

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan mengenai hasil yang telah dilaksanakan di laboratorium yaitu meliputi Pengujian Sifat Fisik Tanah, Uji Pemadatan, Uji CBR laboratorium dan Uji Kuat Tekan Bebas yang dijelaskan dalam bentuk tabel dan gambar. Sedangkan hasil data detail hasil penelitian dan perhitungan laboratorium dijelaskan secara lengkap pada bagian lampiran laporan ini.

5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari hasil penelitian jenis tanah lempung yang berasal dari Salaman, Magelang, Jawa Tengah, meliputi beberapa tahap untuk menentukan parameter tanah yang belum distabilisasi ditampilkan dalam bentuk tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah

| No | Sifat Fisik Tanah Lempung | Hasil | |
|----|---------------------------|-------|----------|
| 1 | Kadar air | w | 14,58 % |
| 2 | Berat jenis tanah | Gs | 2,56 |
| 3 | Batas plastis | PL | 45,13 % |
| 4 | Batas cair | LL | 70,45 % |
| 5 | Indeks plastisitas | PI | 25,32 % |
| 6 | Batas susut | SL | 19,929 % |

Hasil pengujian distribusi ukuran butiran tanah dapat dilihat pada lampiran, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

% pasir = 10,18 %

% lanau = 45,15 %

% lempung = 44,67 %

Dari hasil pengujian karakteristik tanah lempung didapatkan Batas Cair (LL) sebesar 70,45 % dan Indeks Plastisitas (PI) sebesar 25,32 %, maka $PI < LL - 30$. Jadi menurut AASHTO tanahnya masuk golongan A-7-5 ($PI > 30$) yaitu tanah yang tidak baik digunakan sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*).

5.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

5.2.1 Hasil Uji Pemadatan

Pemadatan yang dilakukan pada sampel tanah digunakan uji pemadatan *Proctor Standar* untuk mencari kadar air optimum yang digunakan sebagai acuan penambahan air pada sampel tanah yang akan dibuat. Uji *Proctor Standar* hanya dilakukan pada tanah asli. Uji *Proctor Standar* ini akan didapatkan Berat Volume Kering tanah sebesar $1,1680 \text{ gr/cm}^3$ dan Kadar Air Optimum sebesar 38,62%. Kadar Air Optimum ini akan digunakan untuk semua variasi campuran.

Kadar air optimum ini digunakan untuk menghitung berapa penambahan air untuk sampel tanah. Rumus tersebut adalah :

$$\text{Penambahan air} = 5000 \frac{100 + B}{100 + A} - 1 \text{ (cc)}$$

Dengan : A : kadar air mula-mula

B : kadar air optimum

5000 : berat contoh tanah (gr)

$$\begin{aligned} \text{Penambahan air} &= 5000 \frac{100 + 38,62}{100 + 14,58} - 1 \text{ (cc)} \\ &= 1049,048 \approx 1050 \text{ cc} \end{aligned}$$

5.2.2 Hasil Uji CBR Laboratorium

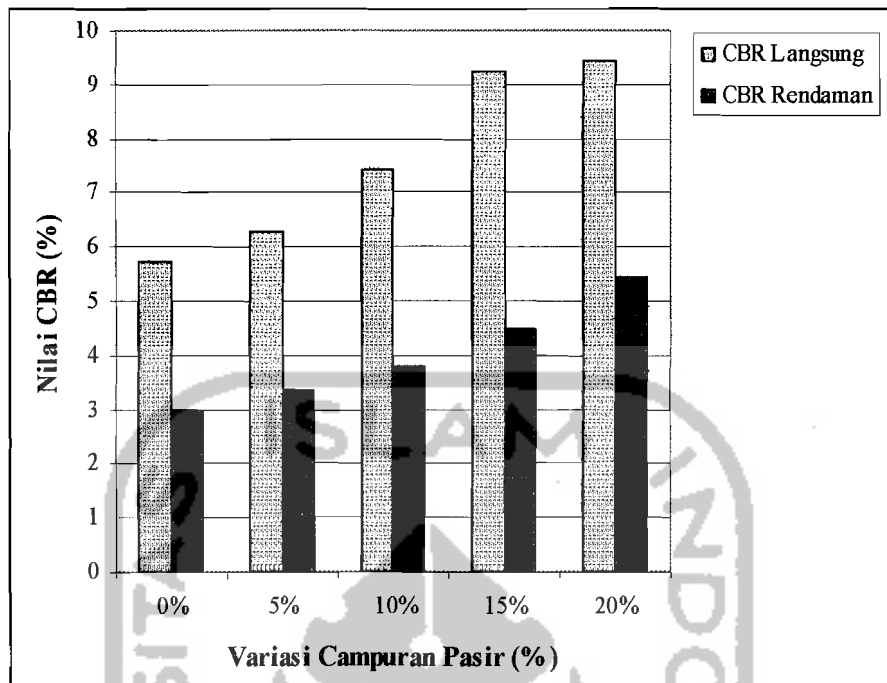
Pengujian CBR ini dilakukan pada masing-masing variasi campuran, dengan menggunakan penambahan air sebesar 1050 cc dari hasil uji Proctor Standar. Uji CBR ini dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 5.2. Hasil Pengujian CBR Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) antara CBR Langsung dan CBR Rendaman.

