

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BAJA PADA TANAH LEMPUNG DI DAERAH SARIREJO KABUPATEN LAMONGAN TERHADAP POTENSIAL SWELLING

Machfud Ridwan¹, Firmansyah Ali Marta²

)¹ Tenaga Akademi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Machfud.Unesa@gmail.com

)² Mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Firmansyahalimarta13@gmail.com

Abstrak

Tanah kembang susut adalah tanah lempung yang akan mengembang bila terkena air di musim penghujan dan akan menyusut disertai retak-retak bila terkena panas di musim kemarau. Di sini terdapat adanya fenomena shrink-swell akibat adanya perubahan kadar air di dalam tanah, sedangkan fenomena swelling terjadi karena air berpenetrasi masuk kedalam ruang pori antar partikel yang mengakibatkan volume tanah bertambah besar dan nilai kohesi menurun. Material limbah baja memiliki keuntungan yaitu dapat mengikat atau mengurangi kandungan air pada tanah karena kandungan komposisi pada limbah baja dan dapat sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah. Penggunaan limbah baja ini untuk memanfaatkan limbah yang tertibun di lokasi pabrik sampai menumpuk tinggi sehingga sangat mengganggu lingkungan sekitar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Limbah Baja pada tanah lempung terhadap potensial *Swelling*. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen di Laboratorium dengan cara membuat benda uji yang ditambah dengan Limbah Baja. Variasi campuran benda uji tersebut adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Dalam penelitian ini dilakukan berbagai macam test antara lain adalah test *Atterberg*, yaitu test Batas Cair dan test Batas Plastis untuk mengetahui nilai Indeks Plastisitas, kemudian dilakukan tes *Standart Proctor* dan Test Konsolidasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar penambahan Limbah Baja pada tanah lempung maka nilai potensial *Swelling* mengalami penurunan. Hasil penelitian potensial swelling pada tanah lempung dengan campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20% Limbah Baja masing masing sebesar 0.839%, 0.759%, 0.664%, 0.577% dan 0.438 termasuk tanah dengan potensial swelling kategori rendah.

Kata Kunci : Tanah Lempung Ekspansif, Potensial *Swelling*, Limbah Baja

Abstract

Flower soil is clay soil shrinkage that will swell when exposed to water in the rainy season and will shrink with cracks when exposed to heat in the dry season. Here there is the phenomenon of shrink-swell due to changes in moisture content in the soil, while the swelling phenomenon occurs because the water penetrates into the pore spaces between soil particles resulting volume increase in size and value of cohesion decreases. Waste material steel has the advantage that it can bind or reduce the water content in the soil because the content of the composition of the waste steel and can be as neutralizer of the nature and development of soil shrinkage. The use of this steel waste to utilize tertibun waste at the plant site until piled high so it is disturbing the neighborhood. This study aims to determine how much influence Waste Steel on clay against swelling potential. This study is an experimental research in the laboratory by making specimens coupled with Steel Waste. Variations mix the test object is 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. In this research, a wide range of tests include Atterberg tests, which test limits and test limits Liquid Plastis to know the plasticity index values, then do the test Standard Proctor and Consolidation Test.

The results showed that the greater the addition of Waste Steel on clay, the potential value of swelling increased. Swelling potential of research results on clay with a mixture of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% respectively Steel Waste of 0.839%, 0.759%, 0.664%, 0.577% and 0.438% including soil with swelling potential lower category. Researchers suggest to work the soil compaction or soil stabilization using steel waste to use a mixture

of 20% variation, due to the composition of the clay soil mixture Sarirejo area is stable and in the category of low swelling.

Keywords: Expansive Clay Soil, Potential Swelling, Waste Steel (Slag)

PENDAHULUAN

Tanah kembang susut adalah tanah lempung yang akan mengembang bila terkena air di musim penghujan dan akan menyusut disertai retak-retak bila terkena panas di musim kemarau. Di sini terdapat adanya fenomena *shrink-swell* akibat adanya perubahan kadar air di dalam tanah, sedangkan fenomena *swelling* terjadi karena air berpenetrasi masuk kedalam ruang pori antar partikel yang mengakibatkan volume tanah bertambah besar dan nilai kohesi menurun.

