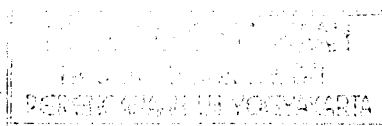


PERPUSTAKAAN FTSP UII
 HADIAH/BELI
 TGL. TERIMA : 8 Juni 2006
 NO. JUDUL : 001079
 NO. INTR : 51208001879001
 NO. INTL :

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KANDUNGAN LUMPUR
 TERHADAP KUAT DESAK BETON**



Disusun Oleh :

Nama : Ani Martanti
No. Mahasiswa : 00 511 282

Nama : Riyanto
No. Mahasiswa : 00 511 341

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 JOGJAKARTA
 2005**



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH KANDUNGAN LUMPUR TERHADAP KUAT DESAK BETON

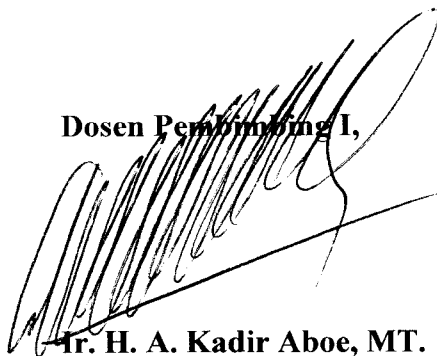
**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat
Strata 1 Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

**Nama : Ani Martanti
No. Mahasiswa : 00 511 282**

**Nama : Riyanto
No. Mahasiswa : 00 511 341**

Dosen Pembimbing I,

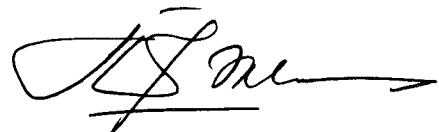


Ir. H. A. Kadir Aboe, MT.

Tanggal:

9/9-05

Dosen Pembimbing II,



Ir. Helmy Akbar Bale, MT.

Tanggal:

9/9 05

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia-Nya baik berupa kenikmatan maupun kesehatan lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Pengaruh Kandungan Lumpur Terhadap Kuat Desak Beton”**.

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

Dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir dan penyusunan laporannya, penyusun telah mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. DR. Ir. Luthfi Hasan, MS., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. H. A. Kadir Aboe, MT., selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ir. Helmy Akbar Bale, MT., selaku Dosen Pembimbing II.
6. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D., selaku Dosen Penguji.
7. Bapak Pimpinan beserta segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

8. Seluruh karyawan, rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. Bapak, Ibu, Kakak, Adik, Keluarga Besar, dan Pasangan Hidup, untuk kasih sayangnya, doa, dan dukungan moril maupun materi.
10. Semua pihak yang telah membantu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini disadari masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan Penyusun. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca akan sangat membantu demi perbaikan dikemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

Wabillahittaufig wal hidayah

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, September 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR DAN TABEL..... | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| DAFTAR NOTASI..... | xii |
| ABSTRAK..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Umum..... | 4 |
| 2.2 Penelitian Pengaruh Kandungan Lumpur Yang Pernah Dilakukan..... | 4 |
| BAB III LANDASAN TEORI..... | 6 |
| 3.1 Umum..... | 6 |
| 3.2 Beton..... | 6 |
| 3.3 Agregat..... | 7 |
| 3.3.1 Agregat Halus (Pasir)..... | 7 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.3.2 | Agregat Kasar (Kerikil)..... | 8 |
| 3.4 | Semen..... | 9 |
| 3.5 | Air..... | 10 |
| 3.6 | Lumpur..... | 11 |
| 3.7 | Gradasi..... | 11 |
| 3.8 | Modulus Halus Butir..... | 15 |
| 3.9 | Perancangan Campuran Adukan Beton (<i>Mix Design</i>)..... | 16 |
| BAB IV METODE PENELITIAN..... | | 36 |
| 4.1 | Bahan Penelitian..... | 36 |
| 4.2 | Alat-alat..... | 36 |
| 4.3 | Pencampuran Lumpur..... | 38 |
| 4.4 | Pengadukan Beton..... | 38 |
| 4.5 | Pengujian <i>Slump</i> | 39 |
| 4.6 | Pemadatan Beton..... | 39 |
| 4.7 | Pekerjaan Perataan..... | 40 |
| 4.8 | Perawatan Beton..... | 40 |
| 4.9 | Pengujian Kuat Desak Beton..... | 40 |
| BAB V PELAKSANAAN DAN PERANCANGAN..... | | 42 |
| 5.1 | Umum..... | 42 |
| 5.2 | Persiapan Material..... | 45 |
| 5.2.1. | Mencuci Agregat..... | 43 |
| 5.2.2. | Pemeriksaan <i>SSD</i> | 43 |
| 5.3 | Pemeriksaan Agregat Kasar..... | 44 |
| 5.3.1 | Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil..... | 44 |

| | | |
|---|---|----|
| 5.3.2 | Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) Kerikil..... | 44 |
| 5.4 | Pemeriksaan Agregat Halus..... | 46 |
| 5.4.1 | Pemeriksaan Berat Jenis..... | 46 |
| 5.4.2 | Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB) Pasir..... | 46 |
| 5.4.3 | Pemeriksaan Kandungan Lumpur..... | 47 |
| 5.5 | Pemeriksaan Gradasi Campuran..... | 48 |
| 5.6 | Perancangan Campuran Adukan Beton (<i>Mix Design</i>)..... | 49 |
| 5.7 | Kebutuhan Campuran Adukan Beton..... | 52 |
| BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | | 54 |
| 6.1 | Kuat Desak Beton..... | 54 |
| 6.1.1 | Hasil Uji Kuat Desak Beton..... | 54 |
| 6.1.2 | Regresi Hasil Uji Kuat Desak Beton..... | 57 |
| 6.2 | <i>Workability</i> | 60 |
| 6.2.1 | Regresi Nilai <i>slump</i> | 61 |
| 6.3 | Perbandingan Hasil Penelitian ini Dengan Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan Oleh Susilo dan Khusronudin..... | 62 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 64 |
| 7.1 | Kesimpulan..... | 64 |
| 7.2 | Saran..... | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 67 |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

| | | | |
|---------------|--------------|---|----|
| Tabel | 3.1 | Gradasi Pasir Menurut <i>British Standard</i> | 12 |
| Gambar | 3.1 | Kurva Gradasi Pasir..... | 13 |
| Tabel | 3.2 | Gradasi Kerikil Menurut <i>British Standard</i> | 13 |
| Gambar | 3.2 | Kurva Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 40 mm..... | 14 |
| Tabel | 3.3 | Gradasi Campuran Kerikil Menurut <i>British Standard</i> | 14 |
| Gambar | 3.3 | Kurva Gradasi Standar Agregat Campuran Dengan Butir Maksimum 40 mm..... | 15 |
| Tabel | 3.4 | Nilai Modulus Halus Butir Agregat..... | 16 |
| Tabel | 3.5 | Faktor Pengali Deviasi Standar..... | 18 |
| Tabel | 3.6 | Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan..... | 18 |
| Tabel | 3.7 | Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) Dengan Faktor Air-Semen 0,50..... | 21 |
| Tabel | 3.7.a | Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang Dalam Air..... | 21 |
| Tabel | 3.7.b | Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Mengandung Sulfat..... | 22 |
| Tabel | 3.8 | Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus..... | 23 |
| Tabel | 3.9 | Penetapan Nilai <i>Slump</i> (cm)..... | 24 |
| Tabel | 3.10 | Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (Liter)..... | 25 |
| Tabel | 3.11 | Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus..... | 26 |

| | | | |
|---------------|---------------|---|----|
| Tabel | 3.11.a | Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat..... | 27 |
| Tabel | 3.11.b | Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Bertulang Dalam Air..... | 28 |
| Tabel | 3.12 | Batas Gradasi Pasir..... | 29 |
| Gambar | 3.4 | Hubungan Faktor Air-Semen Dan Kuat Tekan Rata-Rata Silinder Beton..... | 32 |
| Gambar | 3.5 | Grafik Mencari Faktor Air-Semen..... | 33 |
| Gambar | 3.6 | Grafik Presentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm..... | 34 |
| Gambar | 3.7 | Grafik Hubungan Berat Jenis Beton, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Kandungan Air..... | 35 |
| Tabel | 4.1 | Alat-Alat Penelitian..... | 37 |
| Gambar | 5.1 | Kurva Gradasi Kerikil Dengan Butir Maksimum 40 mm..... | 45 |
| Gambar | 5.2 | Kurva Gradasi Pasir..... | 47 |
| Gambar | 5.3 | Kurva Gradasi Campuran Pasir Dan Kerikil Dengan Perbandingan 1 : 1,44 Untuk Butir Maksimum 40 mm..... | 48 |
| Tabel | 5.1 | Kebutuhan Campuran Adukan Beton..... | 52 |
| Tabel | 5.2 | Kebutuhan Campuran Adukan Beton Dengan Penambahan 30%..... | 53 |
| Tabel | 5.3 | Kebutuhan Pasir Dan Lumpur Setiap Adukan Setelah Penambahan 30%..... | 53 |
| Tabel | 6.1 | Jumlah Kuat Desak Beton Umur 28 Hari Yang Memenuhi Dan Tidak Memenuhi Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ($f'c$).. | 54 |

| | | | |
|---------------|------------|---|----|
| Tabel | 6.2 | Kuat Desak Beton Rata-Rata Hasil Pengujian Dan Hubungannya Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata Rencana | 55 |
| Gambar | 6.1 | Data sebaran Dan Hasil Regresi Uji Kuat Desak Beton | 57 |
| Tabel | 6.3 | Nilai <i>Slump</i> Rata-Rata Setiap Variasi Kandungan Lumpur | 61 |
| Gambar | 6.2 | Data Sebaran Dan Hasil Regresi Nilai <i>Slump</i> Terhadap Kandungan Lumpur | 62 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|----------|------|---|
| Lampiran | 1 | Langkah-langkah Pemeriksaan Dan Hitungan Berat Jenis erikil Langkah-langkah Pemeriksaan dan Hitungan Berat Tusuk |
| Lampiran | 2 | Tabel Gradasi Kerikil Dengan Butir Maksimum 40 mm Tabel Hitungan Modulus Halus Kerikil Dengan Butir 40 mm |
| Lampiran | 3 | Langkah-langkah Pemeriksaan dan Hitungan Berat Jenis Pasir Tabel Berat Jenis Pasir |
| Lampiran | 4 | Tabel Gradasi Pasir Tabel Hitungan Modulus Halus Pasir |
| Lampiran | 5 | Cara Pelaksanaan Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir |
| Lampiran | 6 | Tabel Hitungan Gradasi dan Modulus Halus Campuran Pasir Dan Kerikil Perbandingan 1 :1,44 |
| Lampiran | 7-8 | Tabel Nilai <i>Slump</i> Setiap Variasi Kandungan Lumpur |
| Lampiran | 9-13 | Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|------------------------|---|---|
| A | = | Jumlah air yang dibutuhkan |
| A_h | = | Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya |
| A_k | = | Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya |
| $B_j \text{ camp}$ | = | Berat jenis agregat campuran |
| $B_j \text{ agr. hls}$ | = | Berat jenis agregat halus |
| $B_j \text{ agr. ksr}$ | = | Berat jenis agregat halus terhadap agregat campuran |
| C | = | Modulus halus butir campuran |
| E | = | Kesalahan hasil regresi |
| $f'c$ | = | Kuat desak beton yang disyaratkan |
| $f'cr$ | = | Kuat desak beton rata-rata rencana |
| $f'cr \text{ uji}$ | = | Kuat desak beton rata-rata hasil pengujian |
| K | = | Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran |
| k | = | Koefisien nilai tambah |
| M | = | Nilai tambah |
| M_{HIB} | = | Modulus Halus Butir |
| P | = | Persentase agregat halus terhadap agregat campuran |
| S_d | = | <i>Deviasi Standar</i> |
| SSD | = | <i>Saturated Surface Dry</i> |
| W | = | Persentase berat pasir terhadap berat kerikil. |

ABSTRAK

Mutu beton sangat dipengaruhi oleh bahan penyusunnya. Komponen utama bahan penyusun tersebut berupa semen, pasir, kerikil dan air. Selain bahan tersebut, tanpa di sengaja terdapat juga bahan lain ke dalam adukan beton. Bahan yang dimaksud adalah lumpur. Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-NI2-1971) menyatakan bahwa agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% sedangkan untuk agregat kasar tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Di lapangan, seringkali persyaratan tersebut diabaikan, sehingga dalam pembuatan beton dimungkinkan masih adanya kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir, akibatnya mutu beton yang dihasilkan tidak sesuai dengan mutu beton yang dikehendaki. Untuk mengetahui apa pengaruh lumpur yang terdapat dalam agregat halus apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, sehingga perlu diadakan penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton dan tingkat pengerjaannya. Penelitian ini menggunakan lima variasi persentase kandungan lumpur yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%. Persen yang dimaksud adalah persen terhadap berat pasirnya.

Penelitian ini menghasilkan kuat desak rata-rata (f'_{cr}) untuk kandungan lumpur 0%=31,907 MPa, 3%=31,103 MPa, 6%=27,169 MPa, 9%=24,355 MPa, dan 12%=19,502 MPa. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar persentase kandungan lumpur pada beton maka kuat desak betonnya semakin menurun. Penurunan kuat desak beton menjadi semakin signifikan pada kandungan lebih dari 5%. Hal ini terjadi karena lumpur menghalangi terjadinya lekatan yang kuat antara agregat dengan pasta semen sehingga kuat desak betonnya menjadi rendah. Dan lumpur juga berpengaruh pada tingkat pengerjaan, semakin banyak kandungan lumpurnya semakin sulit tingkat pengerjaannya. Hal ini terbukti pada campuran adukan beton dengan kandungan lumpur 12% dengan tingkat pengerjaan yang paling sulit. Sebaliknya tingkat pengerjaan paling mudah terjadi pada adukan dengan persentase kandungan lumpur 0%. Nilai slump rata-rata adukan beton dengan kandungan lumpur 0%=10 cm, 3%=9,6 cm, 6%=9,14 cm, 9%=8,5 cm, dan 12%=7,7 cm. Hal ini terjadi karena lumpur memiliki sifat daya serap air yang tinggi sehingga air tidak cukup untuk melincirkan campuran agar mudah dikerjakan, akibatnya campuran beton menjadi lebih kental sehingga nilai slump-nya menjadi semakin rendah karena sulit untuk runtuh.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton sebagai bahan bangunan, penggunaannya semakin luas dalam dunia konstruksi. Hampir setiap konstruksi suatu bangunan, beton selalu menjadi unsur utama. Dari bangunan sederhana sampai gedung pencakar langit. Hal ini dikarenakan bahannya mudah didapat, tidak sulit membuatnya serta murah harganya meski dalam bentuk yang sangat sederhana.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau bahan tambah yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1993). Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran, mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, suhu akhir pengecoran dan kondisi perawatan pengerasannya.

