkan dengan adanya Tanah Ekspansif. Tanah ekspansif akan mengembang dalam keadaan basah, dan akan menyusut dalam keadaan kering. Pengembangan dan penyusutan tanah ekspansif sangatlah besar sehingga akan memberikan dampak signifikan terhadap bangunan di atasnya [8].

Solusi untuk meminimalisir fluktuasi kembang susut pada tanah ekspansif dapat dilakukan dengan beberapa macam metode perbaikan tanah yakni stabilisasi tanah ekspansif secara kimiawi, fisis, dan mekanis [6]. Stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan melakukan perubahan struktur pada butiran tanah melalui reaksi-reaksi kimia antara butiran tanah dengan bahan stabilitor. Stabilisasi ini dapat dilakukan dengan pencampuran garam, abu sekam, ataupun arang kayu. Stabilisasi tanah lempung dengan stabilitor garam dapat meningkatkan nilai CBR rendaman dan tanpa rendaman [12]. Stabilisasi secara fisis dilakukan dengan memanfaatkan perubahan fisik seperti hidrasi, evaporasi, penyerapan air, dan perubahan temperatur seperti dengan mencampurkan bahan semen

ataupun kapur. Penambahan kapur sebagai bahan stabilitor secara fisis akan menurunkan lekatan antara butiran tanah, namun akan meningkatkan terjadinya friksi atau sudut gesek dalam ( $\phi$ ) pada tanah [10]. Oleh karena itu, tanah akan mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal. Stabilisasi mekanis dilakukan tanpa penambahan bahan-bahan lain untuk mengurangi rongga tanah, menjaga kadar air tetap konstan, ataupun memperbaiki gradasi butiran. Stabilisasi tanah ekspansif secara fisis dengan campuran pasir sangat tergantung dari banyaknya campuran pasir dan metode pemadatan yang diterapkan, karena naiknya kepadatan kering dapat mengakibatkan naiknya pengembangan dan turunnya daya dukung [15].

Metode dalam penentuan tingkat pengembangan tanah dapat dilakukan dengan cara identifikasi mineralogi, secara tidak langsung (*single index method*), dan secara langsung [4]. Identifikasi mineralogy dapat dilakukan dengan bantuan X-Ray Diffraction, Dye Absorbtion, Scanning Electron Microscope dan lainnya untuk mengetahui komposisi dari mineral tanah yang mempengaruhi tipikal ekspansifitas tanah. *Single index method* merupakan pengujian penentuan tingkat pengembangan tanah berdasarkan batas-batas Atteberg [1]. Tingkat pengembangan tanah ekspansif sangat erat kaitannya dengan nilai indeks plastisitas tanah yang dimiliki [4]. Penentuan tingkat pengembangan tanah secara langsung dilakukan dengan bantuan alat oedometer. Besarnya pengembangan yang terjadi merupakan pembagian dari tinggi pengembangan tanah dengan tinggi awal dari contoh tanah.

Perbaikan tanah dengan cara stabilisasi fisis dan mekanis akan dilakukan pada penelitian ini. Bahan stabilitor fisis yang digunakan adalah kapur, & semen.

Sedangkan bahan stabilisator mekanis yang digunakan adalah tanah pasir. Analisis dilakukan untuk mengetahui perbandingan dari perubahan karakteristik fisik, mekanik, dan tingkat pengembangan dari beberapa perlakuan stabilisasi. Rekomendasi dan kondisi optimum bahan stabilisator diharapkan untuk diketahui sehingga dapat memberikan beberapa alternatif solusi kepada masyarakat dalam penyelesaian tanah ekspansif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Semua data yang dibutuhkan adalah data primer. Benda uji tanah didapatkan dari lokasi studi kasus yakni Desa Glagahagung Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi. Lokasi studi kasus dapat dilihat pada Gambar 1. Beberapa tahapan pelaksanaan terdiri atas: observasi lapangan dan pengujian pendahuluan, pengujian tanah natural, pengujian tanah campuran, analisis dan kesimpulan. Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian secara runtut dapat dilihat pada Gambar 2. Semua tahapan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

### **Pekerjaan Persiapan**

Langkah awal dalam penelitian adalah melakukan observasi lapangan. Observasi lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi secara langsung berupa bukti nyata kerusakan bangunan akibat tanah ekspansif, serta wawancara kepada warga setempat. Kemudian, perijinan dan pengambilan benda uji tanah ekspansif dilakukan pada salah satu pekarangan warga yang masih alami (tanpa adanya urugan) atas sepengetahuan Kepala Kecamatan Purwoharjo dan Kepala Desa Glagahagung. Benda uji tanah terganggu

dan tidak terganggu diambil untuk kebutuhan penelitian. Benda uji tidak terganggu diambil pada kedalaman 50 cm dan digunakan untuk mendapatkan parameter tanah natural. Dilain pihak, benda uji tidak terganggu diambil dari hasil penggalian tanah disekitar benda uji tidak terganggu dan digunakan untuk mendapatkan parameter tanah campuran.

