

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 MORTAR

Pasta adalah adukan yang terdiri dari bahan perekat dan air. Mortar (sering juga disebut mortel, atau spesi) atau adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, maupun semen. Bila tanah liat yang dipakai disebut mortar Lumpur (mud mortar), bila dari kapur disebut mortar kapur, dan begitu pula bila semen Portland yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar semen. Pasir dan kerikil berfungsi sebagai bahan pengisi (bahan yang direkat) (Tjokrodimuljo, 1996).

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar semen maupun mortar kapur dengan tujuan tertentu, mortar khusus dibagi dua macam :

1. Mortar ringan, diperoleh dengan menambahkan *asbestos fibers*, *jute fibers* (serat rami), butir-butir kayu, serbuk gergajian kayu, dan sebagainya. Mortar ini baik untuk bahan isolasi panas atau peredam suara.
2. Mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata-api dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan volume satu *aluminous cement* dan dua bubuk bata-api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya. (Tjokrodimuljo, 2004).

Pada dasarnya mortar mempunyai sifat-sifat seperti beton, mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- 1) Murah,
- 2) Tahan lama,
- 3) Mudah dikerjakan / workability,
- 4) Melekat baik dengan bata, batu dan sebagainya,
- 5) Cepat kering / keras,
- 6) Tahan terhadap rembesan air, dan
- 7) Tidak timbul retak-retak setelah dipasang (Tjokrodimuljo, 1996).

Mortar adalah campuran yang terdiri dari bahan ikat pasir dengan atau tanpa pozolan dan air dengan komposisi tertentu. ada beberapa macam mortar sesuai dengan bahan ikat yang digunakan, yaitu mortar semen, mortar kapur, mortar tras, mortar lumpur, mortar semen kapur dan mortar semen tras (Widjoyo dkk, 1977).

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25 persen berat semennya saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35 (Tjokrodimuljo, 1996).

Mortar semen adalah mortar yang tersusun atas campuran semen Portland, pasir dan air dengan komposisi tertentu. Mortar semen lebih kuat daripada mortar lumpur, mortar kapur, mortar tras, oleh karena itu lebih disukai untuk digunakan. Umumnya mortar semen ini digunakan sebagai plesteran dinding, bahan pelapis dan pelekat (spesi) pasangan batu bata, spesi batu kali, plesteran pemasangan tegel dan lain sebagainya. Pada industri bahan bangunan, mortar semen biasanya

digunakan sebagai bahan untuk membuat tegel, batako, looster, paving block, buis beton, dan lain sebagainya (Nugraha, 1996).

Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik atau tinggi jika memakai pasir kasar dan bersih (tidak mengandung lumpur) serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butiran (*segregasi*) pada semen dan pasir, yang berakibat membesarnya penyusutan dan mengurangi daya rekat (*adhesiveness*). Dengan demikian akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatan batasnya (*ultimate strength*) (Nugraha, 1996).

Komposisi bahan susun mortar semen, umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1:2 sampai dengan 1:6 disesuaikan dengan pemakaiannya. (Tjokrodimuljo, 1996)

Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen (gel). Pori-pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan akan membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang dan mudah terjadi *slip* antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang. (Tjokrodimuljo, 1996)

3.2 SEMEN PORTLAND (*PORTLAND CEMENT*)

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI-1982).

Kandungan silikat dan aluminat pada semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung dua arah yakni luar dan dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Tjokrodimuljo, 1996).

Semen dan air saling bereaksi mengalami hidrasi yang menghasilkan hidrasi semen, Proses ini berlangsung sangat cepat. Dengan adanya penambahan beberapa persen *gips* yang bersifat menghambat pengikatan semen dan air, maka akhirnya beton atau mortar dapat diangkat dan dikerjakan sebelum pembentukan ikatan berakhir. Kecepatan waktu ikat dipengaruhi oleh kehalusan semen, temperatur dan faktor air semen. Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antar butir semen pendek. Akibatnya masa semen menunjukkan lebih berkaitan, karena kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi (Nugraha, 1996).