| No | Kombinasi Campuran | CBR Langsung (%) | Rendaman | |
|----|------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| | | | Nilai CBR Rendaman (%) | Pengembangan (%) |
| 1 | Tanah Asli | 5,74 | 2,99 | 5,69 |
| 2 | Tanah Asli + 5% Pasir | 6,31 | 3,34 | 5,41 |
| 3 | Tanah Asli + 10% Pasir | 7,42 | 3,80 | 4,94 |
| 4 | Tanah Asli + 15% Pasir | 9,25 | 4,46 | 4,68 |
| 5 | Tanah Asli + 20% Pasir | 9,44 | 5,46 | 3,24 |

Tabel 5.3. Kadar Air Hasil Pengujian CBR Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) antara CBR Langsung dan CBR Rendaman.

| No | Kombinasi Campuran | Kadar air (%) CBR langsung | Kadar air (%) CBR Rendaman | |
|----|------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|
| | | | sebelum | sesudah |
| 1 | Tanah Asli | 37,92 | 39,03 | 46,25 |
| 2 | Tanah Asli + 5% Pasir | 33,74 | 39,37 | 46,09 |
| 3 | Tanah Asli + 10% Pasir | 33,86 | 40,61 | 44,67 |
| 4 | Tanah Asli + 15% Pasir | 33,54 | 37,24 | 43,18 |
| 5 | Tanah Asli + 20% Pasir | 32,47 | 37,09 | 40,96 |



Gambar 5.1. Perbandingan Nilai CBR Langsung dengan CBR Rendaman 4 hari pada kombinasi campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%).

Pada tabel 5.2 dan gambar 5.1 terlihat bahwa dari uji CBR Langsung pada tanah asli diperoleh nilai sebesar 5,74%. Kemudian dilakukan uji CBR Langsung dengan penambahan variasi pasir 5%, 10%, 15% dan 20%. Dari uji ini didapatkan hasil dengan nilai terbesar adalah 9,44% pada campuran tanah asli ditambah 20% pasir. Nilai CBR terkecil adalah 6,31% pada campuran tanah asli ditambah 5% pasir.

Untuk CBR Rendaman tanah asli didapatkan nilai CBR sebesar 2,99%. Dari uji CBR Rendaman ditambah variasi pasir, diperoleh nilai CBR terbesar pada campuran tanah asli ditambah 20% pasir sebesar 5,46%. Nilai terkecil adalah 3,34% dari campuran tanah asli ditambah 5% pasir.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa dengan penambahan material pasir pada tanah asli (lempung) akan menaikkan nilai CBR nya. Hal ini disebabkan sifat

mekanis dari pasir yang mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap tekanan dan kemampuan yang baik terhadap gesekan antar butiran (*internal friction*).

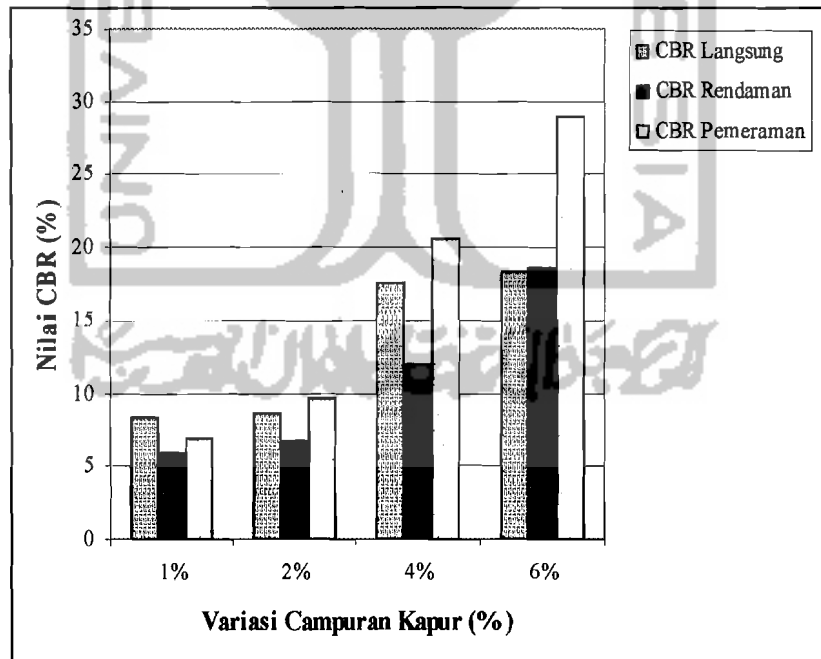
Dari tabel 5.2 juga terlihat bahwa pengembangan (*swelling*) dengan penambahan pasir menunjukkan penurunan. Hal ini disebabkan berkurangnya campuran tanah asli (lempung) dan semakin bertambahnya campuran pasir. Dimana sifat dari pasir yang memiliki berat jenis yang lebih besar dari tanah asli. Jadi semakin banyak kadar pasir dalam campuran tanah asli maka nilai CBR semakin besar dan sifat *swellingnya* akan cenderung turun.

