

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan membahas tentang penelitian yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Menggunakan tanah lempung yang diambil dari desa Ngasem Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur, diperoleh hasil yang meliputi sifat fisis dan mekanik tanah tersebut.

Sifat-sifat mekanik yang diperoleh adalah hasil dari pengujian pemadatan tanah dengan menggunakan variasi campuran slag baja. Pengujian meliputi uji proctor standart dan uji CBR *soaked* dan *unsoaked*. Hasil dari pengujian tersebut akan dijelaskan dalam bentuk tabel dan grafik, yang meliputi sifat fisik dan mekanik tanah.

4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

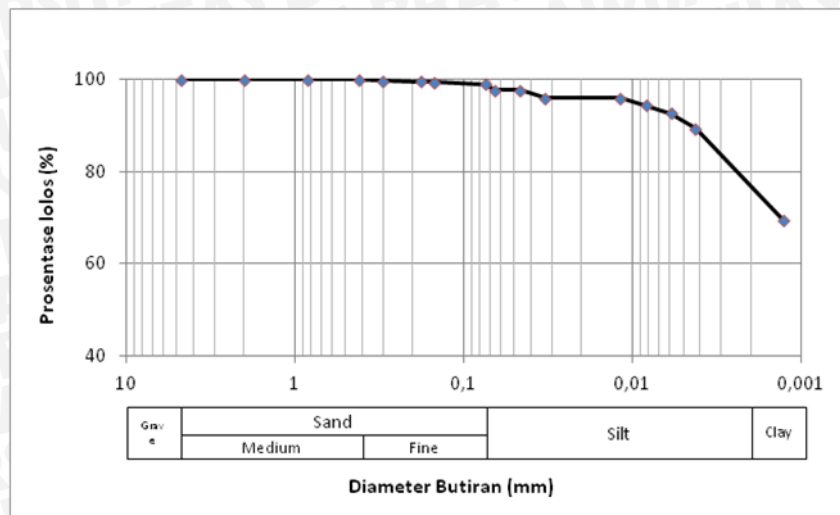
4.1.1 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis (*Specific Gravity*) tanah (Gs) didefinisikan sebagai rasio dari berat isi bahan terhadap berat isi air, dan bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis suatu tanah. Dari pengujian berat jenis yang telah dilakukan diperoleh nilai Gs tanah asli sebesar 2,528, Gs slag baja 3,715, dan Gs campuran, untuk campuran 5% slag adalah 2,854; 10% slag adalah 2,647; dan 15% slag sebesar 2,708.

4.1.2 Pengujian Analisis Butiran

Analisa butiran dibagi menjadi dua, yaitu analisa saringan dan hidrometer. Analisa saringan digunakan untuk mengetahui gradasi antara tanah berbutir halus dan kasar dengan menggunakan saringan, kemudian tanah yang lolos saringan no. 200 akan diuji menggunakan analisa hidrometer. Hasilnya dapat kita lihat pada grafik 4.1.





Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara diameter partikel dan persen finer.

Dilihat dari grafik diatas, maka lebih dari 50% tanah yang lolos saringan no. 200 yaitu sebesar 98,93%, sehingga menurut sistem klasifikasi tanah unified tanah tersebut dapat digolongkan sebagai tanah berbutir halus.

4.1.3 Pengujian Batas-Batas Atterberg

Hasil pengujian batas-batas atterberg pada tanah asli didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 125%, batas plastis (PL) 44,315%, batas susust (SL) 8,230%, dan indeks plastis (IP) 80,685%. Jika dilihat dari nilai-nilai pada pengujian diatas dan jumlah butir tanah yang lolos saringan no. 200 lebih dari 50%, maka tanah dapat digolongkan sebagai tanah berbutir halus, sehingga sistem pengklasifikasiannya dapat ditentukan berdasarkan nilai indeks plastisnya.