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton atau mortar. Jika terjadi faktor air semen sama (nilai slump berbeda) beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen tertentu terlalu sedikit berarti jumlah air sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah, namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah. (Tjokrodimuljo, 1996)

3.3 AGREGAT HALUS

Agregat halus dalam beton maupun mortar, berfungsi sebagai bahan pengisi atau bahan yang diikat, dengan kata lain agregat dalam adukan tidak mengalami reaksi kimia. Menurut Tjokrodimuljo (1996), agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat kira-kira mempunyai sebanyak 70 % volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortar / beton. Sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah didasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat halus yang biasa digunakan adalah pasir, pasir sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau pasir yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5 mm. (Tjokrodimuljo, 1996)

Sedangkan agregat batok kelapa merupakan agregat buatan yang merupakan hasil dari pemecahan tempurung kelapa. Tempurung kelapa merupakan lapisan yang cukup keras dari buah kelapa (Setyomidjaja., 1995). tempurung kelapa sendiri dipecahkan sampai mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm kebawah.

Ditinjau dari beratnya agregat dapat dibagi tiga, yaitu agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat. Peraturan Beton 1989 mencakup agregat normal dan agregat ringan.

Walaupun fungsi agregat hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar. Pemakaian agregat dalam mortar dimaksudkan untuk (Nugraha,1996) :

- 1) Menghasilkan kekuatan mortar yang cukup besar,
- 2) Mengurangi susut pengerasan,
- 3) Menghasilkan susunan pampat pada mortar,
- 4) Mengontrol *workability* adukan, dan
- 5) Mengurangi jumlah penggunaan semen Portland

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan beton / mortarnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pastanya tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. Lagipula karena butirannya besar menyebabkan sangat menghalangi susutan pastanya, sehingga retakan-retakan kecil pada pasta disekitar agregat lebih mudah terjadi.(Tjokrodimuljo,1996)

3.4 BATOK KELAPA

Menurut Setyomidjojo, Batok kelapa adalah bagian tempurung yang keras dari buah kelapa, tebalnya antara 3 – 5 mm. Kelapa atau *cocos nucifera* tumbuh di negara tropis.

Buah kelapa terdiri atas sabut 35 %, tempurung 12 %, daging 28 %, dan air buah 25 %. Bagian yang terkuat yaitu *Endocarp* (bagian tempurung yang keras sekali. Tebalnya 3-6 mm. Bagian dalam melekat pada kulit luar dari biji / endosperm).

Di Indonesia luas lahan yang ditumbuhi pohon kelapa lebih kurang 2,3 juta Ha (Puslitbang Pemukiman P.U, 1992), dengan macam pohon kelapa yang tumbuh adalah :

- b. Kelapa dalam (*typical variety*); pohonnya tinggi, buahnya besar, tetapi jarang.
- c. Kelapa genjan (*nama Variety*); pohonnya pendek, buahnya lebat, tetapi kecil-kecil, dan
- d. Kelapa hibrida (*hybrid variety*); hasil perbaikan dari kedua jenis diatas

Kelapa merupakan buah yang terdiri dari bagian-bagian (Setyamidjojo 1995) antara lain :

- *Epicarp* (kulit luar yang permukaannya licin, agak keras dan tebalnya kurang lebih 1/7 mm).
- *Mesocarp* (kulit tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat-serat yang keras tebalnya 3-5 cm).
- *Endocarp* (bagian tempurung yang keras sekali, tebalnya 3-6 mm, bagian dalam melekat pada kulit luar dari biji / endosperm).
- Putih lembaga atau *endosperm* yang tebalnya 8-10 mm. buah yang sudah tua bobotnya terdiri dari 25 % air. Sedangkan *Endosperm* mengandung : 52 % air, 34 % minyak, 3 % protein, 1.5 % zat gula, 1 % abu. Adapun air kelapa mengandung 2 % gula, 4 % zat kering dan abu.

Melihat hasil buah yang cukup banyak di Indonesia maka limbah dari pengolahan buah kelapa juga akan banyak pula, batok kelapa juga merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari pengolahan buah kelapa.

Kandungan nutrisi pada lapisan paling luar atau di dekat tempurung menjadi lebih banyak jika dibandingkan dengan lapisan paling dalam, karena lapisan paling luar ini lebih dahulu terbentuk.

