

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT  
PADA PABRIK KERTAS TERHADAP KARAKTERISTIK  
KOHESIF MORTAR SEMEN**



JULIANTO

No. Mhs : 85 310 132/TS

NIRM : 85 5014330132

HERRIYANTO

No. Mhs : 84 310 259

NIRM : 84 5014330259

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

1997

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT  
PADA PABRIK KERTAS TERHADAP KARAKTERISTIK  
KOHESIF MORTAR SEMEN**

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Sarjana S1 Pada Jurusan Teknik Sipil*

*Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*

*Universitas Islam Indonesia*

*Yogyakarta*

Disusun oleh:

JULIANTO

No. Mhs : 85 310 132/TS

NIRM : 85 5014330132

HERRIYANTO

No. Mhs : 84 310 259

NIRM : 84 5014330259

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1997

*Ace dijilid / 13 / 897*

*Ala  
Pembina kami sudah,  
perancangannya  
11/08/97*

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR  
PEMANFAATAN LIMBAH PADAT PADA PABRIK KERTAS  
TERHADAP KARAKTERISTIK KOHESIF  
MORTAR SEMEN

Disusun oleh:

JULIANTO

No.Mhs : 85 310 132

NIRM : 85 5014330132

HERRIYANTO

No.Mhs : 84 310 259

NIRM : 84 5014330259

Dosen Pembimbing

Tanda tangan

Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE

Pembimbing I dan Penguji

Ir. A. Kadir Aboe, MS

Pembimbing II dan Penguji



Tanggal: 2/12/97

Tanggal: 16/06/97

## PRAKATA

Assalamu'alaikum wr.wb.,

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-NYA yang dilimpahkan kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai suatu kelengkapan dan persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak dibantu, baik berupa material maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dihaturkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I (satu) dan Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. A. Kadir Aboc, MS, selaku Dosen Pembimbing II (dua), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Ayahanda, ibunda, kakak, adik yang tercinta semuanya, serta rekan-rekan yang tak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuannya baik berupa moril maupun materiil.

Semoga kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada kami diterima oleh Allah, serta mendapat balasan kebaikan pula dari Allah SWT.

Dalam penyusunan Tugas Akhir (Skripsi) ini, dengan segala keterbatasan ilmu, wawasan, pengalaman, dana serta waktu, tentu akan ditemukan kekurangan disana-sini. Kritik dan saran yang bersifat membangun yang dapat memperbaiki laporan ini kami terima dengan senang hati.

Dengan segala kerendahan hati, kami berharap kiranya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Mei 1997

Penulis

1. Julianto
2. Herriyanto



## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL .....                     | i       |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                 | ii      |
| PRAKATA .....                           | iii     |
| DAFTAR ISI .....                        | v       |
| DAFTAR GAMBAR .....                     | viii    |
| DAFTAR TABEL .....                      | ix      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                   | x       |
| ABSTRAK .....                           | xi      |
| <br>                                    |         |
| BAB I      PENDAHULUAN .....            | 1       |
| 1.1    Latar Belakang .....             | 1       |
| 1.2    Tujuan Penelitian .....          | 3       |
| 1.3    Batasan Masalah .....            | 3       |
| 1.4    Metodologi Penelitian .....      | 4       |
| <br>                                    |         |
| BAB II     TINJAUAN PUSTAKA .....       | 8       |
| 2.1    Umum .....                       | 8       |
| 2.2    Rancangan Campuran Mortar .....  | 9       |
| 2.3    Bahan Susun Mortar .....         | 10      |
| 2.4    Pasir .....                      | 12      |
| 2.5    Air .....                        | 12      |
| 2.6    Limbah Padat .....               | 13      |
| <br>                                    |         |
| BAB III    PELAKSANAAN PENELITIAN ..... | 14      |
| 3.1    Umum .....                       | 14      |
| 3.2    Pemeriksaan Bahan .....          | 14      |
| 3.3    Peralatan .....                  | 18      |

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| 3.4            | Pelaksanaan Penelitian .....              | 19 |
| 3.4.1          | Pembuatan Benda Uji .....                 | 19 |
| 3.4.2          | Tolok Kelacakan Adukan Mortar .....       | 20 |
| 3.4.3          | Rawatan Benda Uji .....                   | 21 |
| 3.4.4          | Pengujian Berat Jenis Tampak Mortar ..... | 23 |
| 3.4.5          | Pengujian Serapan Air Mortar .....        | 23 |
| 3.4.6          | Pengujian Kuat Desak Mortar .....         | 24 |
| BAB IV         | HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....      | 26 |
| 4.1            | Hasil Penelitian .....                    | 26 |
| 4.2            | Pembahasan .....                          | 27 |
| 4.2.1          | Berat Jenis Mortar .....                  | 51 |
| 4.2.2          | Serapan Air Oleh Mortar .....             | 52 |
| 4.2.3          | Kuat Desak Mortar .....                   | 54 |
| BAB V          | KESIMPULAN DAN SARAN .....                | 58 |
| 5.1            | Kesimpulan .....                          | 58 |
| 5.2            | Saran-saran .....                         | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA | .....                                     | 60 |
| LAMPIRAN       | .....                                     |    |

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 4.1 Grafik hubungan berat jenis mortar terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir .....                                     | 51      |
| Gambar 4.2 Grafik hubungan serapan air terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir .....  | 52      |
| Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat tekan mortar U7 pada rawatan suhu 25°C terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir dan semen.....   | 54      |
| Gambar 4.4 Grafik hubungan kuat tekan mortar U7 pada rawatan suhu 60°C terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir dan semen .....  | 54      |
| Gambar 4.5 Grafik hubungan kuat tekan mortar U28 pada rawatan suhu 25°C terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir dan semen ..... | 55      |
| Gambar 4.6 Grafik hubungan kuat tekan mortar U28 pada rawatan suhu 60°C terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir dan semen ..... | 55      |



## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1.1 Perbandingan Campuran Mortar .....   | 5       |
| Tabel 2.1 Unsur-unsur yang Terkandung di dalam Semen .....                               | 10      |
| Tabel 3.1 Analisa Ayakan Pasir .....   | 17      |
| Tabel 3.2 Analisa Gradasi Pasir .....  | 17      |
| Tabel 4.1 Pengujian Berat Jenis Mortar.....  | 26      |
| Tabel 4.2 Pengujian Serapan Air pada Mortar.....   | 30      |
| Tabel 4.3 Pengujian Kuat Tekan Mortar $U_7$ (Suhu Rawatan $25^{\circ}\text{C}$ ).....    | 34      |
| Tabel 4.4 Pengujian Kuat Tekan Mortar $U_7$ (Suhu Rawatan $60^{\circ}\text{C}$ ).....    | 38      |
| Tabel 4.5 Pengujian Kuat Tekan Mortar $U_{28}$ (Suhu Rawatan $25^{\circ}\text{C}$ )..... | 42      |
| Tabel 4.6 Pengujian Kuat Tekan Mortar $U_{28}$ (Suhu Rawatan $60^{\circ}\text{C}$ )..... | 46      |
| Tabel 4.7 Pengujian Berat Jenis, Serapan Air dan Kuat Tekan, Mortar .....                | 50      |



## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul  |
|-------|--|
| 1.    | : Hasil Percobaan kadar lumpur   |
| 2.    | : Surat keterangan hasil analisis sampel limbah padat<br>pabrik kertas-FPMIPA-UGM-Yogyakarta |



## ABSTRAK

Pembangunan tidak saja menghasilkan manfaat, melainkan juga membawa resiko, kita dapat melihat di sekitar kita; Dengan adanya pabrik kertas kita dapatkan buku-buku atau kertas jenis lainnya, resikonya ialah akan terjadi pencemaran yang diakibatkan limbah pabrik kertas tersebut. Untuk itu perlu diupayakan agar limbah tersebut dapat didaur ulang atau dimanfaatkan kembali.

Dampak pencampuran limbah padat pabrik kertas pada mortar semen akan menimbulkan beberapa masalah, diantaranya adalah terhadap berat jenis, serapan air dan kuat desak mortar. Untuk mengetahui masalah tersebut perlu dilakukan penelitian pengaruh pencampuran limbah padat pada mortar dengan menggunakan perbandingan volume. Perbandingan yang digunakan 1:5 ; 1:6 ; 1:7 ; 1:8, masing-masing perbandingan ditambahkan limbah padat sebesar 0 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 kali volume semen. Semakin banyak volume limbah padat ditambahkan pada bahan campuran mortar, mortar yang dihasilkan akan semakin ringan. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan berat jenis, serapan air naik, nilai kuat desak bervariasi tergantung perbandingan volume yang digunakan. Ketepatan dalam menentukan perbandingan volume berpengaruh terhadap kekuatan mortar.



# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Dalam rangka memasuki program jangka panjang tahap II (PJPT II) pemerintah masih tetap akan meningkatkan pembangunan di segala sektor, baik sektor fisik maupun non fisik. Pembangunan prasarana fisik ialah bangunan gedung, jembatan dan infra struktur. Sedangkan di bidang non fisik pemerintah yang bekerja sama dengan swasta meningkatkan mutu sumber daya manusia (SDM). Salah satu langkah nyata yang dilakukan pemerintah saat ini ialah dibangunnya pabrik kertas, karena kertas selain sebagai salah satu alat untuk mencerdaskan bangsa juga sebagai media penyampaian informasi. Dengan dibangunnya pabrik kertas, resikonya ialah akan terjadi pencemaran yang diakibatkan oleh limbah, baik limbah padat maupun limbah cair.

Dalam kaitannya dengan kepedulian lingkungan, terutama terhadap penanggulangan pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri, pada satu pihak jumlah limbah akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhannya, pada lain pihak kemampuan sumber daya manusia (SDM) sangat terbatas, karena itu timbullah suatu pertanyaan apakah masalah limbah dapat diatasi dengan memanfaatkannya kembali. Limbah padat Pabrik Kertas PT. Basuki Rachmat Banyuwangi-Jawa Timur yang memiliki kandungan kapur (CaO) sebesar 53,637% kiranya dapat dijadikan sebagai bahan campuran mortar dengan komposisi pasir : semen : limbah padat.

Permasalahan limbah padat industri kertas sampai sekarang belum dapat diatasi secara baik serta pemanfaatannya dan teknik pengolahannya yang belum optimal, sehingga hal ini menarik untuk diteliti atau dikaji agar diketahui kontribusinya terhadap pengetahuan bahan bangunan. Selain itu masalah limbah industri merupakan masalah yang dihadapi oleh hampir semua negara yang jika tidak diperhatikan secara baik dapat mencemari lingkungan menjadi lebih serius. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka perlu diberikan rumusan dan batasan masalah yang akan diteliti, yaitu: pengujian berat jenis mortar, pengujian terhadap serapan air dan pengujian kuat tekan mortar.

Penelitian ini menindaklanjuti dari hasil penelitian yang pernah diteliti oleh peneliti terdahulu (Nabil, 1996), berhubung hasil dari peneliti terdahulu masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Dalam penelitian ini ada perbedaan mendasar dari yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, diantaranya.

- a. Unsur kimia yang disertakan dalam penelitian ini adalah unsur kapur (CaO) sebesar 53,63% dan unsur besi (Fe) sebesar 0,2116%.

Sedangkan yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu hanya unsur kapur (CaO) saja, sebesar 7,83% yang dikandung oleh limbah padat industri kertas,

- b. Perbandingan campuran volume yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perbandingan 1 pc : 5 psr, 1 pc : 6 psr, 1 pc : 7 psr dan 1 pc : 8 psr dengan penambahan limbah padat industri kertas pada tiap campuran sebesar 0 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 kali volume semen. Sedangkan oleh peneliti terdahulu perbandingan campuran yang digunakan adalah 1 pc : 3 psr, 1 pc :

5 psr, 1 pc : 6 psr, 1 pc : 7 psr dengan penambahan limbah padat industri kertas pada tiap campuran sebesar 0; 0,5 ; 1 ; 1,5 kali volume semen.

Faedah yang dapat diharapkan bagi ilmu pengetahuan dan pembangunan Bangsa adalah bahwa limbah padat industri kertas yang masih mempunyai kandungan unsur kapur dan besi dapat dijadikan sebagai bahan alternatif untuk menaikkan kuat desak mortar, sehingga dapat menghemat penggunaan semen.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah padat pabrik kertas pada kuat tekan mortar, berat jenis mortar, serapan air oleh mortar dengan berbagai variasi perbandingan volume.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, akan dibahas masalah kuat desak mortar, berat jenis dan serapan air yang diakibatkan oleh pencampuran limbah padat pabrik kertas dengan perbandingan campuran volume, dua perlakuan suhu kamar 25°C dan 60°C.