Tiga macam bahan stabilisator (Pasir, Kapur, dan Semen,) dipersiapkan dari beberapa tempat/jenis. Pasir yang digunakan adalah pasir sungai. Kapur yang digunakan adalah kapur padam. Semen yang digunakan adalah semen PC. Semua bahan tersebut didapatkan dari toko bangunan.

### **Pengujian Tanah Natural**

Tanah natural dimaksudkan sebagai tanah asli dari lokasi studi. Pengujian tanah natural dilakukan pertama kali untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekaniknya. Pengujian dilaksanakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan juga American Standard Testing and Material (ASTM). Beberapa pengujian yang dilakukan ditabulasikan pada tabel 1.

Analisis lanjutan untuk mengetahui potensi mengembang tanah natural dilakukan setelah mendapatkan data parameter fisik dan mekanik. Identifikasi tanah mengembang secara tidak langsung (*single index method*) dilakukan pada penelitian ini. *Single index method* merupakan pengujian penentuan tingkat pengembangan tanah berdasarkan batas-batas Atteberg [1]. Indeks plastisitas dipilih sebagai parameter penentu nilai tingkat pengembangan. Besaran indeks plastisitas dapat dijadikan sebagai indikasi awal adanya pengembangan pada tanah [4]. Secara empiris, terdapat hubungan antara tingkat pengembangan tanah dengan nilai indeks plastisitas berdasarkan uji Atteberg's. SNI 03-

6795-2002 tentang Metode Pengujian Menentukan Tanah Ekspansif memberikan kriteria pengembangan tanah berdasarkan konsistensi tanah yang ditunjukkan pada tabel 2. Beberapa peneliti juga mengidentifikasi potensi mengembang tanah ekspansif dengan metode yang berbeda berdasarkan persentasi lempung, batas plastis, batas susut, indeks plastisitas [14][3]. Hasil klasifikasi potensi pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.

### **Pengujian Tanah Campuran**

Tanah campuran dimaksudkan sebagai tanah yang distabilisasi dengan bahan stabilitor. Penentuan banyaknya kadar bahan stabilitor pada tanah campuran didasarkan pada penelitian terdahulu. Rentang kadar bahan stabilitor diharapkan untuk mengetahui kondisi optimum dalam menurunkan tingkat pengembangan tanah ekspansif, dan juga perubahan parameter fisik dan mekaniknya. Penentuan berat setiap bahan stabilitor didasarkan dari persentase berat kering tanah natural. Selanjutnya, besar kadar bahan stabilitor ditentukan seperti pada tabel 4.

Tanah campuran nantinya akan dilakukan pemeraman selama satu hari. Pemeraman dimaksudkan untuk memberikan kesempatan bahan stabilitor untuk bereaksi ketika dicampurkan dengan tanah natural. Tanah campuran diperam didalam plastik yang kemudian disimpan didalam bak tertutup. Perlakuan ini dimaksudkan untuk meminimalisir adanya penguapan oleh suhu ataupun angin yang mengakibatkan perubahan kadar air. Kadar air awal yang digunakan pada pemeraman adalah kadar air optimum (OMC) tanah natural. Tanah campuran akan diuji sesuai pada tabel 1 setelah selesai masa pemeraman. Kemudian, analisis lanjutan akan dilaksanakan untuk mengetahui perubahan

karakteristik fisik, mekanik, serta potensi mengembang dari tanah campuran.

## **HASIL dan PEMBAHASAN**

### **Hasil Pekerjaan Persiapan**

Observasi lapangan dilakukan pada beberapa rumah tinggal penduduk desa glagahagung. Berdasarkan pengamatan langsung, banyak rumah warga yang mengalami keretakan pada bagian struktur dan arsitektur bangunan seperti kolom, balok, tembok, dan lantai (gambar 3). Masyarakat menyebutkan bahwa hampir semua warga tidak memberikan plesteran dan acian pada tembok. Masyarakat merasa rugi jika memberikan plesteran karena setiap tahunnya pasti akan mengalami keretakan. Secara visual, tanah natural memiliki tekstur yang sangat keras dalam keadaan kering, serta lunak dan lengket jika dalam keadaan basah. Sifat ini sesuai dengan kondisi tanah lempung ekspansif [13]. Hasil pengujian pendahuluan juga menunjukkan bahwa tanah natural teridentifikasi sebagai tanah yang memiliki tingkat pengembangan yang tinggi hingga sangat tinggi seperti yang ditunjukkan pada tabel 5. 4.

### **Analisis Parameter Fisik**

Tanah natural dan tanah campuran akan dilakukan pengujian seperti yang telah dijelaskan pada metodologi. Hasil pengujian tanah natural dan campuran yang berhubungan dengan parameter fisik ditabulasikan pada tabel 6.