Salah satu bahan campuran adukan beton adalah agregat. Agregat harus memenuhi persyaratan beton yang berlaku di Indonesia. Salah satu persyaratan beton di Indonesia adalah Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-NI2-1971). Dalam peraturan tersebut menyatakan bahwa agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% sedangkan untuk agregat kasar tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Untuk mengetahui apa pengaruh lumpur yang terdapat dalam agregat halus apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, sehingga perlu diadakan penelitian.

1.2. Rumusan Masalah

Mutu beton salah satunya ditentukan keadaan agregatnya. Agregat harus bersih dari zat-zat atau bahan-bahan halus yang berpengaruh buruk pada beton. Salah satu bahan halus yang berpengaruh buruk pada beton adalah lumpur. Kandungan lumpur paling banyak terdapat pada agregat halus (pasir) yang berasal dari endapan sungai. Agregat halus (pasir) yang baik adalah tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Di lapangan, seringkali persyaratan tersebut diabaikan, sehingga dalam pembuatan beton dimungkinkan masih adanya kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir, akibatnya mutu beton yang dihasilkan tidak sesuai dengan mutu beton yang dikehendaki. Dengan demikian penelitian ini merumuskan masalah, apa pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton serta tingkat pengerjaan (*workability*) beton.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton, dan
2. pengaruh kandungan lumpur terhadap tingkat pengerjaan (*workability*) beton.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang ditinjau dibatasi sebagai berikut ini.

1. Pasir diambil dari sungai Gendol.
2. Lumpur berupa tanah yang lolos saringan 0,075 mm, berasal dari tanah parkir belakang laboratorium BKT FTSP UII.

3. Kandungan lumpur hanya pada pasir saja.
4. Variasi kandungan lumpur ditentukan 0%, 3%, 6%, 9%, 12% terhadap berat pasir, setiap variasinya terdiri dari 15 sampel.
5. Agregat kasar berupa batu pecah (*split*) dengan ukuran maksimal 40 mm didatangkan dari Celereang.
6. Agregat dalam kondisi *SSD (Saturated Surface Dry)*.
7. Seluruh agregat dicuci.
8. Semen menggunakan *PC Type I* merk Nusantara 50 Kg.
9. Kuat desak beton direncanakan 22,5 MPa.
10. Desain campuran beton menggunakan metode DOE (*Departement of Enfirontment*).

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pembuatan campuran adukan beton yang terhindar dari zat-zat yang berpengaruh buruk pada beton. Sehingga dapat dicapai mutu beton yang diinginkan serta mudah dalam pengerjaannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam pembuatan campuran adukan beton tidaklah sesederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya saja. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik, maka bahan-bahan campuran adukan beton harus diperiksa dahulu agar terhindar dari zat-zat yang berpengaruh buruk pada beton. Bahan-bahan campuran adukan beton yaitu semen, pasir, kerikil, dan air harus memenuhi persyaratan yang berlaku, sehingga akan tercapai mutu beton yang diinginkan.

2.2. Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Susilo dan Khusronudin (1999) melakukan penelitian pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton dengan variasi kandungan lumpur 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Penelitian tersebut menggunakan kuat desak rencana ($f'c$) 20 MPa, pasir berasal dari sungai Krasak, kerikil berasal dari Celereng, dan semen *PPC* merk Gresik 40 Kg. Dari penelitian tersebut menghasilkan:

1. Berdasarkan kuat desak yang disyaratkan ($f'c= 20$ MPa)

Pada kandungan lumpur 0%, 2,5% dan 5% menghasilkan seluruh benda uji memenuhi kuat desak yang disyaratkan, kandungan lumpur 7,5% dan 10% menghasilkan 2 benda uji yang tidak memenuhi kuat desak yang disyaratkan.

2. Berdasarkan kuat desak beton rata-rata yang direncanakan ($f'_{cr} = 32$ MPa)

Seluruh kandungan lumpur yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% menghasilkan kuat desak rata-rata pada umur 28 hari tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata yang direncanakan ($f'_{cr} = 32$ MPa) yaitu secara berturut-turut 28,06 MPa, 27,52 MPa, 26,54 MPa, 25,43 MPa, dan 23,73 MPa.

3. Tingkat Pengerjaan (*workability*)

Tingkat pengerjaan paling sulit terjadi pada adukan beton dengan persentase kandungan lumpur 10%. Nilai *slump* tertinggi terjadi pada adukan beton dengan kandungan lumpur 0% yaitu 10,5 cm, sedang terendah terjadi pada adukan beton dengan kandungan lumpur 10% yaitu 7 cm.

Dari hasil tersebut di atas Peneliti menyimpulkan bahwa semakin besar persentase kandungan lumpur maka kuat desak semakin turun, tingkat pengerjaan (*workability*) semakin sulit, dan nilai *slump* semakin turun (Susilo dan Khusronudin, 1999).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Dalam struktur teknik sipil terdapat material yang disebut dengan istilah beton. Beton didapat dari campuran antara semen portland, agregat, air, serta bahan tambah dengan perbandingan tertentu.

Perancangan proporsi campuran adukan beton adalah suatu rancangan adukan beton berdasarkan perbandingan bahan susun yang diperhitungkan sesuai mutu beton yang dikehendaki. Perancangan proporsi campuran adukan beton untuk bangunan struktural biasanya direncanakan dengan menggunakan perbandingan berat, sedangkan untuk bangunan non struktural direncanakan dengan menggunakan perbandingan volume.

3.2. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau bahan tambah yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1993).

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian, yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, yang kemudian yang dikenal dengan sebutan beton

bertulang. Khusus beton saja yang tidak bertulang disebut beton tanpa tulangan (*plain concrete*). Untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategi) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (*prestressed concrete*) (Tjokrodimulyo,1992).

3.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat dapat mengisi kurang lebih 70% hingga 75% volume beton atau mortar. Meskipun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau mortarnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton/mortar.

Untuk membedakan jenis agregat yang sering dilakukan ialah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat dengan ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedang yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas antara ukuran butiran yang kasar dan yang halus umumnya diambil 4,8 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm disebut agregat kasar, dan agregat yang lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

3.3.1. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil deintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran

pen butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm dan 4,8 mm. Pasir yang baik adalah apabila butir-butirnya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5 %, serta bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

3.4. Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo 1992):

1. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.
2. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
3. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

3.3.2. Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Ukuran butir kerikil berkisar antara 4,8 mm dan 40 mm. Agregat kasar/ kerikil yang baik adalah apabila butir-butirnya keras dan tidak berpori. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, serta zat-zat yang reaktif alkali. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh

Ditinjau dari tujuan pemakaiannya semen *portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis (PUBI, 1982).

Jenis I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.5. Air

Dalam suatu adukan beton, air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air digunakan untuk menjadi bahan pelincir antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air diperlukan hanya sekitar 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air-semen yang dipakai jarang sekali kurang dari 30 %, selebihnya digunakan sebagai pelincir. Secara umum, air dapat digunakan sebagai bahan pancampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton

yang memakai air suling. Syarat-syarat air yang dapat digunakan sebagai pencampur beton adalah sebagai berikut:

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

3.6. Lumpur

Lumpur adalah berupa tanah atau sejenisnya dengan ukuran butiran lebih kecil dari 0,075 mm, biasanya tercampur pada pasir dan kerikil. Dalam jumlahnya yang cukup banyak dapat mengurangi kekuatan beton. Lumpur pada pasir biasanya berasal dari endapan sungai. Pengaruh lumpur pada beton segar yaitu menghambat proses hidrasi semen. Untuk beton yang mengalami masa perawatan sesaat setelah pencetakan, lumpur dapat menjadi penyebab terbentuknya lapisan yang menyelimuti agregat, sehingga mencegah terjadinya adhesi-semen (Murdock dan Brook, 1979).

3.7. Gradasi

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena

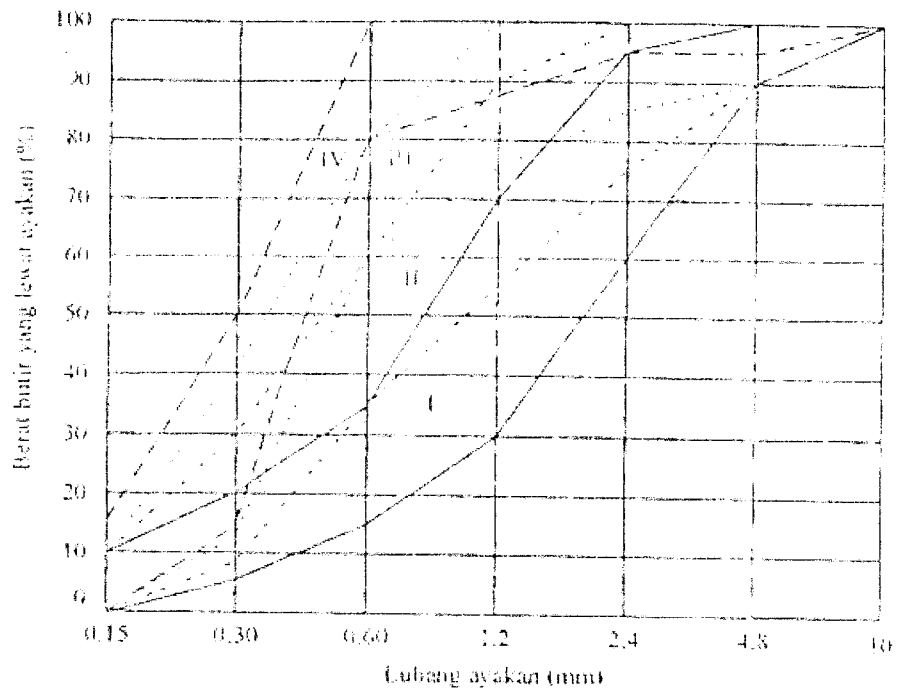
butiran yang kecil mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain keampatannya tinggi.

Pada agregat untuk pembuatan beton diupayakan suatu butiran yang keampatannya tinggi, karena volume porinya sedikit, sehingga hanya membutuhkan bahan ikat sedikit. Sebagai pernyataan dalam perhitungan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu ayakan. Secara teoritis gradasi agregat yang terbaik adalah yang didasarkan pada karakteristik butir-butir agregatnya. Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) yang juga dipakai di Indonesia saat ini, gradasi pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar sebagaimana tampak pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1. Sedang untuk gradasi kerikil dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.1 Gradasi Pasir Menurut *British Standard* (Tjokrodimulyo, 1992:41)

| Lubang (mm) | Persen berat butir yang lewat ayakan | | | |
|----------------|--------------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 90-100 |
| 1,2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 80-100 |
| 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 |

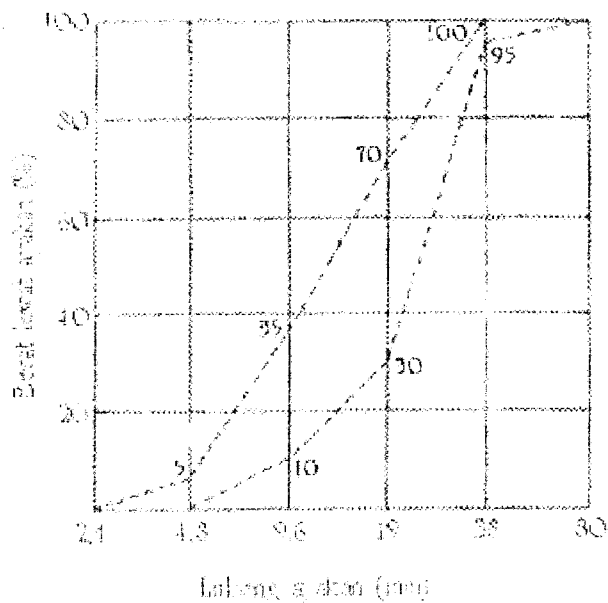
Keterangan: Daerah I : Pasir kasar
 Daerah II : Pasir agak kasar
 Daerah III : Pasir agak halus
 Daerah IV : Pasir halus



Gambar 3.1 Kurva Gradasi Pasir (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:41)

Tabel 3.2 Gradasi Kerikil Menurut *British Standard* (Tjokrodimulyo, 1992:22)

| Lubang (mm) | Persen berat butir yang lewat ayakan | | |
|----------------|--------------------------------------|--------|--------|
| | Besarnya butir maksimum | | |
| | 40mm | 20mm | 12,5mm |
| 40 | 95-100 | 100 | 100 |
| 20 | 30-70 | 95-100 | 100 |
| 12,5 | - | - | 90-100 |
| 10 | 10-35 | 25-55 | 40-85 |
| 4,8 | 0-5 | 0-10 | 0-10 |

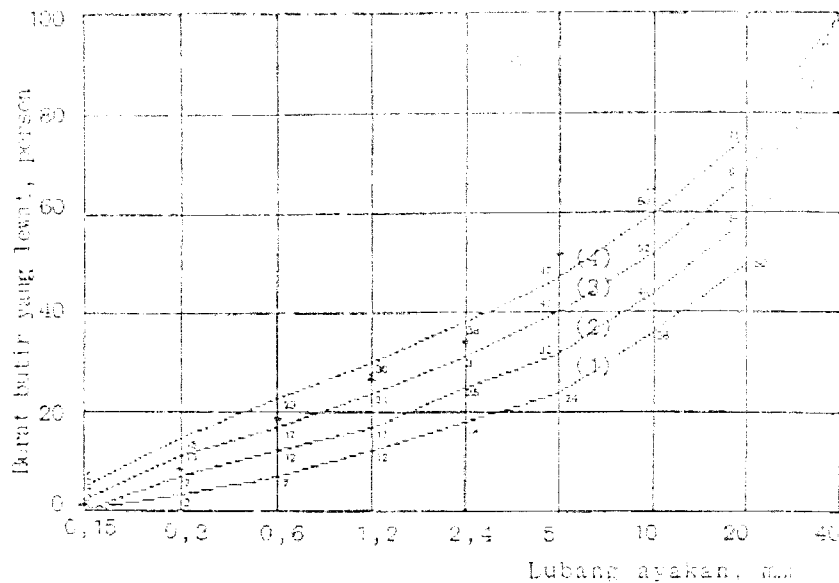


Gambar 3.2 Kurva Gradasi Kerikil Ukuran Maksimum 40 mm
(Reproduksi Tjokrodimulyo,1992:41)