Karakteristik bahan yang dipakai sebagai benda uji adalah sebagai berikut ini.

1. Studi eksperimental,
2. Benda uji mortar untuk setiap campuran terdiri dari 3 buah kubus mortar ukuran 70x70x70 mm pada komposisi tertentu pada *Tabel 1.1*,
3. Pengujian berat jenis mortar dilaksanakan pada saat benda uji berumur 28 hari pada perlakuan suhu 60°C,

4. Pengujian serapan air mortar dilaksanakan pada saat benda uji berumur 28 hari pada perlakuan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ ,
5. Pengujian kuat tekan mortar dilaksanakan pada saat benda uji berumur 7 hari, 28 hari,
6. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain cetakan kubus, oven, bak pengaduk mortar, alat uji (*universal testing machine*) dan peralatan bantu lainnya.

#### 1.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Merancang (mendesain) campuran mortar dengan tambahan limbah padat pabrik kertas. rancangan campuran mortar terdiri 4 variasi campuran yang meliputi 2 perlakuan suhu, yaitu: suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$ , seperti yang ditunjukkan pada *Tabel 1.1*.

**Tabel 1.1. Perbandingan Campuran Mortar**

| Variasi<br>Campuran | Umur<br>(hari) | Jumlah       |              | Umur<br>(hari) | Jumlah    |           |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                     |                | Suhu<br>25°C | Suhu<br>60°C |                | Suhu 25°C | Suhu 60°C |
| 1 : 5 : 0           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 5 : 1,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 5 : 2           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 5 : 2,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 6 : 0           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 6 : 1,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 6 : 2           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 6 : 2,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 7 : 0           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 7 : 1,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 7 : 2           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 7 : 2,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 8 : 0           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 8 : 1,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 8 : 2           | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |
| 1 : 8 : 2,5         | 7              | 3            | 3            | 28             | 3         | 3         |

2. Benda uji desak dibuat sebanyak tiga buah untuk masing-masing campuran.

Dengan pengujian sebagai berikut ini.

a. sampel uji desak U7 dan U28, campuran 1 : 5 : 0; 1 : 5 : 1,5; 1 : 5 : 2 ; 1 : 5 : 2,5

pada suhu kamar 25°C dan 60°C diuji desak,

b. sampel uji desak U7 dan U28 campuran 1 : 6 : 0; 1 : 6 : 1,5; 1 : 6 : 2; 1 : 6 : 2,5

pada suhu kamar 25°C dan 60°C diuji desak,



- c. sampel uji desak U7 dan U28, campuran 1 : 7 : 0; 1 : 7 : 1,5; 1 : 7 : 2; 1 : 7 : 2,5 pada suhu kamar 25°C dan 60°C diuji desak,
- d. sampel uji desak U7 dan U28 campuran 1 : 8 : 0; 1 : 8 : 1,5; 1 : 8 : 2; 1 : 8 : 2,5 pada suhu kamar 25°C dan 60°C diuji desak.
3. Benda uji serapan dibuat sebanyak tiga buah untuk masing-masing campuran. Dengan pengujian sebagai berikut ini.
- a. sampel uji serapan air - U28, campuran 1 : 5 : 0; 1 : 5 : 1,5; 1 : 5 : 2; 1 : 5 : 2,5 pada suhu kamar 60°C, besar serapan air dalam satuan %,
- b. sampel uji serapan air - U28 campuran 1 : 6 : 0; 1 : 6 : 1,5; 1 : 6 : 2; 1 : 6 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar serapan air dalam satuan %,
- c. sampel uji serapan - U28, campuran 1 : 7 : 0; 1 : 7 : 1,5; 1 : 7 : 2; 1 : 7 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar serapan air dalam satuan %,
- d. sampel uji serapan U28 campuran 1 : 8 : 0; 1 : 8 : 1,5; 1 : 8 : 2; 1 : 8 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar serapan air dalam satuan %.
4. Benda uji berat jenis dibuat sebanyak tiga buah untuk masing-masing campuran, dengan pengujian sebagai berikut ini.
- a. sampel uji berat jenis - U28 campuran 1 : 5 : 0; 1 : 5 : 1,5; 1 : 5 : 2; 1 : 5 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar berat jenis didapat,
- b. sampel uji berat jenis - U28 campuran 1 : 6 : 0; 1 : 6 : 1,5; 1 : 6 : 2; 1 : 6 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar berat jenis didapat,
- c. sampel uji berat jenis - U28 campuran 1 : 7 : 0; 1 : 7 : 1,5; 1 : 7 : 2; 1 : 7 : 2,5 pada suhu kamar 60°C besar berat jenis didapat,

d. sampel uji berat jenis - U28 campuran 1 : 8 : 0; 1 : 8 : 1,5; 1 : 8 : 2; 1 : 8 : 2,5  
pada suhu kamar 60°C besar berat jenis didapat.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Mortar semen bisa digunakan untuk plesteran dinding, spesi pasangan batu-bata, spesi pasangan batu kali, plesteran pemasangan lantai dan lain sebagainya.

Pasir merupakan butiran yang berongga. Rongga-rongga yang ada tidak semua dapat tertutup oleh butiran semen maupun pasta semen (*gel*), ruang yang tidak ditempati butiran semen dan pasta semen (*gel*) merupakan rongga-rongga berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika pasta semen (*gel*) telah mengeras. Hal ini mengakibatkan mortar memiliki sifat tembus air (*permeabilitas*) yang besar sehingga dapat mengurangi kekuatannya (Gidean Kesuman, 1993).

Bahan-bahan berbentuk tepung seperti kapur mentah, kapur padam dan tepung batu dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori-pori yang berguna untuk menambah karakteristik kohesif dari mortar semen dan oleh karenanya memperbaiki ketahanan terhadap keluarnya air semen (*bleeding*). Meskipun demikian perlu diperhatikan karena di dalam meningkatkan sifat mudah dikerjakan (*workability*) dan penambahan air yang dapat menurunkan kekuatan mortar. Dengan digunakannya bahan pengisi pori-pori dapat pula menambah penyusutan kering mortar (Kardiono Tjokrodimedjo, 1996).

### 2.2.1 Rancangan Campuran Mortar

Tujuan dari perancangan campuran mortar semen ialah untuk menentukan proporsi bahan-bahan penyusun mortar agar tercapai keadaan yang sesuai dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Keleccakan (*Workability*) yang cukup sehingga pengangkutan, pemadatan disaat pembuatan benda uji mortar semen dapat dikerjakan dengan baik.
2. Keawetan (*durability*) yang memadai, keawetan mortar banyak ditimbulkan oleh tinggi rendahnya nilai slump.
3. Kekuatan desak yang memenuhi persyaratan.

### 2.2.2 Campuran Cara Coba-coba

Untuk memperoleh proporsi adukan mortar semen lebih tepat, salah satu cara ialah dengan coba-coba membandingkan berbagai variasi perbandingan volume dengan campuran limbah 1 : 1,5 : 2 : 2,5 kali volume semen dengan cara coba-coba ini akan diperoleh campuran dengan pori-pori yang minimum atau kepadatan maksimum. Campuran agregat dengan cara ini menghasilkan proporsi agregat/halus yang optimum sehingga membutuhkan semen minimum per meter kubik mortar dan juga mendapatkan harga mortar semen termurah pada faktor air semen dan slump yang sama. Bila agregat halus lebih banyak mengakibatkan diperlukan semen lebih banyak untuk mencapai keleccakan/konsistensi adukan yang sama. Limbah padat pabrik kertas mempunyai karakteristik kohesif yang sama dengan semen. Sehingga diharapkan dapat menghemat penggunaan jumlah semen.

## 2.3 Bahan-susun Mortar

### 2.3.1 Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar secara bersama-sama: kapur, silika dan alumina pada suhu  $\pm 1500^{\circ}\text{C}$  yang menjadi klinker. Kemudian klinker-klinker ini didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya lalu ditambahkan *gips* atau *kalsium sulfat* sebagai bahan pengontrol waktu -ikat (Ahmad Antono, 1985).

Adapun unsur-unsur pokok yang terkandung di dalam semen biasa, yaitu :

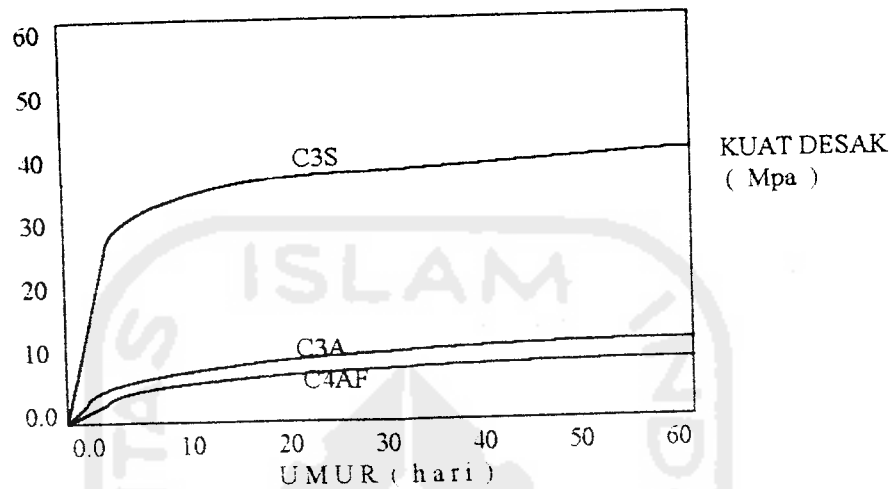
**Tabel 2.1. Unsur-untuk pokok yang terkandung di dalam semen**

| Bahan         | Rumus kimia                          | %       |
|---------------|--------------------------------------|---------|
| Kapur         | CaO                                  | 60 - 65 |
| Silika        | SiO <sub>2</sub>                     | 17 - 25 |
| Alumina       | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>       | 3 - 8   |
| Besi          | Fe <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O | 0,5 - 6 |
| Magnesia      | MgO                                  | 0,5 - 4 |
| Sulfur        | SO <sub>3</sub>                      | 1 - 2   |
| Soda (potash) | Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O | 0,5 - 1 |

Komposisi semen Portland dan senyawa kimia yang ada berpengaruh terhadap sifat-sifat semen. Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu sifat ikatan dan sifat pengerasan semen ialah :

1. Trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>,
2. Dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S) atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>,
3. Trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A) atau 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,
4. Tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF) atau 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Pengaruh keempat senyawa kimia tersebut terhadap umur dan pengerasan semen, dapat digambarkan sebagai berikut ini.



#### 2.4 Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, ukuran butirnya  $\leq 5$  mm. Pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu.

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya. Apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka pasirnya harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan pengujian warna dari Abrams-Harder. Pasir yang tidak memenuhi pengujian warna ini dapat juga dipakai asal kuat desak adukan dengan pasir tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% kuat desak adukan dengan pasir yang sama, tetapi telah dicuci dalam larutan NaOH

3% yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih. Bahan-bahan organik itu dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa dari semen portland, hingga berakibat berkurangnya kualitas adukan (Gedeon Kesuma, 1993).

Untuk memperoleh nilai kuat desak yang lebih besar maka digunakan pasir dengan gradasi yang lebih besar. Variasi besar butiran (gradiasi) yang baik akan menghasilkan rongga mortar yang sedikit. Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit (Kardiono Tjokrodimejo, 1992).

## 2.5 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pembentukan pasta semen, yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan mortarnya.

Air untuk pembuatan dan rawatan mortar tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak mortar. Sebaliknya dipakai air bersih yang dapat diminum; tawar, tidak berbau, dihembus udara tidak keruh. Tetapi belumlah pasti bahwa air yang tidak dapat diminum, tidak dapat digunakan.

