



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT

TANAH EKSPANSIF

DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA



Tim Penulis:

**Niken Silmi Surjandari, Siti Nurlita Fitri, Noegroho Djarwanti,
Yusep Muslih Purwana, Bambang Setiawan, Raden Harya
Dananjaya Hesti Indrabaskara, Brilian Budi Prakosa**

KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT

TANAH EKSPANSIF

DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

Tim Penulis:

**Niken Silmi Surjandari, Siti Nurlita Fitri, Noegroho Djarwanti,
Yusep Muslih Purwana, Bambang Setiawan, Raden Harya
Dananjaya Hesti Indrabaskara, Brilian Budi Prakosa**

KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

Tim Penulis:

**Niken Silmi Surjandari, Siti Nurlita Fitri,
Noegroho Djarwanti, Yusep Muslih Purwana, Bambang Setiawan,
Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara, Brilian Budi Prakosa**

Desain Cover:

Usman Taufik

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neneng Sri Wahyuni

ISBN:

978-623-5811-30-7

Cetakan Pertama:

November, 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Copyright © 2021

by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung

All Right Reserved

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG

(Grup CV. Widina Media Utama)

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku dengan judul Kajian Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif di Beberapa Wilayah Solo Raya. buku ini merupakan salah satu luaran Hibah Riset Grup dana PNBPN 2021 dengan nomer kontrak 260/UN27.22/HK.07.00/2021 LPPM Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, banyak kendala yang sulit untuk penulis hadapi hingga dapat menyelesaikan penulisan buku ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Okid Parama Astirin, M.S. selaku ketua LPPM dan Prof. Dr. Eng. Syamsul Hadi, ST., MT. selaku sekretaris LPPM Universitas Sebelas Maret Surakarta
2. Tim mahasiswa penelitian Wahyu Setiawan (S942008025), Pupung Borsalino (I0118119), Dicky Adi Denaldi (I0118043), dan Fajar Era Prihantoro (I0118050) atas bantuan dan kerjasamanya.
3. Penerbit Widina yang telah menerbitkan buku ini
4. Tim peneliti Hibah Riset Grup dana PNBPN 2021 LPPM Universitas Sebelas Maret Surakarta.
5. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan buku yang akan datang. Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak pada umumnya.

Surakarta, November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	vii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	2
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	3
D. Batasan Penelitian	3
BAB 2 DASAR TEORI	5
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	9
1. Pengertian Tanah Ekspansif	9
2. Karakteristik Tanah Ekspansif	9
3. Jenis Kerusakan Jalan di Atas Tanah Ekspansif	10
4. Metode Identifikasi Tanah Ekspansif	11
5. Pertimbangan Desain Jalan di Atas Tanah Ekspansif	17
6. Teknik Konstruksi di Atas Tanah Ekspansif	17
7. Gambaran Umum Kota Klaten	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	29
A. Pendahuluan	30
B. Lokasi Penelitian	30
C. Pengujian di Laboratorium	31
1. Bahan	31
2. Standar Pengujian Tanah Yang Digunakan	32
3. Pengujian	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A. Hasil Pengujian	38
B. Pembahasan	45
BAB 5 KESIMPULAN	47
DAFTAR PUSTAKA	49
TENTANG PENULIS	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi nilai indeks pengembangan dengan potensi pengembangan	13
Tabel 2.2 Korelasi indeks plastisitas, indeks susut dengan tingkat pengembangan	14
Tabel 2.3 Korelasi tingkat keaktifan dengan potensi pengembangan	15
Tabel 2.4 Hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan.....	16
Tabel 4.1 Hasil pengujian indeks propertis.....	39
Tabel 4.2 Hasil pengujian oedometer.....	39
Tabel 4.3 Hasil pengujian tekanan mengambang dengan modified mould tanpa beban.....	41
Tabel 4.4 Hasil pengujian tekanan mengambang dengan modified mould dengan beban 6.9 kPA.	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peralatan pengujian perubahan volume potensial	12
Gambar 2.2 Indeks pengembangan terhadap potensi perubahan volume	13
Gambar 2.3 Klasifikasi potensi kembang.....	15
Gambar 2.4 Membran horisontal pada konstruksi jalan.....	21
Gambar 2.5 Membran vertikal pada konstruksi jalan	22
Gambar 2.6 Membran pembungkus lapisan tanah pada konstruksi jalan.....	22
Gambar 3.1 Pengambilan sampel tanah disturb	31
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel di beberapa daerah di Klaten.	31
Gambar 3.3 Proses penjemuran tanah.....	32
Gambar 3.4 Pengujian berat jenis	32
Gambar 3.5 (a) Pengujian analisa saringan (b) Pengujian Hidrometer	33
Gambar 3.6 Pengujian Batas-batas Atterberg	34
Gambar 3.7 Pengujian konsolidasi	34
Gambar 3.8 Pengujian Pengembangan dengan modified mould dengan CBR ·	35
Gambar 4.1 Proses penjemuran sebelum dilakukan pangujian	38
Gambar 4.2 Pengujian potensi mengembang (a) kondisi tanah saat terendam (b) letak proving ring	40
Gambar 4.3 Hasil pengujian pengembangan dengan modified mould CBR tanpa beban (bebas).....	42
Gambar 4.4 Hasil pengujian pengembangan dengan modified mould CBR dengan beban 6.9kPA (a) Sampel Trucuk (b) Sampel Nogosari (c) Sampel Pedan	43

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Ac:	tingkat keaktifan
CF:	persentase fraksi lempung (%)
CBR:	California Bearing Ratio (%)
EI:	indeks pengembangan
F:	persentase butiran tanah lolos saringan No.4 (%)
Gs:	berat jenis tanah
LL:	liquid limit (batas cair) (%)
OMC:	optimum moisture content (kadar air optimum) (%)
MESL:	Membranes Encapsulated Soil Layer (Membran pembungkus lapisan tanah)
PI:	plasticity indeks (indeks plastisitas) (%)
PL:	plastic limit (batas plastis) (%)
SI:	shrinkage indeks (indeks susut) (%)
SL:	shrinkage limit (batas susut) (%)
W_o:	initial water content (kadar air awal) (%)
W_n:	natural water content (kadar air natural) (%)
ΔH:	persentase pengembangan (%)



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

BAB 1: PENDAHULUAN

Niken Silmi Surjandari

Siti Nurlita Fitri

Noegroho Djarwanti

Yusep Muslih Purwana

Bambang Setiawan

Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara

Brilian Budi Prakosa

Universitas Sebelas Maret Surakarta

BAB 1

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tanah ekspansif memberikan dampak yang tidak menguntungkan masyarakat selaku pengguna, baik berupa jalan raya, jaringan irigasi, bangunan gedung maupun permukiman yaitu tentang kekuatan dan keawetan bangunannya. Sifat utama tanah tersebut adalah memiliki potensi kembang susut pada fluktuasi kadar air yang tinggi, yaitu tanah akan mengembang saat kadar air tinggi saat musim hujan dan akan menyusut saat musim kemarau.

Potensi kembang susut ini akan merusak semua bangunan yang berdiri di tanah tersebut. Kerusakan berupa retakan yang masif dan dapat berakibat fatal serta bangunan tidak akan berfungsi dengan normal. Kondisi lingkungan memberikan andil terjadinya keaktifan pengembangan tanah tersebut. Proses alam mempengaruhi kondisi tersebut, sehingga diperlukan usaha-usaha mencegah terjadinya perubahan kadar air tanah di lapangan. Selain proses alami, juga terjadi akibat kelalaian manusia. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan kadar air, baik secara alami maupun kelalaian manusia:

1. kenaikan muka air tanah akibat musim hujan maupun musim kemarau,
2. akibat beban maupun konsolidasi yang berakibat pecah, maupun rusaknya saluran air yang tertanam dalam tanah,
3. rembesan yang masuk ke dalam rekahan badan jalan,
4. kelembaban yang tidak terjaga akibat perbedaan suhu yang berbeda,
5. tidak adanya sistem drainase yang dapat menjaga konsistennya perubahan kadar air yang terjadi di bawah bangunan.

Permasalahan akan terjadi jika beberapa hal tersebut di atas tidak diperhatikan. Contoh nyata adalah timbulnya kerusakan pada perkerasan jalan.

Wilayah sekitar Soloraya (Karesidenan Surakarta) banyak dijumpai kerusakan tersebut terutama badan jalan dan pemukiman rumah tinggal. Beberapa daerah yaitu: di Nogosari Kabupaten Boyolali, Cawas Pedan Kabupaten Klaten, Bendosari Gentan Kabupaten Sukoharjo dan jalan raya Solo Purwodadi. Infrastruktur jalan retak memanjang hingga terjadi kubangan yang besar, dan rumah tinggal miring, terjadi retak-retak pada bagian dinding dan lantai. Hal ini akan merugikan penggunaanya, untuk itu perlu dilakukan identifikasi dan pendataan tentang potensi kembang susut yang merupakan ciri khas dari tanah ekspansif (mengembang).

Penelitian ini melakukan identifikasi deposit tanah ekspansif yang berada di sekitar wilayah Solo Raya dengan melakukan uji laboratorium. Hal yang menjadi titik fokus penelitian adalah potensi mengembang yang selama ini dilakukan di laboratorium.

B. TUJUAN PENELITIAN

Melakukan identifikasi tanah-tanah yang memiliki potensi kembang susut tinggi di beberapa wilayah Soloraya.

C. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini diharapkan bisa membantu untuk lebih mengetahui perilaku pengembangan tanah lempung di daerah Pedan, Trucuk, dan Nogosari, sehingga masalah yang diakibatkan pengembangan tanah pada konstruksi sipil dapat diatasi.

D. BATASAN PENELITIAN

1. Sampel tanah diambil di daerah Trucuk, Pedan, dan Nogosari,
2. Pengujian menggunakan standar SNI dan ASTM,
3. Uji propertis tanah untuk 3 lokasi (Trucuk, Pedan, dan Nogosari) diperoleh dengan melakukan pengujian di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNS,
4. Penelitian ini fokus pada bahasan tanah ekspansif untuk jalan.



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

BAB 2: DASAR TEORI

Niken Silmi Surjandari

Siti Nurlita Fitri

Noegroho Djarwanti

Yusep Muslih Purwana

Bambang Setiawan

Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara

Brilian Budi Prakosa

Universitas Sebelas Maret Surakarta

BAB 2

DASAR TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian terkait tanah ekspansif diuraikan pada paragraf-paragraf berikut ini.

Sutikno dan Budi Damianto (2009) melakukan uji stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan bahan kapur untuk timbunan. Pengaruh kapur terhadap nilai CBR tanah ekspansif memberikan hasil positif yang signifikan.

GD Pandulu dan Suhudi (2012) menyatakan bahwa karakteristik tanah di kabupaten Probolinggo menunjukkan sifat ekspansif. Pada pelaksanaan pembangunan jalan dibutuhkan abu sekam seberat 669ton dari hasil pembakaran abu sekam padi.

Faizul Chasanah (2015) melakukan analisis peningkatan jalan akibat kerusakan struktur perkerasan di atas tanah ekspansif. Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian adalah sebagai berikut: peningkatan jalan baik dengan bahan aspal maupun beton sebagai lapis tambah hanya bersifat sementara. Perlu ada kajian dan analisis lebih lanjut untuk menemukan solusi yang paling tepat dalam mengatasi kerusakan jalan pada ruas jalan di atas tanah dasar ekspansif khususnya pada ruas jalan Purwodadi–Geyer. Metode cakar ayam dan geomembran vertikal bisa menjadi alternatif pilihan selanjutnya.

Febra Ndaru dkk (2015) membuat penelitian dengan judul “Perbaikan tanah ekspansif dengan penambahan serbuk *gypsum* dan abu sekam padi untuk mengurangi kerusakan struktur perkerasan”. Rekomendasi penelitian adalah sebagai berikut: dengan penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum* dan abu sekam padi, nilai *specific gravity* mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli. Sedangkan untuk nilai *liquid limit*, indeks *plastisitas* mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli, sedangkan untuk *shrinkage limit* dan *plastic limit* mengalami peningkatan.