Untuk campuran beton dengan diameter maksimum 40 mm, gradasi dan kurva agregatnya (campuran pasir dan kerikil) sebagaimana tampak dalam Tabel 3.3 dan Gambar 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Gradasi Campuran Kerikil (Tjokrodimulyo, 1992:22)

| Lubang (mm) | Kurva 1 | Kurva 2 | Kurva 3 | Kurva 4 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| 38 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 19 | 50 | 59 | 67 | 75 |
| 9,6 | 36 | 44 | 52 | 60 |
| 4,8 | 24 | 32 | 40 | 47 |
| 2,4 | 18 | 25 | 31 | 38 |
| 1,2 | 12 | 17 | 24 | 30 |
| 0,6 | 7 | 12 | 17 | 23 |
| 0,3 | 3 | 7 | 11 | 15 |
| 0,15 | 0 | 0 | 2 | 5 |



Gambar 3.3 Kurva Gradasi Standar Agregat Campuran Dengan Butir Maksimum 40 mm
(Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:42)

Dalam adukan beton diperlukan campuran pasir dan kerikil dengan perbandingan sedemikian rupa sehingga gradasi campuran dapat masuk di dalam kurva standar. Untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil yang tepat dapat dilakukan dengan cara coba-coba. Bila hasil gradasi yang diperoleh tidak masuk di dalam kurva standar, maka nilai banding antara pasir dan kerikil diulangi, dengan nilai banding yang lebih baik. Demikian diulang-ulang sehingga diperoleh diagram gradasi yang memenuhi syarat (masuk kurva standar).

3.8. Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modullus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir

diperoleh dari jumlah persen kumulatif butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Modulus halus butir selain untuk menjadi ukuran kehalusan butir juga dapat dipakai untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil, bila akan membuat campuran beton. Nilai modulus halus butir berdasarkan percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Nilai Modulus Halus Butir Agregat (Tjokrodimulyo, 1992:26)

| Agregat | Modulus halus butir |
|---------------|---------------------|
| Pasir | 1,5 - 3,8 |
| Kerikil | 5 - 8 |
| Pasir+kerikil | 5 - 6,5 |

Hubungan antara modulus halus butir pasir, modulus halus butir kerikil dan modulus halus bulir campurannya dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan : W = presentase berat pasir terhadap berat kerikil.
 K = modulus halus butir kerikil
 P = modulus halus butir pasir
 C = modulus halus butir campuran

3.9. Perancangan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan cara *DOE (Department of Environment)* yaitu suatu perancangan adukan beton cara Inggris. Perencanaan dengan cara *DOE* ini dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuat dalam buku standar No. SK. SNI. T-15-1990-03, 1993 dengan judul: Tata Cara

Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Dalam perencanaan ini banyak dipergunakan tabel dan grafik.

Langkah-langkah pokok cara *DOE* adalah sebagai berikut:

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5 % saja.
2. Penetapan nilai deviasi standar (Sd)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan campuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (Sd) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

- a. Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton seupa pada masa yang lalu, maka persyaratannya (selain yang tersebut diatas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan).

Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada Tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Faktor Pengali Deviasi Standar

| | | | | | |
|----------------|-----|------|------|------|-------------|
| Jumlah data | 30 | 25 | 20 | 15 | < 15 |
| Faktor pengali | 1,0 | 1,03 | 1,08 | 1,16 | Tidak boleh |

*) untuk nilai antara dipakai interpolasi

- b. Jika pelaksana tidak mempunyai catatan/pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi syarat tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa (lihat langkah 3).

Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat dilihat pada Tabel 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.6 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

| Tingkat pengendalian mutu pekerjaan | S_d (MPa) |
|-------------------------------------|-------------|
| Memuaskan | 2,8 |
| Sangat baik | 3,5 |
| Baik | 4,2 |
| Cukup | 5,6 |
| Jelek | 7,0 |
| Tanpa kendali | 8,4 |

3. Perhitungan nilai tambah, (M)

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 MPa maka langsung diteruskan ke langkah (4).

Jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar, maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k \times Sd \quad (3.2)$$

dengan M = nilai tambah, MPa
 k = 1,64
 Sd = deviasi standar, MPa

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan. Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_{c} + M \quad (3.3)$$

dengan f'_{cr} = kuat tekan rata-rata, MPa
 f'_{c} = kuat tekan yang disyaratkan, MPa
 M = nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen *portland*

Menurut PUBI 1982 di Indonesia semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras.

Pada langkah ini ditetapkan apakah dipakai semen biasa ataukah semen yang cepat mengeras.

6. Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tak dipecahkan) ataukah agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*).

7. Menetapkan faktor air-semen dengan salah satu dari dua cara berikut:
- a. Cara pertama berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat Gambar 3.4.
 - b. Cara kedua berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air-semen dengan Tabel 3.7 dan Gambar 3.5. Langkah penetapannya dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - 1) Dari Tabel 3.7 dengan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton yang dikehendaki, dibaca perkiraan kuat tekan silinder beton yang akan diperoleh jika dipakai faktor air-semen 0,50 jenis kerikil maupun umur beton yang direncanakan, maka dapat diperoleh kuat tekan beton seandainya dipakai fas 0,50
 - 2) Pada Gambar 3.5 diplotkan titik A dengan nilai fas 0,50 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.7 (sebagai ordinat). Pada titik A tersebut kemudian dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan 2 grafik yang sudah ada di dekatnya. Selanjutnya ditarik garis mendatar dari sumbu tegak di kiri pada kuat tekan rata-rata yang dikehendaki sampai memotong grafik baru tersebut. Dari titik potong itu kemudian ditarik garis ke bawah sampai memotong sumbu mendatar dan dapatlah dibaca nilai faktor air-semen yang dicari.

8. Penetapan faktor air-semen maksimum.

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air-semen maksimum. Penetapan nilai faktor air semen maksimum dilakukan dengan Tabel 3.8.

Jika nilai fas maksimum lebih rendah dari nilai fas dari langkah (7), maka nilai fas maksimum tersebut dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 3.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) Dengan Faktor Air-Semen 0,50

| Jenis Semen | Jenis agregat kasar | Umur (hari) | | | |
|-------------|---------------------|-------------|----|----|----|
| | | 3 | 7 | 28 | 91 |
| I, II, V | Alami | 17 | 23 | 22 | 40 |
| | Batu pecah | 19 | 27 | 37 | 45 |
| III | Alami | 21 | 28 | 38 | 44 |
| | Batu pecah | 25 | 33 | 44 | 48 |

Tabel 3.7.a Faktor Air-Semen Untuk Beton Bertulang Dalam Air

| Berhubungan dengan | Tipe semen | Faktor air-semen |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|
| Air tawar | Semua Tipe I-V | 0,50 |
| Air payau | Tipe I + <i>Pozzolon</i> (15-40%) | 0,45 |
| | atau S.P <i>Pozzolon</i> Tipe II | |
| | atau V | 0,50 |
| Air laut | Tipe II atau V | 0,45 |

Tabel 3.7.b Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Mengandung Sulfat.

| Konsentrasi Sulfat (SO ₃) | | | Jenis semen | Fas maks |
|---------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Total SO ₃ (%) | Dalam tanah SO ₃ dalam campuran air: tanah = 2:1 (gr/ltr) | SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr) | | |
| < 0,2 | < 1,0 | < 0,3 | Tipe I dengan atau tanpa <i>Pozzolan</i> (15-40%) | 0,50 |
| 0,2 – 0,5 | 1,0 – 1,9 | 0,3 – 1,2 | Tipe I tanpa <i>Pozzolan</i> Tipe I dengan <i>Pozzolan</i> (15-40%) atau semen portland <i>Pozzolan</i> Tipe II atau V | 0,50 0,55 0,55 |
| 0,5 – 1,0 | 1,9 – 3,1 | 1,2 – 2,5 | Tipe I dengan <i>Pozzolan</i> (15-40%) atau semen portland <i>Pozzolan</i> Tipe II atau V | 0,45 0,50 |
| 1,0 – 2,0 | 3,1 – 5,6 | 2,5 – 5,0 | Tipe II atau V | 0,45 |
| > 2,0 | > 5,6 | > 5,0 | Tipe II atau V dan lapisan pelindung | 0,45 |

Tabel 3.8 Persyaratan Faktor Air-Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembedonan Dan Lingkungan Khusus

| Jenis Pembedonan | Fas Maksimum |
|---|-------------------|
| Beton dalam ruang bangunan: | |
| a. Keadaan keliling non-korosif | 0,60 |
| b. Keadaan keliling korosif, disebabkan kondensasi atau uap air | 0,52 |
| Beton di luar ruangan | |
| a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 0,55 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 0,60 |
| Beton yang masuk ke dalam tanah | |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 0,55 |
| b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | lihat Tabel 3.7.a |
| Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut | lihat Tabel 3.7.b |

9. Penetapan nilai *slump*

Penetapan nilai *slump* dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai *slump* yang besar, adapun pemadatan adukan dengan

alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai *slump* yang agak kecil. Nilai *slump* yang diinginkan dapat diperoleh dari Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.9 Penetapan Nilai *Slump* (cm)

| Pemakaian beton | Maks | Min |
|---|------|-----|
| Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang | 12,5 | 5,0 |
| Fondasi, telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah | 9,0 | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom, dan dinding | 15,0 | 7,5 |
| Pengerasn jalan | 7,5 | 5,0 |
| Pembetonan masal | 7,5 | 2,5 |

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- a. tiga per empat kali jarak bersih minimum antar baja tulangan, atau berkas baja tulangan, atau berkas baja tulangan, atau tendon prategang atau selongsong,
- b. sepertiga kali tebal pelat,
- c. sepertiga jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.

11. Menetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, dan *slump* yang diinginkan, seperti yang disajikan dalam Tabel 3.10 berikut:

Tabel 3.10 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton (liter)

| Besarnya maks. kerikil | Jenis batuan | Slump (mm) | | | |
|---------------------------|-----------------|------------|-------|-------|--------|
| | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
| 10 | Alami | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Dalam Tabel 3.10 apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus:

$$A = 0,67 \times Ah + 0,33 \times Ak \quad (3.4)$$

dengan A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³
 Ah = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus
 Ak = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menghitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11 dengan faktor air-semen yang diperoleh pada langkah 7 dan 8).

13. Kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan Tabel 3.11 untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau atau air laut.

Tabel 3.11 Kebutuhan Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan Dan Lingkungan Khusus

| Jenis pembetonan | Semen minimum (kg/m ³ beton) |
|--|--|
| Beton dalam ruangan | |
| a. keadaan keliling non-korosif | 275 |
| b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 325 |
| Beton di luar ruang bangunan | |
| a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 275 |
| Beton yang masuk ke dalam tanah | |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 325 |
| b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah | lihat Tabel 3.11.a |
| Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut | lihat Tabel 3.11.b |

Tabel 3.11.a Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Yang Mengandung Sulfat

| Konsentrasi Sulfat (SO ₃) | | SO ₃ dalam air tanah (gr/ltr) | Jenis semen | Kandungan semen min (kg/m ³ beton) Ukuran maks agregat (mm) 40 20 10 |
|---------------------------------------|--|--|--|---|
| Dalam tanah | | | | |
| Total SO ₃ (%) | SO ₃ dalam campuran air: tanah = 2:1 (gr/ltr) | | | |
| < 0,2 | < 1,0 | < 0,3 | Tipe I dengan atau tanpa <i>Pozzolan</i> (15-40%) | 80 300 350 |
| 0,2 – 0,5 | 1,0 – 1,9 | 0,3 – 1,2 | Tipe I tanpa <i>Pozzolan</i> | 290 330 380 |
| | | | Tipe I dengan <i>Pozzolan</i> (15-40%) atau semen portland | 270 310 360 |
| | | | <i>Pozzolan</i> Tipe II atau V | 250 290 340 |
| 0,5 – 1,0 | 1,9 – 3,1 | 1,2 – 2,5 | Tipe I dengan <i>Pozzolan</i> (15-40%) atau semen portland | 340 380 430 |
| | | | <i>Pozzolan</i> Tipe II atau V | 290 330 380 |
| 1,0 – 2,0 | 3,1 – 5,6 | 2,5 – 5,0 | Tipe II atau V | 330 370 420 |
| > 2,0 | > 5,6 | > 5,0 | Tipe II atau V dan lapisan pelindung | 330 370 420 |

Tabel 3.11.b Kandungan Semen Minimum Untuk Beton Bertulang Dalam Air

| Berhubungan dengan | Tipe semen | Kandungan semen minimum Ukuran maksimum agregat (mm) | |
|--------------------|--|---|-----|
| | | 40 | 2 |
| Air tawar | Semua tipe I – V | 280 | 300 |
| Air payau | Tipe I + <i>Pozzolan</i> (15-40%) atau S.P <i>Pozzolan</i> | 340 | 380 |
| | tipe II atau V | 290 | 330 |
| Air laut | Tipe II atau V | 330 | 370 |

14. Penyesuaian kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari (12) ternyata lebih sedikit dari kebutuhan semen minimum (13) maka dipakai semen pada kebutuhan minimum (yang bernilai besar).

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen mengalami perubahan akibat langkah (14), maka nilai faktor air-semen berubah. Dalam hal ini dapat dilakukan dua cara berikut:

- a. Faktor air-semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- b. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Catatan : cara pertama akan menurunkan faktor air-semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

16. Penentuan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam Tabel 3.12, yaitu bahwa agregat halus dapat dimasukkan menjadi satu dari 4 daerah (daerah 1, 2, 3, atau 4).