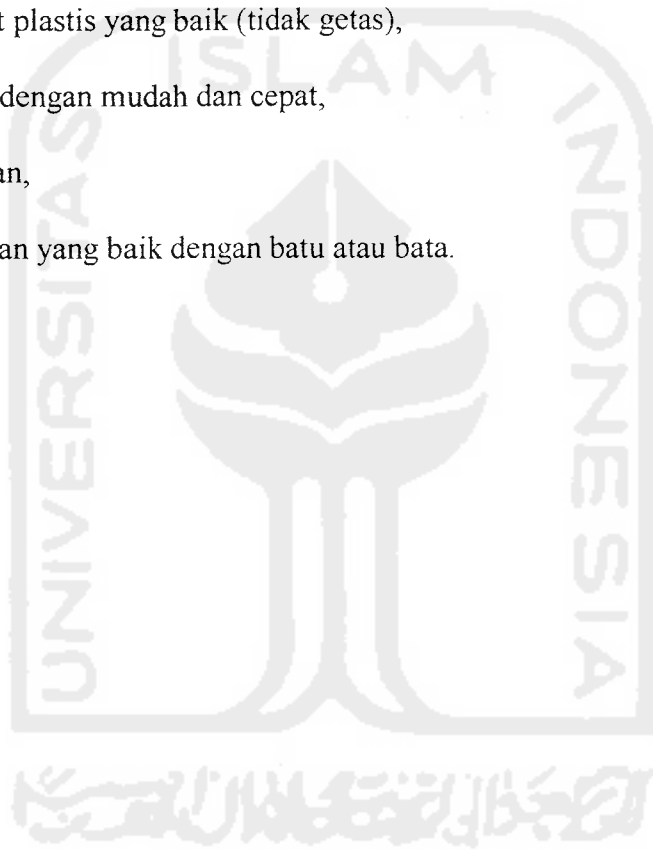
## 2.6 Limbah Padat

Bahan tambah limbah padat pabrik kertas adalah limbah padat hasil dari proses buatan industri kertas. Bahan ini berasal dari batu kapur yang telah diproses untuk memutihkan kertas. Limbah padat ini butirannya sangat halus seperti semen dan masih mengandung kapur (CaO) yang cukup tinggi yaitu sebesar 53,63% serta besi

( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sebesar 0,2116%. Bahan tambah yang berasal dari limbah pabrik kertas diberikan dalam jumlah yang relatif besar dibanding dengan penggunaan semen.

Limbah padat pabrik kertas dengan kandungan kapur 53,637% kiranya dapat menghemat penggunaan semen. Sebab kedua bahan ini mempunyai kesamaan dalam fungsinya yaitu dapat menambah karakteristik kohesif. Sifat-sifat kapur sebagai bahan bangunan (bahan ikat) yang menguntungkan, yaitu :

1. mempunyai sifat plastis yang baik (tidak getas),
2. dapat mengeras dengan mudah dan cepat,
3. mudah dikerjakan,
4. mempunyai ikatan yang baik dengan batu atau bata.





## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Pelaksanaan penelitian pembuatan mortar semen didahului dengan pemeriksaan sifat-sifat bahan. Sebab dengan dilakukannya pemeriksaan itu kita dapat melihat dan membedakan mana bahan-bahan yang memenuhi syarat. Jika tidak memenuhi syarat, maka bahan tersebut tidak boleh digunakan.

Bahan yang digunakan untuk pelaksanaan pembuatan bahan uji mortar semen ialah agregat halus atau pasir yang kami datangkan dari Kali Boyong Kaliurang, Kecamatan Pakem - Sleman. Hendaknya sebelum menentukan pengambilan pasir tersebut dilakukan pemeriksaan sifat-sifat agregat. Untuk bahan lainnya tidak perlu dilakukan lebih jauh, karena bisa dianggap bahan-bahan tersebut sudah memenuhi standard. Bahan yang dimaksud ialah air dan semen. Air yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air yang berasal dari PDAM Yogyakarta, sedangkan semen yang digunakan adalah semen merk Nusantara. Pembuatan bahan uji mortar semen dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

#### **3.2 Pemeriksaan Bahan**

Tujuan dari pelaksanaan pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan tersebut di atas ialah untuk mengetahui sifat-sifat bahan yang digunakan, serta persyaratan-persyaratan yang disyaratkan agar dalam pelaksanaan pekerjaan pencampuran dalam penelitian nanti sesuai dengan yang diharapkan atau tidak menyimpang jauh dari teori yang ada. Pada saat memulai pekerjaan pencampuran bahan-bahan adukan

mortar semen hendaknya benar-benar diperhatikan. Adapun bahan atau materi yang diteliti atau diperiksa pada penelitian ini adalah: pemeriksaan agregat halus (pasir), pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan kandungan zat organik, analisa gradasi pasir (mhb).

### **3.2.1 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)**

Pemeriksaan agregat halus (pasir) yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. pemeriksaan kadar lumpur,
2. pemeriksaan kandungan zat organik,
3. analisa saringan dan modulus halus butir.

### **3.2.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur**

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui besarnya kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus (pasir) yang akan digunakan sebagai bahan adukan mortar. Menurut SK-SNI-1990, yang digunakan untuk mortar/beton maksimum kadar lumpur yang dikandung oleh pasir adalah  $\leq 5\%$ . Dari hasil penelitian terhadap pasir didapat kadar lumpur  $2,5\% < 5\%$ , yang berarti pasir tersebut dapat langsung dipergunakan tanpa harus dicuci dahulu (dihitung, lihat lampiran).

### **3.2.3 Pemeriksaan Kandungan Zat Organik**

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui besarnya kandungan zat organik pada pasir yang akan digunakan sebagai bahan adukan mortar. Jumlah kandungan zat organik yang ada, juga akan menentukan kualitas mortar.

Banyaknya senyawa zat organik yang terdapat dalam pasir dapat diketahui dengan cara sebagai berikut ini.

- a. menyiapkan tabung dari gelas yang berukuran 400 CC,
- b. masukkan pasir ke dalam tabung gelas sebanyak 100 cc,
- c. masukkan larutan NaOH 3% sebanyak 200 cc,
- d. campuran tersebut dikocok hingga tercampur rata, lalu didiamkan selama 24 jam,
- e. Setelah 24 jam dari pencampuran, bandingkan warna cairan yang ada di dalam tabung dengan warna sebelum pencampuran.

Bila cairan di dalam tabung yang telah dicampur dengan pasir tersebut berwarna kuning tua sampai coklat tua, berarti kadar organiknya tinggi, sehingga pasir tersebut tidak layak dipakai.

Dari hasil pengujian, ternyata warna cairan jernih kekuningan-kuningan, berarti pasir tersebut tidak mengandung kadar organik tinggi sehingga pasir tersebut layak dipakai.

#### **3.2.4 Analisa Saringan dan Modulus Halus Butir**

Gradasi agregat adalah variasi distribusi ukuran butiran dari agregat. Sebagai pernyataan gradasi nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lolos di dalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan pasir itu ialah ayakan dengan lubang : 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm dan 0,15 mm. Tujuan dari diselidiki nilai gradasi agregat pasir adalah untuk diketahuinya nilai gradasi yang telah disyaratkan agar didapatkan mortar dengan kemampuan tinggi. Dari berat sampel 1000 gram pasir, didapatkan gradasi pasir sebagaimana terlihat pada tabel 3.1 dan 3.2.

**Tabel 3.1. Analisa ayakan pasir**

| Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) |
|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 4,80               | 38                      | 3,80                 | 3,80                           |
| 2,40               | 83,20                   | 8,32                 | 12,12                          |
| 1,20               | 198,50                  | 19,85                | 31,97                          |
| 0,60               | 234                     | 23,4                 | 55,37                          |
| 0,30               | 275                     | 27,5                 | 82,87                          |
| 0,15               | 148                     | 14,8                 | 97,67                          |
| sisa               | 23,3                    | 2,33                 | -                              |
| Jumlah             | 1000                    | 100                  | 283,8                          |

Modulus halus butir (MHB) =  $283,8/100 = 2,838$

Umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 - 3,8. Dari analisis diatas, ternyata modulus halus butir pasir baik. Hasil analisis gradasi pasir dapat dilaporkan berikut ini.

**Tabel 3.2. Analisa gradasi pasir**

| Saringan (mm) | Kumulatif besar yang lolos (%) | Syarat SK-SNI-T-15-1990-03 |
|---------------|--------------------------------|----------------------------|
| 4,80          | 100- 3,80 = 96,20              | 90 - 100                   |
| 2,40          | 100-12,12 = 87,88              | 75 - 100                   |
| 1,20          | 100-31,97 = 68,03              | 55 - 90                    |
| 0,60          | 100-55,37 = 44,63              | 35 - 59                    |
| 0,30          | 100-82,87 = 17,13              | 8 - 30                     |
| 0,15          | 100-97,67 = 2,33               | 0 - 10                     |

Dari hasil analisis gradasi pasir tersebut dan dibandingkan dengan syarat SK-SNI-T-15-1990-03 menunjukkan bahwa pasir Kali Boyong Pakem kualitasnya baik dan termasuk pasir agak kasar. Modulus halus butir (m.h.b) adalah angka yang menunjukkan tingkat kehalusan dan kekasarannya, semakin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa pasir tersebut semakin kasar.

### **3.3 Peralatan**

Pada penelitian ini digunakan alat dan peralatan sebagai berikut:

1. Cetok, digunakan sebagai alat bantu untuk mengaduk, mencampur bahan susun mortar supaya homogen.
2. Talam baja, digunakan sebagai tempat mencampur bahan susun mortar.
3. Ember
4. Timbangan, digunakan untuk menimbang tiap bahan susun mortar agar sesuai dengan proporsi yang direncanakan dan untuk menimbang berat mortar.
5. Cetakan mortar, berbentuk kubus berukuran 7 cm x 7 cm x 7 cm.
6. Oven
7. Kaliper, alat yang digunakan untuk mengukur dimensi mortar.
8. Kerucut Abrams, alat untuk menentukan nilai slam.
9. Universal testing machine, alat untuk mengukur kuat desat mortar.

### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

Pada pelaksanaan penelitian ini meliputi : pembuatan benda uji, tolok kelecakan adukan mortar uji slam, rawatan benda uji, pengujian berat jenis mortar, pengujian serapan air, dan pengujian kuat tekan mortar.

#### **3.4.1 Pembuatan Benda Uji**

Pembuatan benda uji yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pencampur adukan mortar yang menggunakan bahan tambah limbah padat pabrik

kertas terhadap kuat desak. Untuk mengetahui, maka perlu diadakan pengujian terhadap kuat desak dari beberapa benda uji tersebut.

Pencetakan benda uji dilakukan setelah pemeriksaan tolok kelecakan. Lalu untuk memudahkan pembongkaran bahan uji, maka jika perlu cetakan pada bagian dalam terutama pada dinding diberi pelumas terlebih dahulu baru setelah itu adukan dapat dimasukkan ke dalam cetakan tersebut.

Pembuatan benda uji dimulai setelah bahan dan alat-alat yang diperlukan telah siap semuanya. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini ialah pasir yang lolos saringan nomor 4,75 mm. Sedangkan untuk limbah padat lolos saringan nomor 1,18 mm.

Cara pembuatan benda uji sebagai berikut ini.

1. Mempersiapkan material yang dibutuhkan untuk pembuatan adukan mortar,
2. Material yang telah disiapkan sesuai dengan takaran yang direncanakan dicampur/diaduk-aduk secara kering hingga homogen,
3. Setelah adukan merata, tuangkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk-aduk hingga merata. Usahakan disaat mengaduk jangan sampai air semennya mengalir keluar dari tempat adukan,
4. Setelah didapat keenceran atau kekentalan yang diperkirakan mempunyai nilai slam (slump 4 cm, lakukan tolok kelecakan dengan menggunakan kerucut Abrams,
5. Jika nilai slam yang dikehendaki telah dicapai, kemudian dilakukan pencetakan.
6. Mortar dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam semenjak dicetak. Selama dalam cetakan, mortar dirawat dengan cara menutup cetakan mortar dengan papan atau

karung yang lembab agar tidak terjadi penguapan terlalu cepat. Dalam penelitian ini perawatan mortar dilakukan untuk umur 7 hari dan 28 hari,

7. Pembongkaran mortar dari dalam cetakan boleh dilakukan setelah 24 jam semenjak mortar dicetak.

### 3.5.2 Keleccakan Adukan Mortar (Uji Slump)

Untuk mendapatkan adukan mortar semen yang baik, maka diperlukan suatu kepadatan yang cukup baik pula. Untuk itu perlu adanya pemeriksaan tolok keleccakan adukan mortar sebelum dilakukan pelaksanaan pencetakan mortar dilakukan. Tolok keleccakan mortar semen diperoleh dari nilai slump.

Cara uji slump:

1. Mula-mula corong baja diletakkan diatas pelat baja/tempat yang rata dan tidak menghisap air. Posisi corong letakkan pada bagian bawah untuk diameter yang besar, sedangkan diameter yang kecil di atas.
2. Adukan mortar dimasukkan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang agar tidak bergerak,
3. Masukkan adukan mortar ke dalam corong sebanyak sepertiga volume corong tersebut, lalu adukan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja,
4. Masukkan adukan kedua yang kira-kira volumenya sama dengan yang pertama tadi, dan ditusuk-tusuk pula sebanyak 25 kali.
5. Masukkan adukan ketiga dan ditusuk-tusuk pula sebanyak 25 kali. Setelah itu permukaan adukan mortar diratakan sama dengan permukaan corong,
6. Tunggu 60 detik, dan kemudian tarik corong lurus ke atas,

7. Ukur penurunan permukaan atas adukan mortar, besar penurunan adukan mortar tersebut disebut nilai slam.

### 3.4.3 Rawatan Benda Uji

Maksud dilakukannya rawatan mortar atau beton adalah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya penguapan yang terlalu cepat yang dapat mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga timbul tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila mortar atau beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Karena itulah mortar atau beton harus dijaga agar selalu berada dalam suhu yang dikehendaki. Sehari setelah pengecoran merupakan saat yang terpenting. Perawatan dengan cara membasahi menghasilkan mutu mortar atau beton yang lebih baik, sebab beton atau mortar menjadi lebih kedap. Rawatan benda uji meliputi: rawatan mortar umur 7 hari dengan perlakuan suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$ , serta rawatan mortar umur 28 hari dengan perlakuan suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$ .