Tanah lempung ekspansif (*expansive soil*) adalah tanah yang mempunyai potensi penyusutan atau pengembangan oleh pengaruh perubahan kadar air. Rusaknya perkerasan yang berada di atas tanah dasar ekspansif adalah karena perkerasan merupakan struktur yang ringan dan sifat bangunannya meluas. Tanah ekspansif mengalami kembang susut bila terjadi perubahan kadar air. Tanahnya akan mengembang bila kadar air bertambah, misal pada musim penghujan, dan menyusut bila kering pada musim kemarau (Surat, 2011:8).

Tanah lempung dalam penelitian ini mengambil di daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan karena keadaan tanah pada daerah Sarirejo merupakan tanah kembang susut yang sangat di pengaruhi oleh kandungan air yang ada di dalam tanah tersebut. Jika kandungan airnya banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan berkurang demikian sebaliknya jika kadar airnya berkurang atau kering maka tanah itu akan menyusut dan mengakibatkan pecah-pecah di permukaannya sedangkan daya dukungnya akan meningkat.

Slag dihasilkan selama proses pemisahan cairan baja dari bahan pengotornya pada tungku pembuat baja. Bahan tambah Limbah Baja (*Slag*) pada tanah ekspansif merupakan salah satu cara untuk mengurangi nilai *swelling*. Kembang susut tanah didefinisikan sebagai peristiwa pengembangan (*swell*) karena meresapnya air ke pori-pori tanah menggantikan udara akibat penambahan beban. Rangkaian pengujian kembang susut tanah ini menggunakan satu set alat uji konsolidasi (*consolidometer*). Pengujian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui seberapa besar persentase mengembang dan tekanan (*pressure*) apabila tanah dibebani. Material

limbah baja ini memiliki keuntungan yaitu dapat mengikat atau mengurangi kandungan air pada tanah karena kandungan komposisi pada limbah baja dan dapat sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah. Penggunaan limbah baja ini untuk memanfaatkan limbah yang tertibun di lokasi pabrik sampai menumpuk tinggi sehingga sangat mengganggu lingkungan sekitar.

Berdasarkan uraian diatas yang telah dikemukakan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan Limbah Baja (*Slag*) pada tanah Ekspansif di daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan terhadap Potensial *Swelling* ?

Sesuai dengan rumusan masalah yang dikemukakan maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan hasil seberapa besar pengaruh penambahan Limbah Baja (*Slag*) pada Tanah Ekspansif di daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan terhadap Potensial *Swelling*.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah

1. Tanah lempung yang digunakan dari Desa Sarirejo Kecamatan Sarirejo Kabupaten Lamongan.
2. Limbah baja yang digunakan yaitu dari PT. ISPAT INDO (Jl.Gajahmada Kedungturi, Taman, Sidoarjo)
3. Benda uji adalah tanah ekspansif dan limbah baja (*slag*), dengan campuran limbah baja 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat tanah kering.
4. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Negeri Surabaya.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya dengan melakukan serangkaian pengujian benda uji yang terbuat dari campuran tanah lempung dari Sarirejo Lamongan dan Limbah Baja (*Slag*) dari (PT. ISPAT INDO). Campuran tanah lempung dengan limbah baja ini telah dilakukan survey awal pada tanah lempung 0% atau tanah asli dengan hasil IP(*Index Plasticity*) 59,26% yang termasuk tanah ekspansif sangat tinggi, kemudian setelah penambahan limbah baja 10% nilai IP(*Index Plasticity*)

yang dihasilkan menjadi 34,93% yang dimana termasuk kategori tanah ekspansif tinggi, setelah itu dilakukan penambahan 20% limbah baja dengan hasil IP (*Index Plasticity*) 23,13% yang termasuk kategori tanah ekspansif sedang maka dibuat dengan perbandingan campuran Limbah Baja pada tanah ekspansif yaitu: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat tanah (*Hary Christady Hardiyatmo, 2010 : 52*) kemudian di buat benda uji penelitian di laboratorium dengan campuran persentase penambahan limbah baja yang bervariasi. Praktek ini bertujuan untuk mengetahui nilai Potensial *Swelling* test dengan kepadatan yang sama menggunakan *Standart Proctor Test*.