4.1.4 Klasifikasi Tanah

a. Berdasarkan Sistem Klasifikasi Tanah Sistem Unified

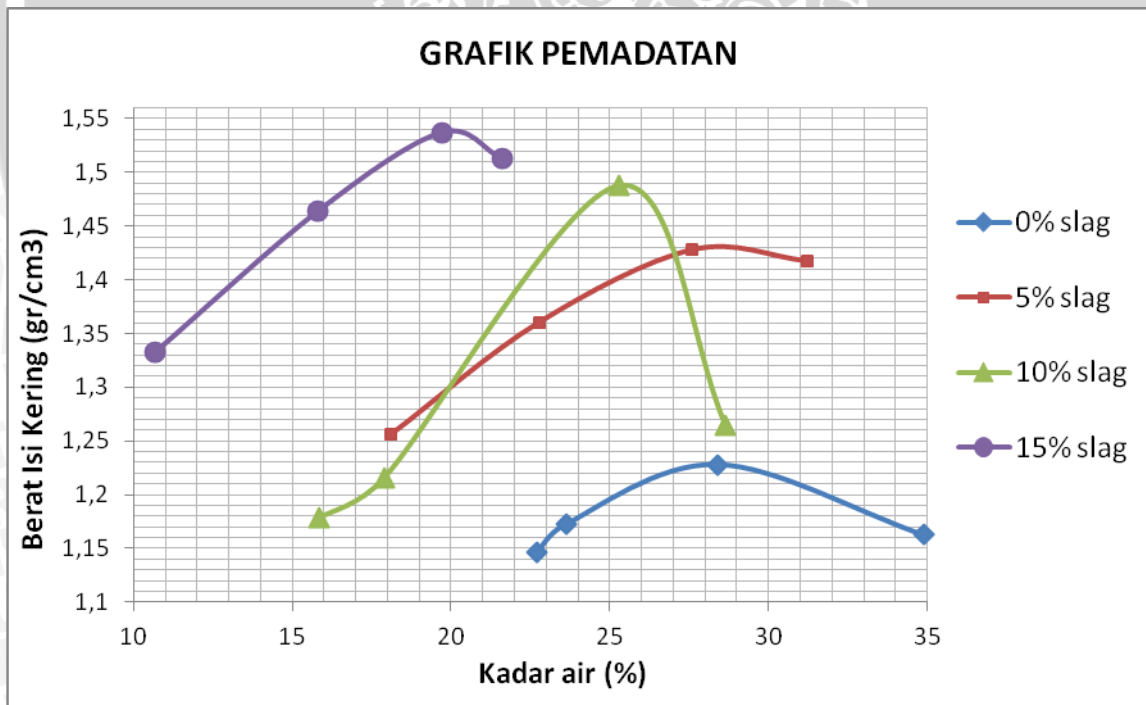
Berdasarkan klasifikasi tanah sistem Unified, dengan nilai LL sebesar 125% dan PL sebesar 44,315%, maka nilai PI sebesar 80,685%, sehingga tanah untuk daerah Desa Ngasem Kabupaten Bojonegoro tergolong sebagai tanah CH (lempung tak organik dengan plastisitas tinggi).

b . Sifat Ekspansifitas

Berdasarkan nilai yang didapatkan pada uji batas-batas atterberg tanah diatas didapatkan bahwa tanah tersebut memiliki nilai plasticity indeks (PI) sebesar 80,685%, shringkage indeks (SI) sebesar 116,770%.Jika ditinjau dari tabel 2.2 maka tanah tersebut teridentifikasi memiliki derajat ekspansifitas sangat tinggi, ditinjau dari tabel 2.3 maka tanah tersebut memiliki potensi *swelling* yang sangat tinggi. Jika dilihat dari nilai aktivitas indeks (persamaan 2-1) nilainya 1,356, nilai potensi pengembanganya 164,22% (persamaan 2-2), bila dilihat dari gambar 2.1 maka tanah dari Desa Ngasem Kabupaten Bojonegoro tergolong memiliki swelling potensial yang sangat besar.

4.2 Kepadatan Standar

Uji pemadatan standar bertujuan untuk menentukan kadar air optimum pada tanah asli dan tiap variasi campuran tanah dan slag baja, sehingga berat isi kering maksimum (γ_d) dapat diketahui. Hasil pemadatan standar pada masing-masing campuran dapat dilihat pada lampiran. Hasil pemadatan standar tanah asli dan variasi campuran dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Grafik pemadatan standar