Syawal dkk (2016) melakukan penelitian dengan judul “Dampak penambahan kapur pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR tanah dasar konstruksi jalan”. Rekomendasi penelitian menyebutkan bahwa tanah lempung Glee Geunteng dengan campuran kapur menunjukkan peningkatan CBR dan menurunkan nilai pengembangan akan tetapi untuk penggunaan pada jalan kelas tinggi (I, II, atau III) tanpa dilakukan stabilisasi tidak direkomendasi karena kondisi tanah asli.

Samuel Giovani dkk (2018) membuat usulan perbaikan tanah ekspansif yang terletak di wilayah Surabaya Barat. Hasil penelitian merekomendasikan penggunaan *geomembrane* untuk perbaikan tanah ekspansif di perumahan Surabaya Barat.

U.G. Fulzele, V.R. Ghane, dan D.D. Parkhe (2016) melakukan penelitian tentang tanah ekspansif di India dengan judul *Study of structures in black cotton soil*. Hasil penelitian dibuat menjadi simpulan sebagai berikut: tanah ekspansif sangat keras pada kondisi kering dan kehilangan kekuatannya saat basah; perilaku kembang susut dipengaruhi kandungan mineral *montmorillonite* dan *illite*; apabila akan digunakan pondasi tiang maka desainnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dan beban dari struktur atas; metode penggantian tanah dapat dilakukan jika zona aktifnya tipis sehingga pondasi bangunan terletak di tanah keras; pembangunan sebuah proyek disarankan dilakukan saat musim kering.

Chayan Gupta dan Ravi Kumar Sharma (2016) melakukan penelitian dengan judul *Black Cotton Soil Modification by the Application of Waste Materials*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: tanah ekspansif dapat distabilisasi dengan pasir pantai, *fly ash*, dan *marble dust*. Campuran material-material tersebut mengubah gradasi tanah ekspansif menjadi lebih baik. Stabilisasi tanah ekspansif dengan material-material tersebut telah sukses digunakan sebagai timbunan dan material *subgrade* pada perkerasan lentur dengan biaya yang lebih murah.

S. Vinodhkumar, D. Ramya, dan P. Kulathaivel (2016) melakukan penelitian dengan judul “Sifat Index dan kimia tanah ekspansif yang dicampur dengan *flyash*”. Hasil penelitiannya adalah sebagai berikut: indeks plastisitas, indeks pengembangan, pH, dan kapasitas pertukaran kation menurun dengan ditambah *flyash*; sedangkan total *soluble soil* dan kandungan kalsium karbonat meningkat dengan penambahan *flyash*.

Riset tentang ekspansif soil juga dilakukan oleh (Wardani et al. 2018), Penelitian yang berasal di Desa Buraen Kabupaten Kupang yang menggunakan tanah putih sebagai pengganti semen, dimana tanah putih memiliki kandungan kimia yang hampir sama dengan yang dimiliki oleh semen, dan mengandung CaO seperti halnya kapur, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh tanah putih terhadap sifat fisik dan mekanik tanah ekspansif,

sehingga dapat digunakan sebagai bahan aditif. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang dengan sampel tanah dari Godong Jawa Tengah dan tanah putih di Desa Buraen Kabupaten Kupang yang bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisika dan mekanika tanah. Sifat tanah ekspansif yang telah diberikan beberapa variasi campuran tanah putih terhadap berat kering tanah, dengan kadar air optimum dari hasil uji standar Proctor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah putih dapat digunakan sebagai aditif dan penggunaan OMC untuk pencampuran adalah OMC tanah ekspansif.

Penelitian oleh Diana dkk (2017) berfokus pada sifat pengembangan dua lempung ekspansif asal Ngawi, Jawa Timur dan Wates, Yogyakarta. Uji laboratorium pada sampel terganggu digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur sifat pengembangan. Serangkaian uji pengembangan dilakukan di bawah kepadatan kering tanah yang konstan. Pengaruh kadar air awal dan tekanan *surcharge* pada sifat pengembangan (yaitu persen pengembangan dan tekanan pengembangan) dari sampel yang dipadatkan telah diselidiki. Pengujian sifat mengembang menggunakan standar ASTM 4546-03 metode B. Didapatkan bahwa semakin rendah kadar air awal semakin tinggi persen mengembang, tetapi tekanan mengembang tampaknya tidak dipengaruhi oleh kadar air awal. Pada kadar air awal yang sama, persen swell menurun dengan meningkatnya tekanan *surcharge*, tetapi tekanan swell tetap tidak berubah.

Beberapa penelitian lain yang mencoba untuk mengurangi sifat mengembang tanah ekspansif adalah dengan abu vulkanik merapi dengan melihat sifat yang terjadi selama 1, 3, 7, dan 14 hari. Sifat campuran yang digunakan yaitu 15%, 20% dan 25% abu vulkanik serta penambahan 5% kapur disetiap campurannya. Tanah kespansif yang diambil yaitu tanah dari Dusun Kreet, Kulon Progo Yogyakarta. Dari hasil yang didapatkan, nilai parameter atterberg limit seperti SL dan Indeks Plastisitas (IP), serta koefisien permeabilitasnya cenderung semakin menurun pada hari ke 14. (Nurlita Fitri, 2014)

Riset tentang Perilaku kolom pada tanah ekspansif juga dilakukan dengan melakukan kajian secara numerik dan skala besar. Dalam studi ini, analisis numerik dilakukan untuk mempelajari pengaruh pengembangan terhadap deformasi kolom stabil tanah yang didukung perkerasan lentur. Analisis numerik dimodelkan menggunakan metode elemen hingga. Hasil simulasi bahwa pemasangan kolom untuk menyangga perkerasan lentur dapat mengurangi kenaikan dan penurunan diferensial perkerasan secara efektif. Dalam hal *overlay* dilakukan untuk rehabilitasi dan pemeliharaan perkerasan, *mini-column* dapat dipasang sebelum pekerjaan *overlay*. Namun, kesimpulan dari penelitian ini terbatas pada hasil pemodelan numerik yang bergantung

pada model material yang diterapkan dan pengembangan volumetrik. (Muntohar 2016)

Penelitian lain yang mempelajari sifat pengembangan, kuat tekan bebas, karakteristik kuat geser, dan perilaku pembasahan-pengeringan siklik dari tanah stabil. Penambahan serbuk gergaji yang optimum ditemukan sebesar 7,5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa potensi pengembangan dan tekanan pengembangan menurun dengan bertambahnya penambahan serbuk gergaji. Sifat kekuatan seperti kuat tekan bebas, kuat geser, kohesi dan sudut gesekan meningkat dengan penambahan serbuk gergaji hingga nilai optimum sekitar 7,5%, di luar itu sifat kekuatan mulai menurun. Nilai kuat tekan bebas meningkat dengan bertambahnya periode pemeraman dan laju perolehan kekuatan awalnya lebih tinggi dan menurun setelah hari ke-14. Uji pembasahan-pengeringan siklik menunjukkan bahwa volume dan kohesi tanah menurun dengan meningkatnya siklus pembasahan-pengeringan sementara gesekan nilai sudut tetap sekitar konstan. (Sun, Liu, and Wang 2018)

B. LANDASAN TEORI

1. Pengertian Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan tanah lempung dengan kemampuan kembang susut tinggi. Jika kondisi kering, tanah akan menyusut dan ketika kondisi basah tanah akan mengembang. Tekanan pengembangan yang dihasilkan tanah ekspansif dapat mengangkat bangunan di atasnya, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan dan perkerasan jalan.

2. Karakteristik Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis tanah pada umumnya, yaitu sebagai berikut:

a. Mineral lempung

Mineral lempung yang menyebabkan perubahan volume umumnya mengandung *montmorillonite* atau *vermiculite*, sedangkan *illite* dan *kaolinite* dapat bersifat ekspansif bila ukuran partikelnya sangat halus.

b. Kimia tanah

Meningkatnya konsentrasi kation dan bertambahnya tinggi valensi kation dapat menghambat pengembangan tanah. Sebagai contoh, kation Mg^{++} akan memberikan pengembangan yang lebih kecil dibandingkan dengan Na^{+} .

c. Plastisitas

Tanah dengan indeks plastisitas dan batas cair yang tinggi mempunyai potensi untuk mengembang yang lebih besar.

d. Struktur tanah

Tanah lempung yang berflokulasi cenderung bersifat lebih ekspansif dibandingkan dengan yang terdispersi.

e. Berat isi kering

Tanah yang mempunyai berat isi kering yang tinggi menunjukkan jarak antar partikel yang kecil, hal ini berarti gaya tolak yang besar dan potensi pengembangan yang tinggi.

3. Jenis Kerusakan Jalan Di Atas Tanah Ekspansif

Kerusakan jalan yang diakibatkan oleh perilaku tanah ekspansif dapat dilihat dengan ciri-ciri seperti di bawah ini.

1) Retakan

Retak pada perkerasan terjadi akibat penyusutan maupun pengembangan tanah. Retak ini merupakan retak memanjang yang dimulai dari tepi bahu jalan menuju ke tengah perkerasan. Lebar retakan bervariasi mulai dari retak rambut sampai retak berbentuk celah hingga mencapai 10 cm. Kedalaman retakan bervariasi mulai dari 1,0 cm sampai dengan kedalaman 50 cm. Retakan memanjang arah jalan disebabkan oleh retak yang terjadi pada tanah dasar, dan secara refleksi menjalar ke struktur perkerasan yang berada di atasnya dimulai dari samping perkerasan jalan.

2) Pengangkatan tanah

Pengangkatan tanah atau cembungan perkerasan jalan dapat diakibatkan oleh mengembangnya tanah ekspansif yang berada di bawah perkerasan. Cembungan ini dapat mempengaruhi struktur perkerasan sehingga menyebabkan permukaan jalan bergelombang. Pada saat-saat tertentu cembungan terjadi pada tepi perkerasan akibat pemompaan tanah dasar yang lunak oleh repetisi roda kendaraan.

3) Penurunan

Penurunan permukaan perkerasan jalan dapat terjadi akibat berubahnya sifat tanah dasar menjadi tanah lunak atau terjadinya pengecilan volume akibat proses penyusutan. Penurunan permukaan yang terjadi dapat mencapai kedalaman 30 cm sehingga mengganggu kelancaran pengguna jalan.

4) Longsoran

Air permukaan yang berada di atas perkerasan dapat masuk ke dalam celah yang besar, sehingga tanah menjadi jenuh air dan kadar air di dalamnya meningkat. Dengan adanya peningkatan kadar air pada tanah ekspansif, maka kuat geser tanah semakin berkurang dan akan mencapai kuat geser kritisnya. Semakin berkurangnya kuat geser tanah akan berakibat semakin berkurang pula daya dukungnya, sehingga pada saat

faktor keamanan mendekati satu, tanah dasar tidak mampu lagi menahan beban di atasnya dan longsor pun tidak dapat dihindari.

4. Metode Identifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi tanah ekspansif dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung.

Identifikasi langsung dilakukan melalui pengukuran pengembangan secara langsung, baik terhadap contoh tanah terganggu maupun tidak terganggu. Metode pengujian yang tersedia saat ini cukup beragam, di antaranya yaitu sebagai berikut:

1) Kembang bebas (*free swell*)

Uji kembang bebas dilakukan dengan cara menempatkan sejumlah tanah kering lolos saringan No. 40 ke dalam sebuah silinder ukur berisi air serta mengukur volume pengembangannya setelah tanah turun seluruhnya. Nilai kembang bebas dinyatakan sebagai perbandingan perubahan volume terhadap volume awalnya, yang dinyatakan dalam persen. Sodium *montmorillonite* (*bentonite*) dapat memiliki kembang bebas sebesar 1200% sampai dengan 2000%.