Tabel 3.12 Batas Gradasi Pasir

| Lubang ayakan (mm) | Persen berat butir yang lewat ayakan | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 90-100 |
| 1,2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 80-100 |
| 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 |

17. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan ini dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slam, faktor air-semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada Gambar 3.6.a, Gambar 3.6.b atau Gambar 3.6.c dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

18. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$Bj\ camp = \frac{P}{100} \times Bj.agr.hls. + \frac{K}{100} \times Bj.agr.ksr. \quad (3.5)$$

Dengan $Bj\ camp$ = berat jenis agregat campuran
 $Bj.agr.hls$ = berat jenis agregat halus
 $Bj.agr.ksr$ = berat jenis agregat halus terhadap agregat campuran
 P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran
 K = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak dipecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.

19. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (18) dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya, maka dengan grafik pada Gambar 3.7 dapat diperkirakan berat jenis betonnya, yaitu dengan cara berikut ini:

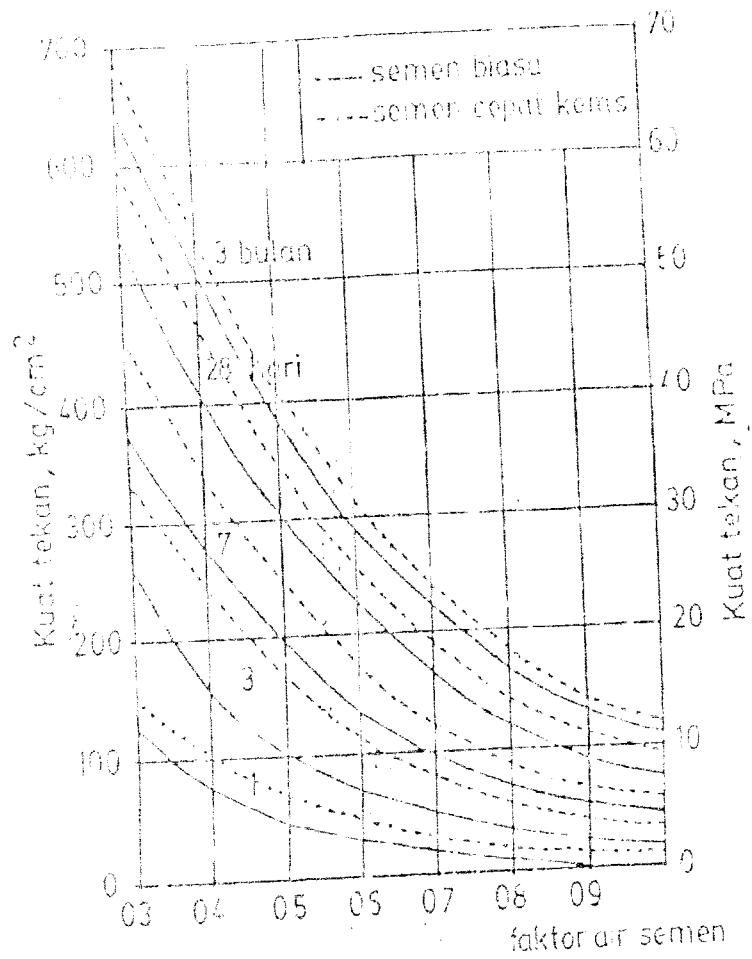
- a. dari berat jenis agregat campuran pada langkah (17) dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada Gambar 3.7,
- b. kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam Gambar 3.7, untuk selanjutnya dari nilai tersebut ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva di atas (langkah a),
- c. dari titik potong ini kemudian ditarik garis horisontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.

20. Kebutuhan agregat campuran

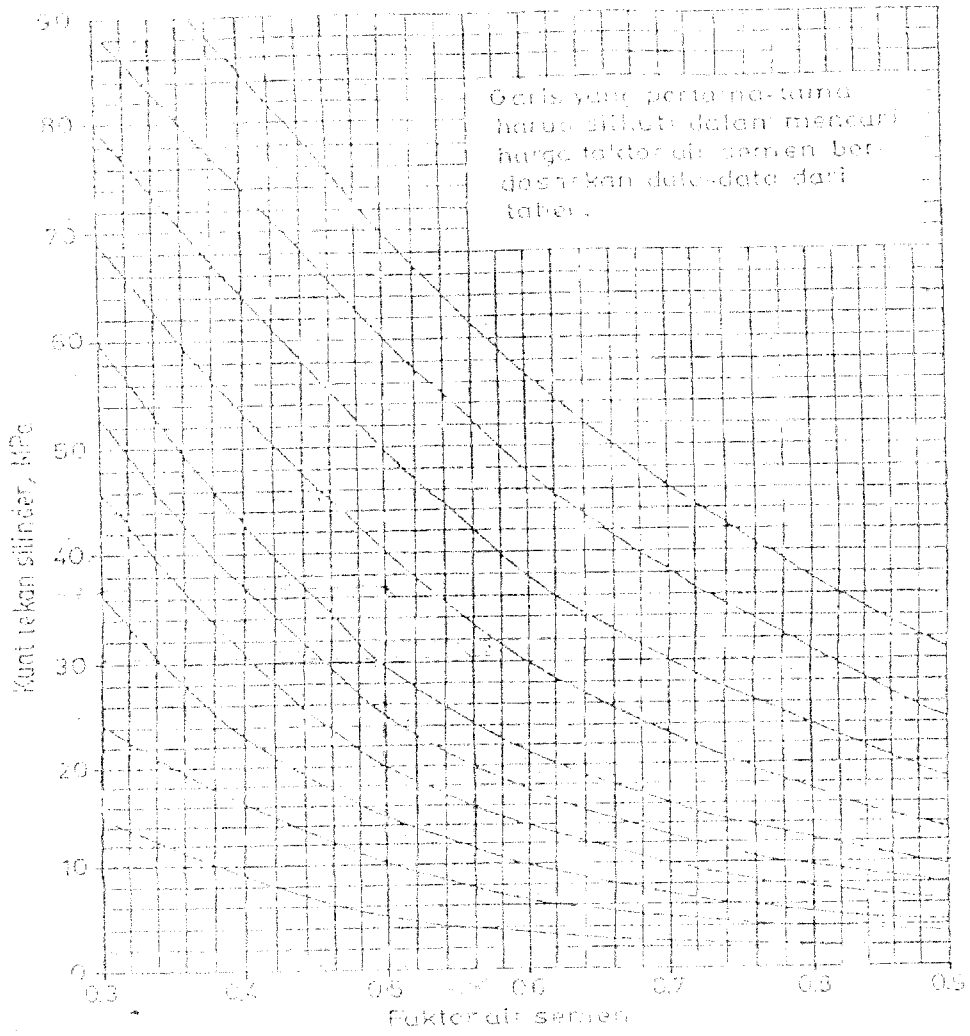
Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

21. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasar langkah (17) dan (20). Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

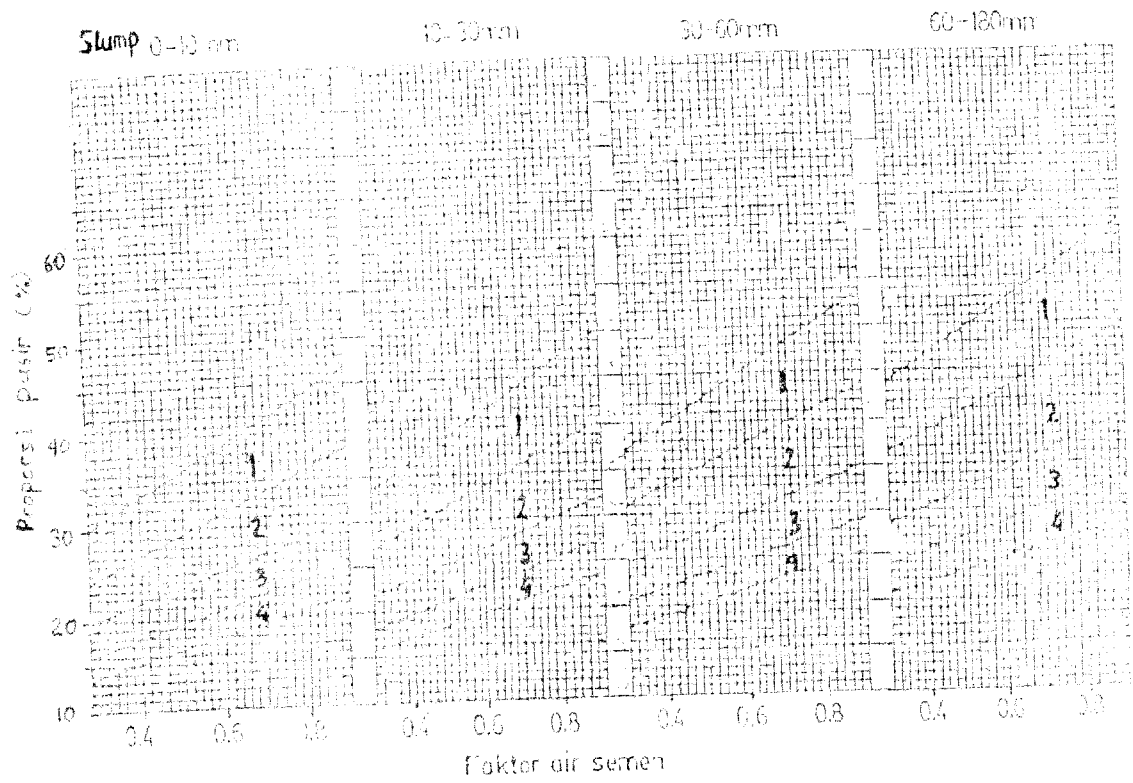
22. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasar langkah (20) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.



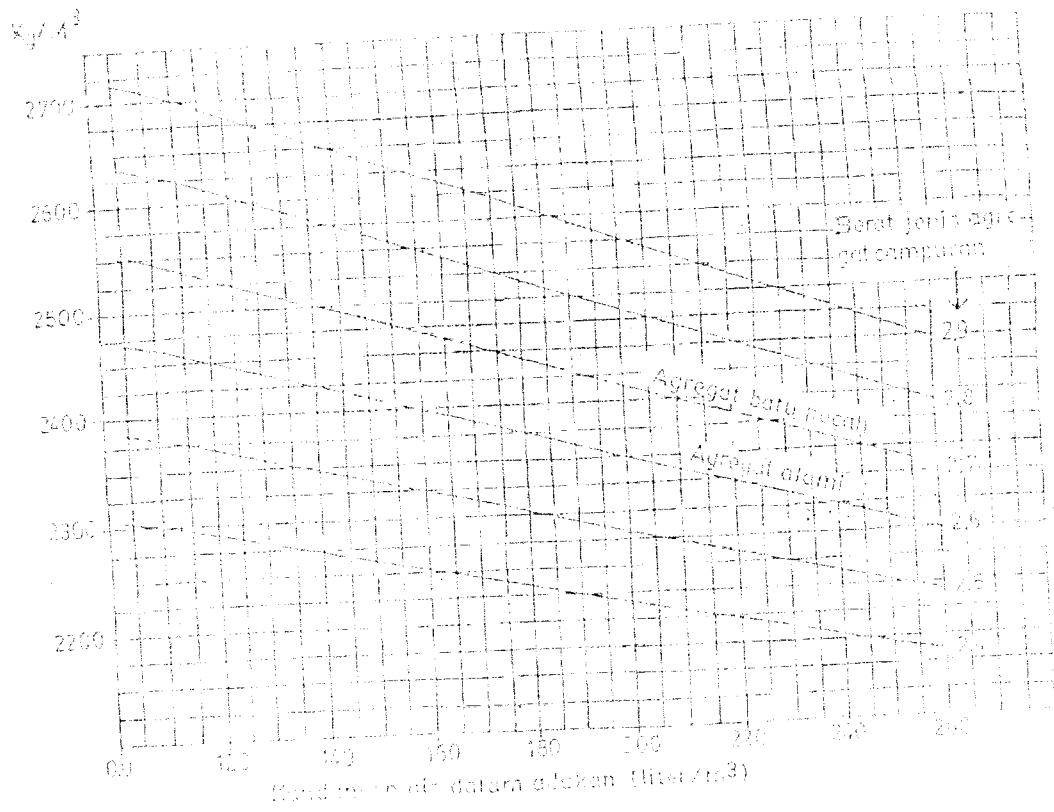
Gambar 3.4 Hubungan Faktor Air Semen Dan Kuat Tekan Rata-Rata Silinder Beton (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:96)



Gambar 3.5 Grafik Mencari Faktor Air Semen (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:97)



Gambar 3.6 Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:99)



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Berat Jenis Beton , Berat Jenis Agregat Campuran Dan Kandungan Air (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:100)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan bahan agregat kasar berupa batu pecah/*split* dari Celereng, sedang untuk agregat halus digunakan pasir alam yang diperoleh dari sungai Gendol. Lumpur didapat dengan menyaring tanah yang berasal dari lapangan parkir di belakang laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta, lumpur tersebut lolos saringan ayakan dengan diameter 0,075 mm.

Untuk split ukuran maksimum butir adalah 40 mm dan pasir 4,75 mm, sedangkan semen digunakan jenis *PC* Type I, merk Nusantara dalam kemasan 50 kg, dan air yang digunakan berasal dari Laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII Yogyakarta.