#### a. Rawatan Mortar Umur 7 Hari

Rawatan mortar untuk uji kuat tekan umur 7 hari adalah sebagai berikut ini.

1. Mortar yang telah berumur 1 hari, diangkat dari cetakan dan diberi nomor,
2. Semua benda uji direndam dalam bak rendaman hingga berumur 5 hari,
3. Setelah berumur 5 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu kamar ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$  Celcius) diletakkan di atas karung yang dibasahi hingga berumur 7 hari,



4. Setelah berumur 5 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu 60°C Celcius dimasukkan oven selama 1 hari,
5. Benda uji dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator selama 1 hari.

#### **b. Rawatan Mortar Umur 28 hari**

Rawatan mortar untuk uji kuat tekan umur 28 hari adalah sebagai berikut ini.

1. Mortar yang telah berumur 1 hari, diangkat dari cetakan dan diberi nomor,
2. Semua benda uji direndam dalam bak rendaman hingga berumur 26 hari,
3. Setelah berumur 26 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu kamar ( $\pm 25$  Celcius) diletakkan diatas karung yang dibasahi hingga berumur 28 hari,
4. Setelah berumur 28 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu 60°C Celcius, dimasukkan oven selama 1 hari,
5. Benda uji dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator selama 1 hari,
6. Benda uji yang dirawat pada suhu kamar ( $\pm 25^{\circ}$ Celcius) maupun benda uji yang dirawat pada suhu 60° Celcius, diukur dimensinya dan diuji kuat tekannya.

#### **3.4.4 Pengujian Berat Jenis Tampak Mortar**

Pelaksanaan pengujian berat jenis tampak mortar yang dilakukan setelah kubus mortar mengalami rawatan suhu kamar 25°C. Sebanyak 3 buah benda uji dari masing-masing perbandingan volume dan diambil nilai rata-ratanya.

Rumus berat jenis tampak mortar:

$$B_{jmortar} = \frac{W}{p \times l \times t} \left( \frac{gr}{cm^3} \right) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan: W = berat mortar                      l = lebar  
                  P = panjang                                t = tinggi

### 3.4.5 Pengujian Serapan Air Pada Mortar

Pelaksanaan pengujian serapan air mortar dilakukan setelah kubus mengalami rawatan pada suhu 60°C dengan umur 28 hari. Banyaknya benda uji 3 buah untuk masing-masing perbandingan volume dan diambil nilai rata-rata.

Tahapan pelaksanaannya ialah setelah kubus mortar dirawat pada suhu 60°C selesai maka benda uji tersebut ditimbang. Setelah itu gunakan rumus persamaan serapan air pada mortar:

$$\text{Serapan Air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan: W<sub>b</sub> = berat mortar basah (gram)  
                  W<sub>k</sub> = berat mortar kering (gram)

### 3.4.6 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada benda uji berumur 7 dan 28 hari, yang dirawat pada suhu kamar ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ), maupun pada suhu 60°C. Pada masing-masing perbandingan volume, umur benda uji, dan suhu rawatan, diuji sebanyak 3 buah benda uji, dan diambil nilai rata-ratanya. Sebelum pengujian kuat tekan dilakukan, benda uji diukur panjang dan lebarnya. Pengujian kuat tekan dilakukan

dengan cara memberikan beban pada benda uji dengan menggunakan “Universal Testing Machine”. Dengan menggunakan persamaan (3.3) kuat tekan mortar dapat diketahui.

$$\text{Kuat tekan } (\sigma_{ds}) = \frac{F}{A} = \frac{F}{p \times l} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan: F = beban maksimum (kg)

A = luas bidang benda uji (cm<sup>2</sup>)

p = panjang benda uji (cm)

l = lebar benda uji (cm)



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap: berat jenis mortar, serapan air oleh mortar, dan kuat desak mortar, dapat dilihat pada gambar: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, dan 4.6. Dari gambar-gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa penambahan limbah padat pabrik kertas akan menurunkan berat jenis mortar. Penambahan limbah padat pabrik kertas 1,5 kali volume semen, berat jenis mortar relatif konstan, sedangkan penambahan lebih dari itu, berat jenis mortar cenderung turun. Demikian juga untuk serapan air oleh mortar, semakin banyak penambahan limbah padat pabrik kertas, serapan air oleh mortar semakin besar pula. Sedangkan untuk kuat tekan mortar yang paling maksimum didapat pada perbandingan campuran 1 semen : 5 pasir : 1,5 limbah padat. Penambahan limbah padat sampai 1,5 kali jumlah semen cenderung menaikkan kuat tekan mortar, penambahan lebih dari itu kuat tekan mortar akan turun. Data lengkap hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.1.1. Pengujian Berat Jenis Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Tinggi (T) (cm) | Berat Mortar (W) (gram) | BJ Mortar (gr/cm <sup>3</sup> ) | BJ Mortar Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| 1   | U28.1.1      | 1 : 5 : 0           | 7                | 7,10           | 7,10            | 731,75                  | 2,0737                          | 2,1214                                    |
| 2   | U28.1.2      | 1 : 5 : 0           | 7,10             | 7,10           | 7               | 747                     | 2,1169                          |   |
| 3   | U28.1.3      | 1 : 5 : 0           | 7                | 7              | 7               | 729,20                  | 2,1259                          |   |
| 4   | U28.2.1      | 1 : 5 : 1,5         | 7                | 7              | 7               | 721,25                  | 2,1027                          | 2,1218                                    |
| 5   | U28.2.2      | 1 : 5 : 1,5         | 6,90             | 7,10           | 7,15            | 743                     | 2,1212                          |   |
| 6   | U28.2.3      | 1 : 5 : 1,5         | 7                | 7              | 7               | 728                     | 2,1224                          |   |
| 7   | U28.3.1      | 1 : 5 : 2           | 7,10             | 7              | 7,15            | 735                     | 2,068                           | 2,1129                                    |
| 8   | U28.3.2      | 1 : 5 : 2           | 7                | 6,90           | 7               | 729,15                  | 2,1569                          |   |
| 9   | U28.3.3      | 1 : 5 : 2           | 7,10             | 7              | 7               | 629                     | 1,7825                          |   |
| 10  | U28.4.1      | 1 : 5 : 2,5         | 7,15             | 7,10           | 7               | 701                     | 1,9727                          | 2,0143                                    |
| 11  | U28.4.2      | 1 : 5 : 2,5         | 7,15             | 7              | 7,10            | 708,35                  | 2,0215                          |   |
| 12  | U28.4.7      | 1 : 5 : 2,5         | 7,20             | 7,05           | 7               | 713,20                  | 2,0072                          |   |

Tabel 4.1. Pengujian Berat Jenis Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Tinggi (T) (cm) | Berat Mortar (W) (gram) | BJ Mortar (gr/cm <sup>3</sup> ) | BJ Mortar Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| 1   | U28.1.1      | 1 : 6 : 0           | 7                | 7              | 7               | 706                     | 2,0583                          | 2,1234                                    |
| 2   | U28.1.2      | 1 : 6 : 0           | 7,10             | 7,0            | 7               | 750                     | 2,1254                          |   |
| 3   | U28.1.3      | 1 : 6 : 0           | 7,10             | 6,90           | 7               | 727,50                  | 2,1214                          |   |
| 4   | U28.2.1      | 1 : 6 : 1,5         | 7                | 7,10           | 7,10            | 748                     | 2,1198                          | 2,1199                                    |
| 5   | U28.2.2      | 1 : 6 : 1,5         | 7,10             | 7,10           | 7,10            | 744,50                  | 2,0801                          |   |
| 6   | U28.2.3      | 1 : 6 : 1,5         | 6,95             | 7              | 7               | 722                     | 2,1200                          |   |
| 7   | U28.3.1      | 1 : 6 : 2           | 7,10             | 7              | 7               | 723                     | 2,0782                          | 2,0776                                    |
| 8   | U28.3.2      | 1 : 6 : 2           | 7                | 7              | 7,10            | 727,25                  | 2,0904                          |   |
| 9   | U28.3.3      | 1 : 6 : 2           | 6,95             | 7,10           | 7               | 703                     | 2,0643                          |   |
| 10  | U28.4.1      | 1 : 6 : 2,5         | 7                | 7,20           | 7,1             | 706                     | 1,9729                          | 1,9729                                    |
| 11  | U28.4.2      | 1 : 6 : 2,5         | 7                | 6,90           | 7               | 695,20                  | 2,0562                          |   |
| 12  | U28.4.7      | 1 : 6 : 2,5         | 7,10             | 6,90           | 7               | 736                     | 2,1462                          |   |

Tabel 4.1. Pengujian Berat Jenis Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Tinggi (T) (cm) | Berat Mortar (W) (gram) | BJ Mortar (gr/cm <sup>3</sup> ) | BJ Mortar Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| 1   | U28.1.1      | 1 : 7 : 0           | 7                | 7,20           | 7,15            | 754,50                  | 2,0937                          | 2,1162                                    |
| 2   | U28.1.2      | 1 : 7 : 0           | 7                | 7,20           | 7,10            | 756                     | 2,1127                          |   |
| 3   | U28.1.3      | 1 : 7 : 0           | 7,10             | 7              | 7,10            | 748                     | 2,1197                          |   |
| 4   | U28.2.1      | 1 : 7 : 1,5         | 7,05             | 7              | 7               | 723                     | 2,0929                          | 2,0960                                    |
| 5   | U28.2.2      | 1 : 7 : 1,5         | 7,10             | 6,95           | 7               | 678,40                  | 1,9640                          |   |
| 6   | U28.2.3      | 1 : 7 : 1,5         | 7                | 7,20           | 7,15            | 720                     | 2,0991                          |   |
| 7   | U28.3.1      | 1 : 7 : 2           | 7                | 7              | 7               | 665                     | 1,9387                          | 1,9754                                    |
| 8   | U28.3.2      | 1 : 7 : 2           | 7                | 7,10           | 7,2             | 665                     | 1,8583                          |   |
| 9   | U28.3.3      | 1 : 7 : 2           | 7                | 7              | 7,10            | 700                     | 2,0121                          |   |
| 10  | U28.7.1      | 1 : 7 : 2,5         | 6,95             | 6,95           | 7,10            | 700                     | 2,0411                          | 1,9664                                    |
| 11  | U28.7.2      | 1 : 7 : 2,5         | 7                | 6,90           | 7,2             | 690                     | 1,9841                          |   |
| 12  | U28.7.7      | 1 : 7 : 2,5         | 7                | 6,90           | 7,15            | 673                     | 1,9487                          |   |

Tabel 4.1. Pengujian Berat Jenis Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Tinggi (T) (cm) | Berat Mortar (W) (gram) | BJ Mortar (gr/cm <sup>3</sup> ) | BJ Mortar Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| 1   | U28.1.1      | 1 : 8 : 0           | 7                | 7              | 7,10            | 734                     | 2,1098                          | 2,1148                                    |
| 2   | U28.1.2      | 1 : 8 : 0           | 7                | 7              | 7,20            | 746                     | 2,1145                          |   |
| 3   | U28.1.3      | 1 : 8 : 0           | 7                | 7,10           | 7,20            | 759,9                   | 2,1151                          |   |
| 4   | U28.2.1      | 1 : 8 : 1,5         | 7                | 7              | 7               | 701                     | 2,0437                          | 2,0787                                    |
| 5   | U28.2.1      | 1 : 8 : 1,5         | 7,20             | 7,10           | 7,10            | 754,25                  | 2,0781                          |   |
| 6   | U28.2.1      | 1 : 8 : 1,5         | 6,95             | 7,10           | 7               | 718,25                  | 2,0794                          |   |
| 7   | U28.3.1      | 1 : 8 : 2           | 7,1              | 7,10           | 7               | 645                     | 1,8279                          | 1,9423                                    |
| 8   | U28.3.2      | 1 : 8 : 2           | 7,05             | 7              | 7               | 685                     | 1,9829                          |   |
| 9   | U28.3.3      | 1 : 8 : 2           | 7,20             | 7,10           | 7,20            | 700                     | 1,9018                          |   |
| 10  | U28.4.1      | 1 : 8 : 2,5         | 7                | 7,10           | 7,15            | 673,10                  | 1,8942                          | 1,9403                                    |
| 11  | U28.4.2      | 1 : 8 : 2,5         | 7                | 7,15           | 7               | 696                     | 1,9865                          |   |
| 12  | U28.4.7      | 1 : 8 : 2,5         | 7                | 7              | 7,10            | 700,10                  | 2,0123                          |   |