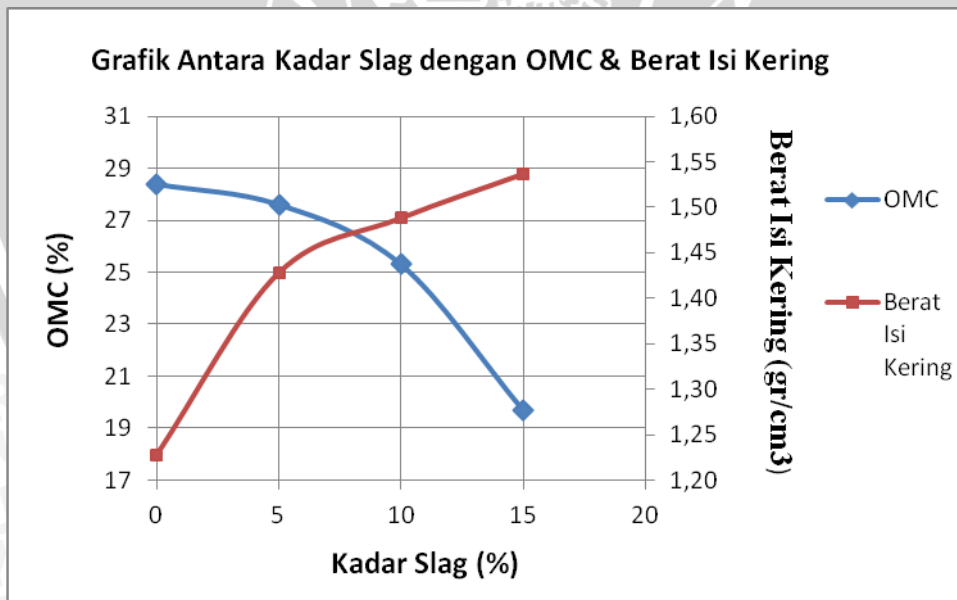
Hasil dari nilai kadar air optimum dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil nilai OMC dan MDD pengujian pemadatan standar

Variasi Slag (%)	Kadar air optimum (OMC) (%)	Berat volume kering maksimum (MDD) (gr/cm ³)
0	28,3807	1,2280
5	27,6020	1,4281
10	25,3014	1,4882
15	19,6978	1,5366

Sumber : Penelitian

Setelah melihat hasil pengujian pemadatan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar slag baja yang ditambahkan pada campuran maka grafik pemadatan semakin bergeser ke kiri (nilai OMC semakin berkurang) dan berat isi keringnya semakin bertambah. Jika dilihat dari teori pemadatan (Gambar 2.2), bertambahnya kandungan slag baja dalam tanah menyebabkan perbandingan volume antara tanah lempung dan slag baja, dengan demikian terjadi pula perubahan gradasi campuran tanah, disamping itu bila dilihat dari nilai berat isi kering yang semakin meningkat ini berarti dengan penambahan slag baja mampu merapatkan butiran-butiran tanah dan mengurangi pori-pori udara sehingga tanah mempunyai tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Kadar Slag dengan OMC & Berat Isi Kering

4.3 Pengaruh Penambahan Slag Baja dan Kadar Air terhadap Nilai CBR

Pengujian CBR (California Bearing Ratio) bertujuan untuk menentukan nilai daya dukung tanah CBR. Percobaan ini dilakukan dengan memberikan prosentase slag baja pada contoh tanah dengan beban proving ring sebesar 200lb dan kadar air yang berbeda di sekitar titik OMC yaitu -6%, -3%, +3%, dan +6% dari perkiraan OMC tiap campuran. Hasil perhitungan nilai CBR unsoaked disajikan pada tabel 4.2.