4.2. Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Alat-Alat Penelitian

| No | Alat | Fungsi |
|----|-------------------------------------|--|
| 1 | Ayakan 0,075 | Menyaring lumpur |
| 2 | Piring logam | Menampung ayakan di oven |
| 3 | Galas ukur | Menakar air |
| 4 | 1 set ayakan | Menentukan nilai gradasi dan mhb. |
| 5 | Penggaris siku | Mengukur <i>slump</i> |
| 6 | Ember | Menampung agregat |
| 7 | Tongkat penumbuk | Memadatkan benda uji |
| 8 | Cetok | Memasukan adukan beton ke dalam cetakan silinder |
| 9 | Sekop | Memasukan adukan beton ke dalam mesin aduk/molen |
| 10 | Kaliper | Mengukur benda uji |
| 11 | Timbangan | Menimbang bahan-bahan |
| 12 | Cetakan silinder | Tempat cetak benda uji |
| 13 | Mesin siever | Pengayak mekanik |
| 14 | Kerucut <i>Abrams</i> | Penguji <i>slump</i> |
| 15 | Oven | Pengering agregat |
| 16 | Molen | Mesin aduk campuran beton |
| 17 | Mesin uji desak merk <i>Control</i> | Uji desak beton |
| 18 | Bak air | Perawatan benda uji dan merendam agregat |

4.3. Pencampuran Lumpur

Dalam penelitian ini digunakan lumpur sebagai bahan uji tambahan sebanyak lima variasi, yaitu 0%, 3%, 6%, 9% dan 12% terhadap berat pasirnya. Pencampuran lumpur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. mengambil pasir sesuai dengan perbandingan berat campuran beton,
2. mengambil lumpur sesuai dengan berat persen terhadap berat pasir,
3. pasir dan lumpur, dicampur dan diaduk sampai merata sebelum dimasukkan ke dalam molen bersama-sama agregat lainnya, hingga menyatu serta warna adukan tampak rata,
4. campuran diaduk.

Langkah-langkah tersebut dilakukan dengan cara yang sama untuk setiap adukan dan persen kandungan lumpurnya.

4.4. Pengadukan Beton

Pengadukan beton adalah proses pencampuran antara bahan-bahan dasar beton, yaitu semen, air, pasir dan kerikil serta lumpur, dalam perbandingan tertentu. Pengadukan dilakukan hingga warna adukan tampak rata dan homogen campurannya, serta kelecakan cukup (tidak terlalu cair atau padat). Selama proses pengadukan ini dihindari terjadinya pemisahan butir-butir.

Pengadukan dilakukan menggunakan mesin molen. Kapasitas mesin molen hanya 10 silinder, sedang setiap variasinya terdiri dari 15 silinder. Jadi pengadukan untuk setiap variasinya dilakukan 2 kali masing-masing untuk 7 silinder dan 8 silinder. Hal ini

dilakukan secara berkesinambungan, artinya setelah adukan pertama selesai mesin molen dibersihkan menggunakan air bersih kemudian air dibuang demikian seterusnya sampai molen tampak bersih tidak ada adukan yang melekat. Selanjutnya pengadukan kedua dapat dilakukan.

4.5. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* ialah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, dengan bagian bawah berdiameter 20 cm, diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm.
2. tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm, bagian ujung baja berbentuk bulat.

Uji *slump* pada adukan beton ini menggunakan nilai *slump* rencana 50-125 mm.

4.6. Pemadatan Beton

Tujuan pemadatan beton adalah untuk menghilangkan rongga-rongga udara (pori) dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pemadatan ini dilakukan dengan tangan yaitu dengan cara menusuk-nusuk adukan beton dengan tongkat besi, sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

pada umur 14 hari, sehingga untuk kuat desak beton umur 28 hari hasilnya dikonversi dengan cara membagi hasilnya dengan bilangan 0,88.

BAB V

PELAKSANAAN DAN PERANCANGAN

5.1. Umum

Penelitian Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada pelaksanaan dan perancangan adukan beton ini, perlu adanya percobaan pendahuluan yang berupa analisis dan pemeriksaan. Urutan percobaan tersebut meliputi:

1. persiapan material,
2. pemeriksaan agregat kasar (kerikil),
3. pemeriksaan agregat halus (pasir),
4. pemeriksaan gradasi campuran,
5. perancangan campuran adukan beton,
6. pembuatan benda uji, dan
7. pengujian *slump*.

5.2. Persiapan Material

Perancangan menggunakan cara *DOE* mensyaratkan agregat yang dipergunakan dalam kondisi *SSD*. Untuk itu perlu adanya pemeriksaan *SSD* terhadap pasir dan kerikil. Disamping itu untuk memastikan kandungan Lumpur pada pasir dan kerikil tempat

takarannya, sesuai prosentase pada variasi tiap adukannya, maka agregat terlebih dahulu dicuci.

5.2.1. Mencuci Agregat

Pencucian agregat (pasir dan kerikil) dilakukan pada bak yang terbuat dari besi. Air yang digunakan adalah air bersih yang tersedia pada Laboratorium BKT. Untuk kerikil pencucian dilakukan dengan cara memasukkan pada bak kemudian disiram dengan air sambil diaduk-aduk (hal yang sama dilakukan pada pasir), setelah air terlihat jernih maka agregat diambil.

5.2.2. Pemeriksaan *SSD*

Tujuan pemeriksaan *SSD* adalah agar pasir dan kerikil yang dipergunakan dalam campuran beton tidak mengisap atau manambah air pada campuran beton tersebut. Untuk pasir pemeriksaan dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam kerucut kecil hingga penuh untuk selanjutnya ditumbuk dengan alat tumbuk yang dijatuhkan bebas setinggi 5 cm sebanyak 10 kali. Bila permukaan pasir bagian atas setelah penurunan berkisar antara $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ tinggi kerucut kecil. Dalam percobaan ini setelah kerucut diangkat, tinggi pasir diukur dan hasilnya adalah 4,8 cm. Untuk kerikil pemeriksaan *SSD* dilakukan dengan cara merendam ke dalam bak air selama 24 jam.

5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar ini meliputi; pemeriksaan berat jenis, berat kering tusuk, dan analisis saringan, serta modulus halus butir (*MHB*). Kerikil berupa batu pecah yang didatangkan dari Celereng.

5.3.1 Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil

Hasil pemeriksaan berat jenis kerikil diperoleh 2,65 gr/cc, dan berat kering tusuk 1,56 gr/cc. Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis kerikil dan berat kering tusuk kerikil dapat dilihat pada Lampiran 1.

5.3.2. Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (*MHB*) Kerikil

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai *MHB* dan gradasi kerikil, sebagaimana yang disyaratkan menurut *British Standard*. Ukuran butir maksimum kerikil 40 mm.

Urutan pelaksanaan sebagai berikut:

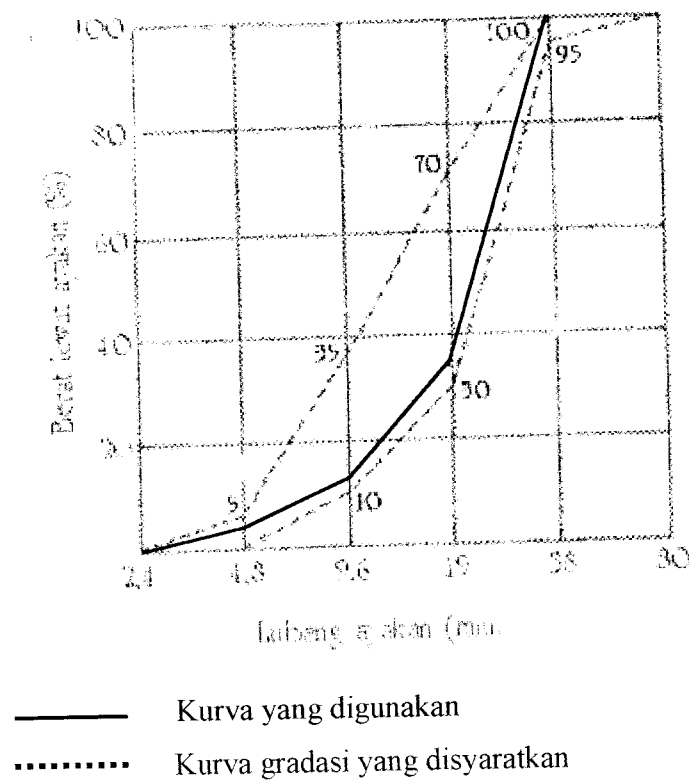
1. susunan ayakan dipasang sesuai dengan urutan diameter, yaitu dari atas ke bawah mulai dari diameter 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm,
2. contoh kerikil ditimbang sesuai dengan kebutuhan kemudian dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan ditutup rapat-rapat,
3. susunan ayakan digetarkan dengan mesin *Siever* selama ± 15 menit,

4. kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring dan ditimbang.

Rumus untuk menghitung Modulus Halus Butir (*MHB*)

$$MHB = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertinggal}}{100} \quad (5.3)$$

Hasil pemeriksaan analisis saringan dan *MHB* kerikil dapat dilihat pada Lampiran 2, sedangkan kurva gradasi kerikil dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Kerikil Dengan Butir Maksimum 40 mm
(Reproduksi Tjokrodimulyo,1992:41)



5.4 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus ini meliputi :

1. pemeriksaan berat jenis,
2. pemeriksaan kadar lumpur,
3. analisis saringan,
4. modulus halus butir.

5.4.1 Pemeriksaan Berat Jenis

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir diperoleh 2,60 gr/cc. Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis kerikil dapat dilihat pada Lampiran 3.

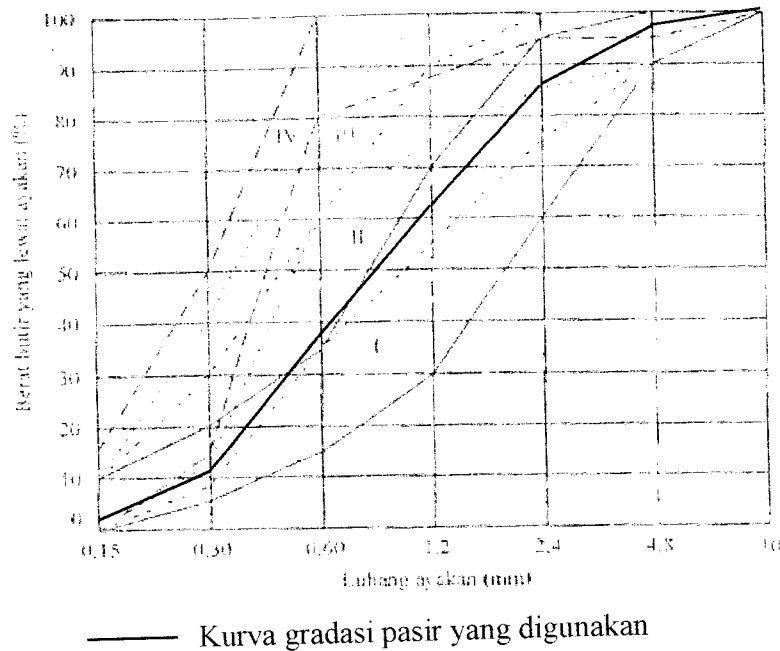
5.4.2 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (*MHB*) Pasir

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai *MHB* dan gradasi sebagaimana yang diisyaratkan menurut *British Standard*.

Adapun cara pelaksanaan analisis saringan dan modulus halus butir adalah sebagai berikut:

1. susunan ayakan sesuai dengan urutan diameter butiran dari atas ke bawah, yaitu: 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, dan PAN,
2. agregat halus (pasir) yang akan disaring ditimbang,
3. pasir dimasukkan ke dalam saringan paling atas, kemudian ditutup rapat-rapat,
4. mesin Siever dinyalakan selama ± 15 menit,
5. butiran yang tertinggal pada masing-masing ayakan ditimbang.

Hasil pemeriksaan analisis saringan dan *MHB* pasir dapat dilihat pada Lampiran 4, sedangkan kurva gradasi pasir dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Kurva Gradasi Pasir (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:41)

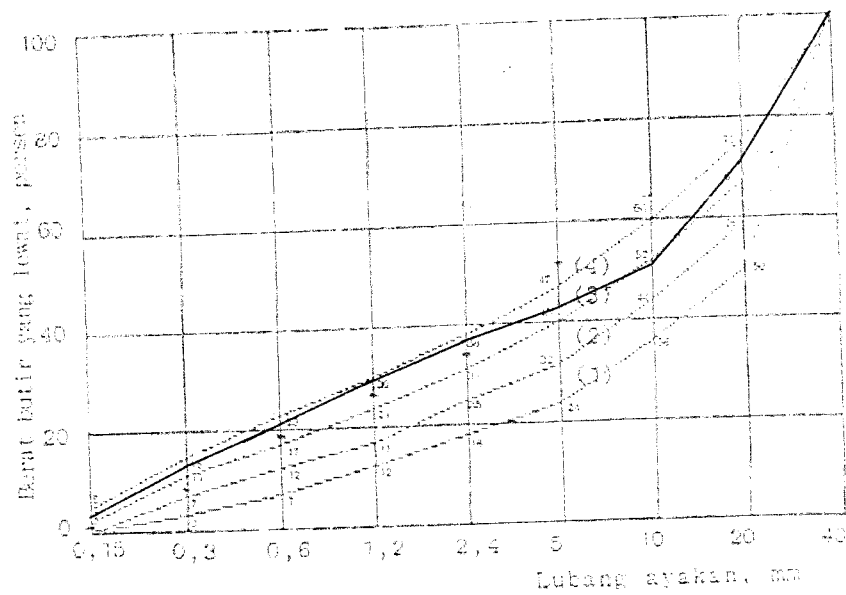
Dari kurva di atas, pasir yang digunakan termasuk daerah II, yaitu pasir agak kasar.

5.4.3. Pemeriksaan Kandungan Lumpur

Tujuan pemeriksaan kandungan lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) yang akan digunakan dalam campuran adukan beton. Pada penelitian ini pasir terlebih dahulu dicuci sebelum digunakan. Pemeriksaan kandungan lumpur dilakukan setelah pasir dicuci, maksudnya adalah untuk memastikan berapa persen kandungan lumpur di dalamnya. Hasil pemeriksaan bahwa pasir mengandung lumpur 0,25%. Adapun cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir dapat dilihat pada Lampiran 5.

5.5. Pemeriksaan Gradasi Campuran

Dalam adukan beton diperlukan campuran antara pasir dan kerikil dengan perbandingan tertentu agar gradasi campuran dapat masuk di dalam kurva standar, sebagaimana tertera dalam peraturan *British Standard*. Untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil yang tepat dapat dilakukan dengan cara coba-coba. Dari hasil hitungan perancangan adukan beton berdasarkan pada metode *DOE* diperoleh perbandingan pasir dan kerikil 1 : 1,44. Hasil Pemeriksaan dan hitungan modulus halus campuran kerikil dan pasir dapat dilihat pada Lampiran 6, sedangkan kurva gradasinya dapat dilihat pada Gambar 5.3.