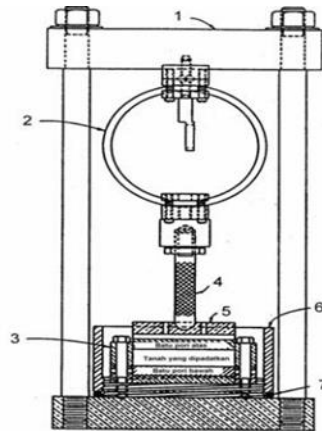
Tanah yang memiliki nilai kembang bebas minimal 100% akan mengalami pengembangan yang cukup besar di lapangan saat berada pada kondisi basah. Tanah pada kondisi ini perlu dipertimbangkan dalam desain.

2) Perubahan volume potensial

Perubahan volume potensial atau disebut juga *potential volume change* (PVC) diukur dengan menggunakan PVC meter yang diperlihatkan pada Gambar 1. Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan contoh tanah terganggu pada cetakan pemadatan. Selanjutnya contoh tanah dipadatkan dengan usaha pemadatan dengan metode *modified Proctor* sebesar pada kadar air alami lapangan. Contoh tanah dijenuhkan dan dibiarkan mengembang hingga menekan cincin ukur. Besarnya tekanan pada cincin ukur dinyatakan sebagai indeks pengembangan dan nilainya dikorelasikan dengan nilai perubahan volume potensial dengan menggunakan grafik Gambar 2. Pengujian ini memberikan keuntungan karena sederhana dan telah distandardisasikan. Meskipun demikian, pengujian ini menggunakan contoh tanah terganggu sehingga nilai perubahan volume potensial dan indeks pengembangan ini lebih sesuai jika digunakan dalam identifikasi dan bukan sebagai parameter desain.

3) Uji indeks pengembangan

Uji indeks pengembangan ini juga telah distandardisasi. Prinsip pengujiannya serupa dengan uji perubahan volume potensial, yang membedakannya hanyalah penggunaan beban tambahan konstan. Pengujian dilakukan terhadap contoh tanah yang lolos saringan No. 4 dan berada pada kondisi kadar air mendekati optimum. Tanah dibiarkan selama 6 – 30 jam dan dipadatkan di dalam cetakan berdiameter 10,2 cm. Jika dibutuhkan, selanjutnya kadar air disesuaikan agar contoh tanah mendekati derajat kejenuhan sebesar 50%. Kemudian diberikan beban tambahan sebesar 6,9 kPa dan contoh tanah dibasahi. Perubahan volume dipantau selama 24 jam. Nilai indeks pengembangan hingga pembulatan terkecil dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.



Keterangan gambar:

- 1 Pelat pembebanan
- 2 Cincin ukur
- 3 Cetakan pemadatan
- 4 Batang pengatur

- 5 Penutup
- 6 Wadah
- 7 Cincin berbentuk O

Gambar 2.1 Peralatan pengujian perubahan volume potensial
(Nelson & Miller, 1992, dalam Pd T-10-2005-B)

$$EI = 100 \Delta H \times F$$

Persamaan 1

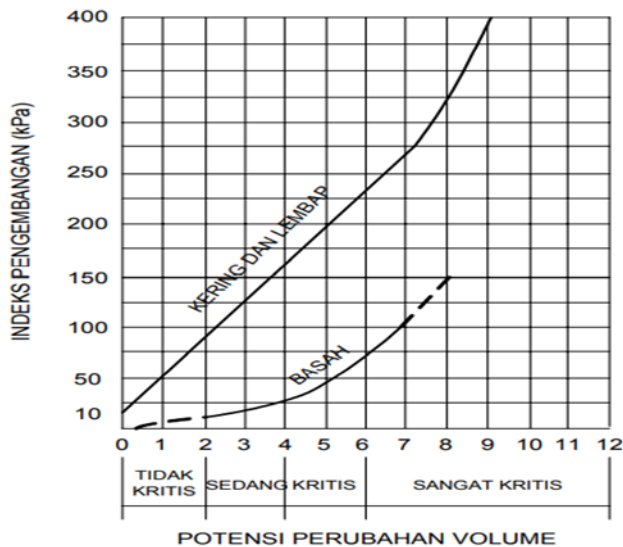
dengan pengertian:

EI adalah indeks pengembangan

ΔH adalah persentase pengembangan

F adalah persentase butiran tanah lolos saringan No.4

Potensi pengembangan tanah juga telah dikelompokkan berdasarkan nilai indeks pengembangannya, sebagaimana Tabel 2.1 berikut.



Gambar 2.2 Indeks pengembangan terhadap potensi perubahan volume (Lambe, 1960, dalam Pd T-10-2005-B)

Tabel 2.1 Korelasi nilai indeks pengembangan dengan potensi pengembangan

El	Potensi pengembangan
0 – 20	Sangat rendah
21 – 50	Rendah
51 – 90	Sedang
91 – 130	Tinggi

(Nelson dan Miller, 1992, dalam Pd T-10-2005-B)

Identifikasi tanah ekspansif tidak langsung dapat dilakukan dengan cara sederhana melalui uji laboratorium. Umumnya menggunakan nilai Batas *Atterberg* dan persentase kandungan lempung, untuk menggambarkan potensi pengembangan suatu tanah secara kualitatif. Identifikasi cara tidak langsung yang dijelaskan di tulisan ini tidak berdiri sendiri melainkan perlu dibandingkan pula dengan cara lainnya.

1) Nilai indeks plastisitas (PI) dan batas susut (SI)

Identifikasi tanah ekspansif secara tidak langsung dengan menggunakan nilai indeks plastisitas (PI) dan nilai indeks susut (SI) diperlihatkan pada Tabel 2.2. Berdasarkan tabel tersebut dapat diperoleh besarnya tingkat pengembangan yang dibagi menjadi empat kelas yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 2.2 Korelasi indeks plastisitas, indeks susut dengan tingkat pengembangan

<i>PI (%)</i>	<i>SI (%)</i>	<i>Degree of Ekspansion</i>
< 12	< 15	<i>Low</i>
12 - 23	15 - 30	<i>Medium</i>
23 - 32	30 - 40	<i>High</i>
> 32	> 40	<i>Very High</i>

(Chen, Raman ,1967, dalam Pd T-10-2005-B)

2) Tingkat keaktifan (*activity*)

Batas *Atterberg* dan fraksi lempung dapat dikombinasikan menjadi satu parameter yang dinamakan tingkat keaktifan (*activity*). Pada umumnya, tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15% tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Untuk tanah dengan PI lebih besar dari 15%, kadar lempung dan batas *Atterberg*nya harus diuji. Persamaan 2 berikut untuk menentukan tingkat keaktifan suatu tanah.

$$A_c = \frac{PI}{CF}$$

Persamaan 2

dengan pengertian:

Ac adalah tingkat keaktifan (tanpa satuan)

PI adalah indeks plastisitas (%)

CF adalah persentase fraksi lempung (%)

Jika dikorelasikan dengan potensi pengembangan, maka tanah lempung dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan tingkat keaktifannya, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Korelasi tingkat keaktifan dengan potensi pengembangan

A_c	Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
$< 0,75$	Tidak aktif	Rendah
$0,75 < A_c < 1,25$	Normal	Sedang
$> 1,25$	Aktif	Tinggi

(Skempton, 1953, dalam Pd T-10-2005-B)

Untuk tanah yang dipadatkan dengan pemadatan standar pada kadar air optimum, tingkat keaktifannya ditentukan berdasarkan Persamaan 3.

$$A_c = \frac{PI}{CF-10} \quad \text{Persamaan 3.}$$

dengan pengertian:

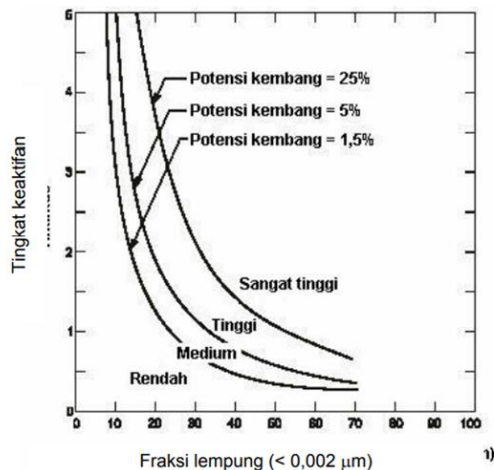
A_c adalah tingkat keaktifan (tanpa satuan)

PI adalah indeks plastisitas (%)

CF adalah persentase fraksi lempung berdiameter kurang dari 0,002 mm (%)

10 adalah konstanta

Hasil perhitungan tingkat keaktifan dengan Persamaan 3 di atas dikaitkan dengan persentase fraksi lempungnya, kemudian diplot ke dalam grafik pada Gambar 3 untuk memperoleh besarnya tingkat potensi mengembang tanah yang dipadatkan.



Gambar 2.3 Klasifikasi potensi kembang
(Seed, 1962, dalam Pd T-10-2005-B)

3) Mineral lempung

Mineral lempung merupakan faktor utama yang mengontrol perilaku tanah ekspansif. Tabel 2.4 di bawah ini memperlihatkan hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan. Dari tabel tersebut terlihat bahwa apabila suatu lempung memiliki kandungan mineral *monmorilonite* maka tanah tersebut merupakan tanah ekspansif. Metode *X-ray diffraction* merupakan metode yang direkomendasikan untuk dipakai di antara metode-metode lainnya karena relatif murah dan cepat.

Tabel 2.4 Hubungan antara jenis mineral dengan tingkat keaktifan

Mineral	Keaktifan
<i>Kaolinite</i>	0,33 – 0,46
<i>Illite</i>	0,90
<i>Montmorilonite (Ca)</i>	1,5
<i>Montmorilonite (Na)</i>	7,2

(Skempton,1953, dalam Pd T-10-2005-B)

Identifikasi mineral lempung merupakan faktor utama yang mengontrol perilaku tanah ekspansif. Ada beberapa cara uji mineral lempung yang biasa dipergunakan, yaitu antara lain:

1) Difraksi Sinar X (*X-Ray Difrakction*)

Merupakan metoda yang paling terkenal dan paling sering dipergunakan untuk menentukan perbandingan dari berbagai mineral yang terdapat pada lempung,

2) Analisa Kimia

Analisa ini digunakan sebagai pelengkap dari metoda sinar X.

3) Mikroskop Elektron

Kegunaan dari metode ini adalah untuk menentukan komposisi mineral tekstur dan struktur mineral.

Menurut Wesley dalam Arifudin Nur dkk (2017) jenis mineral lempung yang paling sering terdapat di lapangan adalah *kaolinite*, *illite*, dan *momorillonite* dengan besaran butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Mineral lempung inilah yang menghasilkan sifat lempung yang khusus, yaitu kohesi dan plastisitas.

5. Pertimbangan Desain Jalan Di Atas Tanah Ekspansif

Beberapa hal untuk pertimbangan desain perkerasan jalan yang dibuat di tanah ekspansif adalah sebagai berikut.

1) Kembang susut

Perubahan dari musim hujan ke kemarau dan sebaliknya, akan menimbulkan siklus basah-kering yang mengakibatkan adanya bagian yang mengalami saat-saat kering di dekat permukaan dan terjadinya retakan-retakan akibat proses pengawetan atau desikasi. Selama masa penyerapan yang besar, air akan masuk ke dalam retakan-retakan tersebut sehingga mengakibatkan tanah akan mengembang; dan selama masa kering, tanah tersebut akan menyusut. Untuk pertimbangan desain, besarnya pengembangan yang dapat ditolerir sesuai jenis konstruksi perkerasan perlu diperkirakan. Perlu diketahui pula batasan perbedaan penurunan konstruksi perkerasan yang diizinkan.