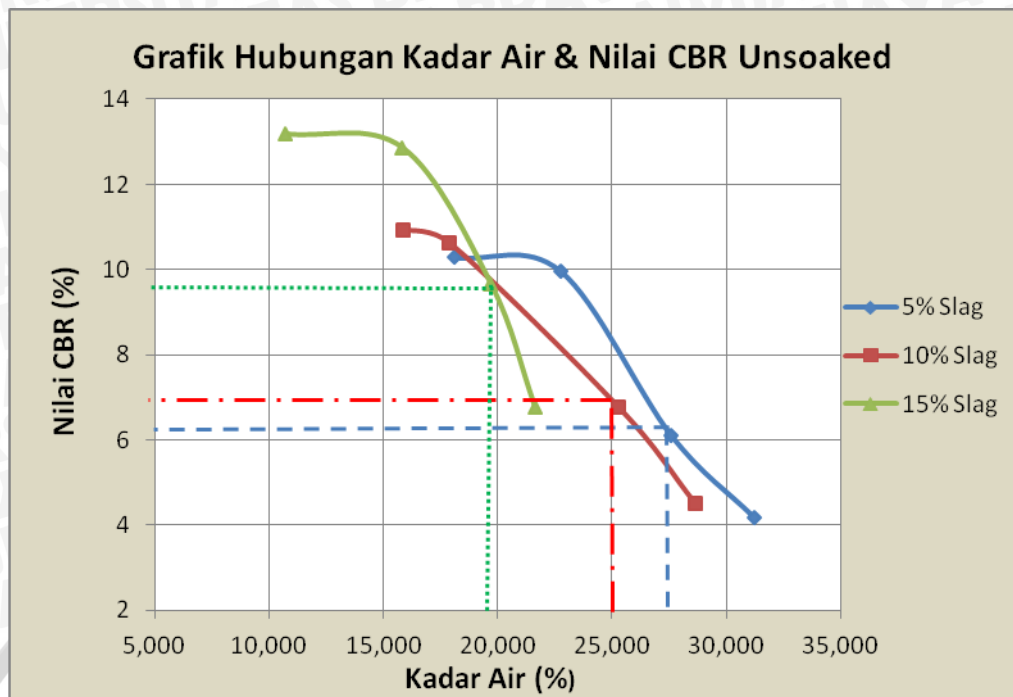
4.3.1 CBR Tanpa Rendaman

Dari hasil pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*) didapatkan kadar air, berat isi kering dan nilai CBR pada setiap campuran. Disini diambil nilai CBR yang terbesar dari harga penetrasi 0,1 dan 0,2 inch. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian CBR Unsoaked

Prosen Slag (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR Unsoaked (%)
0	28,381	1,228	6,433
5	18,117	1,256	10,293
	22,766	1,360	9,972
	27,602	1,448	6,112
	31,232	1,418	4,182
10	15,843	1,178	10,937
	17,889	1,215	10,615
	25,301	1,454	6,755
	28,648	1,265	4,503
15	10,680	1,333	13,188
	15,812	1,464	12,867
	19,698	1,537	9,650
	21,620	1,512	6,755

Dari hasil perhitungan yang telah disajikan pada tabel 4.2, kita dapat melihat hubungan antara kadar air dan nilai CBR unsoaked yang telah disimpulkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Kadar Air dengan Nilai CBR Tanpa Rendaman

Pada gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar air yang ditambahkan pada contoh tanah, maka nilai CBR *unsoaked*-nya akan semakin kecil, tetapi bila kadar air yang ditambahkan sedikit maka nilai CBR *unsoaked*-nya semakin besar. Untuk tanah asli, tanpa campuran slag baja nilai CBR *unsoaked* yang diuji pada kadar air OMC adalah 6,433%. Untuk campuran 5% slag baja nilai CBR *unsoaked* pada kadar air optimum adalah 6,3%, ini belum mencapai nilai maksimum yang dapat dicapai oleh campuran 5% slag baja, untuk mencapai nilai CBR yang lebih besar atau maksimum dapat diperoleh pada pemadatan yang lebih kering dari OMC. Untuk nilai CBR *unsoaked* campuran 10% slag baja pada keadaan OMC adalah 6,9%, dan untuk mencapai nilai yang lebih besar atau maksimum dapat diperoleh pada pemadatan yang lebih kering dari OMC. Untuk campuran 15% slag baja nilai CBR *unsoaked* pada keadaan OMC adalah 9,8%, dan nilai tersebut dapat meningkat jika tanah dengan campuran 15% slag baja dipadatkan pada keadaan lebih kering dari OMC. Pada keadaan OMC setiap campuran, nilai CBR *unsoaked* terbesar adalah 9,8% dengan campuran 15% slag baja dan berat isi kering $1,5366 \text{ gr/cm}^3$, hal ini terjadi karena semakin banyak campuran slag baja, maka kadar air yang dibutuhkan juga semakin sedikit sehingga tingkat kepadatan tanah semakin besar.

Hal ini sesuai apa yang diterangkan oleh L.D.Wesley (1977) bahwa contoh tanah yang tidak terendam, nilai CBR adalah sangat tinggi pada kadar air rendah, dan semakin tinggi kadar air maka semakin kecil nilai CBR. Walaupun demikian, hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air yang rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak akan tahan konstan pada nilai yang rendah itu. Setelah pembuatan jalan maka air akan dapat meresap ke dalam dasar tanah sehingga kekuatan CBR-nya akan turun sampai kadar air mencapai nilai yang konstan. Kadar air yang konstan ini disebut kadar air keseimbangan atau OMC.

Hal ini juga pernah dijelaskan oleh Lambe (1958) bahwa struktur berflokulasi yang dihasilkan pada keadaan lebih kering dari optimum mempunyai lebih banyak rekatan antarpartikel akibat kekurangan air jika dibandingkan dengan tekstur terdispersi pada keadaan yang lebih basah dari optimum, sehingga lempung yang dipadatkan lebih kering dari optimum akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar.