Lokasi dan waktu penelitian

1. Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Negeri Surabaya (UNESA) kampus Ketintang Surabaya.
2. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2013/2014
3. Populasi dalam penelitian ini menggunakan tanah ekspansif daerah desa Sarirejo kecamatan Sarirejo daerah Kabupaten Lamongan
4. Sampel yang digunakan dalam penelitian Potensial *Swelling* yaitu ada 5 sampel (S1,S2, S3, S4, S5)

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas adalah variabel yang sengaja dipelajari pengaruhnya (dengan cara mengubah atau memanipulasi) terhadap variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan limbah baja (*slag*) dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.
2. Variabel terikat adalah variabel yang keadaannya akibat variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah besarnya nilai potensial *Swelling*.
3. Variabel kontrol adalah perlakuan yang disamakan terhadap penelitian yang dilakukan. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif yang berada di daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan, Limbah Baja (*Slag*) dan kepadatan benda uji adalah kepadatan maksimal dari *Standart Proctor Test*.

Teknik Pengumpulan Data

1. Uji Atterberg yang terdiri dari Test LL (*Liquid Limit*) untuk mendapatkan batas cair dan tes PL (*Plastic Limit*) untuk mengetahui batas plastis, sehingga mendapatkan nilai IP (*Index Plasticity*).
2. Uji Standart Proctor (*Pemadatan Tanah*) yang bertujuan untuk mendapatkan nilai $\gamma_{d_{maks}}$ dan W_{opt} ,

dan proses dalam melakukan tes pemadatan 5 benda uji pada tiap masing – masing campuran.

3. Uji *Spesific Grafity* yang bertujuan untuk menentukan berat jenis butiran tanah (Gs)
4. Melakukan test pengembangan pada masing-masing benda uji yang telah dibuat untuk mencari nilai *swellingnya*.

Teknik Analisis dan Pengolahan Data

1. Penyusunan data, dari data mentah ke dalam data kelompok, kemudian disajikan ke dalam bentuk tabel, gambar atau grafik, sehingga mudah dipahami.
2. Metode analisis yang digunakan adalah analisis data laboratorium kemudian di interpretasikan ke dalam bentuk kuantitatif (data berbentuk angka) dan dianalisis secara deskripsi kualitatif.

Langkah Penelitian

1. Menyiapkan bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian yaitu menyiapkan tanah lempung ekspansif yang lolos ayakan No.10 apabila untuk tes Atterberg Limit tanah yang lolos ayakan No.10 di haluskan menggunakan penumbuk keramik kemudian di ayak kembali sampai lolos ayakan no.40.
2. Membuat campuran tanah lempung ekspansif dan limbah baja (*Slag*) untuk pembuatan benda uji dengan perbandingan prosentase limbah baja 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Pencampuran tanah lempung ekspansif dan limbah baja yang terdiri dari 5 buah macam benda uji.
3. Melakukan tes batas-batas Atterberg yaitu pengujian untuk mencari nilai IP (*Index Plasticity*) sesuai ketentuan, antara lain: test LL (*Liquid Limit*) untuk mengetahui batas cair, test PL (*Plastic Limit*) untuk mengetahui batas plastis sehingga didapat IP (*Index Plasticity*) dengan rumus : $IP = LL - PL$.
4. Melakukan tes pemadatan tanah yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah dengan menggunakan *Standart Proctor Test* pada masing-masing campuran benda uji untuk mencari kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) dan kadar air optimum (W_{opt}).
5. Membuat benda uji dari masing-masing campuran persentase Limbah Baja yang dipadatkan dengan kepadatan maksimum, kemudian dibentuk dalam tabung dengan diameter 5 cm dan tinggi 1.37 cm setelah mendapatkan $\gamma_{d_{maks}}$ dan w_{opt} .
6. Melakukan tes pengembangan tanah dari campuran benda uji untuk mencari nilai *swellingnya*.
7. Menganalisa data hasil penelitian kemudian memberikan kesimpulan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data Penelitian

Data yang didapatkan dari hasil penelitian terhadap penambahan Limbah Baja (*slag*) pada tanah lempung di daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan terhadap potensial *swelling*.

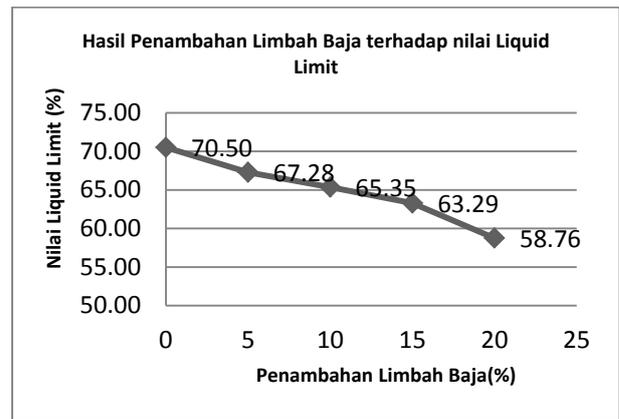
A. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Masing-Masing Benda Uji Terhadap Harga Batas Cair / Liquid Limit (LL)