Berdasarkan rekapitulasi hasil yang ditunjukkan pada tabel 6, sebesar 96,5% dari berat total tanah natural adalah lolos saringan no. 200. Hal ini ini menandakan bahwa tanah natural merupakan tanah berbutir halus. Oleh karena itu, tanah natural terklasifikasi sebagai tanah lempung berplastisitas tinggi (CH) pada

sistem USCS dan A-7-5 pada sistem AASTHO. Tanah natural memiliki batas cair sebesar 90,86% dan Indeks plastisitas sebesar 53,89%. Berdasarkan beberapa kriteria pengembangan yang telah dijelaskan pada bab metodologi, mayoritas kriteria menggolongkan tanah natural kedalam tingkat pengembangan sangat tinggi seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Secara global, dapat dilihat bahwa terdapat penurunan nilai dari semua parameter fisik. Kadar air akan semakin menurun dengan semakin meningkatnya kadar stabilisator, namun tidak demikian pada berat jenis. Berat jenis pada campuran Pasir dan Semen mengalami peningkatan, namun mengalami penurunan pada campuran Kapur. Semen dapat mengikat air yang kemudian akan mengkristal pada pori tanah, begitu pula pada pasir yang hanya bersifat sebagai bahan substitusi untuk memperbaiki gradasi tanah. Oleh sebab itu, penambahan semen dan pasir akan meningkatkan berat jenis tanah lempung [2]. Dilain pihak, reaksi flokulasi dan aglomerasi yang dihasilkan pada campuran kapur akan menyebabkan naiknya volume pori yang akan mempengaruhi penurunan berat jenis tanah lempung [7].

Penurunan batas-batas konsistensi tanah yang sangat tajam terlihat pada semua penambahan stabilisator. Reaksi yang dihasilkan dari semen dan kapur terhadap air dan tanah menyebabkan adanya sementasi dan flokulasi pada tanah sehingga butiran tanah menjadi lebih granular daripada keadaan sebelumnya. Selain itu, stabilisasi mekanis dengan tanah pasir hanya berperan sebagai substitusi kedalam tanah lempung, sehingga menyebabkan tanah natural memiliki gradasi yang lebih granular pula dari pada sebelumnya. Hal tersebutlah yang menyebabkan penurunan terhadap indeks plastisitas tanah [11].

Perubahan gradasi menjadi lebih granular pastinya dapat mengubah klasifikasi tanah campuran. Tanah natural yang distabilisasi secara fisis mayoritas berubah klasifikasi tanahnya menjadi Pasir bergradasi baik (SW) hingga pasir kelanauan (SM). Dilain pihak, stabilisasi mekanis pasir hanya dapat mengubah klasifikasi tanah natural menuju lempung berplastisitas rendah (CL). Semakin banyak pasir yang digunakan maka akan mengubah klasifikasi tanah menjadi kepasiran. Hal ini dikarenakan penambahan pasir tidak mengakibatkan adanya reaksi fisis maupun kimiawi untuk mengubah struktur tanah.

Perubahan batas konsistensi tanah akan mempengaruhi potensi pengembangan tanah. Hasil klasifikasi potensi pengembangan tanah pada semua tanah campuran dapat dilihat pada tabel 7. Penambahan stabilisator kapur dan semen sangat mempengaruhi tingkat pengembangan tanah campuran. Dibandingkan dengan penambahan pasir, jumlah kadar kapur dan semen yang dibutuhkan lebih kecil untuk menurunkan tingkat pengembangan tanah ekspansif. Sehingga, pemanfaatan reaksi fisis yang menyebabkan tanah berflokulasi dan tersementasi lebih efektif dalam menurunkan tingkat pengembangan tanah ekspansif.

### **Analisis Parameter Mekanik**

Parameter mekanik dilakukan dengan uji standar proctor untuk mengetahui parameter kepadatan kering optimum pada kadar air optimum. Seluruh hasil pengujian standar proctor dapat dilihat pada tabel 8.

Berdasarkan hasil pengujian, semakin besar kadar stabilisator kapur dan semen maka kadar air optimum akan semakin meningkat. Namun, hal ini berkebalikan dengan stabilisator pasir. Peranan pasir sebagai bahan substitusi membuat gradasi tanah campuran menjadi lebih beragam.

Hal tersebut berdampak pada berkurangnya besaran pori pada tanah karena beberapa persentase tanah lempung telah digantikan oleh butiran pasir. Oleh karena itu, kadar air optimum cenderung menurun dengan semakin meningkatnya berat kering maksimum. Berat kering maksimum juga cenderung meningkat pada campuran semen, namun tidak pada campuran kapur. Reaksi yang dihasilkan oleh kapur terhadap air dan tanah menghasilkan peningkatan volume pori yang akan menurunkan kepadatan kering. Tanah basah yang distabilisasi dengan kapur akan menghasilkan kalsium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) dan hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Ion kalsium akan menghubungkan mineral tanah bermuatan negatif yang dapat mengurangi kekuatan tumbukan tanah dan banyaknya air [7]. Kemudian, ketebalan lapisan air menjadi berkurang dan mengakibatkan perubahan tekstur tanah karena partikel tanah menjadi berdekatan satu sama lainnya [5].