Menurut Warisno (2003), *endocarp* atau biasa dikenal dengan nama tempurung atau batok kelapa merupakan lapisan yang keras karena banyak mengandung silikat (SiO_2), pada bagian pangkal tempurung terdapat 3 buah *ovale* (lubang tumbuh) atau mata, yang membuktikan bahwa bakal buah asal beruang tiga dan biasanya yang tumbuh satu buah, meskipun kadang-kadang muncul dua atau tiga kecambah, kecambah akan muncul dari lubang yang memiliki ukuran paling besar dengan tutup lubang yang lunak.

3.5 AIR

Air pada campuran mortar berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, pasir agar dapat saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat yang mudah dikerjakan (*workability*) adukan mortar, kekuatan susut dan keawetan. Reaksi kimia antara air dengan semen akan membentuk *gel* yang selanjutnya akan mengikat butir-butir pasir dan kapur. Dalam pemakaiannya air harus diberikan secara tepat, jika terlalu sedikit maka adukan mortar akan sulit untuk dikerjakan, sebaliknya jika berlebihan akan menyebabkan *segregasi* dan mengurangi daya

ikat. Selain itu kelebihan air akan bergerak ke permukaan adukan bersama-sama semen dan dapat membentuk lapisan tipis (*laitance*).

Dalam pemakaian air untuk mortar, air sebaiknya memenuhi syarat yaitu (Tjokrodimuljo, 1996) :

- 1) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr / liter.
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter,
- 3) Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gr /liter, dan
- 4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter

Air juga digunakan untuk rawatan mortar. Metoda perawatannya adalah dengan merendam mortar dalam air. Rawatan mortar ini dapat juga memakai adukan, tetapi harus tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan sehingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika rawatan cukup lama (Nugraha, 1996).

3.6 PENGARUH PERLAKUAN SUHU

Kecepatan pada reaksi kimia yang berlangsung pada pengikatan dan pengerasan tergantung pada suhu perawatannya. Pada suatu masa beton yang kecil, dimana panas yang ditimbulkan oleh semen dikeluarkan dengan cepat, kecepatan pengerasan tergantung pada suhu disekitarnya. Sebagai contoh beton yang dirawat pada suhu 0^o C selama tujuh hari hanya mencapai 58 % dari kuat desak beton

yang sama dan dirawat pada suhu 20°C selama tujuh hari (Brook dan Murdock, 1986).

Selanjutnya bila suhu jauh diatas 40°C , tampaknya terjadi pengerasan pasta beton dengan cepat, sehingga beton sudah kaku sebelum dipadatkan. Dapat ditambahkan disini, bahwa hal ini khusus terjadi bila air bisa menguap dari permukaan. Pada suatu beton yang besar atau pada bagian – bagian yang di isolasi dengan baik, panas yang dihasilkan lebih banyak dari pada panas yang hilang. Sebagai akibatnya suhu naik dan akan menaikkan juga kecepatan pengerasan (Brook dan Murdock, 1986).

3.7 PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan Lumpur atau zat organis pada agregat, yang keberadaannya mungkin memberikan pengaruh buruk (menurunkan) terhadap kekuatan beton / mortar. Kandungan zat organis akan mengganggu reaksi kimia dalam proses hidrasi antara air dan semen, kandungan zat organis ini pada umumnya terdiri dari tumbuh-tumbuhan yang telah busuk dan muncul dalam bentuk humus. Menurut Standar SII.0052 agregat halus atau pasir tidak boleh mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan $0,074\text{ mm}$ atau saringan no.200) lebih dari 5 %.

Pemeriksaan kandungan lumpur ini dapat dicari dengan cara mengeringkan dan menimbang bahan agregat (W_0), kemudian agregat dicuci dengan mencampurkan air didalam gelas ukur, setelah itu agregat dikeringkan dalam oven hingga beratnya tetap, selanjutnya ditimbang berat agregatnya (W).