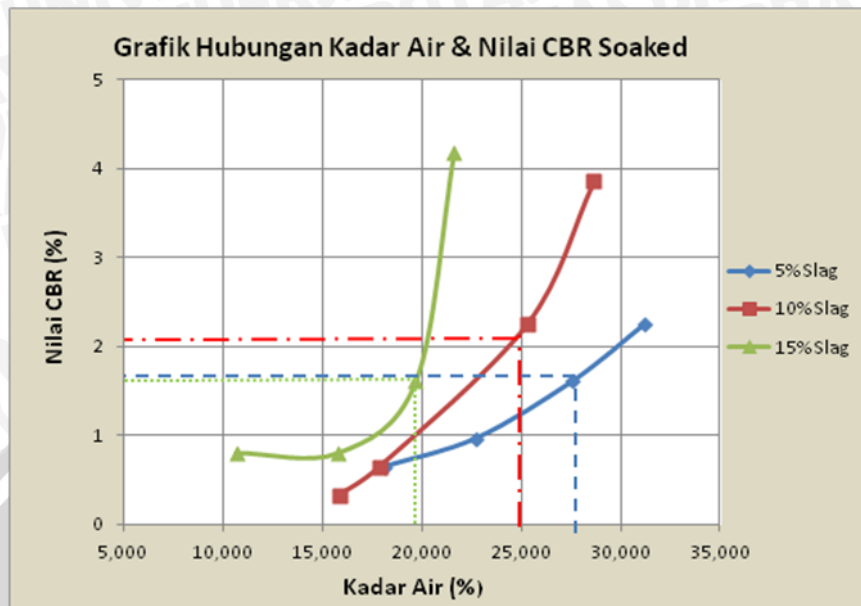
4.3.2 CBR Terendam

Untuk memperhitungkan pengaruh air terhadap kekuatan tanah, maka telah dilakukan pengujian CBR *soaked* (terendam), yaitu contoh tanah sebelum dilakukan uji CBR harus direndam didalam air dan diberi beban di atasnya hal ini biasanya untuk mengetahui keadaan dilapangan. Pada tabel 4.3 telah disajikan hasil pengujian CBR terendam untuk masing-masing campuran dan kadar air yang berbeda.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian CBR Soaked

Prosen Slag (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR Soaked (%)
0	28,381	1,228	0,965
5	18,117	1,256	0,643
	22,766	1,360	0,965
	27,602	1,448	1,608
	31,232	1,418	2,252
10	15,843	1,178	0,322
	17,889	1,215	0,643
	25,301	1,454	2,252
	28,648	1,265	3,860
15	10,680	1,333	0,804
	15,812	1,464	0,804
	19,698	1,537	1,608
	21,620	1,512	4,182

Untuk lebih jelas mengetahui hubungan antara kadar air dan nilai CBR setiap campuran dapat dilihat pada gambar 4.5.

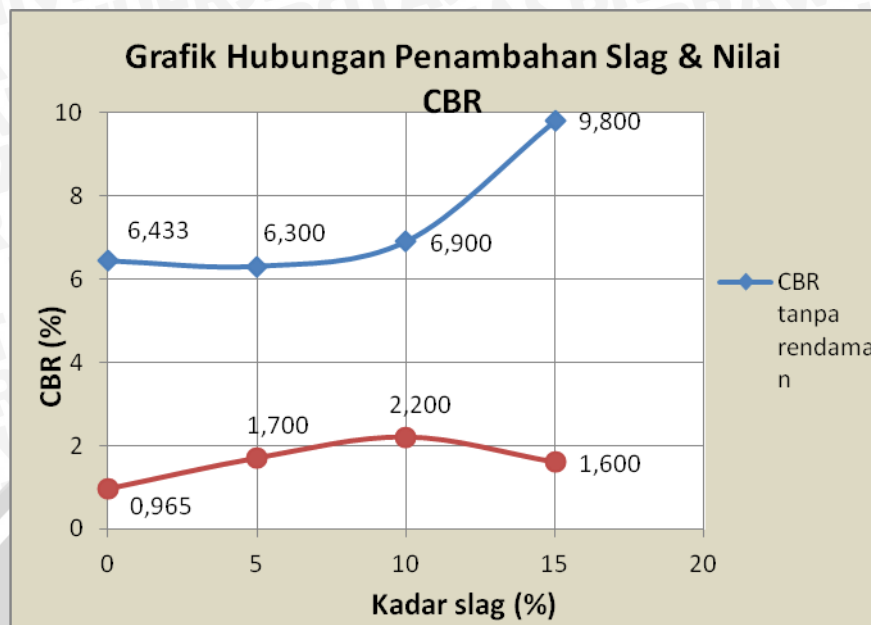


Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Kadar Air dengan Nilai CBR Terendam