2) Kondisi retak

Pengecilan volume akibat penyusutan akan menimbulkan tegangan tarik pada permukaan tanah dasar dan akan menarik konstruksi perkerasan yang berada di atasnya. Apabila kekuatan perkerasan tidak mampu menahan kuat tarik tanah ekspansif, maka akan timbul retakan kecil. Retakan ini terjadi akibat regangan tanah yang dilampaui, sehingga retak kecil pada permukaan tanah ini semakin lama akan semakin membesar dan terbuka.

3) Kondisi arah memanjang

Proses kembang-susut tidak hanya berpengaruh terhadap arah melintang tetapi juga terhadap arah memanjang (longitudinal). Perbedaan elevasi permukaan jalan pada arah lateral yang diakibatkan tanah dasar mengembang dan menyusut menimbulkan ketidakrataan permukaan jalan. Besarnya perbedaan pergerakan vertikal arah longitudinal biasanya diambil setengah dari besarnya pengembangan maksimum atau penyusutan maksimum.

6. Teknik Konstruksi Di Atas Tanah Ekspansif

Penanganan konstruksi jalan di atas tanah ekspansif pada prinsipnya adalah menjaga agar perubahan kadar air tidak terlalu tinggi atau dengan mengubah sifat tanah lempung ekspansif menjadi tidak ekspansif. Dengan adanya perubahan kadar air yang tidak terlalu tinggi dan perubahan sifat ekspansif tanah pada periode musim hujan dan kemarau, maka tidak terjadi perubahan volume yang berarti.

Metode penanganan tanah ekspansif difokuskan ke dalam dua hal, yaitu perencanaan konstruksi jalan baru dan perbaikan konstruksi jalan lama. Usaha penanganan yang paling penting adalah mengupayakan agar tanah lempung tidak menimbulkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Oleh karena itu penanganan harus dilakukan dengan beberapa alternatif, untuk mengetahui sifat tanah lempung yang akan dicegah atau diubah sifatnya. Berikut ini merupakan beberapa alternatif metode-metode konstruksi di atas tanah ekspansif.

1) Penggantian material

Metode penggantian material tanah ekspansif pada prinsipnya merupakan pengurangan seluruh atau sebagian tanah ekspansif sampai pada kedalaman tertentu, sehingga fluktuasi kadar air akan terjadi sekitar ketebalan tanah pengganti. Material tanah pengganti harus terdiri dari tanah yang non ekspansif agar tidak menimbulkan masalah kembang-susut tanah lagi di bawah konstruksi jalan. Meskipun demikian masalah akan timbul apabila lapisan tanah yang berpotensi ekspansif sangat tebal, sehingga penggantian tanah seluruhnya menjadi tidak ekonomis. Untuk menangani hal tersebut, penentuan kedalaman tanah yang akan diganti perlu dipertimbangkan terhadap besarnya kekuatan mengembang yang berlebihan. Berat sendiri timbunan material pengganti harus cukup mampu menahan gaya angkat tanah ekspansif yang berada di bawah material pengganti, sehingga pengembangan atau penyusutan tidak lagi berpengaruh terhadap material di atasnya. Secara teoritis besarnya pengangkatan tanah dapat dihitung dari hasil uji laboratorium, tetapi pengangkatan tanah di lapangan umumnya kurang lebih sepertiga dari estimasi hasil uji laboratorium. Kedalaman tanah ekspansif yang akan diganti minimal setebal 1,0 meter.

2) Manajemen air

Desain drainase merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam manajemen air pada konstruksi jalan di atas tanah ekspansif. Baik buruknya kinerja perkerasan jalan tergantung kepada kondisi drainase permukaan maupun bawah permukaan. Salah satu faktor yang memicu perubahan volume tanah ekspansif sehingga dapat merusak lapis perkerasan adalah kurang berfungsinya drainase permukaan. Hal tersebut ditandai dengan terjadinya genangan air pada saluran samping, lunaknya tanah pada saluran dan tumbuhnya tanaman atau pepohonan akibat terendahnya lingkungan sekitarnya.

Drainase bawah permukaan berfungsi untuk mencegah aliran air bebas dan menurunkan muka air tanah. Aliran air yang menuju ke arah bawah badan jalan akan terhalangi oleh drainase tersebut, sehingga aliran air akan terputus

dan mengalir melalui saluran drainase ke daerah pembuangan air. Dengan tidak masuknya air ke bawah badan jalan, maka pengaruh muka air tanah terhadap lapisan perkerasan akan berkurang, sehingga perubahan kadar air yang besar akan relatif terjaga.

3) Stabilisasi

Penggunaan metode stabilisasi tanah ekspansif bertujuan untuk menurunkan nilai indeks plastisitas dan potensi mengembang, yaitu dengan mengurangi persentase butiran halus atau kadar lempungnya.

a) Stabilisasi dengan kapur

Stabilisasi jenis ini menggunakan kapur sebagai bahan penstabilisasi. Kapur dapat menimbulkan pertukaran ion lemah sodium oleh ion kalsium yang berada pada permukaan tanah lempung, sehingga persentase partikel halus cenderung menjadi partikel yang lebih kasar. Metode ini pada prinsipnya adalah mencampur tanah lempung dengan kapur di lapangan menggunakan peralatan seperti disc harrow atau small ripper. Banyaknya bahan kapur yang digunakan untuk keperluan stabilisasi tanah ekspansif berkisar antara 2 – 10% dari berat kering tanah lempung. Tata cara perencanaan dan pelaksanaan sesuai SNI 03- 3437 dan SNI 03-3439. Metode tiang kapur dapat dilakukan dengan menggali lubang sampai kedalaman tertentu, kemudian lubang tersebut diisi dengan kapur encer atau kapur kering. Diameter lubang berkisar antara 15 cm sampai dengan 30 cm dengan jarak antar titik tengah 1,20 meter sampai dengan 1,50 meter. Metode injeksi ini dilakukan dengan memasukkan kapur encer ke dalam tanah lempung dengan menggunakan tekanan, sehingga air kapur dapat bereaksi dengan tanah.

b) Stabilisasi dengan semen

Stabilisasi menggunakan bahan semen dapat meningkatkan butiran tanah menjadi suatu kesatuan yang lebih keras, sehingga akan terjadi pengurangan nilai indeks plastisitas, nilai batas cair (LL), dan potensi perubahan volume serta penambahan nilai batas susut (SL) dan nilai kuat geser tanah. Banyaknya bahan semen yang digunakan untuk keperluan stabilisasi tanah ekspansif berkisar antara 4 - 6 % dari berat kering tanah lempung. Tata cara perencanaan dan pelaksanaan sesuai SNI 03-3438-19 dan SNI 03-3440.

4) Membran

Membran berfungsi untuk mereduksi laju perubahan kadar air di bawah perkerasan jalan, sehingga harus bersifat kedap air serta kuat menahan perubahan kondisi tanah. Membran dapat ditempatkan secara vertikal

maupun horisontal tergantung dari bagian tanah ekspansif yang kadar airnya akan dilindungi. Untuk membran yang ditempatkan secara vertikal, umumnya dilakukan penekukan ke arah lateral pada tepi ujung bagian atas sehingga berfungsi sebagai penghalang horizontal.

a) Membran *geosintetik*

Membran *geosintetik* dapat dibuat dari bahan *polyethylene*, *polyvinyl chlorida* (PVC), *polypropylene* dan *geosintetik* lainnya yang kedap air. Geomembran yang ditempatkan di atas tanah dasar harus cukup tebal agar tidak mudah terkoyak atau terkena benda tajam pada saat penghamparan. Ketebalan membran yang digunakan minimal 0,25 mm atau 10 mil, dimana mil adalah satuan tebal *geosintetik*. Penggunaan membran dengan ketebalan yang kurang dari 0,25 mm memerlukan perhatian khusus untuk menghindari tertusuknya membran pada saat pemasangannya. Dalam hal ini, sifat ketahanan terhadap reaksi kimia dan oksidasi harus diperhatikan dalam pemilihan bahan membran yang akan digunakan.

b) Pelat beton

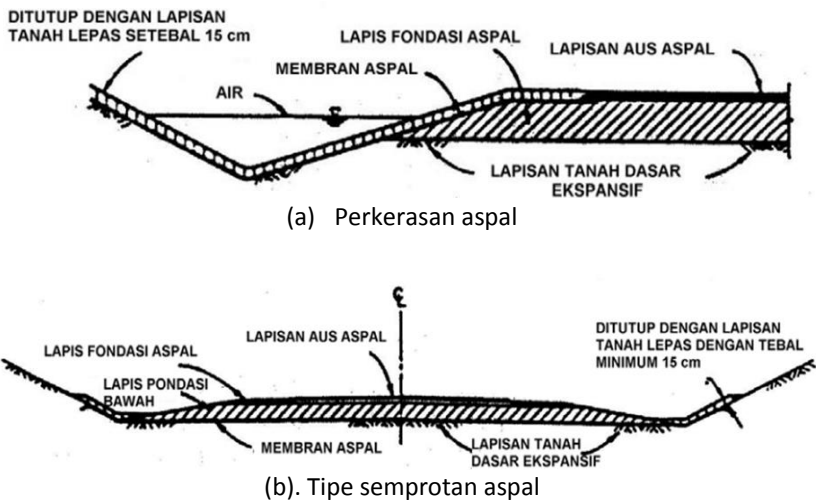
Pelat beton dapat juga digunakan sebagai membran untuk menjaga perubahan kadar air yang berlebihan. Penggunaan pelat beton memiliki keunggulan dibandingkan dengan membran sintetik karena sifat beton yang lebih kaku. Pelat beton memiliki fungsi ganda, yaitu di samping berfungsi untuk mengurangi perubahan kadar air, dapat juga berfungsi sebagai penahan gaya angkat ke atas dari pengembangan tanah ekspansif. Pelat beton yang digunakan untuk konstruksi bahu jalan atau trotoar harus dilengkapi dengan tulangan yang saling mengikat agar pelat tidak mudah lepas.

c) Aspal

Aspal juga dapat berfungsi sebagai membran, terutama dari jenis *catalytically blown*, aspal emulsi dan aspal karet. Secara tidak langsung perkerasan beraspal dapat berfungsi sebagai membran. Penggunaan campuran aspal–semen yang direkomendasikan untuk digunakan sebagai membran adalah sebanyak 5,9 liter/m². Lembaran aspal yang dibuat di pabrik dengan tebal kurang dari 12 mm juga dapat digunakan sebagai membran. Aspal dengan penetrasi 50-60 digunakan sebagai membran pembungkus timbunan badan jalan dengan maksud menjaga kadar air agar tetap konstan sehingga perubahan volume material timbunan dapat berkurang.

d) Membran horisontal

Membran horisontal ditempatkan di atas permukaan tanah sedemikian rupa sehingga lebar membran lebih panjang dari lebar jalan yang dilindungi. Kelebihan membran yang berada di antara lebar membran yang dipasang dengan lebar jalan yang dilindungi disebut jarak samping. Pada jarak samping ini perubahan kadar air dapat menimbulkan pengembangan tanah. Jarak samping berkisar antara 0,60 meter sampai dengan 1,50 meter, atau dapat diambil sebesar kedalaman zona aktif. Cara pemasangan membran horisontal pada konstruksi jalan diperlihatkan pada Gambar 2.4.



(a) Perkerasan aspal
(b). Tipe semprotan aspal
Gambar 2.4. Membran horisontal pada konstruksi jalan
(Snethen, 1979, dalam Pd T-10-2005-B)

e) Membran vertikal

Membran vertikal ditempatkan pada kedua sisi jalan yang akan dilindungi dalam posisi tegak hingga mencapai kedalaman tertentu. Membran ini berfungsi sebagai penghalang aliran air tanah pada arah horisontal atau menjaga penguapan ke samping dari tanah yang berada di bawah badan jalan. Kedalaman membran harus dipasang minimal dua pertiga dari kedalaman zona aktif, dan kedalaman minimal pemasangan membran adalah 1,5 meter. Umumnya membran vertikal lebih efektif dibandingkan dengan membran horisontal. Meskipun demikian, ditinjau dari segi kepraktisan masing-masing membran memiliki kesulitan yang sama dalam menentukan jarak samping dan penggalian yang lebih dalam. Cara pemasangan membran vertikal diperlihatkan pada Gambar 2.5.