Tabel 4.2. Pengujian Serapan Air Pada Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Berat Basah (Wb) (gram) | Berat Kering (Wk) (gram) | Serapan Air (%) | Serapan Air Rata-rata (%) |
|-----|--------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1   | U28.1.4      | 1 : 5 : 0           | 770,75                  | 731,75                   | 5,0600          | 5,7127                    |
| 2   | U28.1.5      | 1 : 5 : 0           | 782                     | 747                      | 4,4757          |                           |
| 3   | U28.1.6      | 1 : 5 : 0           | 789,2                   | 729,20                   | 7,6026          |                           |
| 4   | U28.2.4      | 1 : 5 : 1,5         | 788,75                  | 721,25                   | 8,5578          | 6,2999                    |
| 5   | U28.2.5      | 1 : 5 : 1,5         | 785                     | 743                      | 5,3501          |                           |
| 6   | U28.2.6      | 1 : 5 : 1,5         | 766,25                  | 728                      | 4,9918          |                           |
| 7   | U28.3.4      | 1 : 5 : 2           | 781                     | 735                      | 5,8898          | 6,7438                    |
| 8   | U28.3.5      | 1 : 5 : 2           | 763,75                  | 729,25                   | 4,5172          |                           |
| 9   | U28.3.6      | 1 : 5 : 2           | 680                     | 629                      | 8,9706          |                           |
| 10  | U28.4.4      | 1 : 5 : 2,5         | 749,50                  | 701                      | 6,4710          | 7,0212                    |
| 11  | U28.4.5      | 1 : 5 : 2,5         | 768,25                  | 708,35                   | 7,7969          |                           |
| 12  | U28.4.6      | 1 : 5 : 2,5         | 765,20                  | 713,20                   | 6,7956          |                           |

Tabel 4.2. Pengujian Serapan Air Pada Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Berat Basah (Wb) (gram) | Berat Kering (Wk) (gram) | Serapan Air (%) | Serapan Air Rata-rata (%) |
|-----|--------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1   | U28.1.4      | 1 : 6 : 0           | 755                     | 706                      | 6,4900          | 6,4217                    |
| 2   | U28.1.5      | 1 : 6 : 0           | 784                     | 750                      | 4,3367          |                           |
| 3   | U28.1.6      | 1 : 6 : 0           | 755,5                   | 727,50                   | 6,3534          |                           |
| 4   | U28.2.4      | 1 : 6 : 1,5         | 796,4                   | 748                      | 6,9073          | 7,3489                    |
| 5   | U28.2.5      | 1 : 6 : 1,5         | 781,2                   | 744,50                   | 4,6980          |                           |
| 6   | U28.2.6      | 1 : 6 : 1,5         | 783                     | 722                      | 7,7905          |                           |
| 7   | U28.3.4      | 1 : 6 : 2           | 781,4                   | 723                      | 7,0747          | 7,4263                    |
| 8   | U28.3.5      | 1 : 6 : 2           | 770,10                  | 727,25                   | 5,5642          |                           |
| 9   | U28.3.6      | 1 : 6 : 2           | 778                     | 703                      | 9,6401          |                           |
| 10  | U28.4.4      | 1 : 6 : 2,5         | 760                     | 706                      | 7,1053          | 7,6788                    |
| 11  | U28.4.5      | 1 : 6 : 2,5         | 749                     | 695,20                   | 7,1829          |                           |
| 12  | U28.4.6      | 1 : 6 : 2,5         | 776,8                   | 736                      | 8,2523          |                           |

Tabel 4.2. Pengujian Serapan Air Pada Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Berat Basah (Wb) (gram) | Berat Kering (Wk) (gram) | Serapan Air (%) | Serapan Air Rata-rata (%) |
|-----|--------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1   | U28.1.4      | 1 : 7 : 0           | 813,50                  | 754,50                   | 7,2526          | 8,0292                    |
| 2   | U28.1.5      | 1 : 7 : 0           | 829                     | 756                      | 8,8058          |                           |
| 3   | U28.1.6      | 1 : 7 : 0           | 801                     | 748                      | 6,6167          |                           |
| 4   | U28.2.4      | 1 : 7 : 1,5         | 792                     | 723                      | 8,7121          | 9,0731                    |
| 5   | U28.2.5      | 1 : 7 : 1,5         | 756,30                  | 678,40                   | 10,3134         |                           |
| 6   | U28.2.6      | 1 : 7 : 1,5         | 795                     | 720                      | 9,4340          |                           |
| 7   | U28.3.4      | 1 : 7 : 2           | 782                     | 665                      | 14,9616         | 11,2612                   |
| 8   | U28.3.5      | 1 : 7 : 2           | 740,20                  | 665                      | 10,1594         |                           |
| 9   | U28.3.6      | 1 : 7 : 2           | 798,75                  | 700                      | 12,3631         |                           |
| 10  | U28.4.4      | 1 : 7 : 2,5         | 773                     | 709                      | 8,2794          | 12,7101                   |
| 11  | U28.4.5      | 1 : 7 : 2,5         | 779,5                   | 690                      | 11,4817         |                           |
| 12  | U28.4.6      | 1 : 7 : 2,5         | 782                     | 673                      | 13,7386         |                           |

Tabel 4.2. Pengujian Serapan Air Pada Mortar

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Berat Basah (Wb) (gram) | Berat Kering (Wk) (gram) | Serapan Air (%) | Serapan Air Rata-rata (%) |
|-----|--------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1   | U28.1.4      | 1 : 8 : 0           | 803,5                   | 734                      | 8,6496          | 8,5017                    |
| 2   | U28.1.5      | 1 : 8 : 0           | 814                     | 746                      | 8,3539          |                           |
| 3   | U28.1.6      | 1 : 8 : 0           | 803                     | 759,90                   | 5,3674          |                           |
| 4   | U28.2.4      | 1 : 8 : 1,5         | 799,15                  | 701                      | 12,2818         | 11,2502                   |
| 5   | U28.2.5      | 1 : 8 : 1,5         | 809                     | 754,25                   | 6,7676          |                           |
| 6   | U28.2.6      | 1 : 8 : 1,5         | 800                     | 718,25                   | 10,2187         |                           |
| 7   | U28.3.4      | 1 : 8 : 2           | 786                     | 645                      | 17,9389         | 13,6092                   |
| 8   | U28.3.5      | 1 : 8 : 2           | 773                     | 685                      | 11,3842         |                           |
| 9   | U28.3.6      | 1 : 8 : 2           | 791                     | 700                      | 11,5044         |                           |
| 10  | U28.4.4      | 1 : 8 : 2,5         | 789,50                  | 673,10                   | 12,5276         | 14,7435                   |
| 11  | U28.4.5      | 1 : 8 : 2,5         | 787                     | 696                      | 11,5628         |                           |
| 12  | U28.4.6      | 1 : 8 : 2,5         | 790,10                  | 700,10                   | 11,3910         |                           |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U7.5.1       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7,2              | 7,1            | 51,12                       | 1720                    | 33,6463                                | 39,6207  |
| 2   | U7.5.2       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7                | 49             | 1915                        | 39,0816                 |  |  |
| 3   | U7.5.3       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7,15             | 7,0            | 50,65                       | 2010                    | 40,1598                                |  |
| 4   | U7.5.4       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7                | 7,2            | 50,40                       | 2410                    | 47,8175                                | 48,3923  |
| 5   | U7.5.5       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 2415                    | 47,9072                                |  |
| 6   | U7.5.6       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 2395                    | 48,8775                                |  |
| 7   | U7.5.7       | 1 : 5 : 2           | 7           | 7                | 7,1            | 49,7                        | 2215                    | 44,5674                                | 44,9674  |
| 8   | U7.5.8       | 1 : 5 : 2           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 2180                    | 44,4897                                |  |
| 9   | U7.5.9       | 1 : 5 : 2           | 7           | 6,9              | 7              | 48,30                       | 2195                    | 45,4451                                |  |
| 10  | U7.5.10      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 6,8              | 7              | 47,6                        | 1800                    | 37,8151                                | 37,1015  |
| 11  | U7.5.11      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1925                    | 39,2857                                |  |
| 12  | U7.5.12      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 7,2              | 7,1            | 51,12                       | 1785                    | 34,9178                                |  |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U7.6.1       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7                | 7,2            | 50,40                       | 1845                    | 36,6071   |   |
| 2   | U7.6.2       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 1730                    | 34,8088   | 35,7079   |
| 3   | U7.6.3       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7                | 6,90           | 48,30                       | 1135                    | 23,4989   |   |
| 4   | U7.6.4       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 2390                    | 48,0885   |   |
| 5   | U7.6.5       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 2450                    | 50,0000   | 49,0443   |
| 6   | U7.6.6       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 2050                    | 42,1377   |   |
| 7   | U7.6.7       | 1 : 6 : 2           | 7           | 7                | 7,2            | 50,40                       | 2535                    | 50,2976   |   |
| 8   | U7.6.8       | 1 : 6 : 2           | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 2410                    | 49,5375   | 50,5089   |
| 9   | U7.6.9       | 1 : 6 : 2           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 2485                    | 50,7143   |   |
| 10  | U7.6.10      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 7                | 7,2            | 50,40                       | 2235                    | 44,3452   |   |
| 11  | U7.6.11      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 7                | 7,1            | 49,70                       | 2560                    | 51,5090   | 51,0650   |
| 12  | U7.6.12      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 7                | 6,90           | 48,30                       | 2445                    | 50,6211   |   |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U7.7.1       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7,1              | 7              | 49,7                        | 1050                    | 21,12676  |   |
| 2   | U7.7.2       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 1020                    | 20,96610  | 22,6517   |
| 3   | U7.7.3       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7                | 7,15           | 50,05                       | 1210                    | 24,17582  |   |
| 4   | U7.7.4       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1490                    | 30,62693  |   |
| 5   | U7.7.5       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 1830                    | 36,30232  | 34,4224   |
| 6   | U7.7.6       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 7,2              | 6,85           | 49,32                       | 1605                    | 32,54260  |   |
| 7   | U7.7.7       | 1 : 7 : 2           | 7           | 7                | 7,1            | 49,7                        | 1485                    | 29,87930  |   |
| 8   | U7.7.8       | 1 : 7 : 2           | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 1575                    | 31,24380  | 30,5615   |
| 9   | U7.7.9       | 1 : 7 : 2           | 7           | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 1385                    | 28,27110  |   |
| 10  | U7.7.10      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1325                    | 29,04082  |   |
| 11  | U7.7.11      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 7,1              | 7              | 49,7                        | 1390                    | 27,96781  | 27,5043   |
| 12  | U7.7.12      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1145                    | 23,53550  |   |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (ods) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (ods) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U7.8.1       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 740                     | 15,21069                               | 17,5280  |
| 2   | U7.8.2       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7,1              | 7              | 49,7                        | 840                     | 16,90141                               |  |
| 3   | U7.8.3       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7                | 7,2            | 50,4                        | 915                     | 18,15476                               |  |
| 4   | U7.8.4       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7              | 49,7                        | 1375                    | 27,66600                               | 27,2365  |
| 5   | U7.8.5       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 7,2              | 7,15           | 51,48                       | 1380                    | 26,80653                               |  |
| 6   | U7.8.6       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1225                    | 25,17986                               |  |
| 7   | U7.8.7       | 1 : 8 : 2           | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1650                    | 33,91572                               | 37,6859  |
| 8   | U7.8.8       | 1 : 8 : 2           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1720                    | 35,10204                               |  |
| 9   | U7.8.9       | 1 : 8 : 2           | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 1030                    | 40,26979                               |  |
| 10  | U7.8.10      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 880                     | 17,95918                               | 22,5379  |
| 11  | U7.8.11      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 7,20             | 7,10           | 51,12                       | 1250                    | 24,45227                               |  |
| 12  | U7.8.12      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 7                | 7              | 49,7                        | 1025                    | 20,62374                               |  |



Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U7.5.1       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7,2              | 7              | 50,40                       | 2165                    | 42,9563   |   |
| 2   | U7.5.2       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7                | 6,9            | 48,30                       | 1870                    | 38,7163   | 41,7497   |
| 3   | U7.5.3       | 1 : 5 : 0           | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 2015                    | 40,5432   |   |
| 4   | U7.5.4       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 2700                    | 54,3259   |   |
| 5   | U7.5.5       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7                | 7,1            | 49,70                       | 2780                    | 55,9356   | 55,1307   |
| 6   | U7.5.6       | 1 : 5 : 1,5         | 7           | 7,2              | 7              | 50,40                       | 2595                    | 51,4881   |   |
| 7   | U7.5.7       | 1 : 5 : 2           | 7           | 7                | 7,1            | 49,70                       | 2110                    | 42,4547   |   |
| 8   | U7.5.8       | 1 : 5 : 2           | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 1985                    | 40,8016   | 43,5278   |
| 9   | U7.5.9       | 1 : 5 : 2           | 7           | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 2280                    | 44,6009   |   |
| 10  | U7.5.10      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 7                | 6,9            | 48,30                       | 1590                    | 32,9192   |   |
| 11  | U7.5.11      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 7                | 7,2            | 50,40                       | 1890                    | 37,5806   | 36,2731   |
| 12  | U7.5.12      | 1 : 5 : 2,5         | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 1705                    | 35,0462   |   |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan ( $\sigma$ ds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata ( $\sigma$ ds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U7.6.1       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 1750                    | 35,2113   | 34,2333   |
| 2   | U7.6.2       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7                | 49             | 1390                        | 28,3673                 | 28,3673   |   |
| 3   | U7.6.3       | 1 : 6 : 0           | 7           | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 1700                    | 33,2551   |   |
| 4   | U7.6.4       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 2715                    | 55,8068   | 55,9717   |
| 5   | U7.6.5       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7              | 49,70                       | 2790                    | 56,1368   |   |
| 6   | U7.6.6       | 1 : 6 : 1,5         | 7           | 7,2              | 6,90           | 49,68                       | 2670                    | 53,7440   |   |
| 7   | U7.6.7       | 1 : 6 : 2           | 7           | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 2690                    | 52,6213   | 53,1718   |
| 8   | U7.6.8       | 1 : 6 : 2           | 7           | 7                | 7,1            | 49,70                       | 2670                    | 53,7223   |   |
| 9   | U7.6.9       | 1 : 6 : 2           | 7           | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 2350                    | 46,9483   |   |
| 10  | U7.6.10      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 2125                    | 42,1543   | 40,9899   |
| 11  | U7.6.11      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 6,95             | 6,95           | 49,34                       | 1965                    | 39,8256   |   |
| 12  | U7.6.12      | 1 : 6 : 2,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 49,70                       | 1955                    | 39,3360   |   |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U7.7.1       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 1130                    | 23,8659                                | 29,4908  |
| 2   | U7.7.2       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1375                    | 28,0612                                |  |
| 3   | U7.7.3       | 1 : 7 : 0           | 7           | 7,2              | 6,85           | 49,32                       | 1525                    | 30,9205                                |  |
| 4   | U7.7.4       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 7                | 7              | 49                          | 2185                    | 44,5918                                | 48,0348  |
| 5   | U7.7.5       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 2595                    | 51,4779                                |  |
| 6   | U7.7.6       | 1 : 7 : 1,5         | 7           | 7                | 6,90           | 48,30                       | 1695                    | 35,0932                                |  |
| 7   | U7.7.7       | 1 : 7 : 2           | 7           | 7,2              | 6,90           | 49,68                       | 1630                    | 32,8099                                | 32,6804  |
| 8   | U7.7.8       | 1 : 7 : 2           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1595                    | 32,5510                                |  |
| 9   | U7.7.9       | 1 : 7 : 2           | 7           | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1485                    | 30,5241                                |  |
| 10  | U7.7.10      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 1590                    | 32,4556                                | 34,4102  |
| 11  | U7.7.11      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 6,90             | 7              | 48,30                       | 1585                    | 32,8157                                |  |
| 12  | U7.7.12      | 1 : 7 : 2,5         | 7           | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 1815                    | 36,0048                                |  |

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar U7 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan ( $\sigma$ s) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata ( $\sigma$ ds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|---|
| 1   | U7.8.1       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7                | 7,1            | 49,70                       | 1275                    | 26,6539  |   |
| 2   | U7.8.2       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 1010                    | 20,6164  | 24,3065   |
| 3   | U7.8.3       | 1 : 8 : 0           | 7           | 7                | 7              | 49                          | 1125                    | 22,4592  |   |
| 4   | U7.8.4       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 1560                    | 30,5164  |   |
| 5   | U7.8.5       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 7,2              | 7              | 58,40                       | 1495                    | 29,6627  | 30,5717   |
| 6   | U7.8.6       | 1 : 8 : 1,5         | 7           | 7                | 6,95           | 48,65                       | 1490                    | 30,6269  |   |
| 7   | U7.8.7       | 1 : 8 : 2           | 7           | 6,95             | 7,2            | 50,04                       | 1885                    | 37,6699  |   |
| 8   | U7.8.8       | 1 : 8 : 2           | 7           | 7                | 7,1            | 49,78                       | 1780                    | 35,8149  | 36,7424   |
| 9   | U7.8.9       | 1 : 8 : 2           | 7           | 7,1              | 7,0            | 49,70                       | 1735                    | 34,9094  |   |
| 10  | U7.8.10      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 7                | 7,15           | 50,05                       | 1470                    | 29,3706  |   |
| 11  | U7.8.11      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 7,1              | 7,0            | 49,70                       | 1435                    | 28,8732  | 29,1219   |
| 12  | U7.8.12      | 1 : 8 : 2,5         | 7           | 6,95             | 7,2            | 50,04                       | 1350                    | 26,9784  |   |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan ( $\sigma_{ds}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata ( $\sigma_{ds}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U28.5.1      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7,1              | 7,1            | 50,410                      | 3130                    | 62,0908  | 65,8542  |
| 2   | U28.5.2      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7                | 7,1            | 49,70                       | 3600                    | 72,4341  |  |
| 3   | U28.5.3      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7                | 7,1            | 49,70                       | 3460                    | 69,6177  |  |
| 4   | U28.5.4      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 3160                    | 61,8153  | 83,4641  |
| 5   | U28.5.5      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 7                | 6,95           | 48,65                       | 4000                    | 82,2199  |  |
| 6   | U28.5.5      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 7,1              | 7              | 49,70                       | 4210                    | 84,7082  |  |
| 7   | U28.5.7      | 1 : 6 : 2           | 28          | 7,1              | 7              | 49,70                       | 3090                    | 62,1730  | 72,885   |
| 8   | U28.5.8      | 1 : 6 : 2           | 28          | 7,2              | 7,1            | 51,12                       | 3550                    | 69,4444  |  |
| 9   | U28.5.9      | 1 : 6 : 2           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 3740                    | 76,3265  |  |
| 10  | U28.5.10     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7                | 6,90           | 48,3                        | 3185                    | 66,0248  | 65,8448  |
| 11  | U28.5.11     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 3300                    | 67,3469  |  |
| 12  | U28.5.12     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7,1              | 7,2            | 51,12                       | 3280                    | 64,1627  |  |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U28.6.1      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7                | 7,10           | 49,7                        | 3165                    | 63,6821                                | 68,1122  |
| 2   | U28.6.2      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 3455                    | 70,5102                                |  |
| 3   | U28.6.3      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7                | 7              | 498,30                      | 3220                    | 65,7143                                |  |
| 4   | U28.6.4      | 1 : 5 : 1,5         | 28          | 6,90             | 7              | 48,30                       | 3890                    | 80,5383                                | 73,0072  |
| 5   | U28.6.5      | 1 : 5 : 1,5         | 28          | 7                | 7,20           | 50,40                       | 3300                    | 65,4761                                |  |
| 6   | U28.6.6      | 1 : 5 : 1,5         | 27          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 2840                    | 56,3380                                |  |
| 7   | U28.6.7      | 1 : 5 : 2           | 28          | 7,20             | 7,10           | 51,12                       | 3800                    | 74,3349                                | 72,2781  |
| 8   | U28.6.8      | 1 : 5 : 2           | 28          | 7,10             | 7              | 49,70                       | 3490                    | 70,2213                                |  |
| 9   | U28.6.9      | 1 : 5 : 2           | 27          | 7                | 6,95           | 48,65                       | 3340                    | 68,6536                                |  |
| 10  | U28.6.10     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 7                | 7,2            | 50,40                       | 2200                    | 43,6508                                | 43,3137  |
| 11  | U28.6.11     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 6,9              | 7,1            | 48,98                       | 2185                    | 42,9767                                |  |
| 12  | U28.6.12     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 7,2              | 7              | 50,40                       | 2025                    | 40,1786                                |  |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U28.7.1      | 1 : 7 : 0           | 28          | 6,95             | 7              | 48,65                       | 2175                    | 44,7071   |   |
| 2   | U28.7.2      | 1 : 7 : 0           | 28          | 7                | 7,10           | 49,70                       | 1815                    | 36,5191   | 40,613  |
| 3   | U28.7.3      | 1 : 7 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1770                    | 36,1224   |   |
| 4   | U28.7.4      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7                | 7,15           | 50,05                       | 2850                    | 56,9430   |   |
| 5   | U28.7.5      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7,2              | 7,15           | 51,48                       | 2100                    | 40,7925   | 52,2139   |
| 6   | U28.7.6      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7,10             | 7              | 49,70                       | 2360                    | 47,4839   |   |
| 7   | U28.7.7      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7                | 6,90           | 48,30                       | 1215                    | 25,1553   |   |
| 8   | U28.7.8      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7,20             | 7              | 50,40                       | 1820                    | 36,1111   | 32,5974   |
| 9   | U28.7.9      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7,10             | 6,95           | 49,34                       | 1435                    | 29,0839   |   |
| 10  | U28.7.10     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 7,10             | 7              | 49,70                       | 1975                    | 39,7384   |   |
| 11  | U28.7.11     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 7,10             | 7,1            | 50,41                       | 1660                    | 32,9299   | 38,5216   |
| 12  | U28.7.12     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 7,20             | 7              | 50,40                       | 1860                    | 36,9048   |   |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 25°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U28.8.1      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 950                     | 19,3877                                | 19,1506  |
| 2   | U28.8.2      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7                | 7,10           | 49,70                       | 940                     | 18,9135                                |  |
| 3   | U28.8.3      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7,2              | 7,10           | 51,12                       | 860                     | 16,8232                                |  |
| 4   | U28.8.4      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 1865                    | 35,8064                                | 36,7807  |
| 5   | U28.8.5      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1850                    | 37,7551                                |  |
| 6   | U28.8.6      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 1540                    | 31,4349                                |  |
| 7   | U28.8.7      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7,05             | 7              | 49,35                       | 2490                    | 50,4559                                | 48,4087  |
| 8   | U28.8.8      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7,10             | 7,20           | 51,12                       | 2370                    | 46,3615                                |  |
| 9   | U28.8.9      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7                | 7,10           | 49,70                       | 2175                    | 43,7626                                |  |
| 10  | U28.8.10     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1645                    | 33,8129                                | 36,818   |
| 11  | U28.8.11     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 6,95             | 7              | 48,65                       | 1830                    | 37,6156                                |  |
| 12  | U28.8.12     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1765                    | 36,0204                                |  |





Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σ <sub>ds</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U28.5.1      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7                | 7,10           | 49,7                        | 3640                    | 73,2394   |   |
| 2   | U28.5.2      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 3970                    | 78,7542   | 82,6061   |
| 3   | U28.5.3      | 1 : 5 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 4040                    | 82,4490   |   |
| 4   | U28.5.4      | 1 : 5 : 1,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 3450                    | 70,4081   |   |
| 5   | U28.5.5      | 1 : 5 : 1,5         | 28          | 6,90             | 7,10           | 48,99                       | 2790                    | 56,9504   | 85,9591   |
| 6   | U28.5.6      | 1 : 5 : 1,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 4190                    | 85,5102   |   |
| 7   | U28.5.7      | 1 : 5 : 2           | 28          | 7,10             | 7,1            | 49,70                       | 2930                    | 58,9537   |   |
| 8   | U28.5.8      | 1 : 5 : 2           | 28          | 7                | 6,9            | 48,30                       | 3150                    | 65,2174   | 63,1086   |
| 9   | U28.5.9      | 1 : 5 : 2           | 28          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 3075                    | 60,9998   |   |
| 10  | U28.5.10     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 7,15             | 7,10           | 50,76                       | 2100                    | 41,3711   |   |
| 11  | U28.5.11     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 7,15             | 7              | 50,05                       | 1750                    | 34,9650   | 43,2919   |
| 12  | U28.5.12     | 1 : 5 : 2,5         | 28          | 7,2              | 7,05           | 50,76                       | 2295                    | 45,2128   |   |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan ( $\sigma_{ds}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata ( $\sigma_{ds}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U28.6.1      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 3045                    | 62,1428  |  |
| 2   | U28.6.2      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 3600                    | 71,4144  | 76,5318  |
| 3   | U28.6.3      | 1 : 6 : 0           | 28          | 7,10             | 6,90           | 48,99                       | 4000                    | 81,6493  |  |
| 4   | U28.6.4      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 7                | 7,1            | 49,7                        | 4015                    | 80,7847  |  |
| 5   | U28.6.5      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 7,10             | 7,10           | 50,41                       | 3920                    | 77,7623  | 86,5383  |
| 6   | U28.6.6      | 1 : 6 : 1,5         | 28          | 6,95             | 7              | 48,65                       | 4490                    | 92,2919  |  |
| 7   | U28.6.7      | 1 : 6 : 2           | 28          | 7,10             | 7              | 49,70                       | 3510                    | 70,6237  |  |
| 8   | U28.6.8      | 1 : 6 : 2           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 2620                    | 53,4694  | 67,2332  |
| 9   | U28.6.9      | 1 : 6 : 2           | 28          | 6,95             | 7,10           | 49,34                       | 3150                    | 63,8427  |  |
| 10  | U28.6.10     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7                | 7,2            | 50,42                       | 3060                    | 60,6902  |  |
| 11  | U28.6.11     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7                | 6,90           | 48,30                       | 3060                    | 63,3540  | 62,0221  |
| 12  | U28.6.12     | 1 : 6 : 2,5         | 28          | 7,1              | 6,90           | 48,99                       | 2610                    | 53,2762  |  |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan ( $\sigma$ ds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata ( $\sigma$ ds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|---|
| 1   | U28.7.1      | 1 : 7 : 0           | 28          | 7                | 7,20           | 50,40                       | 2140                    | 42,4603   | 48,1555   |
| 2   | U28.7.2      | 1 : 7 : 0           | 28          | 7                | 7,20           | 50,40                       | 2400                    | 47,6190   |   |
| 3   | U28.7.3      | 1 : 7 : 0           | 28          | 7,1              | 7              | 49,7                        | 2420                    | 48,6921   |   |
| 4   | U28.7.4      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7,05             | 7              | 49,35                       | 2935                    | 59,4731   | 54,3616   |
| 5   | U28.7.5      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7,10             | 6,95           | 49,34                       | 2430                    | 49,2501   |   |
| 6   | U28.7.6      | 1 : 7 : 1,5         | 28          | 7                | 7,2            | 50,40                       | 1320                    | 26,1905   |   |
| 7   | U28.7.7      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1760                    | 35,9184   | 35,8258   |
| 8   | U28.7.8      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7                | 7,10           | 49,70                       | 1960                    | 35,4366   |   |
| 9   | U28.7.9      | 1 : 7 : 2           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1770                    | 36,1224   |   |
| 10  | U28.7.10     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 6,95             | 6,95           | 48,30                       | 1540                    | 31,8840   | 41,6148   |
| 11  | U28.7.11     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 7                | 6,90           | 48,30                       | 2220                    | 45,9627   |   |
| 12  | U28.7.12     | 1 : 7 : 2,5         | 28          | 7                | 6,90           | 48,30                       | 1800                    | 37,2670   |   |

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar U28 (Suhu Rawatan 60°C)

| No. | Nomor Sampel | Perbandingan Volume | Umur (hari) | Panjang (P) (cm) | Lebar (L) (cm) | Luas (L) (cm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimal (F) (kg) | Kuat Tekan (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) | Kuat Tekan Rata-rata (σds) (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|--|--|
| 1   | U28.8.1      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1115                    | 22,7551                                | 32,1494  |
| 2   | U28.8.2      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1445                    | 29,4899                                |  |
| 3   | U28.8.3      | 1 : 8 : 0           | 28          | 7                | 7,10           | 49,7                        | 1730                    | 34,8088                                |  |
| 4   | U28.8.4      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 2230                    | 45,5102                                | 44,9987  |
| 5   | U28.8.5      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 7,2              | 7,10           | 51,12                       | 1965                    | 38,4389                                |  |
| 6   | U28.8.6      | 1 : 8 : 1,5         | 28          | 6,95             | 7,10           | 49,34                       | 2195                    | 44,4872                                |  |
| 7   | U28.8.7      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7,1              | 7,1            | 50,41                       | 2575                    | 51,0811                                | 53,4027  |
| 8   | U28.8.8      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7,05             | 7              | 49,35                       | 2750                    | 55,7244                                |  |
| 9   | U28.8.9      | 1 : 8 : 2           | 28          | 7,20             | 7,10           | 51,12                       | 2030                    | 39,7105                                |  |
| 10  | U28.8.10     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 7                | 7,20           | 50,4                        | 1225                    | 24,3056                                | 35,7328  |
| 11  | U28.8.11     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 7                | 7,15           | 50,05                       | 1820                    | 36,3636                                |  |
| 12  | U28.8.12     | 1 : 8 : 2,5         | 28          | 7                | 7              | 49                          | 1720                    | 35,1020                                |  |

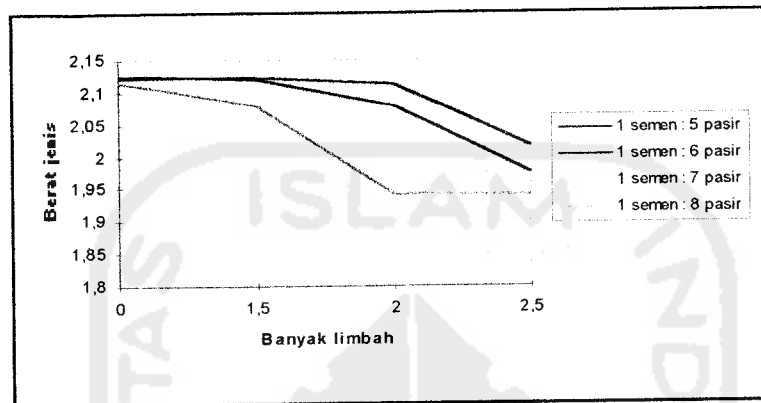
Tabel 4.5. Hasil Uji Berat Jenis, Serapan Air Mortar dan Kuat Tekan

| No. | Perbandingan Volume |       | Berat Jenis<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Serapan air<br>(%) | Kuat tekan 7 hari (kg/cm <sup>2</sup> ) |                | Kuat tekan 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> ) |                |
|-----|---------------------|-------|--------------------------------------|--------------------|---|----------------|--|----------------|
|     | PC                  | Pasir |                                      |                    | Suhu 25 der. C                          | Suhu 60 der. C | Suhu 25 der. C                           | Suhu 60 der. C |
| 1   | 1                   | 5     | 2,1214                               | 5,7127             | 39,6207                                 | 41,7497        | 68,1122                                  | 82,6061        |
| 2   | 1                   | 5     | 2,1218                               | 6,2999             | 48,3923                                 | 55,1307        | 73,0072                                  | 85,9591        |
| 3   | 1                   | 5     | 2,1129                               | 6,7438             | 44,9674                                 | 43,5278        | 72,2781                                  | 63,1086        |
| 4   | 1                   | 5     | 2,0143                               | 7,0212             | 37,1015                                 | 36,2731        | 43,3137                                  | 43,2919        |
| 1   | 1                   | 6     | 2,1234                               | 6,4217             | 35,7079                                 | 34,2333        | 65,8542                                  | 76,5318        |
| 2   | 1                   | 6     | 2,1199                               | 7,3489             | 49,0493                                 | 55,9717        | 83,4641                                  | 86,5383        |
| 3   | 1                   | 6     | 2,0776                               | 7,4263             | 50,5089                                 | 53,1718        | 72,8850                                  | 67,2332        |
| 4   | 1                   | 6     | 1,9729                               | 7,6788             | 51,0650                                 | 40,9899        | 65,8448                                  | 62,0221        |
| 1   | 1                   | 7     | 2,1162                               | 8,0292             | 22,6517                                 | 29,4908        | 40,6130                                  | 48,1555        |
| 2   | 1                   | 7     | 2,096                                | 9,0731             | 34,4224                                 | 48,0348        | 52,2139                                  | 54,3616        |
| 3   | 1                   | 7     | 1,9754                               | 11,2612            | 30,5615                                 | 32,6804        | 32,5974                                  | 35,8258        |
| 4   | 1                   | 7     | 1,9664                               | 12,7101            | 27,5043                                 | 34,4102        | 38,5216                                  | 41,6148        |
| 1   | 1                   | 8     | 2,1148                               | 8,5017             | 17,5280                                 | 24,3065        | 19,1506                                  | 32,1994        |
| 2   | 1                   | 8     | 2,0787                               | 11,2502            | 27,2365                                 | 30,5717        | 36,7807                                  | 44,9987        |
| 3   | 1                   | 8     | 1,9423                               | 13,6092            | 376,859                                 | 36,7424        | 48,4087                                  | 53,4027        |
| 4   | 1                   | 8     | 1,9403                               | 14,7435            | 22,5379                                 | 29,1219        | 36,8180                                  | 35,7328        |

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Berat Jenis Mortar

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi campuran perbandingan volume, hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.1. berikut ini



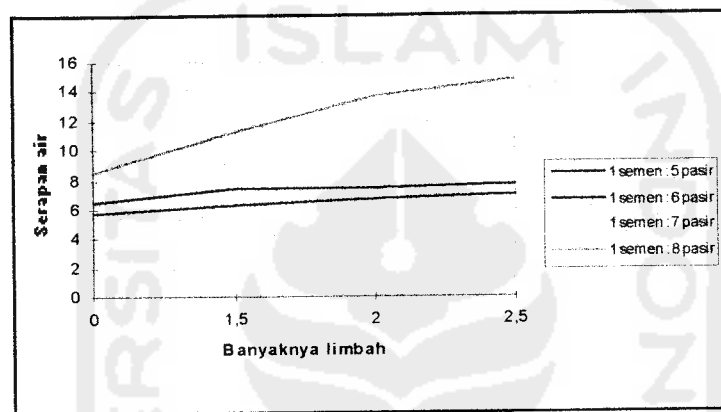
Gambar 4.1 Grafik hubungan berat jenis mortar terhadap penambahan limbah padat pada berbagai perbandingan pasir

Pada gambar 4.1. terlihat bahwa pada perbandingan campuran 1 semen : 5 pasir dan 1 semen : 6 pasir dengan penambahan limbah padat pabrik kertas 1,5 kali volume semen, berat jenis mortar relatif stabil. Berat jenis mortar mulai kelihatan berkurang ekstrim pada penambahan limbah limbah padat industri kertas 2 kali volume semennya. Hal ini dapat dipahami sebab semakin bertambah banyak limbah padat industri kertas, berat mortar semakin ringan dikarenakan berat jenis limbah padat industri kertas yang paling ringan dibandingkan dengan berat jenis semen dan pasir. Selain itu penambahan proporsi volume pasir dan limbah padat industri kertas yang lebih besar mengakibatkan pengurangan volume semen pada campuran mortar,

karena semen memiliki berat yang relatif lebih besar dibanding kedua bahan lainnya tersebut.