Tabel 5.4. Hasil Pengujian CBR Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

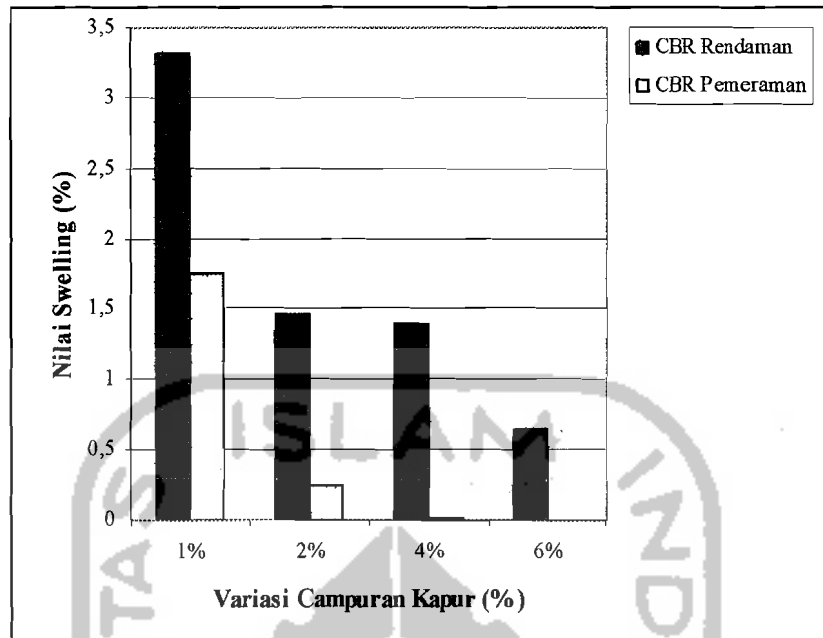
| Kombinasi Campuran | CBR | Rendaman | | Pemeraman | |
|-----------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | Langsung (%) | Nilai CBR (%) | Pengembangan (%) | Nilai CBR (%) | Pengembangan (%) |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 1% Kapur | 8,37 | 5,87 | 3,32 | 6,89 | 1,75 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur | 8,59 | 6,77 | 1,47 | 9,58 | 0,24 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur | 17,53 | 12,02 | 1,39 | 20,62 | 0,02 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur | 18,33 | 18,55 | 0,65 | 28,98 | 0,00 |

Tabel 5.5. Kadar Air Hasil Pengujian CBR Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

| Kombinasi Campuran | Kadar air (%) CBR langsung | Kadar air (%) CBR Rendaman | | Kadar air (%) CBR Pemeraman | |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|-----------------------------|---------|
| | | sebelum | sesudah | sebelum | sesudah |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 1% Kapur | 35,29 | 37,19 | 44,46 | 42,20 | 47,66 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur | 35,19 | 39,08 | 48,93 | 33,22 | 35,19 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur | 29,07 | 33,65 | 46,36 | 32,27 | 33,90 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur | 21,87 | 31,05 | 36,19 | 30,92 | 33,58 |



Gambar 5.2. Perbandingan Nilai CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)



Gambar 5.3. Perbandingan Nilai Pengembangan (*Swelling*) pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

Dari tabel 5.4 dan gambar 5.2 terlihat bahwa hasil uji CBR Langsung pada campuran tanah asli ditambah 10% pasir dan 6% kapur didapatkan nilai CBR yang terbesar yaitu 18,30%. Dan nilai terkecil yaitu 8,37% pada campuran tanah asli ditambah 10% pasir dan 1% kapur. Dengan bertambahnya kadar kapur, terlihat nilai CBR semakin meningkat. Hal ini disebabkan terjadinya reaksi kimia yang terjadi pada kapur terhadap mineral lempung di dalam tanah untuk membentuk campuran yang menimbulkan sementasi (*kalsium silikat*).

Untuk CBR Rendaman diperoleh nilai CBR terbesar yaitu 18,55% dan nilai pengembangannya 0,65% pada campuran tanah asli ditambah 10% pasir dan 6% kapur. Dan nilai terkecil pada campuran tanah asli ditambah 10% pasir dan 1% kapur yaitu 5,86% dengan nilai pengembangan 3,32%. Dengan direndamnya sampel tanah ini, maka akan terjadi pengembangan (*swelling*). Tetapi pengembangan ini dapat

dikurangi dengan mencampur kapur. Karena kapur akan berhidrasi dengan tanah dan air.