Kemudian untuk mendapatkan prosentase kandungan lumpurnya dapat dicari dengan rumus berikut ini :

$$\text{Kandungan Lumpur (\%)} = \frac{W_o - W}{W_o} \times 100 \% \quad (3.1)$$

Keterangan : W_o = Berat pasir sebelum dioven (gram)

W = Berat pasir setelah dioven (gram)

3.8 BERAT VOLUME AGREGAT

Definisi berat volume adalah berat dalam satuan volume untuk setiap partikel (Brink, R.H and Timms, A.G, 1996). Pemeriksaan ini juga berfungsi untuk mengetahui apakah suatu agregat termasuk agregat berat, ringan atau normal, pengujiannya mengacu pada standar ASTM C29. Untuk agregat normal berat volumenya tidak boleh kurang dari $1,2 \text{ kg/dm}^3$ dan untuk agregat ringan berat volumenya berkisar antara $750\text{-}1200 \text{ kg/m}^3$.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat volume satuan dari batok kelapa dan pasir yang berguna untuk perhitungan komposisi campuran. Prosedurnya dengan cara mempergunakan alat cetak silinder beton diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Prosedurnya yaitu Alat cetak silinder kosong di timbang beratnya (W_1) kemudian bahan dimasukan dalam silinder lalu dipadatkan. Setelah itu ditimbang beratnya (W_2). Bahan yang akan di uji dalam keadaan kering dengan memasukkan ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sehingga mempunyai berat tetap. Hasil penimbangan dikurangi berat silinder kosong lalu dibagi volume silinder maka didapat berat satuan seperti rumus berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{W1 - W2}{V} \quad (3.2)$$

Keterangan : W1 = berat tabung dan agregat (gram)

W2 = berat tabung (gram)

V = volume tabung (cm³)

3.9 GRADASI AGREGAT

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Sebagai persyaratan gradasi dipakai nilai presentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan itu adalah ayakan dengan lubang : 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Menurut ASTM C.33-86, agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45 % dan tertahan pada ayakan berikutnya.

SK.SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari British Standar di Inggris. Batas gradasi agregat halus menurut British Standar adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Batas Gradasi Agregat Halus Menurut *British Standard*

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

- Keterangan :
- Daerah I = Pasir Kasar
 - Daerah II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah III = Pasir Halus
 - Daerah IV = Pasir Agak Halus

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Abrams,1918). Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Menurut SII.0052 MHB agregat halus sekitar 1,5 sampai 3,8. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley,1942:232).

$$MHB = \frac{W}{100} \quad (3.3)$$

Keterangan : W = Prosentase berat tertinggal kumulatif (%)

3.10 PERENCANAAN CAMPURAN MORTAR

Penakaran bahan penyusun mortar menggunakan perbandingan volume sesuai dengan ketentuan yang telah disyaratkan . Bahwasanya untuk beton / mortar dengan kuat tekan $f'c$ lebih kecil dari 20 MPa, proporsi campuran boleh didasarkan pada campuran volume (*volume batching* – ASTM C.685). Penakaran volume harus didasarkan pada proporsi campuran dalam berat yang dikonversikan ke dalam volume berdasarkan berat satuan volume dari masing-masing bahan (PB, 1989 :17).

Perencanaan campuran mortar adalah untuk menentukan jumlah masing-masing bahan yang akan digunakan dalam adukan mortar berdasarkan

perbandingan komposisi lewat penakaran volume yang akan direncanakan. Sebelum melakukan perencanaan adukan dalam perbandingan berat dilakukan persiapan untuk mencari berat isi atau berat volume suatu bahan susun mortar. Perbandingan tersebut akan ditransformasi dalam menentukan komposisi agar sebanding, terlebih dahulu dicari berat/satuan volume masing-masing bahan campuran dari perbandingan berat, akhirnya dapat dihitung berat masing-masing bahan penyusun adukan yang diperlukan (Nugraha, 1996).

Rumus yang digunakan adalah :

$$Z = \frac{X \text{ berat_satuan}(y)}{\text{berat_satuan}(\text{semen})} \quad (3.4)$$

Dimana : Z = nilai banding penakaran berat

x = nilai banding penakaran volume

y = bahan material

3.11 PENGUJIAN SERAPAN AIR MORTAR

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui prosentase serapan air yang mampu diserap mortar. Menurut Tjokrodiluljo (1996) mortar akan bersifat tembus air (*porous*), daya ikat berkurang, dan mudah terjadi *slip* antar butiran agregat apabila pada mortar terdapat rongga-rongga yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen selanjutnya rongga yang berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini akan saling berhubungan dan akan membentuk kapiler setelah mortar mengering.