Dari hasil pengujian dapat dilihat hubungan antara penambahan kadar air dan nilai CBR soaked pada setiap campuran, semakin banyak jumlah air yang ditambahkan pada contoh tanah maka nilai CBR soaked akan semakin meningkat. Pada tanah asli nilai CBR soaked pada keadaan OMC adalah 0,956%. Untuk campuran 5% slag baja nilai CBR soaked pada keadaan OMC adalah 1,7%, untuk mendapatkan nilai CBR soaked yang lebih besar atau maksimum maka tanah harus dipadatkan pada keadaan lebih basah dari optimum. Pada campuran 10% slag baja, nilai CBR soaked pada keadaan OMC adalah 2,2%, untuk mendapatkan nilai CBR yang lebih besar atau maksimum tanah harus dipadatkan pada keadaan lebih basah dari optimum. Untuk campuran 15% slag baja nilai CBR soaked pada keadaan OMC adalah 1,6%, untuk mendapatkan nilai CBR yang lebih besar atau maksimum tanah juga harus dipadatkan pada keadaan lebih basah dari optimum. Dari ketiga campuran tersebut nilai CBR soaked pada keadaan OMC terbesar pada campuran 10% slag baja yaitu sebesar 2,2% dengan berat isi kering 1,4882 gr/cm³.

Hal ini terjadi karena pada keadaan kering banyak air yang akan meresap kedalam tanah, sehingga tanah menjadi lunak. Sebaliknya apabila kadar air pada waktu dipadatkan adalah lebih basah dari pada optimum maka hanya sedikit air yang akan meresap sehingga pengaruh terhadap kekuatan tanah akan lebih kecil (L.D.Wesley, 1977).

4.4 Pengaruh Penambahan Slag Baja terhadap Nilai CBR



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Penambahan Slag Baja dengan Nilai CBR

Dari grafik diatas dapat dilihat pengaruh antara penambahan kadar slag terhadap nilai CBR. Pada pengujian CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) bertambahnya jumlah slag baja yang dicampurkan menyebabkan nilai CBR cenderung meningkat, hal ini terlihat dari nilai CBR tanah asli yaitu 6,112% setelah ditambahkan slag baja nilainya meningkat. Pada penambahan 5% dan 10% peningkatan nilai CBR tidak begitu drastis, tetapi pada penambahan 15% nilainya sangat jauh bila dibandingkan dengan tanah asli. Hal ini terjadi karena penambahan slag baja dapat merubah gradasi pada tanah (semakin banyak campuran slag baja, maka jumlah presentase tanah yang lolos saringan no. 200 akan semakin berkurang), sehingga kadar air yang dibutuhkan pada setiap campuran berbeda, hal ini terlihat pada nilai OMC pada setiap campuran, semakin banyak kadar slag, nilai OMC-nya semakin bergeser ke kiri (berkurang), sehingga meningkatkan berat isi kering dan meningkatkan kepadatan tanah. Menurut Johnson dan Sallberg (1960) apabila presentase tanah yang lolos saringan no. 200 bertambah, maka berat isi kering akan menurun (gambar 2.2). Dapat diduga pula pada saat penambahan slag baja semakin bertambah maka jumlah tanah lempung akan semakin berkurang karena tergantikan oleh slag baja, sehingga nilai CBR nya semakin meningkat.

Pada pengujian CBR terendam (*Soaked*) untuk penambahan slag baja 5% dan 10% nilai CBR mengalami peningkatan, tetapi pada penambahan 15% slag baja, nilai CBR mengalami penurunan. Hal ini mungkin saja terjadi karena perlakuan antara CBR

terendam sangat berbeda dengan CBR tanpa rendaman, sehingga mungkin pada campuran 10% slag baja merupakan campuran yang mencapai nilai CBR terendam optimum.

Dapat disimpulkan dari gambar 4.6 bahwa campuran slag baja yang tepat digunakan adalah 10%, karena memiliki nilai CBR yang tidak begitu kecil baik pada keadaan terendam ataupun tak terendam yaitu dengan nilai CBR tak terendam sebesar 6,9% dan CBR terendam 2,2% dengan nilai OMC 25,3% dan berat isi kering sebesar 1,4882 gr/cm³.