#### 4.2.2 Serapan Air Oleh Mortar

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi campuran perbandingan volume, hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini



Gambar 4.2 Grafik hubungan serapan air terhadap penambahan limbah padat industri kertas pada berbagai perbandingan pasir

Dari gambar 4.2. terlihat bahwa semakin bertambah jumlah limbah padat industri kertas dan pasir, mortar akan menyerap air semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh:

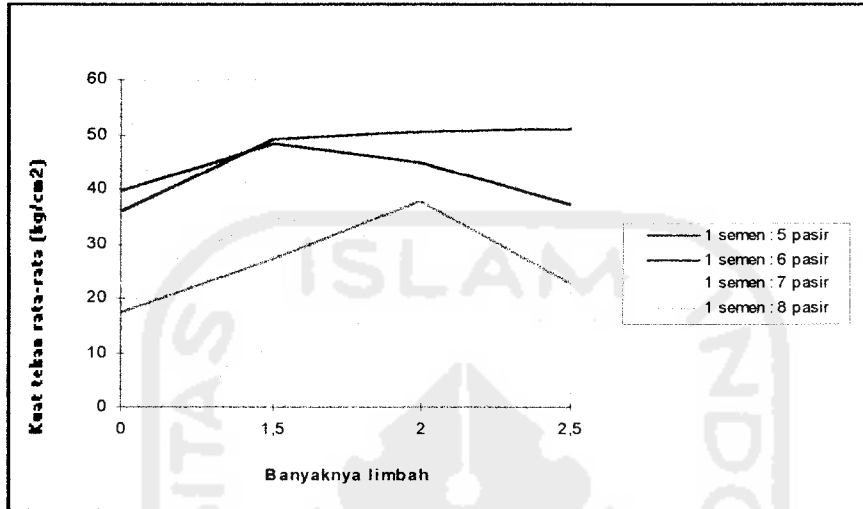
1. semakin bertambahnya jumlah pasir, mortar cenderung akan lebih berpori. Air banyak terperangkap pada pori mortar ini,
2. semakin bertambahnya jumlah limbah padat limbah industri kertas, luas bidang limbah padat industri kertas pada mortar semakin luas. Luas bidang

- limbah padat industri kertas pada mortar akan berpengaruh pada serapan air,
3. serapan air oleh mortar pada proporsi 1 PC : 5 pasir adalah yang terkecil, hal ini terjadi karena pada proporsi ini pori-pori (rongga) yang ada masih relatif sedikit. Pori-pori ini seluruhnya masih bisa terisikan oleh semen sehingga serapan air oleh mortar cukup kecil. Penambahan limbah padat 1,5 kali volume semen pada proporsi ini masih relatif kecil terhadap serapan air. Walaupun demikian, meningkatnya serapan air sudah ada. Hal ini disebabkan pori-pori mortar yang tadinya terisi semen kini tercampur oleh limbah padat yang mengandung kapur yang serapan airnya cukup besar,
  4. semakin bertambahnya jumlah pasir atau limbah padat industri kertas pada proporsi campuran mortar, semakin naik pula serapan air oleh mortar. Pada proporsi campuran 1 PC : 8 pasir serapan airnya lebih besar dari pada proporsi campuran 1 PC : 5 pasir. Ini disebabkan oleh semakin banyaknya pori (rongga) yang terjadi, sedangkan proporsi jumlah semen yang ada tidak dapat mengisi seluruh pori-pori yang ada. Penambahan limbah padat industri kertas pada proporsi campuran ini cenderung naiknya nilai serapan air lebih drastis, dikarenakan semakin luasnya bidang yang ditempati oleh limbah padat, yang mana limbah padat ini serapan airnya lebih besar. Dengan kata lain peningkatan proporsi pasir dan limbah padat mengakibatkan naiknya nilai serapan air.

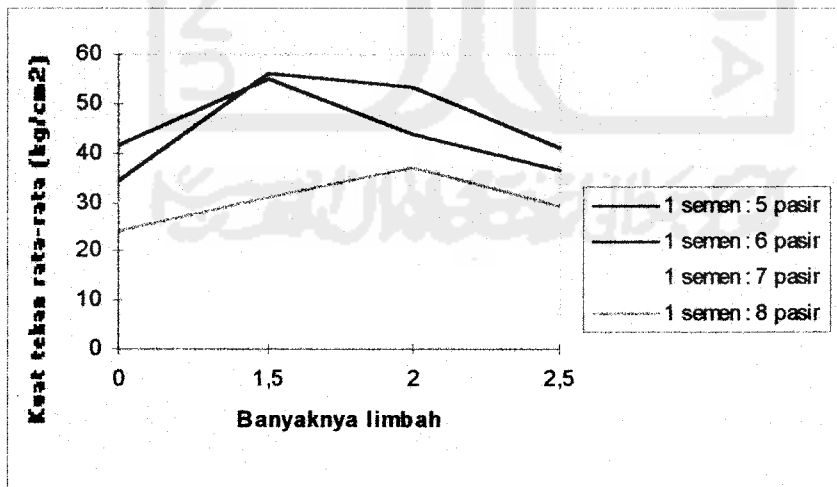


### 4.2.3 Kuat Desak Mortar

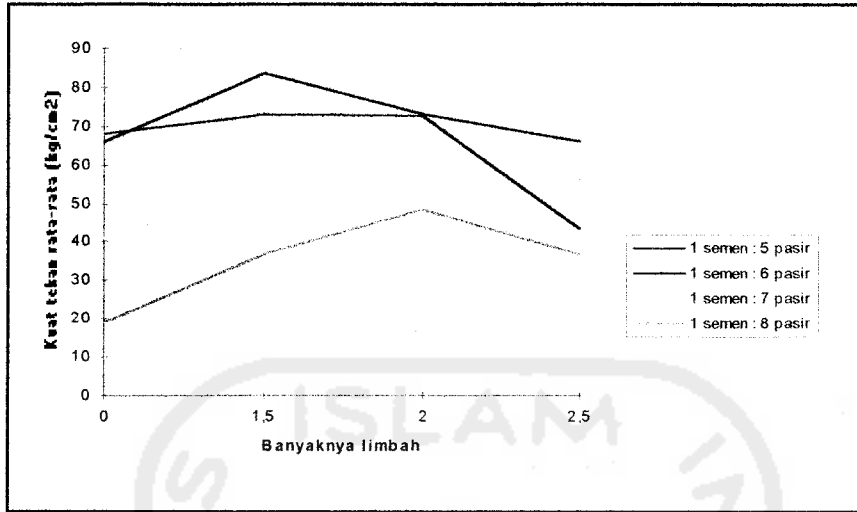
Dari hasil pengujian kuat desak mortar yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar grafik 4.3, 4.4, 4.5 dan 4.6 berikut ini



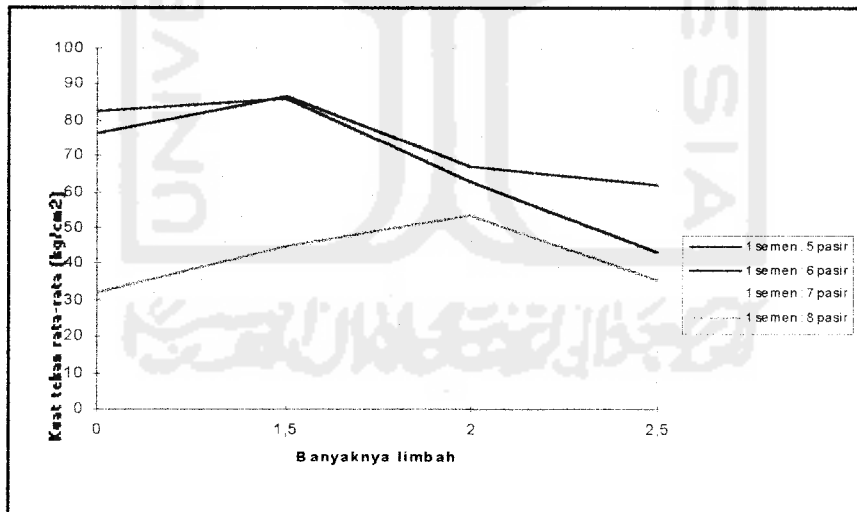
Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat desak mortar  $U_7$  pada rawatan suhu 25°C



Gambar 4.4 Grafik hubungan kuat desak mortar  $U_7$  pada rawatan suhu 60°C



Gambar 4.5. Grafik hubungan kuat desak mortar  $U_{28}$  pada rawatan suhu  $25^{\circ}\text{C}$



Gambar 5.6. Grafik hubungan kuat desak mortar  $U_{28}$  pada rawatan suhu  $60^{\circ}\text{C}$

Dengan membandingkan gambar 4.3, 4.4, 4.5 dan 4.6, menunjukkan bahwa setiap variasi campuran mortar dengan penambahan limbah padat 1,5 kali volume semennya, grafiknya selalu naik, baik untuk umur 7 hari maupun umur 28 hari pada semua perlakuan suhu (25°C dan 60°C). Sedangkan untuk setiap variasi campuran dengan penambahan limbah padat industri kertas lebih dari 1,5 kali volume semennya, grafiknya cenderung akan turun. Kecuali 1:8, karena paada campuran ini pori-pori diantara agregat lebih besar, Daningku kandungan semen per satuan volume mortar lebih kecil, berarti CaO lebih kecil, sehingga tambahan limbah lebih dari 1,5 kali volume semen belum mengakibatkan kandungan CaO melebihi batas (kandungan CaO 60-65%). Kuat desak optimum dicapai pada campuran 1 semen: 1,5 limbah padat, pada umur 28 hari dengan suhu 60°C yaitu sebesar 86,5383 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk umur 7 hari dengan suhu 25°C, kuat desak optimumnya hanya 83,4641 kg/cm<sup>2</sup> pada perbandingan campuran 1 semen : 6 pasir : 1,5 limbah padat industri kertas. Dibandingkan dengan campuran mortar yang tidak menggunakan limbah padat, penambahan limbah padat 1,5 kali volume semennya akan meningkatkan karakteristik kuat desak mortar. Hal ini bisa disebabkan oleh:

1. adanya tambahan kandungan kapur (CaO) yang cukup besar (53,6370%) pada campuran sehingga memberi daya kohesif tambahan pada mortar,
2. adanya tambahan kandungan besi (Fe) sebesar 0,2116% pada campuran sehingga memberi daya keras pada mortar,
3. pada campuran perbandingan 1 semen : 6 pasir : 1,5 limbah padat industri terjadi komposisi yang harmonis sehingga semua bahan pembentuk mortar dapat bekerja sama dengan baik,

4. secara umum penambahan volume pasir dapat menurunkan kuat tekan mortar karena terjadinya pengurangan volume semen sehingga ikatan antar butiran pasir kurang kuat,
5. dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan pasir dan limbah padat industri kertas pada campuran, tidak selamanya dapat menaikkan kuat desak mortar. Penambahan terbaik pasir pada penelitian ini bisa diberikan 6 kali volume semennya. Sedangkan penambahan limbah padat industri kertas pada campuran sebesar 1,5 kali volume semennya. Lebih dari ini, kuat desak mortar cenderung akan turun.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan dengan pemanfaatan limbah padat industri kertas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. penambahan limbah padat industri kertas dengan unsur kapur ( $\text{CaO}$ ) 53,637% serta unsur besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pada bahan campuran mortar sebanyak 1,5 kali volume semennya dapat menaikkan kuat desak mortar,
2. nilai kuat desak optimum dicapai pada perbandingan campuran 1 semen : 6 pasir : 1,5 limbah padat industri kertas yaitu sebesar 86,5383  $\text{kg/cm}^2$  dengan suhu rawatan 60°C,
2. semakin bertambah besar jumlah limbah padat industri kertas pada bahan campuran mortar, berat jenis mortar semakin kecil. Demikian juga rata-rata penyerapan air oleh mortar semakin besar pada batas penambahan 2 x volume semen,
3. tinggi slam 4 cm merupakan nilai minimal sebab jika nilai slam kurang dari 4 cm, campuran bahan akan sulit dikerjakan, sedangkan nilai slam lebih dari 6 cm, adukan bahan campuran mortar sudah terlalu encer.

## 5.2 Saran-saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, beberapa saran yang dapat disampaikan di sini, antara lain:

1. cetakan tambahan yang dibuat sendiri sebaiknya dari bahan yang keras, tidak menyerap air, dan harus presisi (akurat),
2. penelitian ini masih perlu ditindaklanjuti, terutama tinjauan terhadap efek dari unsur-unsur kimiawi lainnya (selain CaO dan Fe) yang ada dalam limbah padat industri kertas, misalnya unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Magnesia ( $\text{MgO}$ ), Sulfur ( $\text{SO}_3$ ) dan Soda ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ),
3. untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik, maka jumlah pembuatan benda uji dari masing-masing variasi perbandingan volume dibuat lebih dari 3 buah benda uji,
4. besarnya butiran agregat halus (pasir) dapat menentukan kekuatan mortar, untuk itu dilakukan penyaringan pasir yang lolos saringan nomor 4,75.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1991.
2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI), Badan Peneliti dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1992.
3. Antono, Ahmad, Diktat Bahan Konstruksi Teknik Sipil I, Laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1985.
4. Tjokrodimulyo, Kardiyono, Diktat Teknologi Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1992.
5. Kusuma Gideon, 1993, Pedoman Pengerjaan Beton Standard SK-SNI, Penerbit Erlangga.
6. Laboratorium BKT, Fakultas Teknik Sipil UII, Petunjuk Praktikum Bahan Konstruksi Teknik, Yogyakarta.
7. Soemarwoto, Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Jambaran, 1983.







DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
JURUSAN KIMIA FMIPA UNIVERSITAS GADJAH MADA  
**SEKSI ANALISA KIMIA**  
Sekip Utara Kotak Pos BLS 21 Telp 88688 Pes 513 Yogyakarta

Kepada Yth,  
Sdr. Herriyanto  
Fak. Teknik Sipil UII  
Yogyakarta

Dengan hormat,

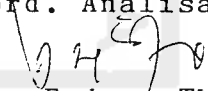
Dengan ini saya sampaikan hasil analisis sampel Limbah padat dari unit pemutihan Kertas, data hasil sbb :

1. Kandungan CaO : 53,637 %
2. Kandungan Fe : 0,2116 %

Analisa dilakukan dengan menggunakan AAS.

Demikian harap menjadikan periksa.

Yogyakarta, 21 Oktober 1996  
Koord. Analisa

  
Dra. Endang TW, MS.