Pada mortar, agregat yang digunakan menempati sampai 75 sampai dengan 90 persen dari volume mortar, sehingga sifat porous bahan susun

memberikan kontribusi pada porositas mortar secara keeluruhan. Karena sifat tersebut pula, menyebabkan volume pasir biasanya mengembang bila sedikit mengandung air, hal ini disebabkan oleh adanya lapisan tipis air disekitar butir-butir pasir. Ketebalan lapisan air itu akan bertambah dengan bertambahnya kandungan air di dalam pasir jika dilakukan perendaman dan ini berarti pengembangan volume mortar secara keseluruhan (Bahan Program Pelatihan Terapan Teknologi Ferrocement, ITB). Pori-pori yang terbentuk boleh jadi merupakan saluran air bebas di dalam mortar itu sendiri. Prosentase berat air yang mampu diserap oleh mortar jika direndam dalam air merupakan nilai serapan airnya. Pengujian serapan air pada mortar menggunakan benda uji umur 3,7 dan 28 hari yang dirawat pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$, untuk masing-masing komposisi campuran (Nugraha,1996). Dengan menggunakan persamaan berikut ini serapan air pada mortar dapat diketahui.

$$\text{Serapan Air} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% \quad (3.5)$$

W_1 : Berat awal sebelum dioven (gram)

W_2 : Berat akhir setelah dioven (gram)

3.12 PENGUJIAN BERAT VOLUME MORTAR

Pengujian berat volume mortar dilakukan pada benda uji umur 3,7 dan 28 hari, yang dirawat pada suhu kamar untuk masing-masing komposisi campuran. Pengujian berat volume ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan mortar. Karena sifat bahan susun mortar yang *porous*, maka perlu diberikan bahan pengisi untuk mengisi pori-pori yang terbentuk oleh bahan penyusun mortar sehingga

menjadi pampat pada pengerasan dan dapat menaikkan berat satuan mortar. Hal ini mengharuskan bahan pengisi mortar mempunyai ukuran butiran yang lebih kecil dari butiran agregat supaya dapat mengisi pori-pori tersebut (Nugraha, 1996) Dengan menggunakan persamaan di bawah ini, berat volume mortar dapat diketahui.

$$Bv.mortar = \frac{W}{V} \text{ (kg/cm}^3\text{)} \quad (3.6)$$

W : Berat mortar (kg)

V : Volume mortar (cm³)

3.13 UJI KUAT DESAK MORTAR

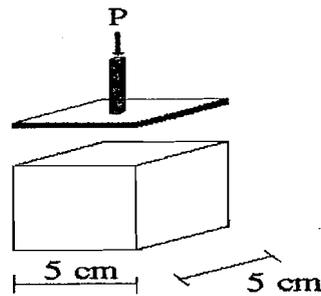
Uji kuat tekan dilakukan dengan membuat kubus mortar. Menurut ASTM/Vol 04.05/C-579 dan C-780 ukuran sisi kubus adalah 50 mm. Pada penelitian ini digunakan 10 buah benda uji untuk satu variasi, setelah mengeras (berumur 28 hari) dilakukan pengujian dengan cara ditekan dengan mesin uji tekan. Nilai kuat tekan didapat dengan cara membagi besar beban maksimum (Kg) dengan luas penampang tekan (mm²).

$$S = \frac{P}{A} \quad (3.7)$$

Dengan : P = beban maksimum dari pengujian (kg)

S = Kuat tekan mortar (kg/cm²)

A = Luas permukaan tekan (cm²)



Gambar 3.1 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Menurut Tjokrodinuljo (1996), kuat tekan beton / mortar dipengaruhi oleh factor-faktor berikut ini :

1. Umur Beton

Kekuatan beton akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur yang dihitung sejak beton dibuat. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat sebagai standar kekuatan beton 28 hari.

2. Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran beton

3. Jenis Semen

Tiap jenis semen akan memberikan kuat tekan yang berbeda-beda jika digunakan dalam campuran adukan beton.

4. Jumlah Semen

Pada beton dengan FAS sama, kandungan lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada

beton dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Jumlah semen dalam beton mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum butir agregat.