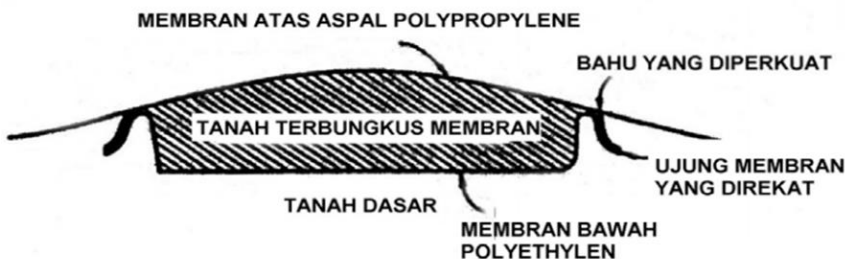


Gambar 2.5. Membran vertikal pada konstruksi jalan
(Snethen, 1979, dalam Pd T-10-2005-B)

Keterangan Gambar 2.5: Kedalaman potongan melintang membran harus diperdalam hingga kedalaman zona aktif. Meskipun demikian, jika kondisi tanah, kepraktisan serta keekonomisan usaha pemasangan ini tidak memberikan keuntungan yang berarti, maka kedalaman membran harus dikurangi untuk mempermudah pemasangan.

f) Membran pembungkus lapisan tanah

Membran pembungkus lapisan tanah (*Membranes Encapsulated Soil Layer*, MESL) berfungsi sebagai pembungkus tanah dasar yang dipadatkan. Pada metode ini tanah yang berada di dalam selubung membran akan memiliki kadar air yang relatif tetap, akibat kurangnya pengaruh dari perubahan kadar air yang terjadi di luar membran. Detail membran pembungkus lapisan tanah ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Membran pembungkus lapisan tanah pada konstruksi jalan
(Hammit dan Ahlvin, 1973 dalam Pd T-10-2005-B)

5) Pembebanan

Pengembangan tanah ekspansif dapat dicegah melalui pemberian beban yang cukup besar untuk menahan tekanan mengembang. Cara ini hanya dapat dilakukan untuk tanah lempung yang memiliki tingkat ekspansif yang rendah sampai dengan sedang. Pengujian lapangan dan laboratorium harus dilakukan

untuk menentukan karakteristik pengembangan tanah. Kondisi lapangan harus betul-betul dipelajari selama pengujian berlangsung. Apabila tetap terjadi peningkatan tegangan mengembang, maka penggunaan pembebanan tidak efisien karena tidak linearnya hubungan antara tegangan dan besarnya pengembangan. Tekanan mengembang sekitar 25 kPa dapat dijaga pengembangannya dengan tinggi timbunan 1,3 meter dan fondasi beton. Pada sistem pembebanan ini diperlukan pembuatan drainase untuk menurunkan muka air tanah agar tanah tidak bersifat lunak sewaktu pemberian beban berlangsung.

Informasi-informasi tambahan mengenai hal-hal penting yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan metode konstruksi dirangkum pada uraian berikut.

1) Metode konstruksi: penggantian material

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Material pengganti yang digunakan harus bersifat non ekspansif serta tidak lolos air
- Tanah tersebut harus dipadatkan melebihi kepadatan tanah ekspansif untuk mendapatkan daya dukung yang tinggi.
- Jika menggunakan material *granular*, maka perlu dilakukan kontrol pengaliran air dari timbunan agar tidak berkumpul pada material ini.
- Penggalian harus mencapai kedalaman yang dianggap stabil serta dilindungi dengan menggunakan membrane.

2) Metode konstruksi: stabilisasi dengan kapur

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Persentase kapur yang diberikan sebesar 2 – 10 % umumnya dapat digunakan
- Harus dilakukan pengujian awal terhadap tanah yang akan distabilisasi untuk menentukan reaksi kapur dan persentase kapur yang dibutuhkan.
- Kedalaman pencampuran terbatas antara 30 – 45 cm, tergantung pada peralatan pencampurnya.
- Kapur dapat digunakan dalam bentuk kering maupun encer (*slurry*), tetapi penambahan air harus tetap dilakukan.
- Pengawasan kualitas sangat penting dilakukan selama penggemburan, pencampuran dan pemadatan.
- Stabilisasi dengan kapur harus dilindungi dari air permukaan dan air tanah karena air tersebut dapat mengeluarkan kapur dari dalam campuran sehingga tanah akan kehilangan kekuatan akibat jenuh air.

3) Metode konstruksi: Stabilisasi dengan semen

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Tipe semen yang digunakan adalah semen Portland dengan persentase 4 – 6%, dengan tujuan mengurangi potensi perubahan volume.
- Pelaksanaan stabilisasi dengan semen sama dengan yang dilakukan pada stabilisasi dengan kapur.
- Penggunaan stabilisasi dengan semen tidak seefektif stabilisasi dengan kapur untuk tanah lempung berplastisitas tinggi.

4) Metode konstruksi: pelat beton

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Trotoar yang terbuat dari pelat beton sebaiknya diberikan tulangan.
- Sambungan lentur harus dapat menghubungkan trotoar dengan fondasinya.
- Harus sering dilakukan pemeriksaan terhadap retak dan kebocoran

5) Metode konstruksi: aspal.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Membran menerus harus ditempatkan di sepanjang tanah dasar dan saluran samping apabila aspal digunakan pada konstruksi jalan raya.

6) Metode konstruksi: Membran horizontal.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Membran horisontal harus diperpanjang hingga cukup jauh dari perkerasan jalan atau fondasi untuk mencegah pergerakan air secara horisontal ke dalam tanah fondasi.
- Dibutuhkan kehati-hatian pada saat memasang membran di atas fondasi, merekatkan sambungan, serta memiringkan membran hingga berada di bawah dan jauh dari struktur.
- Bahan membran harus tahan lama dan terbuat dari bahan yang tidak mudah terdegradasi.
- Sambungan yang menghubungkan membran dengan struktur harus kuat dan tidak tembus air
- Dibutuhkan kemiringan yang cukup untuk mengalirkan drainase permukaan langsung dari ujung-ujung membran

7) Metode konstruksi: Membran vertikal

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- Membran harus dipasang sedalam mungkin sesuai dengan peralatan yang digunakan.
- Kedalaman pemasangan minimum yang digunakan adalah setengah dari kedalaman zona aktif
- Tanah timbunan yang digunakan untuk mengisi parit harus kedap air.

- 8) Metode konstruksi: Membran pembungkus lapisan tanah
Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:
- Setiap sambungan harus tertutup rapat.
 - Material yang digunakan harus tahan lama dan kuat terhadap urugan pasir.
 - Penempatan lapisan pertama di atas membran bawah harus diawasi untuk mencegah kerusakan
- 9) Metode konstruksi: pembebanan
Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:
- Apabila tekanan mengembang relatif rendah serta deformasinya masih dapat ditolerir, maka penggunaan metode pembebanan ini cukup efektif.
 - Diperlukan pengujian tanah untuk menentukan kedalaman zona aktif dan besarnya tekanan mengembang maksimum yang akan dibebani.
 - Pengawasan drainase sangat diperlukan selama pembebanan berlangsung untuk mencegah pengaliran air baik pada arah vertikal maupun horisontal.

7. Gambaran Umum Kota Klaten

Kabupaten Klaten dalam lingkup Pemerintah Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu dari 35 kabupaten/kota yang mempunyai nilai strategis dan memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pertumbuhan wilayah di Jawa Tengah. Wilayah Kabupaten Klaten terletak di jalur yang sangat strategis, karena berbatasan langsung dengan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Kondisi topografi wilayah Kabupaten Klaten diapit oleh Gunung Merapi dan Pegunungan Seribu, dan dengan ketinggian antara 76–1.60 m dpl (di atas permukaan laut). Secara geografis terbagi ke dalam 3 (tiga) wilayah, yaitu:

- 1) Wilayah lereng Gunung Merapi (wilayah bagian utara) yang meliputi Kecamatan Karangnongko, Kemalang, Jatinom dan Tulung.
- 2) Wilayah datar (wilayah bagian tengah) yang meliputi wilayah kecamatan–kecamatan Manisrenggo, Klaten Tengah, Kalikotes, Klaten Utara, Klaten Selatan, Ngawen, Kebonarum, Wedi, Jogonalan, Prambanan, Gantiwarno, Delanggu, Wonosari, Juwiring, Ceper, Pedan, Karangdowo, Trucuk, Cawas, Karanganom, Polanharjo.
- 3) Wilayah berbukit / gunung kapur (wilayah bagian selatan) yang hanya meliputi sebagian Kecamatan Bayat, Cawas dan Gantiwarno.

Berdasarkan kondisi geologinya, Jenis tanah di Kabupaten Klaten ada 5 (lima) macam, adalah sebagai berikut:

- 1) Litosol Bahan induk dari skis kristalin dan batu tulis terdapat di daerah Kecamatan Bayat.
- 2) Regosol Kelabu: Bahan induk abu dan pasir vulkanik termedier terdapat di Kecamatan Cawas, Trucuk, Klaten Tengah, Kalikotes, Kebonarum, Klaten Selatan, Karangnongko, Ngawen, Klaten Utara, Ceper, Pedan, Karangdowo, Juwiring, Wonosari, Delanggu, Polanharjo, Karanganom, Tulung dan Jatinom.
- 3) Grumusol Kelabu Tua: Bahan induk berupa abu dan pasir vulkanik intermedier terdapat di daerah Kecamatan Bayat, Cawas sebelah selatan.
- 4) Kompleks Regosol Kelabu dan Kelabu Tua: Bahan induk berupa batu apurnapal terdapat di daerah Kecamatan Klaten Tengah dan Kalikotes sebelah selatan.
- 5) Regosol Coklat Kekelabuan: Bahan induk berupa abu dan pasir vulkanik intermedier terdapat di daerah Kecamatan Kemalang, Manisrenggo, Prambanan, Jogonalan, Gantiwarno dan Wedi.

Perubahan luasan penggunaan tanah pertanian ke non pertanian pada tahun 2014 seluas 54,1504 Ha, dengan perincian peruntukan: perumahan 40,4893 Ha, industri 13,6611 Ha. Sedangkan pada tahun 2015 perubahan luasan penggunaan tanah pertanian ke non pertanian seluas 55,2309 Ha, dengan perincian peruntukan: perumahan 40,8997 Ha, dan industri 13,6631 Ha.

Pada tahun 2006-2018 kabupaten Klaten mempunyai pemukiman yang mengalami perkembangan sebesar 1.352,928 Hektar. Beberapa kecamatan yang berdampak yaitu Jatinom, Delanggu, Kalikotes, Karangnom, Tulung dan Karangdowo. Penggunaan lahan ini meliputi industry, pemukiman, perdagangan dan jasa, badan air dan lahan kosong. (Anon 2019). Sedangkan menurut (Prakoso 2018), perkembangan wilayah yang pesat daerah Kabupaten Klaten pada tahun 2005-2015 yaitu pada kecamatan Pedan, Klaten sletan, Wedi, Prambanan, dan Klaten Tengah. Perkembangan ini disebabkan karena tingkat kepadatan penduduk yang semakin naik, sehingga dibutuhkanlah fasilitas sarana pendidikan, kesehatan, ekonomi dan sosial. Sedangkan daerah dengan prioritas pengembangan meliputi kecamatan Kebonarum, Polanharjo, Kemalang, dan Gantiwarno.