### **Rekomendasi Pemilihan Bahan Stabilisator**

Pemilihan bahan stabilisator yang tepat umumnya perlu dianalisa secara objektif dari beberapa aspek. Dalam penelitian ini, akan rekomendasi pemilihan bahan stabilisator akan ditinjau dari aspek parameter fisik, mekanik, dan tingkat pengembangannya. Tingkat pengembangan menjadi komponen awal dalam rekomendasi karena merupakan permasalahan utama masyarakat. Kemudian, rekomendasi pemilihan bahan stabilisator ditentukan berdasarkan parameter mekanik yang umumnya sangat berkaitan dengan kepadatan tanah. Parameter fisik menjadi bagian akhir dalam penentuan rekomendasi.

Pada stabilisator pasir, tanah campuran akan memiliki tingkat pengembangan yang rendah hingga sedang mulai pada 25% penambahan pasir. Kemudian,

kepadatan kering akan meningkat seiring dengan bertambahnya persentase pasir. Campuran pasir sebanyak 25% juga menurunkan plastisitas tanah natural yang sebelumnya tinggi menjadi rendah pada sistem klasifikasi USCS. Campuran pasir 25% dapat menjadi pilihan terbaik bagi masyarakat untuk mengurangi tingkat pengembangan tanah.

Pada stabilisator kapur, tingkat pengembangan akan menjadi rendah pada semua sistem klasifikasi pada tingkat penambahan kapur sebesar 10%. Namun, penurunan tingkat kepadatan kering seiring dengan bertambahnya stabilisator kapur menjadi hal yang sangat disayangkan. Kepadatan kering berkaitan dengan daya dukung tanah. Semakin kecil kepadatan kering, maka daya dukung tanah dalam menopang bangunan akan semakin kecil pula. Stabilisator kapur sebesar 10% dapat digunakan oleh masyarakat untuk menurunkan tingkat pengembangan pada daerah yang tidak memerlukan daya dukung tinggi, seperti halaman rumah dan penjemur gabah yang diperkeras.

Pada stabilisator semen, tanah campuran memiliki tingkat pengembangan rendah hanya dengan 5% bahan stabilisator. Kepadatan kering tidak mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan meningkatnya persentase bahan stabilisator. Hal ini terjadi karena semen membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses kristalisasi/semantasi dengan air [9]. Campuran 5% semen dapat mengubah tanah natural yang sebelumnya tanah lempung berplastisitas tinggi (CH) menjadi pasir kelanauan (SM). Perbedaan tersebut sangatlah signifikan jika dibandingkan dengan bahan stabilisator lainnya. Seiring dengan berjalannya waktu, bahan stabilisator semen sebesar 5% dapat menjadi pilihan masyarakat untuk dipergunakan sebagai campuran.

Dari ketiga bahan stabilisator, campuran semen 5% dapat menjadi alternatif terbaik untuk menurunkan tingkat pengembangan tanah. Di lain pihak, kepadatan kering tanah campuran ini memungkinkan mengalami peningkatan seiring dengan masa pemeramannya. Namun, masyarakat memungkinkan untuk memilih bahan stabilisator kapur datau pasir dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan yang tidak dibahas pada penelitian ini.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka bisa didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Tanah natural tergolongkan tanah berbutir halus. Pada sistem USCS, tanah natural terklasifikasi sebagai tanah lempung berplastisitas tinggi (CH), sedangkan pada sistem AASTHO tergolongkan A-7-5. Tanah natural memiliki batas cair sebesar 90,86% dan Indeks plastisitas sebesar 53,89%. Berdasarkan beberapa kriteria pengembangan tanah natural tergolongkan kedalam tingkat pengembangan sangat tinggi.
2. Secara global, parameter fisik (kadar air & batas-batas konsistensi tanah) mengalami penurunan pada semua tanah campuran. Namun, beberapa stabilisator dapat meningkatkan berat jenis tanah natural. Bahan stabilisator dapat mengubah klasifikasi tanah natural yang sebelumnya adalah lempung berplastisitas tinggi menjadi lempung berplastisitas rendah hingga pasir kelanauan. Berat kering maksimum juga cenderung meningkat pada campuran semen dan pasir, namun tidak pada campuran kapur. Reaksi yang dihasilkan oleh kapur terhadap air dan tanah menghasilkan peningkatan volume pori yang akan

menurunkan kepadatan kering. Tanah basah yang distabilisasi dengan kapur akan menghasilkan kalsium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) dan hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Ion kalsium akan menghubungkan mineral tanah bermuatan negatif yang akan mengurangi kekuatan tanah dan banyaknya air.