Hasil uji batas cair di laboratorium untuk tanah lempung dengan berbagai variasi penambahan *Limbah Baja* dapat dilihat pada tabel dan grafik 4.2 yang menunjukkan bahwa harga LL menurun. Adapun penurunannya yaitu pada benda uji 1 adalah 70.50 %, kemudian pada benda uji 2, 3, 4 hasil berturut-turut mengalami penurunan menjadi 67.28%, 65.35%, 63.29% dan pada benda uji 5 turun menjadi 58.76%. Jadi dapat disimpulkan bahwa plastisitas tanah dapat berubah dengan adanya penambahan Limbah baja pada tanah lempung. Dengan penambahan Limbah Baja pada tanah akan didapatkan struktur tanah yang lebih keras sehingga mengakibatkan plastisitas tanah menurun dan kembang susut tanah juga menurun. Semakin besar penambahan limbah baja, maka harga batas cair (*Liquid Limit*)nya akan mengalami suatu penurunan. Dari menurunnya harga batas cair (*Liquid Limit*) maka indeks plastisipun juga mengalami penurunan dan juga besar kembang susut (*Swelling*) tanah dapat berkurang atau mengalami penurunan juga. Jadi semakin besar penambahan Limbah Baja terhadap tanah lempung maka semakin menurun nilai batas cair tanah tersebut.

Tabel 4.1

.Nilai LL dengan variasi penambahan *Limbah Baja*

Benda Uji	Penambahan Limbah Baja (%)	Nilai (LL)	Prosentase Penurunan (%)
1	0	70,50	0
2	5	67,28	4,57
3	10	65,35	7,31
4	15	63,29	10,23
5	20	58,76	16,66



Grafik 4.1 Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* Terhadap Nilai Liquid Limit (LL)

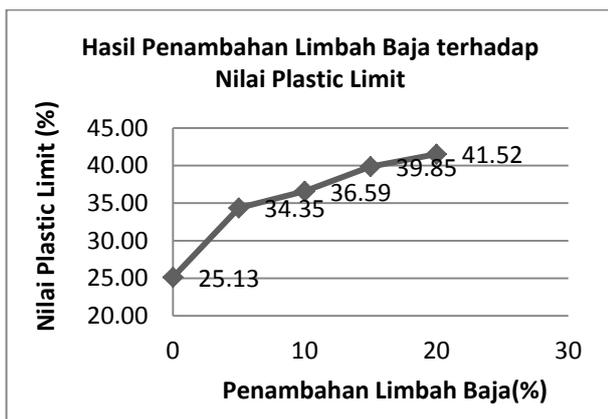
B. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Masing-Masing Benda Uji Terhadap Harga Batas Plastis / Plastic Limit (PL)

Hasil pada tabel dan grafik 4.2 menunjukkan nilai batas plastis benda uji 1 adalah 25,13% tanpa menambahkan campuran *Limbah Baja*, kemudian pada benda uji 2 dengan menggunakan penambahan *Limbah Baja* sebesar 5% nilai batas plastisnya yaitu naik menjadi 34,35% dan pada benda uji 3, 4, 5 dengan menggunakan penambahan *Limbah Baja* berturut-turut yaitu 10%, 15%, 20% nilai batas plastisnya pun juga semakin naik yaitu sebesar 36,59%, 39,85%, 41,52%. Semakin besar variasi penambahan Limbah Baja pada tanah lempung, maka nilai batas plastis mengalami kenaikan. Peristiwa ini disebabkan karena semakin adanya penurunan kohesi tanah. Pada saat tanah ditambahkan Limbah Baja dan kandungan airnya lebih sedikit maka akan lebih cepat kering dan kemudian akan retak. Semakin banyak penambahan Limbah Baja dalam tanah maka dibutuhkan lebih banyak air agar ada daya tarik menarik antar partikel yang terkandung. Pada tanah lempung asli lebih sedikit membutuhkan air karena daya tarik menarik sangat besar. Apabila tanah lempung asli kandungan air terlalu banyak akan lebih lama mengalami keretakan dengan begitu dibutuhkan penambahan tanah lebih banyak. Jadi semakin besar penambahan Limbah Baja maka semakin sedikit kandungan air pada tanah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar variasi penambahan Limbah Baja pada tanah lempung, maka nilai batas plastis mengalami kenaikan.