Pada CBR Pemeraman nilai CBR terlihat semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena kapur diberi waktu yang cukup melakukan proses kimianya untuk berhidrasi dan mengikat partikel tanah untuk membentuk struktur tanah menjadi lebih baik sehingga akan lebih meningkatkan kepadatan tanah dan nilai CBR nya. Juga dengan ditambahkan pasir yang lebih bersifat mekanis dan tidak bersifat kimiawi yang membutuhkan waktu pemeraman. Nilai CBR Pemeraman terbesar yaitu 28,98% dengan nilai pengembangan sebesar 0,00% pada campuran tanah asli ditambah 10% pasir dan 6% kapur. Jadi dengan diberinya waktu pemeraman akan lebih meningkatkan kepadatan tanah.

Tabel 5.6. Hasil Pengujian CBR Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 15% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara CBR Langsung, CBR Rendaman 4 hari dan CBR Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

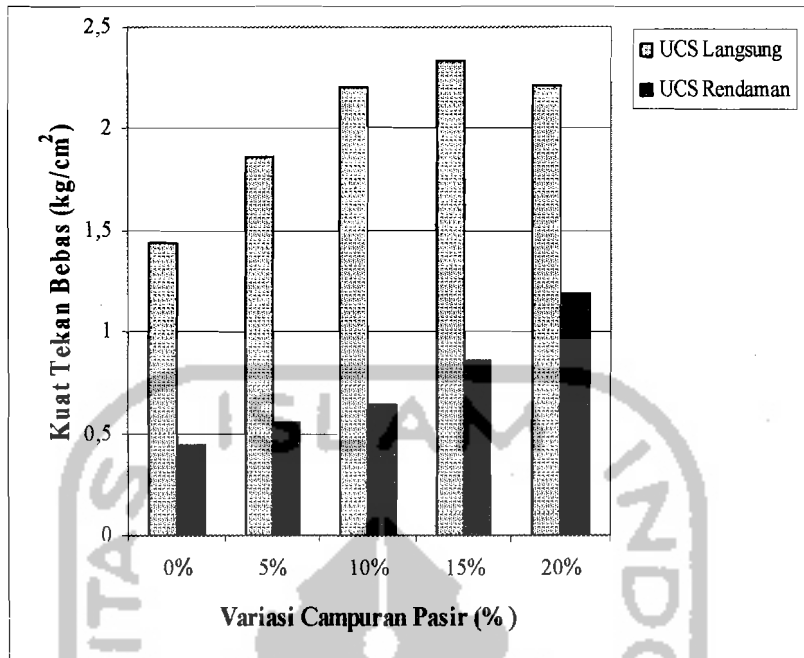
| Kombinasi Campuran | CBR | Rendaman | | Pemeraman | |
|-----------------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | Langsung (%) | Nilai CBR (%) | Pengembangan (%) | Nilai CBR (%) | Pengembangan (%) |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 1% Kapur | 9,51 | 9,89 | 2,87 | 11,46 | 1,43 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 2% Kapur | 11,23 | 11,72 | 0,85 | 17,80 | 0,05 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 4% Kapur | 15,74 | 19,70 | 0,72 | 31,72 | 0,02 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 6% Kapur | 11,18 | 24,34 | 0,24 | 49,90 | 0,00 |

Tabel 5.8. Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) antara UCS Langsung dan UCS Rendaman 4 hari.

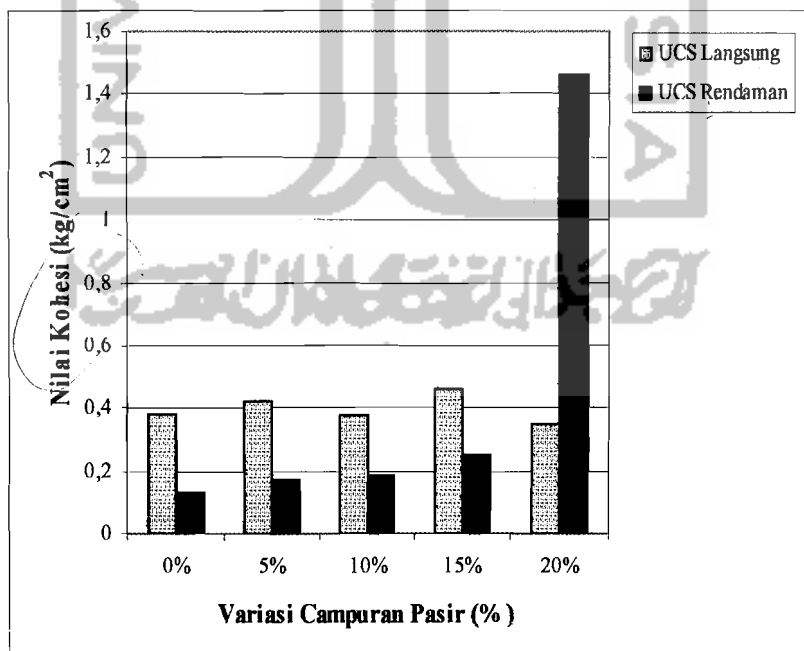
| Kombinasi Campuran | Uji Kuat Tekan Bebas | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
| | Langsung | | | Rendaman | | |
| | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | ϕ (°) | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | ϕ (°) |
| Tanah Asli | 1,4358 | 0,381 | 34 | 0,4421 | 0,134 | 27,5 |
| Tanah Asli + 5% Pasir | 1,8646 | 0,420 | 41,5 | 0,5588 | 0,168 | 28 |
| Tanah Asli + 10% Pasir | 2,1996 | 0,373 | 52,5 | 0,6367 | 0,185 | 29,5 |
| Tanah Asli + 15% Pasir | 2,3300 | 0,464 | 47 | 0,8526 | 0,251 | 28,75 |
| Tanah Asli + 20% Pasir | 2,2139 | 0,351 | 54,5 | 1,1841 | 1,464 | 26,5 |