3. Campuran terbaik pada stabilisator pasir adalah pada persentase 25%, stabilisator kapur adalah pada 10%, stabilisator semen adalah pada 5%.
4. Dari ketiga bahan stabilisator, campuran semen 5% dapat menjadi alternatif terbaik untuk menurunkan tingkat pengembangan tanah. Di lain pihak, kepadatan kering tanah campuran ini memungkinkan mengalami peningkatan seiring dengan masa pemeramannya. Namun, masyarakat memungkinkan untuk memilih bahan stabilisator kapur datau pasir dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan yang tidak dibahas pada penelitian ini.

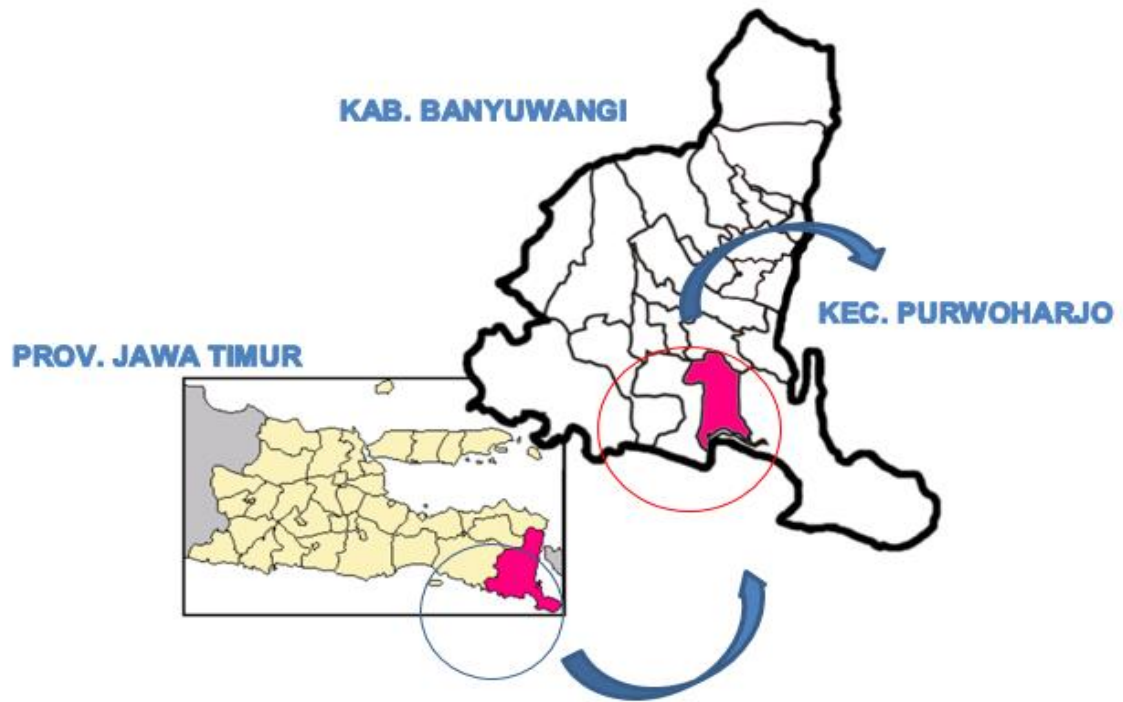
## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Al Imam, M. A., & Zaika, Y., 2017. Pengaruh Kadar Air Dilapangan Dan Ratio Air-Fly Ash Terhadap Kekuatan Dan Pengembangan Tanah Ekspansif Untuk Metode Dsm (Deep Soil Mixing). Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1(1), pp-444.
- [2] Andriani, A., Yuliet, R., & Fernandez, F. L., 2012. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai Cbr Tanah. Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand), 8(1), 29-44.
- [3] Asuri, S., & Keshavamurthy, P. (2016). Expansive soil characterisation: an appraisal. INAE Letters, 1(1), 29-33.