———— Kurva yang digunakan

..... Kurva standar

Gambar 5.3 Kurva Gradasi Campuran Pasir Dan Kerikil Dengan Perbandingan 1 : 1,44 Untuk Butir Maksimum 40 mm (Reproduksi Tjokrodimulyo, 1992:42)

5.6 Perancangan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

Perancangan campuran adukan beton metode *DOE* (*Departement of Environment*) adalah sebagai berikut ini:

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Kuat desak rencana (f^c) | : 22,5 MPa |
| Jenis semen | : Semen portland |
| Jenis pasir | : Agak kasar |
| Jenis kerikil | : Batu pecah (<i>split</i>) |
| Ukuran maksimum kerikil | : 40 mm |
| Nilai <i>slump</i> | : 50-125 mm |
| Berat jenis pasir | : 2,60 t/m ³ |
| Berat jenis kerikil | : 2,65 t/m ³ |

Langkah-langkah perancangan:

1. Kuat desak beton yang disyaratkan pada umur 28 hari yaitu $f^c = 22,5$ MPa.
2. Penetapan nilai deviasi standar (Sd) = 1,16 (berdasarkan Tabel 3.5 Faktor pengali deviasi standar) dan $Sd = 4,2$ (berdasarkan Tabel 3.6 Deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan).
3. Perhitungan nilai tambah (M) = $k \cdot Sd$
 $M = 1,64 \times 1,16 \times 4,2 = 8$ MPa
4. Menetapkan kuat desak beton rata-rata (f^{cr}) yang direncanakan
 $f^{cr} = f^c + M = 22,5 + 8 = 30,5$ MPa

5. Menetapkan jenis semen

Digunakan *PC* Type I merk Nusantara 50 kg

6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

Digunakan jenis pasir agak kasar (termasuk daerah II).

Digunakan jenis kerikil batu pecah ukuran maksimum 40 mm.

7. Menetapkan faktor air semen

Cara 1 = 0,5 (didapat dari Gambar 3.4 Grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton)

Cara 2 = 0,56 (didapat dari Gambar 3.5 Grafik mencari faktor air semen)

Cara 3 = 0,6 (didapat dari melihat Tabel 3.8 Persyaratan untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus)

Diambil fas yang terkecil yaitu $fas = 0,5$

8. Menetapkan nilai *slump* = 50-125 mm

9. Menetapkan kebutuhan air (*A*)

$A = 205$ liter (didapat dari Tabel 3.10 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton)

10. Menentukan kebutuhan semen = air : fas = $205 : 0,5 = 410$ kg

11. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil = 41 % dan 59 % (Gambar 3.6 Grafik hubungan fas, *slump*, dan ukuran butir maksimum 40 mm)

12. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan kerikil

$$= (41 \% \times 2,60) + (59 \% \times 2,67) = 2,6413$$

5.7. Kebutuhan Campuran Adukan Beton

Pada penelitian ini digunakan cetakan berupa silinder, dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah variasi ada 5 sedangkan setiap variasinya terdiri dari 15 buah yang dibagi dalam dua tahap pengadukan. Tahap pertama direncanakan untuk mencetak 7 silinder beton, sedangkan yang kedua untuk 8 silinder beton. Dengan demikian jumlah total benda uji ada 75 buah.

1. Volume silinder $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t = \frac{1}{4} \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 = 0,0053 \text{ m}^3$
2. Volume 7 silinder $= 7 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 0,0371 \text{ m}^3$
3. Volume 8 silinder $= 8 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 0,0424 \text{ m}^3$
4. Volume 75 silinder $= 75 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 0,3975 \text{ m}^3$

Adapun kebutuhan campuran adukan beton dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini:

Tabel. 5.1 Kebutuhan Campuran Adukan Beton

| Kebutuhan campuran beton | Air (liter) | Semen (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) |
|--------------------------|-------------|------------|------------|--------------|
| 1 m ³ | 205 | 410 | 718 | 1032 |
| 75 silinder | 82 | 163 | 285 | 410 |
| 8 silinder | 8,7 | 17,4 | 30,5 | 43,8 |
| 7 silinder | 7,6 | 15,2 | 26,6 | 38,2 |

Untuk pembuatan benda uji kebutuhan bahan campuran setiap adukan diberi penambahan 30 %. Hasil penambahan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Kebutuhan Campuran Adukan Beton Dengan Penambahan 30%

| Kebutuhan campuran beton | Air (liter) | Semen (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) |
|--------------------------|-------------|------------|------------|--------------|
| 75 silinder | 106,6 | 212 | 370,5 | 533 |
| 8 silinder | 11,4 | 22,6 | 39,7 | 56,9 |
| 7 silinder | 10 | 19,8 | 34,6 | 49,7 |

Untuk setiap adukan baik untuk 7 silinder maupun 8 silinder beton perbandingan air, semen, dan kerikil selalu tetap, kecuali pasir dan kandungan lumpur selalu berbeda dalam setiap variasinya. Perbandingan pasir dan kandungan lumpur untuk setiap variasinya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Kebutuhan Pasir Dan Lumpur Setiap Adukan Setelah Penambahan 30%

| Kandungan Lumpur (%) | Berat pasir (kg) | | Berat lumpur (kg) | |
|----------------------|------------------|------------|-------------------|------------|
| | 7 silinder | 8 silinder | 7 silinder | 8 silinder |
| 0 | 34,60 | 39,70 | 0 | 0 |
| 3 | 33,56 | 38,50 | 1,04 | 1,20 |
| 6 | 32,52 | 37,32 | 2,08 | 2,38 |
| 9 | 31,49 | 36,13 | 3,11 | 3,57 |
| 12 | 30,45 | 34,94 | 4,15 | 4,76 |
| Berat total | 162,62+186,59 | | 10,38+11,91 | |
| | =349,21 | | =22,29 | |

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Hasil penelitian diperoleh setelah dilakukan uji desak beton pada benda-benda uji silinder beton. Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur 14 hari. Setiap benda uji diberi identitas, hal ini dilakukan untuk menghindari kerancuan pada waktu tes berlangsung. Identitas tersebut berupa huruf kapital tanpa bilangan. Huruf kapital menunjukkan kesamaan dalam adukan, sedangkan bilangan menunjukkan benda uji secara berurutan dalam setiap adukan. Hasil pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel yang terdapat dalam Lampiran 9-13.

6.1.1. Hasil Uji Kuat Desak Beton

Tabel 6.1 menunjukkan jumlah benda uji yang memenuhi dan tidak memenuhi kuat desak beton yang disyaratkan ($f'c$).

Tabel 6.1 Jumlah Kuat Desak Beton Umur 28 Hari Yang Memenuhi Dan Tidak Memenuhi Kuat Desak Beton Yang Disyaratkan ($f'c$)

| No. | Kandungan Lumpur (%) | Jumlah Benda Uji Yang | | Jumlah |
|-----|----------------------|--------------------------------------|--|--------|
| | | Memenuhi Kuat Desak Syarat ($f'c$) | Tidak Memenuhi Kuat Desak Syarat ($f'c$) | |
| 1 | 0 | 15 | 0 | 15 |
| 2 | 3 | 15 | 0 | 15 |
| 3 | 6 | 14 | 1 | 15 |
| 4 | 9 | 12 | 3 | 15 |
| 5 | 12 | 1 | 14 | 15 |

Pada Tabel 6.1 di atas menunjukkan bahwa kandungan lumpur 12% ada 14 benda uji menghasilkan kuat desak beton yang tidak memenuhi kuat desak beton yang disyaratkan ($f'c$). Hal ini membuktikan bahwa kandungan lumpur yang terlalu tinggi dapat berpengaruh buruk pada kuat desak beton yang dihasilkan.

Sedangkan untuk hubungan antara kuat desak rata-rata yang dihasilkan ($f'cr$ uji) dengan kuat desak rata-rata rencana ($f'cr$) dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Kuat Desak Beton Rata-Rata Hasil Pengujian Dan Hubungannya Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata Rencana ($f'cr$)

| No | Kandungan Lumpur (%) | Kuat desak beton rata-rata rencana $f'cr$ (MPa) | Kuat desak beton rata-rata hasil pengujian $f'cr$ uji (MPa) | Persentase kuat desak beton rata-rata hasil terhadap kuat desak rata-rata rencana $\frac{(3)}{(2)} \times 100\%$ (%) | Persentase penurunan kuat desak beton rata-rata terhadap kuat desak rata-rata beton normal $\frac{(3) - 31,9075}{31,9075} \times 100\%$ (%) |
|----|----------------------|---|---|--|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1. | 0 | 30,5 | 31,907 | 104,615 | 0 |
| 2. | 3 | 30,5 | 31,103 | 101,977 | -2,521 |
| 3. | 6 | 30,5 | 27,169 | 89,078 | -14,851 |
| 4. | 9 | 30,5 | 24,355 | 79,853 | -23,669 |
| 5. | 12 | 30,5 | 19,502 | 63,942 | -38,879 |

Pada Tabel 6.2 kolom 4 menunjukkan bahwa kandungan lumpur 0% menghasilkan kuat desak beton rata-rata ($f'cr$ uji) 4,615% lebih besar dari kuat desak beton rata-rata rencana ($f'cr$), kandungan lumpur 3% menghasilkan 1,977% lebih besar dari kuat desak beton rata-rata rencana ($f'cr$). Untuk kandungan lumpur 6%, 9% dan 12%

menghasilkan lebih kecil dari kuat desak beton rata-rata rencana (f'_{cr}) yaitu kandungan lumpur 6% menghasilkan 10,922% lebih kecil dari kuat desak beton rata-rata rencana (f'_{cr}), kandungan lumpur 9% menghasilkan 24,762% lebih kecil dari kuat desak beton rata-rata rencana (f'_{cr}), dan kandungan lumpur 12% menghasilkan 36,058% lebih kecil dari kuat desak beton rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}). Pembahasan tersebut mengandung arti bahwa kuat desak beton rata-rata hasil uji (f'_{cr} uji) kandungan lumpur 0% dan 3% memenuhi kuat desak beton rata-rata rencana (f'_{cr}) sedangkan kuat desak beton rata-rata hasil uji (f'_{cr} uji) untuk kandungan lumpur 6%, 9% dan 12% tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata rencana (f'_{cr}). Sedangkan pada kolom 5 menunjukkan besarnya penurunan kuat desak beton rata-rata setiap variasi terhadap kuat desak beton rata-rata kandungan lumpur 0% (beton normal). Setiap variasi kandungan lumpur terjadi suatu penurunan. Penurunan terkecil, terjadi pada kandungan lumpur 3% yaitu sebesar 2,521% sedangkan penurunan terbesar, terjadi pada kandungan lumpur 12% yaitu sebesar 38,879%. Hal ini membuktikan adanya pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton.

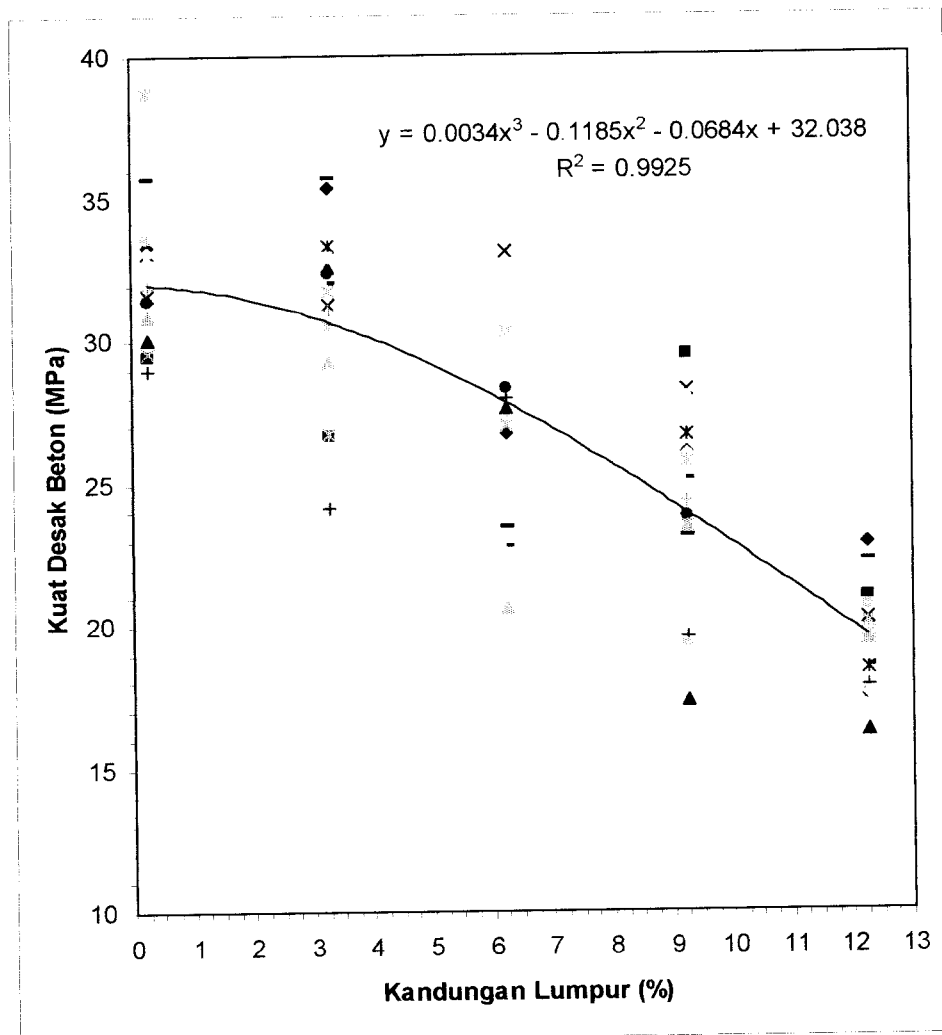
Dari pembahasan di atas menunjukkan bahwa semakin banyak persentase kandungan lumpur, maka semakin turun kuat desak beton yang dihasilkan, karena lumpur:

1. Merupakan butiran-butiran tanah halus yang menyelimuti agregat, sehingga menghalangi terjadinya lekatan yang kuat antara agregat dengan pasta semen, akibatnya menurunkan kekuatan beton.