Tabel 5.9. Kadar Air Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%) antara CBR Langsung dan CBR Rendaman.

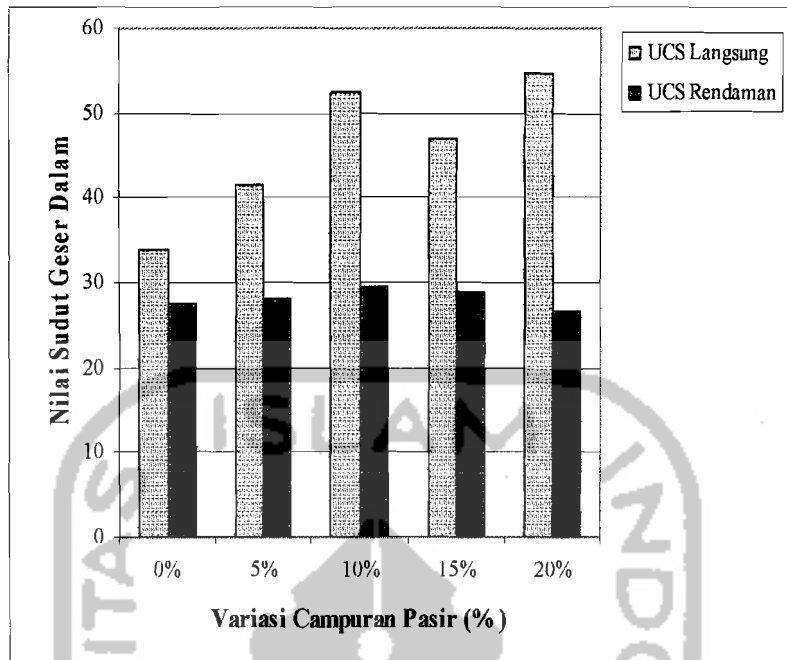
| No | Kombinasi Campuran | Kadar air (%) UCS Langsung | Kadar air (%) UCS Rendaman |
|----|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Tanah Asli | 36,64 | 38,28 |
| 2 | Tanah Asli + 5% Pasir | 32,84 | 38,21 |
| 3 | Tanah Asli + 10% Pasir | 32,69 | 38,02 |
| 4 | Tanah Asli + 15% Pasir | 32,51 | 36,27 |
| 5 | Tanah Asli + 20% Pasir | 31,94 | 36,24 |



Gambar 5.6. Perbandingan Nilai UCS Langsung dengan UCS Rendaman 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%).



Gambar 5.7. Perbandingan Nilai Kohesi Langsung dengan Kohesi Rendaman 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + Variasi Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%).



Gambar 5.8. Perbandingan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Langsung dengan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Rendaman 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli+Var Pasir (0%, 5%, 10%, 15% dan 20%)

Dari tabel 5.8 dan gambar 5.6 pada pengujian kuat tekan bebas langsung, terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas paling besar terdapat pada campuran tanah asli ditambah 15% pasir sebesar $2,3300 \text{ kg/cm}^2$ dengan kohesi (c) sebesar $0,464 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar 47° . Nilai kuat tekan bebas yang paling besar ini disebabkan sifat dari material pasir yang mempunyai daya tahan tinggi terhadap tekanan karena kemampuan gesekan antar butiran (*internal friction*). Bila pasir dalam kondisi terlalu kering, kapasitas daya dukungnya akan hilang demikian juga bila terlalu basah.