Pengembangan pemukiman yang mendorong pertumbuhan infrastruktur di Kabupaten Klaten memaksa beberapa percepatan proyek pembangunan. Pada tahun 2019, fokus pengembangan infrastuktur pada kabupaten Klaten yaitu meliputi gedung seperti Gedung Diskominfo, Gedung DPRD Kabupaten

Klaten, Gedung inspektorat, Taman stadion trikoyo dan Taman Kuliner klaten. (Tribunjogja, 2019)

Pembangunan infrastruktur besar seperti jalan tol juga terjadi pada Kabupaten Klaten, pada tahun 2020 jalan Tol Yogya-Solo melewati beberapa daerah di Kabupaten Klaten, jalan tol sepanjang 35,6km juga memaksa pembangunan exit tol dan rest area di sekitar Kabupaten Klaten. Beberapa kecamatan yang menjadi area pembangunan jalan tol ini adalah Kecamatan Delanggu, Polanharjo, Karangnom dan Ceper.

Setiap pembangunan struktur harus memastikan bahwa bangunan yang dilaksanakan aman dan layak digunakan. Salah satu hal penting yang harus diperhatikan adalah kondisi tanah dasar disekitar proyek pembangunan. Tanah dasar yang mempunyai karakteristik seperti tanah ekspansif harus dilakukan penanganan lebih lanjut untuk mengurangi resiko kerusakan struktur diatasnya.



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

BAB 3: METODE PENELITIAN

Niken Silmi Surjandari

Siti Nurlita Fitri

Noegroho Djarwanti

Yusep Muslih Purwana

Bambang Setiawan

Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara

Brilian Budi Prakosa

Universitas Sebelas Maret Surakarta

BAB 3

METODE PENELITIAN

A. PENDAHULUAN

Ada 3 (tiga) tahap utama penelitian yaitu sebagai berikut.

Tahap 1: survei untuk mendapatkan lokasi yang diduga merupakan lokasi yang depositnya didominasi oleh tanah ekspansif. Target yang diharapkan dari tahap ini adalah: penentuan titik lokasi untuk keperluan pengambilan sampel. Indikator capaiannya: lokasi sesuai dengan rencana penelitian.

Tahap 2: uji kuantitatif yang dilakukan di laboratorium. Penentuan titik lokasi dari tahap 1 ditindaklanjuti dengan mengambil sampel untuk diuji di laboratorium dan dilakukan pengamatan dan pencatatan di lapangan. Target yang diharapkan adalah: diperoleh data parameter tanah yang dibutuhkan yaitu: sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah yang berkorelasi dengan sifat kembang susut tanah ekspansif. Indikator capaian: diperoleh basis data tanah ekspansif di beberapa wilayah Soloraya.

Tahap 3: analisa hasil pengujian dan kesimpulan. Target yang diharapkan adalah: informasi potensi kembang susut di lokasi penelitian.

B. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dipilih di 3(tiga) lokasi di wilayah Klaten yaitu Pedan, Trucuk, dan Nogosari untuk pengambilan sampel. Sampel yang diperoleh dari tiga lokasi tersebut kemudian diuji di laboratorium Mekanika Tanah FT UNS. Pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.1.



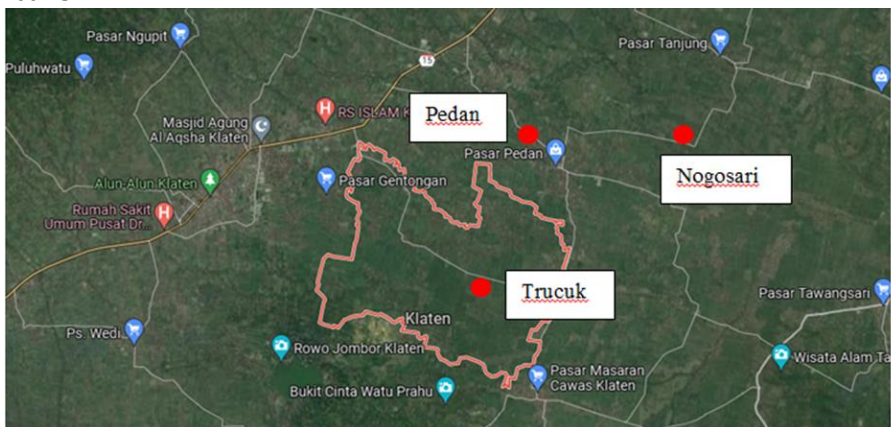
Gambar 3.1. Pengambilan sampel tanah disturb

C. PENGUJIAN DI LABORATORIUM

1. Bahan

a. Material Tanah

Pada penelitian ini, tanah yang digunakan adalah tanah lempung plastisitas tinggi yang berasal dari daerah Pedan, Trucuk, dan Nogosari, kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Pengambilan tanah dilakukan dengan kondisi tanah terganggu (*disturbed*) secara manual menggunakan skop pada kedalaman lebih dari 0.2 m di bawah permukaan tanah. Lokasi pengambilan sampel tanah diberikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Lokasi pengambilan sampel di beberapa daerah di Klaten.

Setelah tanah diambil pada 3 daerah di kabupaten Klaten, kemudian tanah tersebut dijemur dan diangin-anginkan dan kemudian akan dibuat untuk sampel pengujian yang akan dilakukan yang diberikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Proses penjemuran tanah

- b. Material air: digunakan air baku yang diambil dari laboratorium mekanika tanah FT-UNS.

2. Standar Pengujian Tanah Yang Digunakan

Pengujian tanah dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah dan indeks propertinya. Untuk mengetahui klasifikasi tanah dilakukan pengujian berupa *specific gravity*, analisis saringan, hidrometer, dan pengujian batas plastis, batas cair. Untuk mendapatkan sifat pengembangan tanah, dilakukan uji *Oedometer*. Acuan standar pengujian yang digunakan adalah ASTM, yaitu sebagai berikut.

1) Uji berat spesifik tanah (ASTM D 854-92)

Pengujian ini bertujuan untuk untuk mengetahui besarnya berat jenis tanah yang merupakan perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air destilasi di udara pada volume yang sama dan pada temperatur tertentu. Salah satu proses pengujian yaitu berat jenis yang diberikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Pengujian berat jenis

2) Uji gradasi tanah

Distribusi ukuran butiran (*grain size analysis*) adalah penentuan prosentase berat butiran pada satu unit saringan dengan berdasarkan ukuran diameter lubang tertentu. Ada dua jenis pengujian untuk mendapatkan ukuran butiran, yaitu:

Pengujian analisis saringan. Pengujian analisis saringan ini bertujuan menentukan gradasi agregat dengan menggunakan saringan guna memperoleh distribusi besaran (prosentase) butiran agregat halus dan kasar, berdasarkan standar (ASTM D-432-72).

Pengujian *hydrometer*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase susunan butiran tanah yang kurang dari 0,075 mm (lolos saringan no.200). Pengujian ini mengacu ASTM D-422-73. Dokumentasi pengujian diberikan pada Gambar 3.5.



(a)



(b)

Gambar 3.5. (a) Pengujian analisa saringan (b) Pengujian Hidrometer

3) Uji batas konsistensi tanah

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), serta indeks plastisitas (*plasticity index*). Pengujian batas cair mengacu pada standart ASTM D-432-66 dan pengujian batas plastis mengacu pada standart ASTM D-424-74. Pengujian *atterberg limit* diberikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pengujian Batas-batas Atterberg

4) Uji konsolidasi

Pengujian ini untuk mengetahui perubahan volume dan tekanan pengembangan tanah. Pengujian mengacu pada ASTM D 2435-90. Pengujian konsolidasi diberikan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Pengujian konsolidasi

5) Uji Pengembangan dengan Modified mould CBR

Pengujian dengan mould CBR yang dilaksanakan menggunakan standart ASTM D1883 dibagi menjadi 2 pengujian. Uji pertama yaitu dengan memberi beban 6.9 kPa sesuai dengan pengujian pengembangan pada *Oedometer*. Sedangkan pengujian yang kedua yaitu pengujian yang dilakukan tanpa pemberian beban apapun pada sampel tanah dalam mould. Pengujian pengembangan ini diharapkan dapat memberikan beberapa contoh hasil pengembangan tanah ekspansif dari berbagai jenis pengujian. Contoh sampel pengujian menggunakan *modified mould* dengan CBR diberikan pada gambar 3.8.

3. Pengujian

Tahap yang dilakukan pada pengujian awal adalah mengeringkan tanah ekspansif dengan metode penjemuran di ruang terbuka. Tanah yang berupa bongkahan besar diperkecil ukurannya agar saat proses penjemuran panas akan menyebar merata. Tanah yang telah dijemur selama 3 hari digunakan untuk pengujian pendahuluan yaitu identifikasi tidak langsung.

Identifikasi tidak langsung untuk menentukan tingkat ekspansifitas sampel tanah. Uji yang dilakukan adalah *Spesific gravity*, *Grain size analysis*, dan Atterberg limit. Dari uji yang telah dilakukan tersebut didapatkan hasil nilai indeks plastisitas / plasticity index (PI).



Gambar 3.8. Pengujian Pengembangan dengan modified mould dengan CBR



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Niken Silmi Surjandari

Siti Nurlita Fitri

Noegroho Djarwanti

Yusep Muslih Purwana

Bambang Setiawan

Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara

Brilian Budi Prakosa

Universitas Sebelas Maret Surakarta

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENGUJIAN

Pengujian indeks propertis tanah adalah berat jenis tanah, kadar air tanah di lapangan, gradasi tanah, dan batas-batas plastisitas. Sebelum dilakukan pengujian, tanah diangin-anginkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hasil lengkap pengujian disajikan di Tabel 5. Penentuan sifat mekanis tanah dilakukan dengan uji *oedometer* yang ditunjukkan pada Gambar 13, serta hasilnya disajikan di Tabel 4.2.



Gambar 4.1. Proses penjemuran sebelum dilakukan pangujian

Tabel 4.1 Hasil pengujian indeks propertis

Parameter	w_n	G_s	LL	PL	PI	SL	keri kil	pasi r	lana u	lempu ng
satuan	%	-	%	%	%	%	%	%	%	%
Trucuk	44,2 8	2,3 1	84,7 5	17,7 8	66,9 7	16,6 9	1,32	8,53	48,5 9	41,56
Pedan	39,0 2	2,1 1	73,5 6	27,8 4	45,7 2	22,9 7	0,00	22,3 8	50,3 8	27,24
Nogosari	51,7 6	2,4 5	49,0 5	20,3 1	28,7 4	21,3 0	0,02	11,3 3	66,3 4	22,31

Tabel 4.2 Hasil pengujian oedometer

Lokasi	Terucuk	Pedan	Nogosari
<i>Initial water content w_o (%)</i>	3.89	2.07	2.07
<i>Final water content w (%)</i>	46.03	45.77	43.13
<i>Volume change (cm³)</i>	5.38	3.11	0.32
<i>Swell Pressure (kPa)</i>	175	50	10.8

Gambar 3.7 menunjukkan pengujian pengembangan tanah ekspansif menggunakan alat Oedometer di Laboratorium Mekanika tanah UNS. Tabel 4.1 menjelaskan tentang hasil pengujian properties tanah dari 3 lokasi penelitian. Pengujian kadar air alamiah (w_n) dan berat jenis (G_s) digunakan untuk data pengujian yang lainnya. Nilai kadar air yang dihasilkan adalah berkisar dibawah 50% dengan kondisi tanah disturb. Sedangkan nilai G_s (berat jenis) menunjukkan hasil berkisar 2. Untuk hasil pengujian *atterberg* limit menunjukkan nilai bervariasi yaitu 28-66% untuk ketiga lokasi. Hasil indeks plastisitas tertinggi berada pada desa Trucuk dan nilai terendah berada di desa Nogosari. Pembahasan lebih lanjut dilakukan pada nilai plastisitas dan hasil uji Oedometer.