Tabel 4.2.

Nilai PL dengan variasi Penambahan *Limbah Baja*

Benda Uji	Penambahan Limbah Baja (%)	Nilai (PL)	Prosentase Kenaikan (%)
1	0	25,13	0
2	5	34,35	36,67
3	10	36,59	45,58
4	15	39,85	58,58
5	20	41,52	65,19



Grafik 4.2. Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* terhadap Nilai Plastic Limit (PL).

C. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Masing-Masing Benda Uji Terhadap Harga Indeks Plastis(IP)

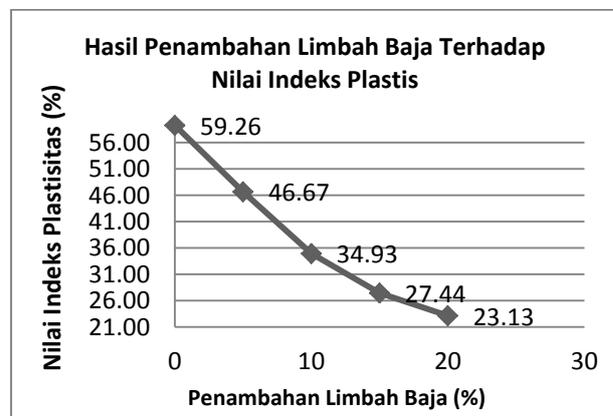
Pada Tabel dan Grafik 4.4 menunjukkan nilai IP pada masing – masing benda uji mengalami penurunan, karena diberi tambahan *Limbah Baja*. Nilai Indeks Plastis didapat dari nilai LL dikurangi nilai PL, ($LL - PL = IP$) dari masing – masing campuran. Hasil uji menunjukkan nilai IP tanah asli yaitu 59,26%, sedangkan saat tanah asli dicampur dengan *Limbah Baja* sebesar 5% nilai IP menurun menjadi 46,67%, pada saat diberi campuran *Limbah Baja* sebesar 10%, 15%, dan 20% nilai IP secara berturut – turut menjadi turun yaitu 34,93%, 27,44%, 23,13%. Nilai IP pada benda uji 1 termasuk tanah plastisitas sangat tinggi karena berada pada rentang lebih dari 55, sedangkan pada benda uji 2, 3, dan 4 termasuk tanah plastisitas tinggi karena berada pada rentang antara 25-55, kemudian pada benda uji 5 termasuk tanah

plastisitas sedang karena nilai IPnya berada pada rentang nilai 15-25. Tanah lempung yang diambil di daerah Sarirejo, Kabupaten Lamongan adalah termasuk tanah lempung ekspansif klasifikasi tinggi sebelum dicampur dengan *Limbah Baja*, tapi setelah dicampur dengan *Limbah Baja* sebesar 20%, tanah tersebut berubah menjadi tanah ekspansif sedang. Hal ini dikarenakan komposisi *Limbah Baja* terdapat unsure yang bersifat mengikat air dari sifat kembang susut tanah tersebut. Campuran tanah dan Limbah Baja diberi air, kemudian sebagian air akan memilih mengikat Limbah Baja dan tanah lebih sedikit mengandung air sehingga plastisitas tanah lempung tersebut menjadi berkurang dan volume butiran tanah menjadi lebih besar yang diakibatkan karena terjadinya gumpalan. Jadi, semakin besar variasi penambahan *Limbah Baja* pada tanah lempung, maka nilai Indeks Plastisitas akan semakin menurun.

Tabel 4.3.

Nilai Indeks Plasticity (IP) dengan Variasi Penambahan *Limbah Baja*

Benda Uji	Penambahan Limbah Baja (%)	Nilai IP (%)	Prosentase Penurunan (%)	Klasifikasi Tanah Ekspan sif
1	0	59,26	0	Sangat Tinggi
2	5	46,67	21,25	Sangat Tinggi
3	10	34,93	41,05	Tinggi
4	15	27,44	53,69	Tinggi
5	20	23,13	60,96	Sedang



Grafik 4.3 Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* Terhadap Nilai (IP)