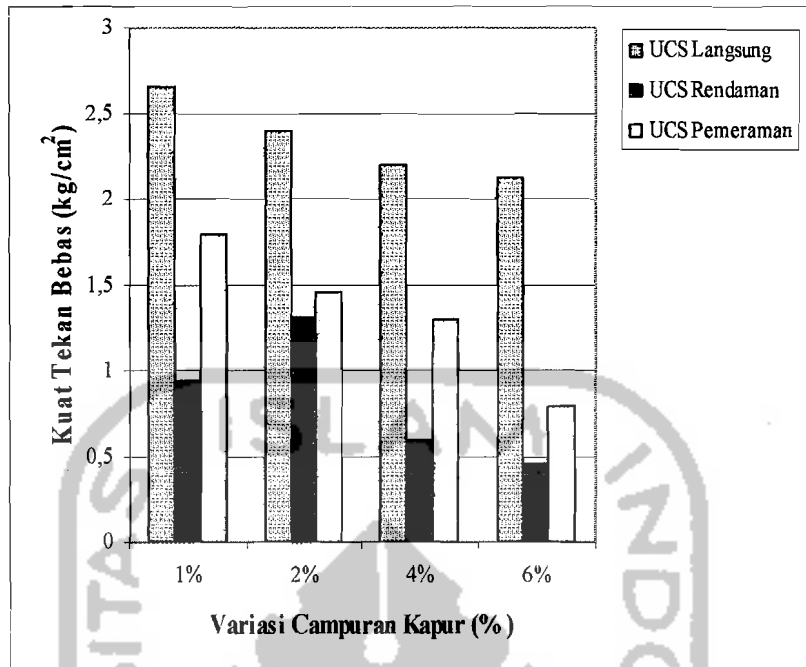
Nilai kuat tekan bebas terbesar pada rendaman terdapat pada campuran tanah asli ditambah 20% pasir sebesar $1,1841 \text{ kg/cm}^2$. Faktor kadar pasir masih mempengaruhi nilai kuat tekan bebasnya.

Tabel 5.10. Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

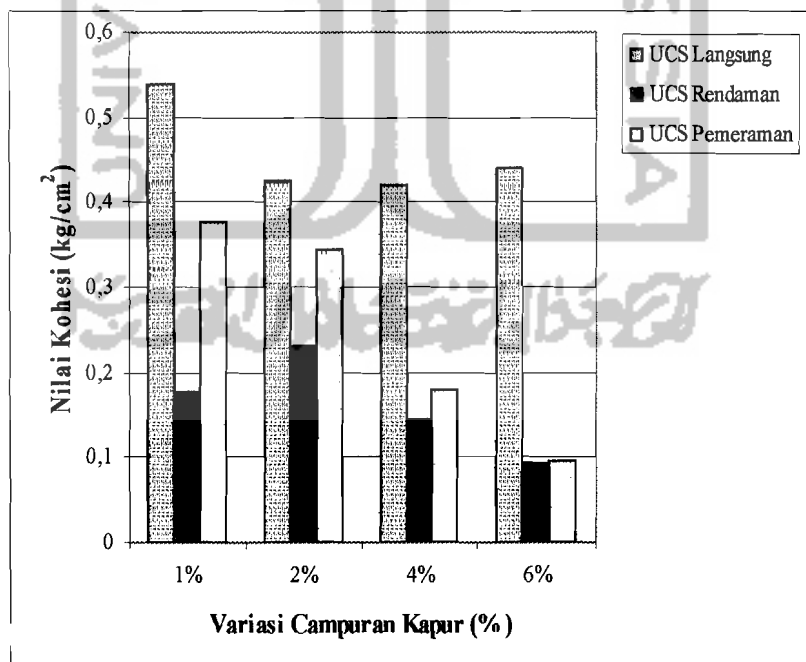
| Kombinasi Campuran | Uji Kuat Tekan Bebas | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|--------------------------|-------------------------|-------|--------------------------|-------------------------|-------|
| | Langsung | | | Rendaman | | | Pemeraman | | |
| | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | φ (°) | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | φ (°) | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | φ (°) |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 1% Kapur | 2,6593 | 0,539 | 46,5 | 0,9366 | 0,178 | 48,5 | 1,7873 | 0,376 | 42,5 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur | 2,3983 | 0,426 | 51,5 | 1,3035 | 0,231 | 51 | 1,4629 | 0,345 | 39,5 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur | 2,1954 | 0,420 | 48,5 | 0,5900 | 0,144 | 38 | 1,2937 | 0,179 | 58 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur | 2,1293 | 0,439 | 45,5 | 0,4585 | 0,094 | 45 | 0,7943 | 0,097 | 61 |