Tabel 4.2 menunjukkan nilai hasil pengujian oedometer. Nilai tekanan mengembang menunjukkan hasil bervariasi. Nilai tertinggi ditunjukkan pada lokasi Trucuk. Hal ini sesuai dengan nilai indeks plastisitas yang tinggi pula

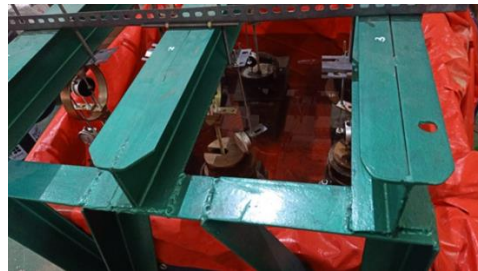
seperti pada Tabel 4.1. Nilai terendah ditunjukkan pada daerah Nogosari, dan disusul Pedan pada nilai 50 kPa.

Selain itu, pada penelitian kali ini pengujian sifat mengembang tanah juga dilakukan menggunakan modified mold CBR secara terendam. Pengujian ini dilakukan dengan cara membaca potensi mengembang pada setiap sampel di 3 lokasi yaitu Trucuk, Pedan dan Nogosari. Pengujian diberikan pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 menunjukkan pengujian *swelling* dengan *proving ring*. Sampel tanah dimasukkan kedalam *mold* yang sudah dimodifikasi dan direndam menggunakan air. Perubahan angka yang ditunjukkan dalam *proving ring* dibaca dan dicatat selama 5 jam. Hasil pengujian diberikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian *swelling presseure* tanpa adanya penyebab. Nilai maksimum dari ketiga lokasi ditunjukkan pada area Terucuk dengan nilai 28.07 kPa, sedangkan nilai terkecil berada pada lokasi Pedan yaitu sebesar 3.72 kPa. Nilai tekanan mengembang pada Nogosari adalah 13.85 kPa.

Hasil pengujian secara detail untuk sifat pengembangan secara bebas dengan pengujian *modified mould* CBR diberikan pada Gambar 4.2.



(a)



(b)

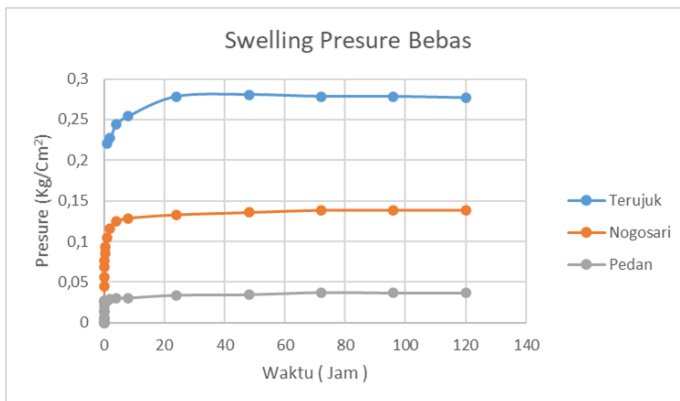
Gambar 4.2. Pengujian potensi mengembang (a) kondisi tanah saat terendam (b) letak proving ring

Pengujian pengembangan yang kedua diberikan pada Tabel 4.4. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian pengembangan dengan *modified mould* CBR dengan memberi tekanan sesuai dengan tekanan pada oedometer yaitu 6.9 kPA. Salah satu contoh hasil pengujian dengan pembebanan 6.9 kPA diberikan pada Gambar 4.3 yang berupa hasil pengujian tanah dari Trucuk, Nogosari, dan Pedan. Pengujian pengembangan secara bebas (tanpa beban) diberikan pada Gambar 4.4 pada semua sampel pengujian.

Tabel 4.3 Hasil pengujian tekanan mengambang dengan modified mould tanpa beban

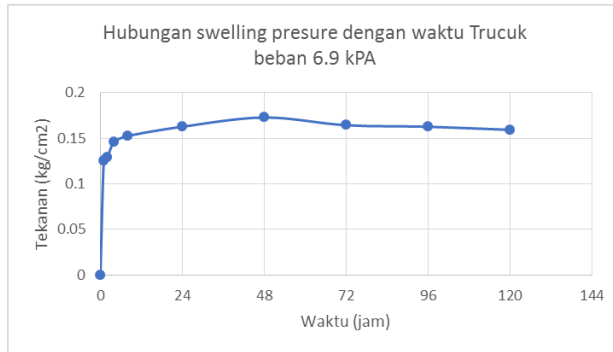
Swelling bebas			
Waktu	Pressure (Kg/Cm ²)		
Jam	Trucuk	Nogosari	Pedan
0.002		0.005655	0.003388
0.003		0.014139	0.006776
0.008		0.02545	0.013552
0.017		0.045244	0.020328
0.033		0.056554	0.027104
0.067		0.067865	0.027104
0.133		0.076349	0.027104
0.25		0.084832	0.027104
0.5		0.093315	0.027104
1	0.220898	0.104626	0.027104
2	0.226762	0.115937	0.028798
4	0.244356	0.12442	0.030492
8	0.25413	0.128661	0.030492
24	0.27837	0.132903	0.033879
48	0.280716	0.135731	0.034557
72	0.27837	0.138558	0.037267
96	0.27837	0.138558	0.03659
120	0.276806	0.138558	0.03659
nilai maximum (kPA)	28.0716	13.85585	3.726744

Hasil pengujian pada Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan tren yang hampir sama, dimana pengujian pengembangan sampai ke waktu awal tertentu cenderung menghasilkan nilai yang cukup tinggi, sehingga mencapai puncak dari pengembangan pada waktu 8-24 jam pengujian. Setelah itu, untuk pengujian dengan tambahan waktu, hasil menunjukkan tambahan nilai tekanan mengembang yang tidak cukup signifikan dari awal-awal pengujian.

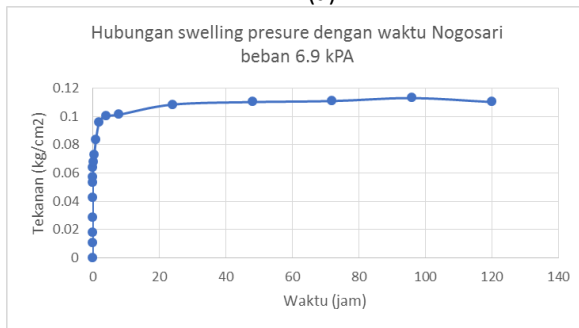


Gambar 4.3. Hasil pengujian pengembangan dengan modified mould CBR tanpa beban (bebas)

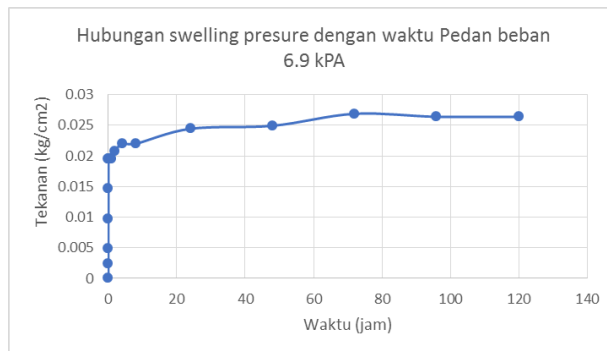
Hasil tekanan mengembang yang didapatkan pada pengujian dengan *modified mould* dengan oedometer berbeda. Hal ini dikarenakan kondisi tanah yang berbeda ketika pengujian. Pada pengujian oedometer, tanah di kondisikan menerima beban sedangkan pengujian dengan *modified mould* ini kondisi sampel tanah uji dalam keadaan bebas dan tidak diberi beban. Sedangkan untuk pengujian dengan jenis pembebanan yang sama yaitu 6.9kPa menghasilkan hasil pengujian yang berbeda. Hal ini disebabkan karena perbedaan perilaku pada sampel dengan skala kecil (oedometer) dan dengan skala besar (*modified mould* CBR). Namun hasil keduanya menunjukkan nilai tekanan mengembang maksimal dengan tren yang sama, yaitu pada daerah Trucuk.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4. Hasil pengujian pengembangan dengan modified mould CBR dengan beban 6.9kPa (a) Sampel Trucuk (b) Sampel Nogosari (c) Sampel Pedan

Perbedaan tertera jelas pada lokasi dengan nilai yang berbeda yaitu Nogosari dan Pedan. Pengujian oedometer menunjukkan nilai terendah pada area Nogosari dengan nilai 10,8 kPa, sedangkan pengujian modified mould menjelaskan area Pedan merupakan sampel uji dengan nilai tekanan mengembang terendah yaitu 3.72 kPa. Perbedaan cukup jauh sehingga penulis

menyarankan peneliti lain untuk melakukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih banyak sehingga hasil yang didapatkan dapat representatif. Penelitian ini menghasilkan nilai yang berbeda-beda dalam menentukan tekanan mengembang suatu sampel tanah. Hasil dari 3 kondisi yang berbeda ini menjadi bahan pertimbangan lagi apabila ingin melakukan penelitian lanjutan agar penentuan parameter yang ingin diketahui dapat terlaksana dengan baik.

Tabel 4.4
Hasil pengujian tekanan mengembang dengan *modified mould* dengan beban 6.9 kPa.

Swelling dengan beban			
Waktu	Presure (Kg/Cm2)		
Jam	Trucuk	Nogosari	Pedan
0	0,00	0,00	0,00
0,002		0,01	0,00
0,003		0,02	0,00
0,008		0,03	0,01
0,017		0,04	0,01
0,033		0,05	0,02
0,067		0,06	0,02
0,133		0,06	0,02
0,25		0,07	0,02
0,5		0,07	0,02
1	0,13	0,08	0,02
2	0,13	0,10	0,02
4	0,15	0,10	0,02
8	0,15	0,10	0,02
24	0,16	0,11	0,02
48	0,17	0,11	0,02
72	0,16	0,11	0,03
96	0,16	0,11	0,03
120	0,16	0,11	0,03
max (kPa)	17,28	11,31	2,69

B. PEMBAHASAN

Hasil pengujian gradasi sampel Tanah Trucuk diperoleh nilai sebagai berikut:

1. Kerikil (*gravel*) = 1,32 %
2. Pasir (*sand*) = 8,53 %
3. Lanau dan Lempung = 90,15 %

Hasil pengujian Batas-batas Atterberg sampel Tanah Trucuk diperoleh nilai sebagai berikut:

1. Batas cair (LL) = 84,75%
2. Indeks plastisitas (PI) = 66,97%

Tanah diklasifikasi menurut sistem klasifikasi USCS yang dimodifikasi oleh ASTM. Sistem klasifikasi ini dibuat berdasarkan data distribusi ukuran butiran dan batas - batas konsistensi tanah. Tanah Trucuk termasuk dalam tanah berbutir halus disebabkan persentase yang lolos saringan nomor 200 lebih dari 50% yaitu sebesar 90,15%. Kemudian dari nilai indeks plastisitas dan batas cair diplot dalam grafik plastisitas *Casagrande* untuk menentukan jenis tanah. Berdasarkan diagram plastisitas *Casagrande*, maka tanah Trucuk termasuk dalam kelompok CH yaitu golongan (CH) atau lempung dengan plastisitas tinggi.

Dengan cara yang, maka diperoleh klasifikasi tanah Pedan dan Nogosari berturut-turut adalah CH dan CL (lempung dengan plastisitas rendah). Pada pengujian gradasi butiran, hasil pengujian pada daerah pedan tidak mempunyai nilai kerikil sama sekali. Sedangkan persentase kerikil ditemukan pada tanah di lokasi Trucuk dan Nogosari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Padahal, nilai potensi mengembang paling tinggi berada pada lokasi Trucuk, namun trucuk juga mengandung nilai kerikil yang cukup besar dibanding Nogosari dan Pedan. Hal ini karena pengambilan sampel yang dilakukan hanya 1 titik pada suatu daerah. Untuk penelitian lanjutan, butuh ditambahkan beberapa titik pengambilan sampel agar hasil yang didapatkan lebih dapat dipertimbangkan. Selain itu, karakteristik mengembang juga harus dilihat dari *mineralogy* penyusun lempung di masing-masing daerah. Maka dari itu diperlukan pengujian lebih dalam terkait *clay mineralogy* dari masing-masing daerah.