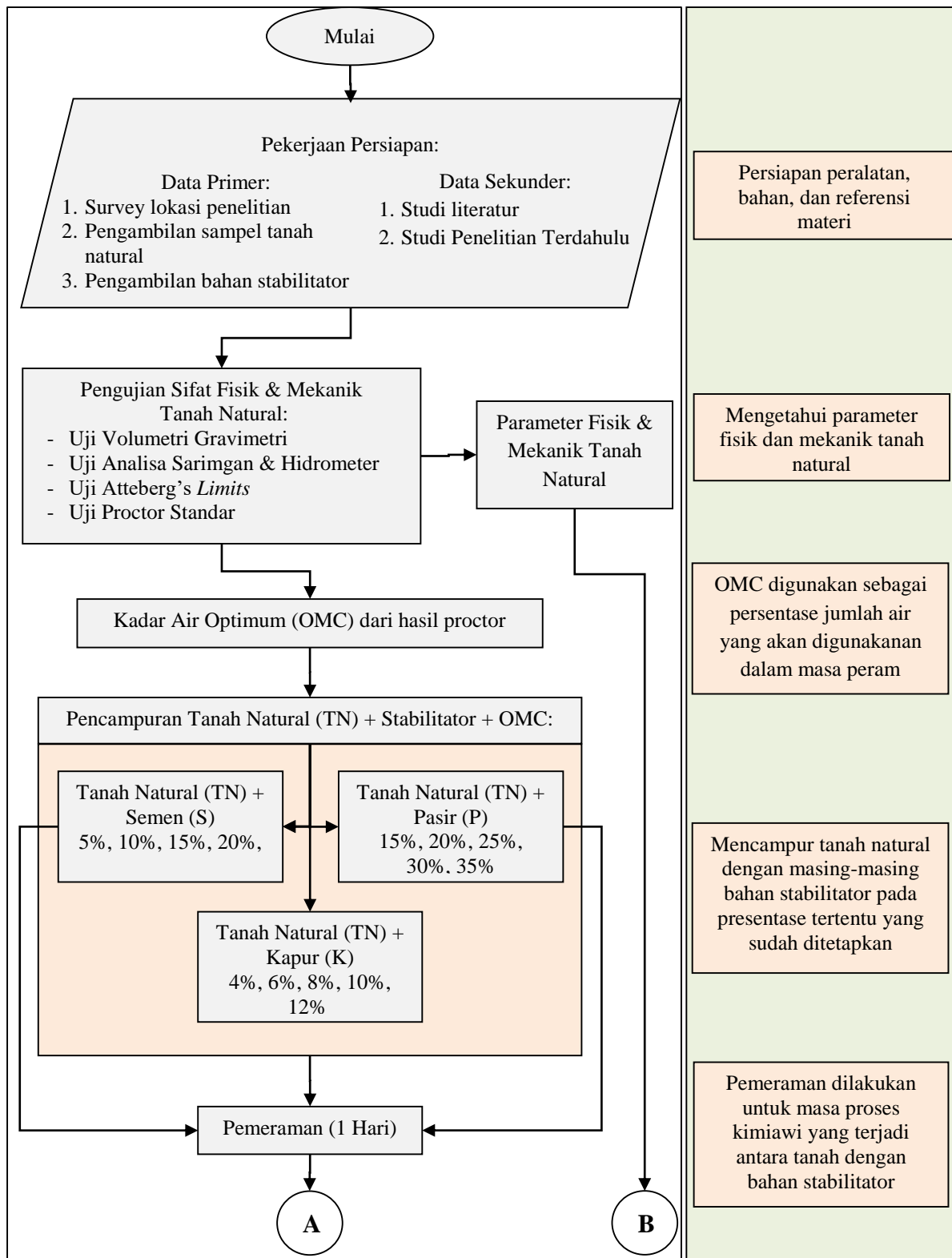
- [4] Chen, F. H., 2012. Foundations on expansive soils (Vol. 12). Elsevier.
- [5] Jawad, I. T., Taha, M. R., Majeed, Z. H., & Khan, T. A., 2014. Soil stabilization using lime: Advantages, disadvantages and proposing a potential alternative. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 8(4), 510-520.
- [6] Kezdi, A., 2016. Stabilized earth roads. Elsevier.
- [7] Kinuthia, J. M., Wild, S., & Jones, G. I., 1999. Effects of monovalent and divalent metal sulphates on consistency and compaction of lime-stabilised kaolinite. *Applied clay science*, 14(1-3), 27-45.
- [8] Kholik, N., Zaenal, M., & Fipiana, W. I., 2020. Studi Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan NaCl (Garam Dapur) Di Ruas Jalan Tol Cikampek Palimanan. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 3(1), 62-74.
- [9] Lopian, F. E., & Rochmawati, R., 2020. Studi Eksperimental Pengaruh Waktu Curing Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Soil Semen Kapur. *DINTEK*, 13(02), 70-74.
- [10] Ninik, A., & Ana, Y., 2011. Pengaruh Penambahan Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif Dari Dusun Bodrorejo Klaten. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM, Yogyakarta.
- [11] Osinubi, K. J., 1995. Lime modification of black cotton soil. *Spectrum Journal*, 2(1), 112-122.
- [12] Prasetyo, P. H., Qunik Wiqoyah, S. T., & Renaningsih, I., 2016. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Metode Kimiawi Menggunakan Garam Dapur (NaCl)(Studi Kasus Tanah Lempung Desa Majenang, Sukodono, Sragen) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [13] Rahmadya, R. R., Rachmansyah, A., & Zaika, Y., 2014. Pengaruh Penambahan Bahan Campuran (Dengan Slag Baja Dan Fly Ash) Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Dan Swelling. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), pp-459.
- [14] Rao, S. M., 2006. Identification and classification of expansive soils. *Expansive soils-recent advances in characterization and treatment*, 15-35.
- [15] Seta, W., 2006. Perilaku tanah ekspansif yang dicampur dengan pasir untuk subgrade (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).