2. Memiliki sifat daya serap air yang tinggi, sehingga proses hidrasi semen tidak sempurna karena air yang dibutuhkan untuk hidrasi semen terserap juga oleh lumpur, akibatnya menurunkan kekuatan beton.

6.1.2. Regresi Hasil Uji Kuat Desak Beton

Data untuk kandungan lumpur digunakan koreksi +0,25%, karena pasir yang digunakan dalam campuran adukan beton telah mengandung lumpur 0,25% sebelum penambahan persen kandungan lumpur. Gambar 6.1 adalah gambar data sebaran dan hasil regresi uji kuat desak beton.



Gambar 6.1 Data Sebaran Dan Hasil Regresi Uji Kuat Desak Beton Terhadap Kandungan Lumpur

Kurva yang terdapat dalam Gambar 6.1 di atas adalah kurva polinom kubik yang terbentuk dari kuat desak beton rata-rata tiap kandungan lumpurnya. Kurva tersebut mengandung persamaan:

$$y = 0,0034x^3 - 0,1185x^2 - 0,0684x + 32,038 \quad (6.1)$$

dengan: y = kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}), MPa
 x = persen kandungan lumpur, %

Dalam PBI-NI2-1971 menyatakan bahwa pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Persyaratan tersebut memang benar, dibuktikan dengan adanya kurva yang terdapat dalam Gambar 6.1 membentuk kurva yang lebih curam pada kandungan lumpur lebih dari 5% dibandingkan dengan bentuk kurva pada kandungan lumpur kurang dari 5%. Hal ini menunjukkan bahwa pada kandungan lumpur lebih dari 5% terjadi penurunan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang sangat besar.

Untuk mengetahui kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) kandungan lumpur 5% maka persen kandungan lumpur 5% disubsitusikan ke dalam persamaan (6.1). Perhitungannya adalah:

$$y = 0,0034x^3 - 0,1185x^2 - 0,0684x + 32,038$$

$$y = 0,0034(5)^3 - 0,1185(5)^2 - 0,0684(5) + 32,038$$

$$y = 29,159 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan di atas menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) sebesar 29,159 MPa lebih kecil dari kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan yaitu sebesar 30,5 MPa, sehingga hasil tersebut tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan. Hal ini mungkin disebabkan adanya kandungan lumpur yang terdapat dalam kerikil. Untuk mengetahui batas persen kandungan lumpur antara yang memenuhi dan tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan, maka perlu mencoba-coba memasukkan persen kandungan lumpur ke dalam persamaan (6.1) yang menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) sebesar 30,5 MPa. Dengan cara coba-coba, menghasilkan persen kandungan lumpur sebesar 3,49%.

6.2. *Workability*

Tingkat pengerjaan yang meliputi pengadukan mesin molen serta proses pencetakannya ke dalam silinder beton sangat bervariasi. Pada saat pelaksanaan membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan lumpur, maka semakin sulit tingkat pengerjaannya. Hal ini juga terbukti pada campuran adukan beton dengan persentase kandungan lumpur 12%. Pada adukan ini terjadi tingkat pengerjaan yang paling sulit. Sebaliknya tingkat pengerjaan paling mudah terjadi pada adukan dengan persentase kandungan lumpur 0%. Untuk adukan beton dengan kandungan lumpur 0%, dengan tingkat pengerjaan paling mudah didapatkan nilai *slump* rata-rata tertinggi yaitu 10 cm, sedang adukan dengan kandungan lumpur 12%, tingkat pengerjaan paling sulit didapatkan nilai *slump* rata-rata paling rendah yaitu 7,7 cm. Nilai *slump* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7 - 8.

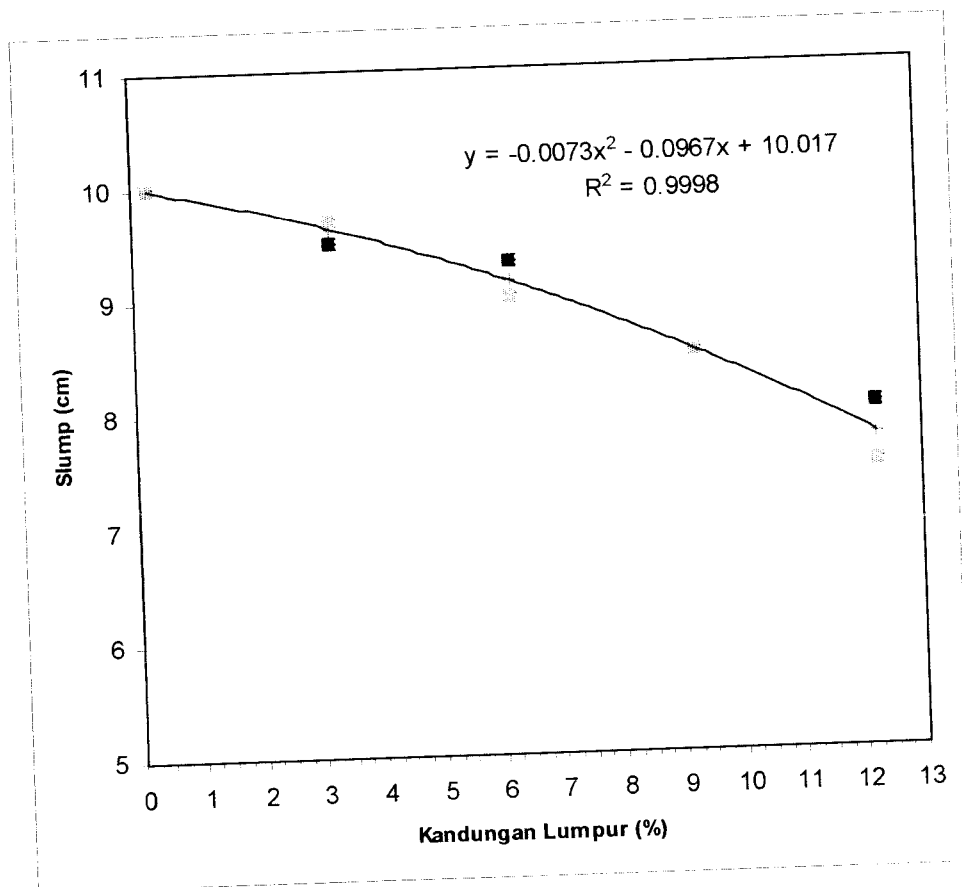
Dari penjelasan di atas menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan lumpur maka tingkat pengejaannya semakin sulit, karena lumpur memiliki sifat daya serap air yang tinggi sehingga air tidak cukup untuk melincirkan campuran agar mudah dikerjakan dan campuran menjadi lebih kental sehingga nilai nilai *slump* nya menjadi semakin rendah karena sulit untuk runtuh. Tabel 6.3 dibawah ini adalah nilai *slump* rata-rata setiap variasi kandungan lumpur.

Tabel 6.3 Nilai *Slump* Rata-Rata Setiap Variasi Kandungan Lumpur

| | | | | | |
|------------------------------------|----|------|------|------|------|
| Kandungan lumpur, (%) | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Nilai <i>slump</i> rata-rata, (cm) | 10 | 9,60 | 9,14 | 8,50 | 7,70 |

6.2.1. Regresi Nilai *slump*

Data untuk kandungan lumpur yang digunakan sama dengan data kandungan lumpur yang digunakan dalam regresi hasil uji kuat desak beton yaitu menggunakan koreksi +0,25%. Gambar 6.2 dibawah ini adalah gambar data sebaran hasil regresi nilai *slump*.



Gambar 6.2 Data Sebaran Dan Hasil Regresi nilai *slump*

Kurva yang terdapat dalam Gambar 6.2 adalah kurva kuadrat yang terbentuk dari data nilai *slump* tiap kandungan lumpurnya. Kurva tersebut mengandung persamaan:

$$y = -0,0073x^2 - 0,0967x + 10,017 \quad (6.2)$$

dengan: y = nilai *slump*, cm
 x = persen kandungan lumpur, %

6.3. Perbandingan Hasil Penelitian ini Dengan Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan Oleh Susilo dan Khusronudin

Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Susilo dan Khusronudin memiliki persamaan dan perbedaan. Persamaannya yaitu pada intinya semakin besar kandungan lumpur maka kuat desak betonnya semakin turun dan tingkat pengerjaan (*workability*) beton semakin sulit. Sedangkan perbedaannya terdapat pada hasil uji kuat desak betonnya yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Susilo dan Khusronudin menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang dihasilkan tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan. Hal itu terjadi pada seluruh variasi kandungan lumpur. Sedangkan penelitian ini menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang dihasilkan pada kandungan lumpur 0% dan 3% memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan, dan pada kandungan 6%, 9%, 12% menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang dihasilkan tidak memenuhi kuat desak rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan. Sebagai bahan perbandingan, kita dapat mengambil hasil penelitian variasi kandungan lumpur 2,5% pada Penelitian Susilo dan Khusronudin dengan hasil penelitian variasi kandungan lumpur 3% pada penelitian ini. Variasi kandungan lumpur 2,5% pada Penelitian Susilo dan Khusronudin menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) sebesar 27,5256 MPa, sedangkan penelitian ini pada

variasi kandungan lumpur 3% menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) sebesar 31,103 MPa. Perbedaan hasil penelitian itu terjadi karena dipengaruhi adanya perbedaan mutu betonnya, jenis material campuran adukan beton dan juga dimungkinkan adanya kesalahan dalam pembuatan campuran adukan beton.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan pada Bab VI, dapat ditarik kesimpulan sebagaimana berikut ini.

1. Pengaruh lumpur terhadap kuat desak beton

Dengan adanya persen penambahan kandungan lumpur pada campuran adukan beton mengakibatkan kekuatan beton menjadi menurun. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan kuat desak beton rata-rata yang dihasilkan (f'_{cr}) pada setiap variasi persen penambahan kandungan lumpur terhadap kuat desak beton rata-rata yang dihasilkan (f'_{cr}) pada beton normal. Penurunan terkecil terjadi pada variasi penambahan kandungan lumpur 3% yaitu sebesar 0,804 Mpa, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada variasi penambahan kandungan lumpur 12% yaitu sebesar 12,405 MPa. Dengan demikian, semakin besar persentase kandungan lumpur pada beton maka semakin kecil kuat desak betonnya. Hal ini terjadi karena lumpur menghalangi terjadinya lekatan yang kuat antara agregat dengan pasta semen sehingga kuat desak betonnya menjadi rendah.

2. Pengaruh kandungan lumpur terhadap tingkat pengerjaan (*workability*) beton

Dengan adanya persen penambahan lumpur pada campuran adukan beton mengakibatkan tingkat pengerjaan menjadi semakin sulit. Hal ini juga terbukti pada campuran adukan beton dengan kandungan lumpur 12%. Pada adukan ini

terjadi tingkat pengerjaan yang paling sulit. Sebaliknya tingkat pengerjaan paling mudah terjadi pada adukan dengan persentase kandungan lumpur 0% (normal). Untuk adukan beton dengan kandungan lumpur 0% (normal), dengan tingkat pengerjaan paling mudah didapatkan nilai *slump* rata-rata yaitu 10 cm, sedang adukan dengan kandungan lumpur 12%, tingkat pengerjaan paling sulit didapatkan nilai *slump* rata-rata yaitu 7,7 cm.. Hal ini terjadi karena lumpur memiliki sifat daya serap air yang tinggi sehingga air tidak cukup untuk melincirkan campuran agar mudah dikerjakan, akibatnya campuran beton menjadi lebih kental sehingga nilai *slump*-nya menjadi semakin rendah karena sulit untuk runtuh.

3. PBI-NI2-1971 menyatakan bahwa pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Pada kandungan lumpur 5% menghasilkan kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) sebesar 29,159 MPa, hasil tersebut tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan. Hal ini mungkin disebabkan adanya kandungan lumpur yang terdapat dalam kerikil. Persen kandungan lumpur yang memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan yaitu pada kandungan lumpur 3,49%. Kandungan lumpur 3,49% merupakan batas persen kandungan lumpur antara yang memenuhi dan tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}) yang direncanakan.

7.2. Saran

Mengingat variasi kandungan lumpur pada penelitian ini hanya 5 variasi, serta kuat desak beton yang disyaratkan hanya menggunakan 22,5 MPa, maka dapat dikatakan hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna. Berkaitan hal itu dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

1. Pentingnya penambahan jumlah sampel silinder beton, yang diikuti pula peningkatan kapasitas mesin molen agar dalam satu variasi terdapat pada satu adukan, sehingga tercapai hasil yang lebih valid.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut dengan kandungan lumpur pada pasir dan kerikil.

DAFTAR PUSTAKA

Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

Susilo dan Khusronudin, 1999, **PENGARUH KANDUNGAN LUMPUR TERHADAP KUAT DESAK BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

-----, 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA**, 1971 N.I.-2, Cetakan ketujuh, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Ditjen. Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

-----, 1981, **PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI-1982)**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

-----, 1993, **TATA CARA PEMBUATAN RENCANA CAMPURAN BETON NORMAL (No.SK. SNI. T-15-1990-03)**, Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

LAMPIRAN

➤ Langkah-langkah pemeriksaan dan hitungan berat jenis kerikil:

1. menimbang kerikil, $w = 400$ gr
2. gelas ukur diisi air, $v_1 = 500$ cc,
3. kerikil dimasukkan gelas ukur, tinggi air naik menjadi $v_2 = 651$ cc.