3.14 UJI KUAT TARIK MORTAR

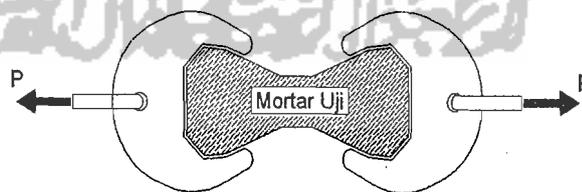
Menurut ASTM/Vol 04.05/C-307 atau C-780 uji kuat tarik dilakukan dengan cara membuat mortar berbentuk seperti angka delapan. Ukuran tebal dan lebar pada daerah penyempitan ± 25 mm. Saat pengujian sample ditarik dengan alat uji *cement briquettes* (alat bantu untuk tes tarik). Nilai kuat tarik didapat dengan membagi beban tarik maksimum (kg) dengan luas penampang yang terkecil (cm²), pada penelitian ini digunakan 4 benda uji.

$$T = \frac{P}{A} \quad (3.8)$$

Dimana : T = kuat tarik mortar (kg/cm²)

P = beban maksimum dari pengujian (kg)

A = luas penampang terkecil (cm²)



Gambar 3.2 Benda Uji Tarik Mortar

3.15 WORKABILITAS

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton atau mortar baik dalam pencampuran maupun dalam pematatannya. Walaupun suatu beton atau mortar dirancang agar memiliki kekuatan yang optimal, namun jika rancangan tersebut tidak dapat diimplementasikan di lapangan karena sulit dikerjakan maka rancangan tersebut menjadi percuma. (Trimulyono,2004)

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan mortar. Pada jumlah semen terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan mortar sulit untuk dipadatkan sehingga kuat tekan mortar rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga mortar mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan mortar rendah. (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut Trimulyono (2004) Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton atau mortar. Semakin plastis, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhi antara lain :

1. Jumlah air pencampur, semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen, jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisiannya akan lebih tinggi.
3. Gradasi campuran pasir-kerikil, jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, maka akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar, agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

5. Butiran maksimum
6. Cara pemadatan dan alat pematat

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Julianto dan Herryanto (1997), Tinggi slump 4 cm merupakan nilai minimum sebab jika nilai slump berkurang dari 4 cm, campuran bahan akan sulit dikerjakan sedangkan nilai slump lebih dari 6 cm, adukan bahan campuran mortar sudah terlalu encer.

3.16 NILAI RATA-RATA (*MEAN*)

Rata-rata (*mean*) atau lebih tepatnya disebut rata-rata hitung (*arithmetic mean*) merupakan ukuran gejala pusat yang sering digunakan, rata-rata dapat didefinisikan sebagai jumlah nilai dibagi oleh jumlah (banyaknya/frekuensi) subyeknya (Furqon, 2004). Dengan demikian nilai rata-rata seperangkat data dapat dicari dengan cara menjumlahkan semua nilai dan kemudian membaginya dengan banyak subyeknya (data). Maka perhitungannya menggunakan rumus (3.9) dibawah ini :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.9)$$

Keterangan :

\bar{X} = Nilai rata-rata (*mean*)

$\sum x$ = Jumlah seluruh nilai data

n = Jumlah sampel data

3.17 ANALISIS REGRESI DAN KORELASI

Analisis regresi merupakan suatu cara untuk menentukan hubungan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel (Sudjana, 1996).

Menurut Supramono (1993), perbedaan antara regresi dan korelasi adalah regresi menunjukkan bentuk hubungan antara variabel yang mempengaruhi variabel yang lain (variabel bebas) dengan variabel yang dipengaruhi (variabel terikat). Sedangkan korelasi menjelaskan besarnya derajat atau tingkat keeratan hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain.

Hubungan linear antara dua variable X dan Y dikatakan linear jika besar perubahan nilai Y yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai X konstan pada jangkauan nilai X yang diperhitungkan. Jika hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik maka hubungan linear antara X dan Y akan nampak sebagai garis lurus. Formula hubungan antara variabel X dan Y linear seperti pada persamaan 3.10.

$$Y = a + bX \quad (3.10)$$

a menunjukkan intersep garis (merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu Y) dan b menunjukkan *slope* dari garis (perubahan dalam Y bila X berubah satu-satuan).

Menurut Supramono (1993), analisis korelasi digunakan untuk mengukur tingkat, keeratan hubungan antara dua variabel bebas dan terikat. Ada dua pengukuran yang biasa digunakan dalam pengukuran yang biasa digunakan dalam

pengukuran keeratan hubungan yaitu koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r).