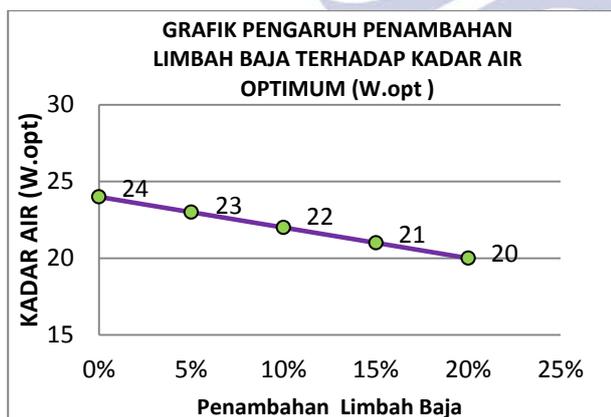
D. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Masing-Masing Benda Uji Terhadap Harga Kadar Air Optimum(W_c Opt)

Pada Tabel dan Grafik 4.4 menunjukkan Kadar Air Optimum (γ_w) mengalami penurunan yang disebabkan oleh penambahan Limbah Baja pada tanah lempung. Hasil pada saat tanah asli menunjukkan 24%, lalu turun menjadi 23% setelah ditambah *Limbah Baja* sebanyak 5%. Kemudian ditambah kembali 10%,15%, dan 20% hasil γ_w berturut-turut yaitu 22%, 21%, dan 20%. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan limbah baja maka semakin besar proses pengikatan limbah baja terhadap butiran-butiran tanah, sehingga mengakibatkan tanah menjadi lebih keras dan kadar air tanah ekspansif menjadi berkurang. Jadi semakin banyak penambahan Limbah Baja pada tanah tersebut maka semakin kecil juga air yang diikat pada tanah, dengan begitu Kadar Air Optimum (W_{opt}) pada tanah tersebut akan menurun.

Tabel 4.4.

Besarnya Nilai Kadar Air Optimum dengan Variasi Penambahan

Benda uji	Penambahan Limbah Baja (%)	W_{opt} (%)	Prosentase Penurunan (%)
1	0%	24	0
2	5%	23	4,17
3	10%	22	8,33
4	15%	21	12,50
5	20%	20	16,67



Grafik 4.4. Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* Terhadap Nilai (W_c opt)

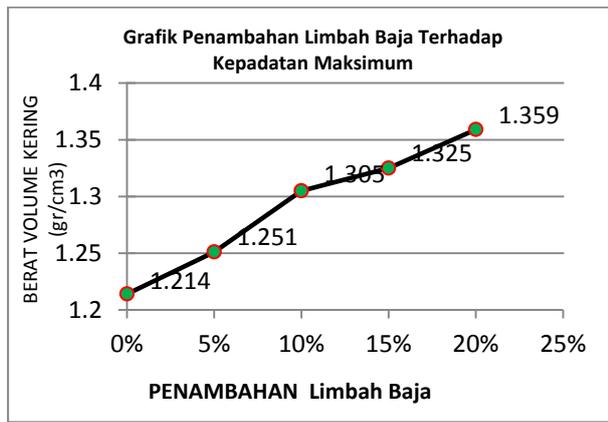
E. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Masing-Masing Benda Uji Terhadap Harga Kepadatan Maksimum(γ_d max)

Pada Tabel dan Grafik 4.5 menunjukkan semakin besar penambahan *Limbah Baja* maka akan semakin besar pula nilai Kepadatan Maksimum ($\gamma_{d maks}$). Pada benda uji ke 1 tanpa penambahan Limbah Baja nilai kepadatan maksimumnya adalah 1.214 gr/cm³, setelah diberi penambahan *Limbah Bajasebesar* 5% nilainya naik menjadi 1.251 gr/cm³, kemudian pada benda uji ke 3, ke 4, dan ke 5 hasilnya berturut – turut yaitu 1.305 gr/cm³, 1.325 gr/cm³, 1.359 gr/cm³. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan Limbah Baja harga kepadatan maksimumnya semakin naik dan harga kadar air optimumnya menurun. Kenaikan kepadatan maksimum ini diakibatkan semakin bertambahnya limbah baja menyebabkan terjadi pengkristalan pada campuran tersebut, yang mengakibatkan semakin mengecil ruang pori-pori dalam tanah, hal ini dibuktikan dengan berkurangnya kadar air optimum pada tanah tersebut. Jika kadar air berkurang maka kepadatan tanah menjadi meningkat.