Tabel 5.11. Kadar Air Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

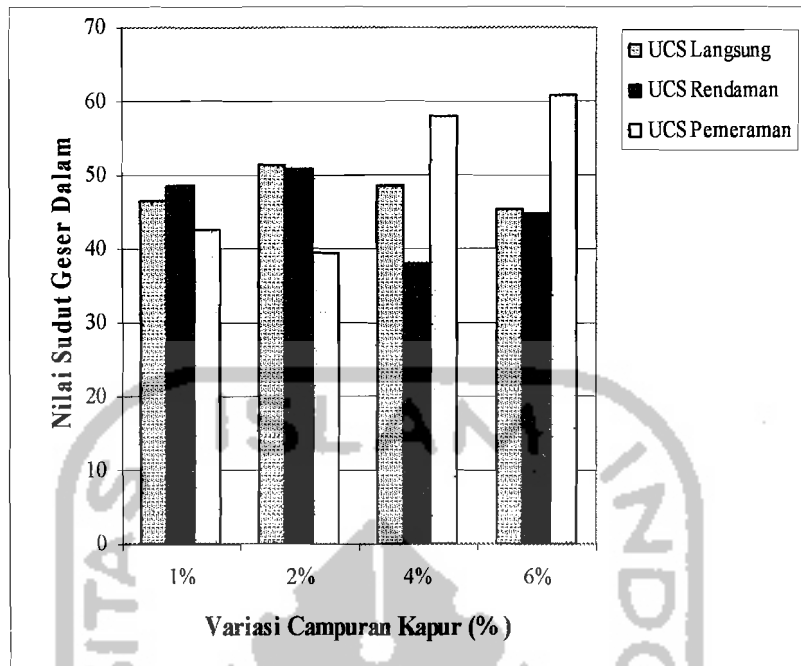
| Kombinasi Campuran | Kadar Air (%) UCS Langsung | Kadar Air (%) UCS Rendaman | Kadar Air (%) UCS Pemeraman |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Tanah Asli + 10% Pasir + 1% Kapur | 35,68 | 40,33 | 34,18 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur | 35,35 | 39,55 | 36,33 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur | 34,40 | 37,96 | 35,79 |
| Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur | 32,52 | 37,70 | 34,08 |



Gambar 5.9. Perbandingan Nilai UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)



Gambar 5.10. Perbandingan Nilai Kohesi Langsung, Kohesi Rendaman 4 hari dan Kohesi Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)



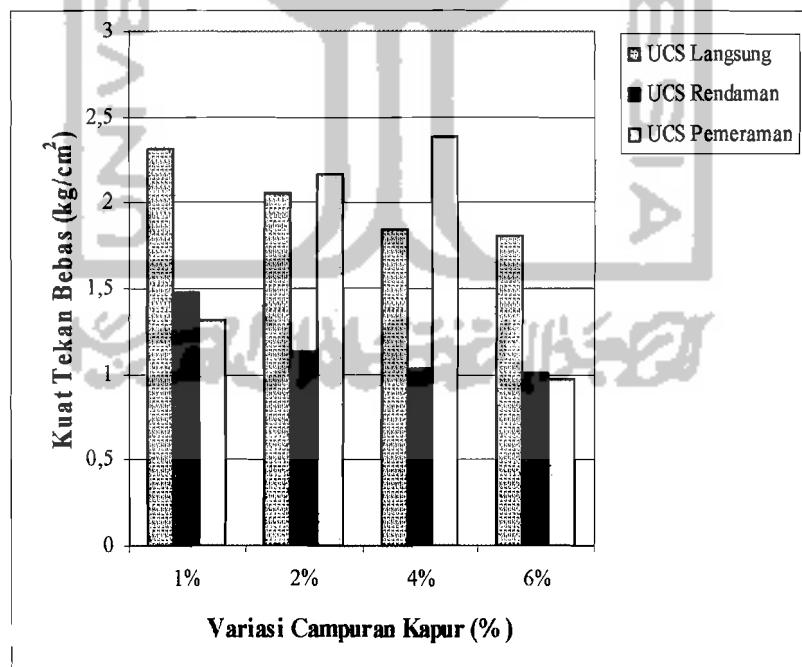
Gambar 5.11. Perbandingan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Langsung, Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Rendaman 4 hari dan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 10% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)

Tabel 5.12. Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 15% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari Kemudian Direndam 4 hari.