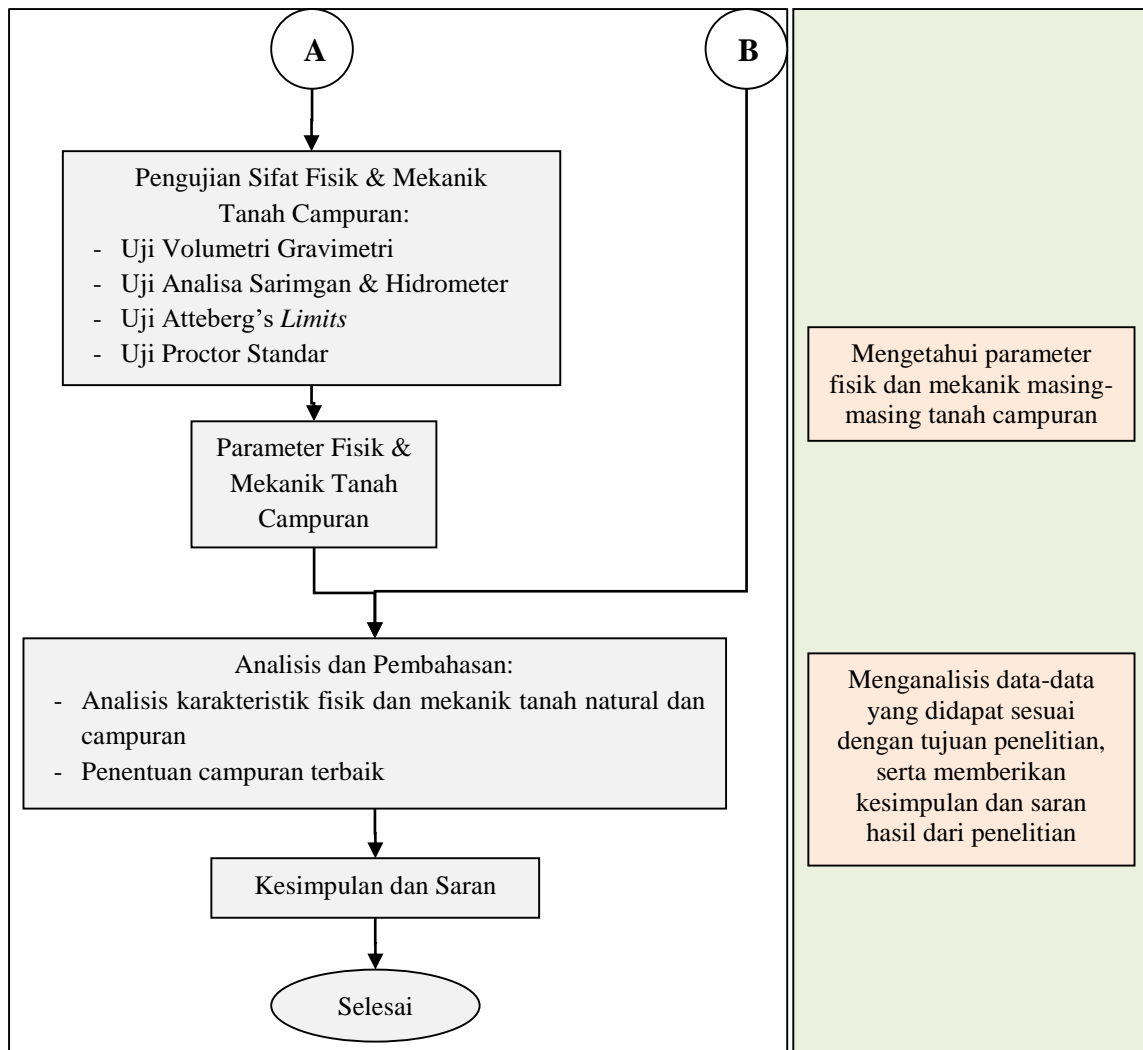
**Lampiran**



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian



**Gambar 2.** Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian



**Gambar 3.** Dokumentasi kerusakan rumah warga

**Tabel 1.** Standar pengujian yang dilakukan pada penelitian ini

No	Pengujian	SNI	ASTM
1	Berat Volume	03-3637-1994	D2937-71
2	Kadar Air	03-1965-1990	D2216-71
3	Berat Jenis	03-1964-1990	D854-58
4	Batas Cair	03-1966-1990	D423-66
5	Batas Plastis	03-1966-1990	D423-66
6	Analisa Saringan	03-1968-1990	C-130-46
7	Kepadatan Ringan	03-1742-1989	D698-70