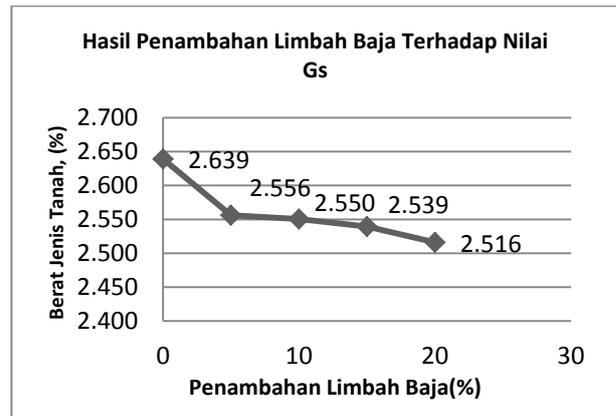
Tabel 4.5.

Besarnya Nilai (γ_d maks) dengan variasi penambahan Limbah Baja.

Benda uji	Campuran Benda Uji		γ_d maks (gr/cm ³)	Kenaikan Prosentase γ_d Maks (%)
	T. Lempung (%)	Limbah Baja (%)		
1	100	0%	1.214	0
2	100	5%	1.251	3.05
3	100	10%	1.305	7.50
4	100	15%	1.325	9.14
5	100	20%	1.359	11.94



Grafik 4.5 Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum (γ_d maks)



Grafik 4.6. Pengaruh Penambahan *Limbah Baja* Terhadap Nilai Berat Jenis (Gs)

F. Pengaruh Penambahan Limbah Baja pada Tanah Lempung terhadap Nilai Berat Jenis (Gs)

Berat jenis (*Spesific Gravity*) tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) saat $t = 20^\circ\text{C}$ atau didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi bahan terhadap berat isi air. Hasil tabel dan grafik 4.6 menunjukkan nilai test berat jenis pada uji 1 adalah 2.639, sedangkan pada benda uji 2, 3, 4, 5 nilai berat jenisnya secara berturut- turut menurun yaitu 2.556, 2.550, 2.539, 2.516. Oleh karena itu, semakin banyak variasi penambahan *Limbah Baja* pada tanah lempung, maka nilai berat jenis tanah tersebut akan mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh pertukaran ion-ion yang ditimbulkan *Limbah Baja*, sehingga menghasilkan butiran tanah baru dengan ukuran yang menjadi lebih besar karena penggumpalan (segmentasi), yang kemudian akan memperbesar volume butiran dan menurunkan nilai *Spesific Gravity*. Jadi, semakin banyak variasi penambahan *Limbah Baja* pada tanah lempung, maka nilai berat jenis tanah (Gs) akan semakin turun.

Tabel 4.6.

Nilai Gs dengan Variasi Penambahan *Limbah Baja*

Benda Uji	Penambahan Limbah Baja (%)	Nilai Gs	Presentase Penurunan (%)
1	0	2.639	0
2	5	2.556	3.14
3	10	2.550	3.36
4	15	2.539	3.78
5	20	2.516	4.66

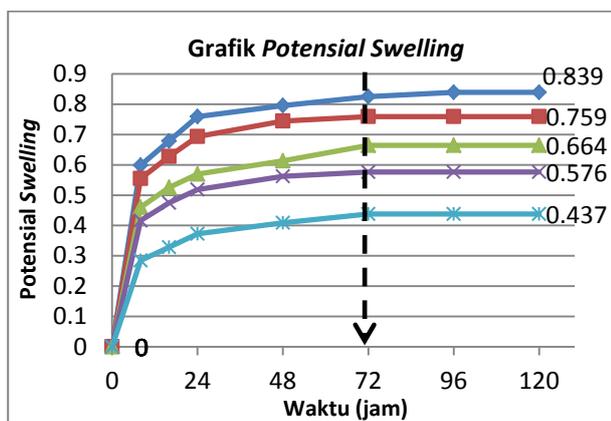
G. Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Tanah Lempung Terhadap Potensial Swelling

Hasil tes pengembangan (*Swelling*) dari tiap-tiap variasi campuran limbah baja terdapat adanya penurunan nilai *Swelling* yang cukup signifikan, setelah menarik garis lurus pada masing-masing campuran di jam ke-72 yaitu pada tanah asli (0% *Limbah Baja*, 5% *Limbah Baja*, 10% *Limbah Baja*, 15% *Limbah Baja*, 20% *Limbah Baja*) masing-masing mempunyai nilai Potensial *Swelling* rendah. Perbandingan dari masing-masing variasi campuran dapat dilihat pada table 4.12 dan grafik 4.12 sebagai berikut:

Tabel 4.12.