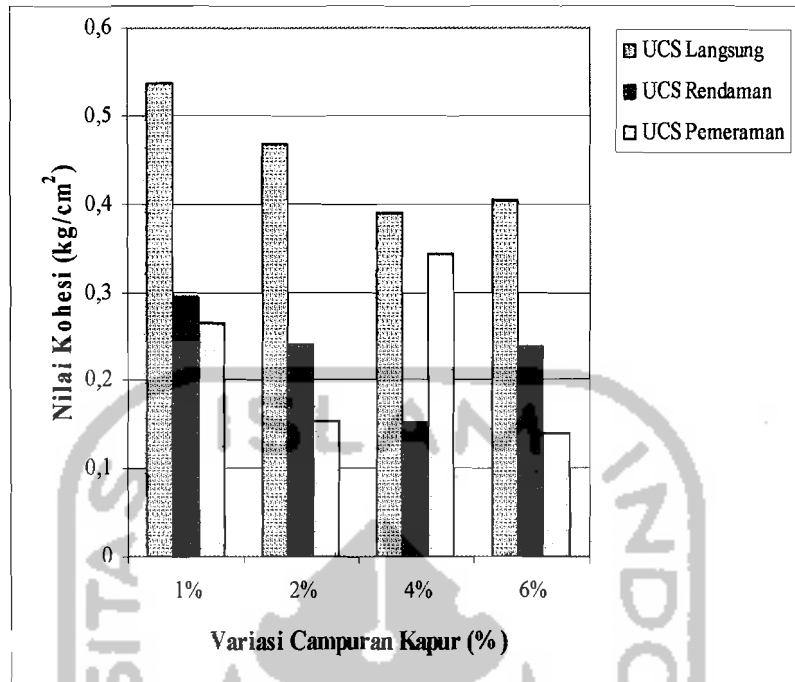
| Kombinasi Campuran | Uji Kuat Tekan Bebas | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| | Langsung | | | Rendaman | | | Pemeraman | | |
| | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | ϕ (°) | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | ϕ (°) | Qu (kg/cm ²) | C (kg/cm ²) | ϕ (°) |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 1% Kapur | 2,3094 | 0,536 | 40 | 1,4704 | 0,295 | 46 | 1,3162 | 0,265 | 46 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 2% Kapur | 2,0521 | 0,467 | 41 | 1,1359 | 0,239 | 44 | 2,1668 | 0,155 | 74 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 4% Kapur | 1,8384 | 0,389 | 43,5 | 1,0282 | 0,153 | 56 | 2,3830 | 0,343 | 59 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 6% Kapur | 1,8129 | 0,404 | 42 | 1,0138 | 0,238 | 39,5 | 0,9727 | 0,140 | 58,5 |

Tabel 5.13. Kadar Air Hasil Pengujian UCS Laboratorium pada Kombinasi Campuran Tanah Asli + 15% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%) antara UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari kemudian Direndam 4 hari.

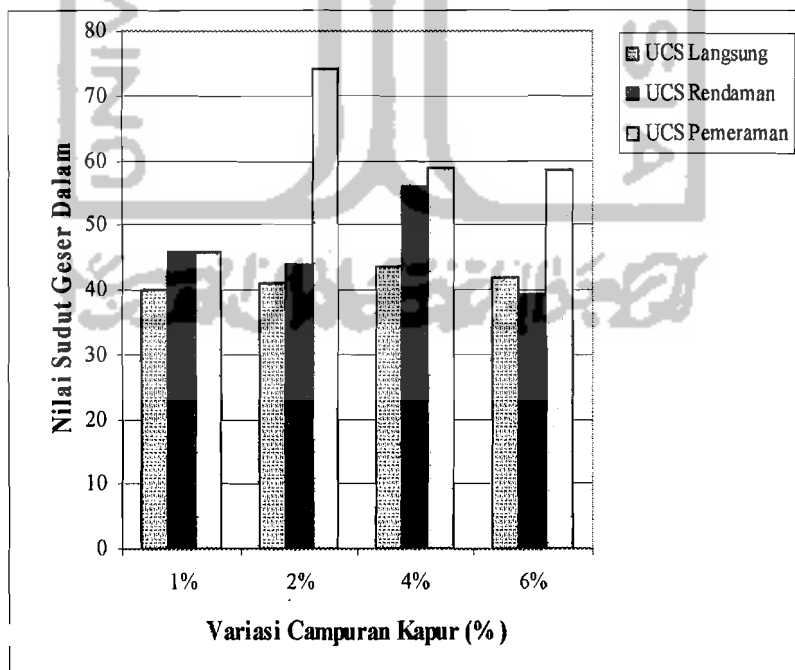
| Kombinasi Campuran | Kadar air (%) UCS Langsung | Kadar air (%) UCS Rendaman | Kadar air (%) UCS Pemeraman |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Tanah Asli + 15% Pasir + 1% Kapur | 33,53 | 33,95 | 35,27 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 2% Kapur | 35,51 | 35,65 | 34,65 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 4% Kapur | 33,89 | 34,61 | 32,30 |
| Tanah Asli + 15% Pasir + 6% Kapur | 29,55 | 34,15 | 30,95 |



Gambar 5.12. Perbandingan Nilai UCS Langsung, UCS Rendaman 4 hari dan UCS Pemeraman 3 hari kemudian direndam 4 hari pada kombinasi campuran Tanah Asli + 15% Pasir + Variasi Kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)



Gambar 5.13. Perbandingan nilai kohesi langsung, kohesi rendaman 4 hari dan kohesi pemeraman 3 hari kemudian direndam 4 hari pada kombinasi campuran tanah asli + 15% pasir + variasi kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)



Gambar 5.14. Perbandingan nilai sudut geser dalam (ϕ) langsung, nilai sudut geser dalam (ϕ) rendaman 4 hari dan nilai sudut geser dalam (ϕ) pemeraman 3 hari kemudian direndam 4 hari pada kombinasi campuran tanah asli + 15% pasir + variasi kapur (1%, 2%, 4% dan 6%)