Untuk lebih jelasnya nilai CBR soaked dan CBR unsoaked pada saat kadar air optimum dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil nilai OMC, berat isi kering dan CBR

Variasi Slag (%)	Kadar air optimum (OMC) (%)	Berat volume kering (MDD) (gr/cm ³)	CBR UNSOAKED (%)	CBR SOAKED (%)
0	28,4	1,2280	6,433	0,965
5	27,6	1,4281	6,300	1,700
10	25,3	1,4882	6,900	2,200
15	19,7	1,5366	9,800	1,600

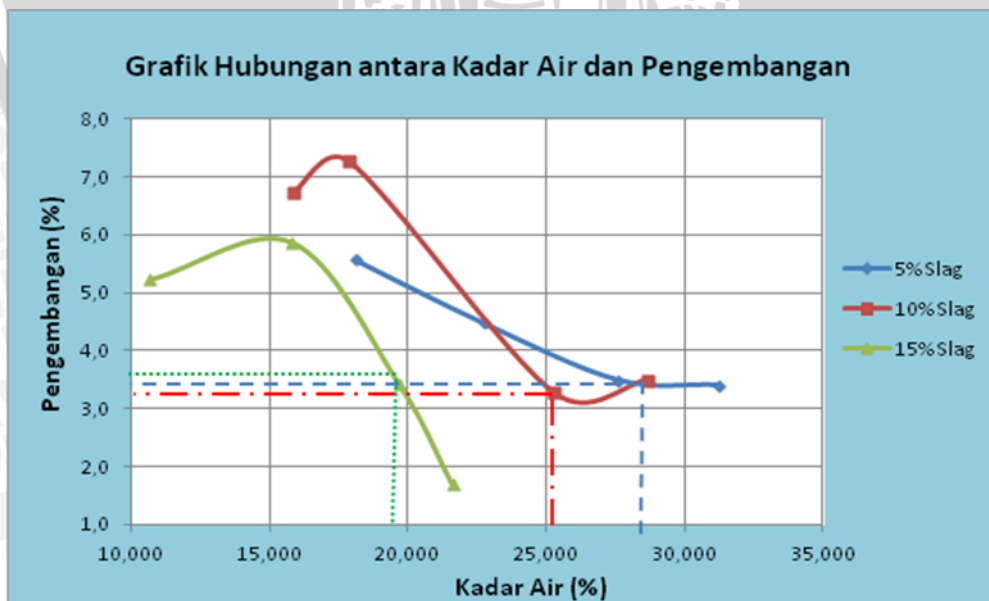
4.5 Pengaruh Penambahan Kadar Air terhadap Prosen Pengembangan

Uji pengembangan (*swelling*) merupakan proses pada saat benda uji direndam di dalam air sebelum dilakukan pengujian CBR terendam (*soaked*), benda uji dipasang arloji untuk mengukur *swelling* kemudian direndam di dalam bak air selama 48 jam dan dibaca pengembangannya diwaktu-waktu tertentu. Swelling dihitung sebagai presentase pengembangan terhadap tinggi sampel awal. Hasil uji swelling dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil nilai Kadar Air, Berat Isi Kering, dan Prosen Pengembangan

Prosen Slag (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	Pengembangan (%)
0	28,381	1,228	5,592
5	18,117	1,256	5,568
	22,766	1,360	4,471
	27,602	1,428	3,488
	31,232	1,418	3,400
10	15,843	1,178	6,720
	17,889	1,215	7,272
	25,301	1,488	3,264
	28,648	1,265	3,488
15	10,680	1,333	5,232
	15,812	1,464	5,872
	19,698	1,537	3,424
	21,620	1,512	1,696

Pada tabel 4.5 telah disajikan hasil pengujian *swelling* pada setiap campuran slag baja dengan masing-masing nilai kadar air, berat isi kering dan prosentase pengembangan. Hubungan antara kadar air dan prosen pengembangan pada masing-masing campuran dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Penambahan Kadar Air dengan Prosen Pengembangan

Uji *swelling* bertujuan untuk mengetahui berapa prosen pengembangan yang terjadi pada tanah selama direndam 48 jam. Tanah asli memiliki nilai pengembangan sebesar 5,592% pada saat kondisi OMC 28,4%, untuk setiap campuran dapat dilihat dari gambar 4.7. Pada campuran 5% slag baja, pengembangan pada saat OMC 27,6% sebesar 3,488%, pada keadaan OMC tersebut sudah mencapai nilai pengembangan minimum. Pada campuran 10% slag baja, pengembangan yang terjadi pada keadaan OMC 25,3% sebesar 3,264%, untuk campuran 15% slag baja, nilai pengembangan pada saat OMC 19,7% adalah 3,424% bila dilihat pada gambar 4.7 prosen pengembangan dapat sedikit lebih berkurang bila benda uji dipadatkan pada keadaan sedikit lebih basah dari kadar air optimum. Diantara ketiga campuran diatas, pada campuran 10% slag baja dengan OMC sebesar 25,3% dan berat isi kering 1,488 gr/cm³ yang memiliki nilai pengembangan terkecil.