Identifikasi sifat kembang susut tanah di lokasi pengambilan menggunakan data batas-batas Atterberg. Merujuk Tabel 2.2 yang menghubungkan derajat pengembangan dengan nilai indeks plastisitas tanah, maka 3 (tiga) lokasi pengambilan sampel memiliki nilai PI lebih besar dari 32 sehingga disimpulkan ketiga lokasi memiliki derajat pengembangan sangat tinggi. Namun, untuk klarifikasi lebih lanjut, butuh adanya penelitian lebih dalam tentang mineral

penyusun lempung. Menurut (Haridyatmo, 2017), *montmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite* merupakan mineral penting penyusun lempung. Dengan sifat dominan yang berbeda dari ketiga komponen tersebut. Komponen yang paling banyak bisa menyerap air adalah *montmorillonite*. Sehingga tanah dengan potensi pengembang biasanya banyak mengandung mineral jenis ini. Untuk struktur *kaolinite* merupakan komponen yang disusun oleh aluminium, *hydrogen* dan silica. Jenis ini membentuk sifat tanah lempung yang lebih stabil dibandingkan dengan *montmorillonite*. Hal ini dikarenakan ikatan yang ditimbulkan dapat mencegah pertukaran molekul air untuk masuk dan keluar pada struktur penyusunnya.

Tingkat keaktifan (A_c) tanah dihitung dengan Persamaan 1, kemudian hasilnya dihubungkan dengan Tabel 3. Hasil perhitungan memberikan nilai A_c untuk 3 lokasi Pedan, Trucuk, dan Nogosari berturut-turut sebagai berikut: 1,61; 1,67; dan 1,28. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa di tiga lokasi pengambilan sampel memiliki tingkat keaktifan yang termasuk kategori aktif dan potensi pengembangannya tinggi.



KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT TANAH EKSPANSIF DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

BAB 5: KESIMPULAN

Niken Silmi Surjandari

Siti Nurlita Fitri

Noegroho Djarwanti

Yusep Muslih Purwana

Bambang Setiawan

Raden Harya Dananjaya Hesti Indrabaskara

Brilian Budi Prakosa

Universitas Sebelas Maret Surakarta

BAB 5

KESIMPULAN

1. Klasifikasi sampel tanah Trucuk, Pedan, dan Nogosari berturut-turut adalah: CH, CH, dan CL.
2. Nilai batas-batas Atterberg LL dan PI untuk Trucuk: 84,75; 66,97
3. Nilai batas-batas Atterberg LL dan PI untuk Pedan: 73,56; 45,72
4. Nilai batas-batas Atterberg LL dan PI untuk Nogosari: 49,05; 28,74
5. Nilai A_c untuk Trucuk, Pedan, dan Nogosari berturut-turut adalah sebagai berikut: 1,61; 1,67; dan 1,28.
6. Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap 3 lokasi di daerah Klaten yaitu Trucuk, Pedan, dan Nogosari diperoleh kesimpulan bahwa tanah memiliki potensi pengembangan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon. 2019. "Analisis spasial perkembangan fisik wilayah Kabupaten Klaten menggunakan sistem informasi geografis dan prediksinya tahun 2025 dengan Ca Markov Model." *Jurnal Geodesi Undip* 8(4).
- Arifudin Nur, Suryo Hapsoro Tri Utomo, M. Zudhy Irawan (2019), "Stabilisasi Tanah Ekspansif Menggunakan Kapur dan Spent Catalyst Untuk Tanah Dasar Perkerasan", *Jurnal Transportasi* Vol. 19 No. 1 April 2019: 21–30.
- Chayan Gupta, Ravi Kumar Sharma (2016) melakukan penelitian dengan judul "Black Cotton Soil Modification by the Application of Waste Materials", *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60(4), pp. 479–490, 2016.
- Chen F (1975), "Foundation on Expansive soils", New York: Elsevier Scientific Publication Company.
- Diana, Willis, Edi Hartono, dan Anita Widiyanti. 2017. "Pengaruh Kadar Air Awal Dan Surcharge Pressure Pada Uji Karakteristik Pengembangan Tanah Ekspansif." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 23(2).
- Faizul Chasanah (2015), "Analisis peningkatan jalan akibat kerusakan struktur perkerasan di atas tanah ekspansif", *Jurnal Teknisia*, Volume XX, No 1, halaman 12 – 21, Mei 2015.
- Febra Ndaru W., Eko Andi S., Yulvi Zaika, As'ad Munawir, Arief Rachmansyah (2015), Perbaikan tanah ekspansif dengan penambahan serbuk gypsum dan abu sekam padi untuk mengurangi kerusakan struktur perkerasan, *Rekayasa Sipil*, Volume 9, no.3 – 2015 halaman 251 – 256.
- GD Pandulu dan SUhudi (2012), Peningkatan kualitas infrastruktur jalan pada tanah ekspansif dengan pemanfaatan limbah pertanian guna mendukung pengembangan wilayah, *Buana Sains* vol 12 nomer 1, halaman 123-130.
- Hardiyatmo HC (2017), "Mekanika Tanah 1". Yogyakarta: UGM Press.
- Sutikno dan Budi Damianto (2009), Stabilisasi tanah ekspansif dengan penambahan kapur (lime): aplikasi pada pekerjaan timbunan, *Jurnal Teknik Sipil dan perencanaan*, nomer 2 volume 11, Juli 2009, halaman 101 - 108
- Muntohar, Agus Setyo. 2016. "A Numerical Method of the Flexible Pavement Supported by SSC on Expansive Soil." *Applied Mechanics and Materials* 845.

- Nurlita Fitri, Siti. 2014. "Pengaruh waktu pemeraman terhadap sifat fisis dan mekanis tanah ekspansif stabilisasi kapur modifikasi abu vulkanik merapi." Universitas Gadjah Mada.
- Pemerintah Kabupaten Klaten, Rancangan Akhir RPJMD Kabupaten Klaten Tahun 2016-2021 Penanganan tanah ekspansif untuk konstruksi jalan, Pd T-10-2005-B, Departemen Pekerjaan Umum
- Prakoso, Fadli Bagash. 2018. "Analisis Tingkat Perkembangan Wilayah Kecamatan Di Kabupaten Klaten Tahun 2005-2015." Skripsi.
- Syawal, Munirwansyah, dan Sofyan M Saleh (2016), Dampak penambahan kapur pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR tanah dasar konstruksi jalan, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, vol 6, nomer 1, september 2016, halaman 45 – 56.
- Sun, Shulin, Bo Liu, and Tianyu Wang. 2018. "Improvement of Expansive Soil Properties Using Sawdust." *Journal of Solid Waste Technology and Management* 44(1).
- Samuel Giovani, Indrasurya B Mochtar, Noor Endah Mochtar (2018), Usulan penyelesaian masalah rekayasa tanah untuk jalan dan gedung di atas tanah ekspansif studi kasus Surabaya Barat, *Jurnal Teknik Sipil ITS*, volume 7 nomer 1 Halaman F186 – F191
- U.G. Fulzele, V.R. Ghane, D.D. Parkhe (2016) "Study of structures in black cotton soil", Proceedings of 64 th IRF International Conference, 16th October, 2016, Pune, India, ISBN: 978-93-86291-14-1.
- Vinodhkumar, D. Ramya, P. Kulathaivel (2016), "Indeks and chemical propeeties of black cotton soil blended with flyash, *International Journal of Research in Advanced Technology - IJORAT* Vol. 1, Issue 6, JUNE 2016
- Wardani, Sri Prabandiyani Retno, Muhrozi Muhrozi, Andi Retno Ari Setiaji, and Danny R. Riwu. 2018. "Stabilisasi Tanah Ekspansive Dengan Menggunakan Tanah Putih Untuk Tanah Dasar di Daerah Godong Kabupaten Grobogan Jawa Tengah." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 24(1).

TENTANG PENULIS

UNS_GEOSCIENCE merupakan Salah satu Grup Riset (RG) di Program Studi Teknik Sipil (PSTS) Fakultas Teknik UNS. Grup riset ini bertujuan untuk menghimpun penelitian-penelitian dibidang Geoteknik, yang anggotanya juga merupakan Dosen Geoteknik dari PSTS UNS. Beberapa penelitian yang menjadi fokus ditahun-tahun terakhir adalah tentang Perbaikan Tanah, Stabilitas Lereng, Dinamika tanah, Komputasi geoteknik, Sistem Pondasi Cakar Ayam Modifikasi untuk Perkerasan Kaku, serta permasalahan dibidang Geoteknik pada umumnya. Beberapa minat fokus penelitian bagi para anggota riset grup adalah sebagai berikut:

1. Niken Silmi Surjandari, berfokus pada penelitian tentang perbaikan tanah, stabilitas lereng dan *artificial intelegence* di bidang geoteknik.
2. Siti Nurlita Fitri, memiliki minat pada perbaikan tanah dengan geosintetik, dinamika tanah dan kegempaan, serta stabilitas lereng.
3. Noegroho Djarwanti berfokus pada stabilitas lereng dan perbaikan tanah
4. Yusep Muslih Purwana, mempunyai fokus penelitan dibidang dinamika tanah dan kegempaan, investigasi geoteknik, serta *unsaturated soil*.
5. Bambang Setiawan memiliki penelitian pada bidang sistem cakar ayam modifikasi untuk perkerasan jalan.
6. Harya Dananjaya mempunyai ketertarikan terhadap komputasi geoteknik dan kegempaan.
7. Brilian Budi Prakosa berfokus pada penelitian di bidang geologi batuan, serta dinamika tanah dan *tunneling*.

KAJIAN POTENSI KEMBANG SUSUT **TANAH EKSPANSIF** DI BEBERAPA WILAYAH SOLO RAYA

Tanah ekspansif banyak dijumpai di sekitar wilayah yang dibangun infrastruktur Sipil, misalnya: infrastruktur jalan raya, jaringan irigasi, bangunan Gedung, dan permukiman. Sifat utama tanah ekspansif adalah memiliki potensi kembang susut pada fluktuasi kadar air yang tinggi, yaitu tanah akan mengembang saat kadar air tinggi yaitu di musim hujan dan akan menyusut di musim kemarau. Potensi kembangsusut ini dapat merusak semua bangunan yang berdiri di atas tanah tersebut. Kerusakan berupa retakan yang masif dan dapat berakibat fatal sehingga bangunan tidak akan berfungsi dengan normal. Wilayah sekitar Solo Raya (Karesidenan Surakarta) banyak dijumpai kerusakan tersebut terutama badan jalan dan pemukiman rumah tinggal; sebagai contoh di Nogosari Kabupaten Boyolali, Cawas Pedan Kabupaten Klaten, Bendosari Gentan Kabupaten Sukoharjo dan daerah lainnya, misal jalan raya Solo Purwodadi. Infrastruktur jalan retak memanjang hingga terjadi kubangan yang besar, dan rumah tinggal miring, retak-retak pada bagian dinding dan lantai. Hal ini akan merugikan penggunanya. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi dan pendataan tentang potensi kembang susut yang merupakan ciri khas dari tanah ekspansif (mengembang). Penelitian ini melakukan identifikasi potensi mengembang dengan uji laboratorium. Uji laboratorium meliputi uji indeks propertis, sifat mekanis, potensi mengembang, sesuai dengan standar pengujian yang berlaku (SNI dan ASTM). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi teknis tentang tanah ekspansif di beberapa wilayah di Solo Raya, dan dapat digunakan sebagai pedoman pemetaan potensi tersebut.