Harga Potensial *Swelling* dan Klarifikasi pada Tiap Variasi Campuran Tanah Lempung + *Limbah Baja*

Presentase Penambahan Limbah Baja (%)	Potensial <i>Swelling</i> (%)	Penurunan <i>Swelling</i>	Klasifikasi <i>Swelling</i>
0	0.825	-	Rendah
5	0.759	0.066	Rendah
10	0.664	0.095	Rendah
15	0.577	0.088	Rendah
20	0.438	0.139	Rendah



Grafik 4.7. Perbandingan Potensial Swelling pada Masing-Masing Campuran Tanah Lempung + Limbah Baja

Penambahan Limbah Baja mengakibatkan turunnya nilai Swelling tanah, dan waktu pengembangan semakin singkat. Ini dikarenakan pada limbah baja terdapat kation-kation positif yang mampu mengikat partikel tanah negative (anion), kation-kation tersebut menempatkan diri di antara permukaan partikel tanah yang bermuatan negative (anion) sehingga melawan kecenderungan mengembang dari tanah kembang susut. Jadi semakin banyak penambahan limbah baja pada tanah maka semakin singkat pengembangan tanah dan nilai potensial swelling akan turun.

SIMPULAN

Setelah melaksanakan penelitian di laboratorium mekanika tanah UNESA tentang pengaruh penambahan Limbah Baja (Slag) terhadap potensial Swelling pada tanah lempung ekspansif, maka dapat disimpulkan:

1. Hasil tes pengembangan tanah menunjuka bahwa semakin besar penambahan Limbah Baja (Slag) maka harga potensial swelling tanah lempung akan turun. Penambahan Limbah Baja (Slag) yang efektif yaitu penambahan 20% Limbah Baja dengan diperoleh harga potensial swelling sebesar 0,438% dalam waktu 72 jam, dan termasuk dalam kategori potensial swelling rendah karena berada pada rentang 0%-1,5%.
2. Hasil tes konsistensi tanah menunjukan bahwa semakin besar penambahan Limbah Baja (Slag) maka harga plasticity index (IP) tanah lempung tersebut akan turun. Penambahan Limbah baja yang efektif dalam penelitian ini yaitu 20% dengan diperoleh har IP sebesar 23,13% dan termasuk dalam kategori tanah lempung elspansif tingkat sedang karena berada pada rentang antara 15%-25%.
3. Hasil tes standart proctor menunjukan bahwa semakin besar penambahan Limbah Baja (Slag) maka nilai kepadatan maksimum (γ_d max) tanah lempung tersebut akan naik. Kepadatan maksimum

yang diperoleh yaitu $1,359 \text{ gr/cm}^3$ pada campuran 20% Limbah Baja (Slag).

SARAN

1. Tanah Lempung didaerah Sarirejo Kabupaten Lamongan dapat digunakan dengan campuran Limbah Baja (Slag) karena tanah lempung daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan tidak stabil dan dalam kategori swelling rendah.
2. Perlu diadakan penelitian berkelanjutan pada tanah daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan dengan menggunakan penambahan bahan yang lain sebagai bahan stabilisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- After Holtz and Gibbs. 1956 *Expansive Soils : Problems And Practice In Foundation And Pavement Engineering*. (Page 51)
- Andayani, Nur. 1994. *Panduan Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah I*. Surabaya: Unversity Press.
- Hardiyatmo, C. Hary. 2010. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- Harisurningsih. 2003. *Mekanika Tanah I*. Surabaya : UNESA University Press.
- Hidayat, Fajar. 2013. *Pengaruh Penambahan Kapur Gamping Madura Pada Tanah Merah Di Daerah Bangkalan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. Skripsi tidak dipublikasikan.
- M. Das Braja, Terjemahan B. Mochtar Indrasurya. 1998. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
- Maulana, Pondy. 2013. *Pengaruh Penambahan Portland Cement Pada Tanah Merah Di Daerah Bangkalan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test*. Skripsi tidak dipublikasikan.
- Ridwan, Machfud. 2003. *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah I*. Surabaya : University Press.
- SNI 1742. 2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*. Bandung.
- SNI 1743. 2008. *Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*. Bandung.
- SNI 1744. 1989. *Cara Uji Pengembangan (Swelling) Laboratorium*. Bandung.
- Surat. 2011. *Analisis Struktur Pekerjaan jalan Di atas Tanah Ekspansif (Studi Kasus: Ruas jalan Purwodadi – Blora)*. Skripsi tidak dipublikasikan.
- Tim Penyusun. 2006. *Panduan Penulisan dan penilaian Skripsi*. Surabaya: University Press.