Hal ini dapat disimpulkan untuk semua campuran, bahwa prosentase pengembangan akan berkurang bila benda uji dipadatkan pada keadaan lebih basah dari optimum, hal ini terjadi karena, bila benda uji dipadatkan dengan sedikit kadar air (lebih kering dari OMC), maka pada saat dilakukan perendaman akan banyak air yang terserap sehingga nilai mengembangan akan naik. Tetapi jika tanah dipadatkan pada keadaan lebih basah dari optimum, maka air yang terserap pada saat perendaman akan sedikit, sehingga pengembangan yang terjadi tidak akan besar karena tanah sudah jenuh dengan air.

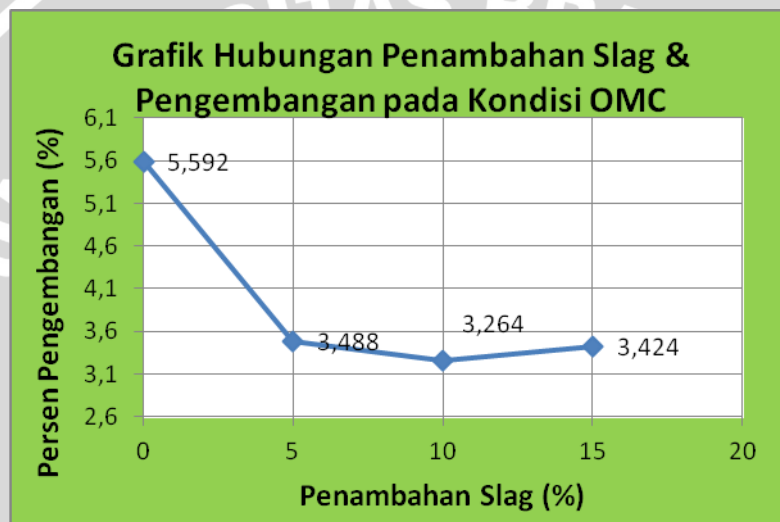
Hal ini juga pernah dinyatakan oleh Lambe (1958), bahwa percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa pemuaiannya ternyata lebih besar dan penyusutan lebih kecil untuk lempung yang dipadatkan pada bagian yang lebih kering dari optimum. Untuk tanah yang lebih basah dari optimum, kadar air refrensi sudah cukup tinggi sehingga hanya sedikit tambahan air yang diperlukan supaya S (kejenuhan) menjadi 100%, sehingga terdapat beberapa batasan pada pemuaiannya tanah. Hasil pengujian telah direkap pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil nilai OMC, Berat Isi Kering, dan Pengembangan

Variasi Slag (%)	Kadar air optimum (OMC) (%)	Berat volume kering maksimum (MDD) (gr/cm ³)	PENGEMBANGAN (%)
0	28,4	1,2280	5,5292
5	27,6	1,4281	3,488
10	25,3	1,4882	3,264
15	19,7	1,5366	3,424

4.6 Pengaruh Penambahan Slag Baja terhadap Prosen Pengembangan

Pengaruh penambahan slag baja dalam mengurangi besarnya pengembangan pada tanah dari Desa Ngasem Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Penambahan Slag Baja dengan Prosen Pengembangan

Dari hasil uji pengembangan dapat dilihat bahwa penambahan slag baja pada campuran mengakibatkan persen pengembangan pada tanah cenderung menurun. Nilai pengembangan terkecil adalah 3,264% didapatkan dari campuran 10% slag baja dengan kadar air optimum 25,3% dan berat isi kering 1,4882 gr/cm³. Pada campuran 5% dan 10% nilai pengembangan mengalami penurunan, tetapi pada penambahan 15%, nilai pengembangan mengalami kenaikan bila dibandingkan dengan campuran 10% slag baja.

Nilai pengembangan pada campuran ini cenderung menurun seiring dengan bertambahnya komposisi slag baja, hal ini mungkin saja terjadi karena semakin banyak penambahan slag baja maka jumlah lempung semakin berkurang karena tergantikan oleh slag baja, sehingga mengakibatkan nilai pengembangan yang terjadi semakin kecil.