Menurut Supramono (1993), kegunaan koefisien determinasi adalah :

1. Sebagai ukuran ketepatan/ kecocokan garis regresi yang dibuat dari hasil estimasi terhadap sekelompok data hasil observasi. Semakin besar nilai R^2 maka semakin bagus regresi yang terbentuk, sebaliknya semakin kecil nilai R^2 , semakin tidak tepat garis regresi tersebut mewakili data hasil observasi, dan
2. Untuk mengukur proporsi (persentase) dari jumlah variasi Y yang diterangkan oleh model regresi atau untuk mengukur besar sumbangan dari variable X terhadap variasi variable Y .

Ada dua kondisi yang ekstrim dari nilai R^2 ini yaitu bila $R^2 = 1$ berarti variable X dan Y mempunyai hubungan yang sempurna dan jika $R^2 = 0$ maka tidak ada hubungan sama sekali antara kedua variable tersebut. Dengan demikian nilai R^2 akan berkisar antara 0 sampai dengan 1.

Menurut Supramono (1993), koefisien korelasi adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat keeratan hubungan linear antara dua variabel. Selain itu nilai koefisien korelasi merupakan akar dari nilai koefisien determinasi.

Menurut Supramono. (1993), koefisien korelasi mempunyai sifat sebagai berikut ini.

1. Merupakan besaran yang tidak mempunyai satuan.
2. Nilai r akan terletak antara -1 dan 1 ($-1 \leq r \leq 1$).

3. Tanda positif dan negative koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan.
4. Hanya mencerminkan keeratan hubungan linear dari dua variabel yang terlibat.
5. Besifat simetris $r_{XY} = r_{YX} = r$.
6. Variabel yang terlibat tidak harus variabel terikat dan variabel bebas.

Tingkat keeratan korelasi dapat ditentukan berdasarkan nilai berdasarkan nilai koefisien determinasinya (R^2) seperti dijelaskan dalam tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Hubungan Nilai Koefisien Determinasi (R^2) dan Korelasi

Nilai Koefisien Determinasi	Korelasi
$R^2 = 1$	Sempurna
$0,8 < R^2 < 0,99$	Sangat Kuat
$0,50 < R^2 < 0,79$	Kuat
$0,30 < R^2 < 0,49$	Kurang Kuat
$R^2 < 0,3$	Lemah
$R^2 = 0$	Tidak Ada

3.18 SIMPANGAN BAKU DAN KOEFISIEN VARIASI

Menurut Furqon (2004), simpangan baku (*standart deviation*) merupakan dua buah ukuran yang paling sering digunakan tentang variasi suatu perangkat data. Kedua ukuran tersebut berhubung langsung, ukuran yang satu dapat ditemukan secara langsung jika ukuran yang lainnya telah diketahui. Untuk simpangan baku, populasi merupakan indeks variabilitas seperangkat data (suatu distribusi). Makin bervariasi suatu perangkat data makin besarliah simpangan bakunya, dan sebaliknya. Untuk mendapatkan simpangan baku dapat digunakan rumus (3.11) berikut ini :

$$\text{Standar deviasi } (s) = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2}{n(n-1)}} \quad (3.11)$$

Keterangan :

n = Jumlah data

$\sum_{i=1}^n xi$ = Jumlah semua nilai data dari bilangan (nilai) ke-1 sampai bilangan ke-n

Menurut Furqon (2004), besaran simpangan baku sangat bergantung kepada skala data. Data yang tercatat dalam skala satuan cenderung memiliki simpangan baku yang lebih kecil daripada data yang dicatat dalam skala puluhan ataupun ratusan. Skala data merupakan salah satu pertimbangan yang harus dilakukan dalam menafsirkan simpangan baku. Mengingat sifat simpangan baku tersebut, perlu dicari suatu ukuran variasi yang tidak terlalu bergantung pada skala data.

Menurut Furqon (2004), masalah skala data memunculkan pemikiran untuk menggunakan rasio simpangan baku terhadap rata-ratanya yang kemudian dikenal dengan istilah *koefisien variasi (KV)*. Sesuai dengan definisi tersebut, koefisien variasi seperangkat data dapat diperoleh dengan menggunakan rumus (3.12) berikut ini :

$$\text{Koefisien variasi(KV)} = \frac{s}{\bar{X}} \quad (3.12)$$

Keterangan :

s = Simpangan baku

\bar{X} = Nilai rata-rata