**Tabel 2.** Kriteria Pengembangan berdasarkan SNI 03-6795-2002

Tingkat Pengembangan	Liquid Limit %	Plasticity Index %	Suction test (kN/m <sup>2</sup> )
Tinggi	>60	>35	>4
Sedang	50 – 60	25 – 35	1,5 – 4
Rendah	<50	< 25	<1,5

**Tabel 3.** Kriteria Pengembangan berdasarkan penelitian terdahulu

Tingkat Pengembangan	Chen (1988)	Snethen (1977)	Holtz and Gibbs' (1956)
Sangat Tinggi	PI > 35	-	PI > 35
Tinggi	25 < PI ≤ 35	PI >35	25 < PI < 41
Sedang	25 < PI ≤ 55	25 < PI ≤ 35	15 < PI < 28
Rendah	PI < 35	PI < 25	PI < 18

**Tabel 4.** Kadar Bahan Stabilitor

No	Jenis Bahan Stabilitor	% terhadap berat kering tanah natural
1	Pasir	15%, 20%, 25%, 30%, 35%
2	Kapur	4%, 6%, 8%, 10%, 12%
3	Semen	5%, 10%, 15%, 20%

**Tabel 5.** Tingkat Pengembangan Tanah Natural

Atteberg's Limits		Tingkat Pengembangan			
LL (%)	PI (%)	SNI 03-6795-2002	Chen (1988)	Snethen (1977)	Holtz and Gibbs' (1956)
90,86	53,89	Tinggi	Sangat Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Parameter Fisik Tanah Natural dan Tanah Campuran

Jenis Stabilikator	Persentase Stabilikator (%)	Specific Gravity	Kadar Air (%)	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)	Lolos Saringan No. 200	Klasifikasi	
								AASTHO	USCS
Tanah Natural	0	2.381	37.44	90.86	36.97	53.89	96.5	A-7-5	CH
	15	2.41	34.73	56.94	27.92	29.02	81	A-7-6	CH
Pasir	20	2.43	34.57	51.42	26.39	25.03	75	A-7-6	CH
	25	2.477	34.32	49.25	24.50	24.75	72	A-7-6	CL
	30	2.482	33.77	46.47	23.66	22.81	70	A-7-6	CL
	35	2.54	33.50	41.69	22.26	19.42	63	A-7-6	CL
Kapur	4	2.36	36.98	53.25	38.71	14.54	59.36	A-7-5	MH
	6	2.35	36.64	51.11	39.53	11.58	18.49	A-7-5	SM
	8	2.33	36.29	50.24	42.08	8.17	10.45	A-7-5	SW-SM
	10	2.32	35.95	49.96	43.58	6.39	11.20	A-7-5	SP-SM
	12	2.31	35.61	49.40	44.51	4.89	20.67	A-7-5	SM
Semen	5	2.42	34.57	42.30	33.10	9.20	32.49	A-5	SM
	10	2.45	34.00	40.68	32.21	8.47	6.55	A-5	SM
	15	2.54	33.42	37.31	-	-	1.97	A-4	SM
	20	2.57	32.85	36.98	-	-	2.96	A4	SM

**Tabel 7.** Tingkat pengembangan tanah campuran

Jenis Stabilikator	Persentase Stabilikator (%)	LL (%)	IP (%)	Tingkat Pengembangan			
				SNI 03-6795-2002	Chen (1988)	Snethe n (1977)	Holtz and Gibbs' (1956)
Tanah Natural	0	90.86	53.89	Tinggi	Sangat Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
	15	56.94	29.02	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi
Pasir	20	51.42	25.03	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi
	25	49.25	24.75	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang
	30	46.47	22.81	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang
	35	41.69	19.42	Rendah	Sedang	Rendah	Sedang
Kapur	4	53.25	14.54	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah
	6	51.11	11.58	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah
	8	50.24	8.17	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah
	10	49.96	6.39	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
	12	49.40	4.89	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Semen	5	42.30	9.20	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
	10	40.68	8.47	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
	15	37.31	-	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
	20	36.98	-	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah

**Tabel 8.** Hasil pengujian parameter mekanik

<b>Jenis Stabilikator</b>	<b>Persentase Stabilikator (%)</b>	<b>Wc opt (%)</b>	<b><math>\gamma_d</math> Max (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
Tanah Natural	0	28	1.328
	15	27	1.389
Pasir	20	26	1.425
	25	25	1.484
	30	23	1.550
	35	20	1.574
Kapur	4	28,8	1.178
	6	29,3	1.165
	8	31.	1.140
	10	32.5	1.118
	12	33,3	1.088
Semen	5	28.2	1.332
	10	28.5	1.353
	15	30	1.369
	20	32	1.382