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis (Bj)} &= \frac{w}{(v_2 - v_1)} \\ &= \frac{400}{(651 - 500)} = 2,65 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

➤ Langkah-langkah pemeriksaan dan hitungan berat kering tusuk kerikil:

1. menimbang cetakan silinder (15x30)cm, $w_1 = 5400$ gr
2. silinder diisi kerikil sambil ditusuk-tusuk 25 kali pada setiap setiap 1/3 tinggi silinder, kemudian ditimbang, $w_2 = 13650$ gr
3. menghitung volume silinder, $v = \frac{1}{4} \pi r^2 \times 30 = 5301,4367 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned} \text{Berat kering tusuk (SSD)} &= \frac{w_2 - w_1}{v} \\ &= \frac{13650 - 5400}{5301,4376} = 1,5562 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI

Tabel Gradasi kerikil dengan butir maksimum 40 mm

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) | Berat butir lolos (%) | Syarat British Standard (%) |
|----|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1. | 38 | 0 | 100 | 95-100 |
| 3. | 19 | 1300,5 | 34,975 | 30-70 |
| 2. | 9,6 | 399,5 | 15 | 10,35 |
| 4. | 4,8 | 240 | 3 | 0-5 |
| 5. | 2,4 | 60 | 0 | 0-0 |

Tabel Hitungan modulus halus kerikil dengan butir maksimum 40 mm

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif (%) |
|----|--------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1. | 38 | 0 | 100 | 0 |
| 3. | 19 | 1300,5 | 34,975 | 65,025 |
| 2. | 9,6 | 399,5 | 15 | 85 |
| 4. | 4,8 | 240 | 3 | 97 |
| 5. | 2,4 | 60 | 0 | 100 |
| 6. | 1,2 | 0 | 0 | 100 |
| 7. | 0,6 | 0 | 0 | 100 |
| 8. | 0,3 | 0 | 0 | 100 |
| 9. | 0,15 | 0 | 0 | 100 |
| | Jumlah | 2000 | 100 | 747,025 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{747,025}{100} = 7,47$$

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

➤ Langkah-langkah pemeriksaan dan hitungan berat jenis pasir:

1. menimbang pasir, $w = 400$ gr
2. gelas ukur air, $v_1 = 500$ cc
3. pasir dimasukkan gelas ukur, tinggi air naik menjadi $v_2 = 654$ cc.

$$\text{Berat jenis (Bj)} = \frac{400}{(654 - 500)} = 2,60 \text{ gr/cc}$$

Tabel Berat jenis pasir

| Asal pasir | Berat jenis pasir (gr/cc) |
|------------|---------------------------|
| Gendol | 2,60 |

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII
Handwritten signature

Tabel Gradasi pasir

| No | Lubang Ayakan (mm) | Persen berat butir lolos ayakan | |
|----|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | Hasil yang digunakan | Syarat British Standard |
| 1. | 9,6 | 100 | 100 |
| 2. | 4,8 | 97,57 | 90-100 |
| 3. | 2,4 | 85,45 | 75-100 |
| 4. | 1,2 | 62,58 | 55-90 |
| 5. | 0,6 | 38,54 | 35-59 |
| 6. | 0,3 | 11,62 | 8-30 |
| 7. | 0,15 | 2,78 | 0-10 |

Dari hasil di atas, pasir termasuk daerah III, yaitu pasir agak kasar.

Tabel Hitungan Modulus Halus Pasir

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) |
|----|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 19 | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 9,6 | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 4,8 | 0 | 0 | 0 |
| 5. | 2,4 | 48,6 | 2,43 | 2,43 |
| 6. | 1,2 | 242,4 | 12,12 | 14,55 |
| 7. | 0,6 | 457,4 | 22,87 | 37,42 |
| 8. | 0,3 | 510,8 | 25,54 | 62,96 |
| 9. | 0,15 | 564 | 28,20 | 91,16 |
| | Sisa | 176,8 | 8,84 | - |
| | Jumlah | 2000 | 100 | 208,52 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{208,52}{100} = 2,0852$$

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TERBUKA
 FAKULTAS TEKNIK UTI
Handis

Cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir :

1. menimbang pasir kering oven sebanyak 100 gram dan memasukkannya ke dalam gelas ukur 250 cc,
2. diisi dengan air sampai pada ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,
3. gelas ukur ditutup dan dikocok berkali-kali sampai airnya tampak keruh,
4. setelah 1 menit, perlahan-lahan air dibuang sehingga pasirmya tidak ikut terbang,
5. mengulangi pekerjaan 2, 3, dan 4 hingga airnya jernih,
6. pasir dipindahkan dari gelas ukur ke dalam piring, selanjutnya memasukkan ke dalam oven pada temperatur 105 °C selama ± 36 jam,
7. pasir dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator selama ± 1 jam,
8. pasir ditimbang (berat pasir didapatkan 99,75 gram)

$$\text{kandungan lumpur} = \frac{100 - 99,75}{100} \times 100\% = 0,25\%$$

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Tabel Hitungan Gradasi Campuran Pasir Kerikil dengan perbandingan 1:1,44

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir Lolos | | (2)xP | (3)xK | (4)+(5) | $\frac{(6)}{(P+K)}$ |
|----|--------------------|-------------------|-------------|-------|--------|---------|---------------------|
| | | Pasir (%) | Kerikil (%) | | | | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 1. | 38 | 100 | 100 | 100 | 144 | 244 | 100 |
| 2. | 19 | 100 | 43,117 | 100 | 62,088 | 162,088 | 66,430 |
| 3. | 9,6 | 100 | 17,391 | 100 | 25,043 | 125,043 | 51,247 |
| 4. | 4,8 | 100 | 2,898 | 100 | 4,173 | 104,173 | 42,694 |
| 5. | 2,4 | 90 | 0 | 90 | 0 | 90 | 37,815 |
| 6. | 1,2 | 71 | 0 | 71 | 0 | 71 | 29,831 |
| 7. | 0,6 | 51 | 0 | 51 | 0 | 51 | 21,428 |
| 8. | 0,3 | 26,5 | 0 | 26,5 | 0 | 26,5 | 11,134 |
| 9. | 0,15 | 6,5 | 0 | 6,5 | 0 | 6,5 | 2,731 |

Keterangan : P = 1 dan K = 1,44

Tabel Hitungan modulus halus campuran pasir dan kerikil perbandingan 1 :1,44

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gr) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) |
|----|--------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1. | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 19 | 795 | 32,58 | 32,58 |
| 3. | 9,6 | 365 | 14,96 | 47,54 |
| 4. | 4,8 | 210 | 8,61 | 56,15 |
| 5. | 2,4 | 150 | 6,15 | 62,30 |
| 6. | 1,2 | 200 | 8,20 | 70,50 |
| 7. | 0,6 | 210 | 8,61 | 79,11 |
| 8. | 0,3 | 245 | 10,04 | 89,15 |
| 9. | 0,15 | 215 | 8,81 | 97,96 |
| | Sisa | 50 | 2,05 | - |
| | Jumlah | 2440 | 100 | 535,29 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{535,29}{100} = 5,35$$

Tabel Nilai *Slump* setiap variasi kandungan lumpur.

| No. | Kode | Lmpr. (%) | <i>slump</i> (cm) | No. | Kode | Lmpr. (%) | <i>slump</i> (cm) |
|-------------------------------------|------|--------------|----------------------|-------------------------------------|------|--------------|----------------------|
| 1 | A 01 | 0 | 10 | 31 | E 01 | 6 | 9,3 |
| 2 | A 02 | 0 | 10 | 32 | E 02 | 6 | 9,3 |
| 3 | A 03 | 0 | 10 | 33 | E 03 | 6 | 9,3 |
| 4 | A 04 | 0 | 10 | 34 | E 04 | 6 | 9,3 |
| 5 | A 05 | 0 | 10 | 35 | E 05 | 6 | 9,3 |
| 6 | A 06 | 0 | 10 | 36 | E 06 | 6 | 9,3 |
| 7 | A 07 | 0 | 10 | 37 | E 07 | 6 | 9,3 |
| 8 | B 01 | 0 | 10 | 38 | F 01 | 6 | 9 |
| 9 | B 02 | 0 | 10 | 39 | F 02 | 6 | 9 |
| 10 | B 03 | 0 | 10 | 40 | F 03 | 6 | 9 |
| 11 | B 04 | 0 | 10 | 41 | F 04 | 6 | 9 |
| 12 | B 05 | 0 | 10 | 42 | F 05 | 6 | 9 |
| 13 | B 06 | 0 | 10 | 43 | F 06 | 6 | 9 |
| 14 | B 07 | 0 | 10 | 44 | F 07 | 6 | 9 |
| 15 | B 08 | 0 | 10 | 45 | F 08 | 6 | 9 |
| Nilai <i>slump</i> rata-rata | | 0 | 10 | Nilai <i>slump</i> rata-rata | | 6 | 9,14 |
| 16 | C 01 | 3 | 9,5 | 46 | G 01 | 9 | 8,5 |
| 17 | C 02 | 3 | 9,5 | 47 | G 02 | 9 | 8,5 |
| 18 | C 03 | 3 | 9,5 | 48 | G 03 | 9 | 8,5 |
| 19 | C 04 | 3 | 9,5 | 49 | G 04 | 9 | 8,5 |
| 20 | C 05 | 3 | 9,5 | 50 | G 05 | 9 | 8,5 |
| 21 | C 06 | 3 | 9,5 | 51 | G 06 | 9 | 8,5 |
| 22 | C 07 | 3 | 9,5 | 52 | G 07 | 9 | 8,5 |
| 23 | D 01 | 3 | 9,7 | 53 | H 01 | 9 | 8,5 |
| 24 | D 02 | 3 | 9,7 | 54 | H 02 | 9 | 8,5 |
| 25 | D 03 | 3 | 9,7 | 55 | H 03 | 9 | 8,5 |
| 26 | D 04 | 3 | 9,7 | 56 | H 04 | 9 | 8,5 |
| 27 | D 05 | 3 | 9,7 | 57 | H 05 | 9 | 8,5 |
| 28 | D 06 | 3 | 9,7 | 58 | H 06 | 9 | 8,5 |
| 29 | D 07 | 3 | 9,7 | 59 | H 07 | 9 | 8,5 |
| 30 | D 08 | 3 | 9,7 | 60 | H 08 | 9 | 8,5 |
| Nilai <i>slump</i> rata-rata | | 3 | 9,6 | Nilai <i>slump</i> rata-rata | | 9 | 8,5 |

Lampiran 8

Tabel Nilai *Slump* lanjutan setiap variasi kandungan lumpur

| No. | Kode | Lmpr. (%) | <i>slump</i> (cm) |
|-------------------------------------|------|--------------|----------------------|
| 61 | I 01 | 12 | 8 |
| 62 | I 02 | 12 | 8 |
| 63 | I 03 | 12 | 8 |
| 64 | I 04 | 12 | 8 |
| 65 | I 05 | 12 | 8 |
| 66 | I 06 | 12 | 8 |
| 67 | I 07 | 12 | 8 |
| 68 | J 01 | 12 | 7,5 |
| 69 | J 02 | 12 | 7,5 |
| 70 | J 03 | 12 | 7,5 |
| 71 | J 04 | 12 | 7,5 |
| 72 | J 05 | 12 | 7,5 |
| 73 | J 06 | 12 | 7,5 |
| 74 | J 07 | 12 | 7,5 |
| 75 | J 08 | 12 | 7,5 |
| Nilai <i>slump</i> rata-rata | | 12 | 7,7 |

LABORATORIUM
BANGUNAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK U11

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

| No. | Kode | Lmpr. (%) | slump (cm) | Tinggi (mm) | D (mm) | Luas (mm ²) | Berat (kg) | Umur (hari) | Beban Maks.(KN) | Kuat Desak (Mpa) | Faktor Umur | Kuat Desak 28 hari (Mpa) |
|-----|------|-----------|------------|-------------|--------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 1 | A 01 | 0 | 10 | 297.5 | 150.3 | 17,733.22 | 13.0 | 14 | 520 | 29.323 | 0.88 | 33.322 |
| 2 | A 02 | 0 | 10 | 303.0 | 151.9 | 18,112.78 | 13.0 | 14 | 470 | 25.949 | 0.88 | 29.487 |
| 3 | A 03 | 0 | 10 | 301.0 | 150.4 | 17,756.83 | 13.0 | 14 | 470 | 26.469 | 0.88 | 30.078 |
| 4 | A 04 | 0 | 10 | 297.5 | 149.0 | 17,427.79 | 13.0 | 14 | 485 | 27.829 | 0.88 | 31.624 |
| 5 | A 05 | 0 | 10 | 301.5 | 149.3 | 17,498.03 | 13.0 | 14 | 510 | 29.146 | 0.88 | 33.121 |
| 6 | A 06 | 0 | 10 | 303.0 | 154.0 | 18,617.06 | 13.0 | 14 | 515 | 27.663 | 0.88 | 31.435 |
| 7 | A 07 | 0 | 10 | 300.5 | 149.1 | 17,451.19 | 13.0 | 14 | 445 | 25.500 | 0.88 | 28.977 |
| 8 | B 01 | 0 | 10 | 300.0 | 150.5 | 17,780.45 | 13.0 | 14 | 480 | 26.996 | 0.88 | 30.677 |
| 9 | B 02 | 0 | 10 | 299.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 555 | 31.423 | 0.88 | 35.707 |
| 10 | B 03 | 0 | 10 | 302.5 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 515 | 29.158 | 0.88 | 33.134 |
| 11 | B 04 | 0 | 10 | 299.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 440 | 24.912 | 0.88 | 28.309 |
| 12 | B 05 | 0 | 10 | 298.5 | 152.4 | 18,232.22 | 12.8 | 14 | 495 | 27.150 | 0.88 | 30.852 |
| 13 | B 06 | 0 | 10 | 300.3 | 151.6 | 18,041.31 | 13.0 | 14 | 470 | 26.051 | 0.88 | 29.604 |
| 14 | B 07 | 0 | 10 | 298.5 | 149.8 | 17,615.43 | 12.7 | 14 | 600 | 34.061 | 0.88 | 38.706 |
| 15 | B 08 | 0 | 10 | 304.0 | 149.0 | 17,427.79 | 12.9 | 14 | 515 | 29.551 | 0.88 | 33.580 |
| | | | | | | | | | | 421.179 | | 478.612 |

LABORATORIUM
 TEKNIK KONSTRUKSI
 FAKULTAS TEKNIK

Kuat desak rata-rata umur 14 hari = 421,179 : 15 = 28,0786 Mpa

Kuat desak rata-rata umur 28 hari = 478,612 : 15 = 31,9075 Mpa

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

| No. | Kode | Lmpt. (%) | slump (cm) | Tinggi (mm) | D (mm) | Luas (mm ²) | Berat (kg) | Umur (hari) | Beban Maks.(KN) | Kuat Desak (Mpa) | Faktor Umur | Kuat Desak 28 hari (Mpa) |
|-----|------|-----------|------------|-------------|--------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 1 | C 01 | 3 | 9.5 | 302.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 550 | 31.139 | 0.88 | 35.386 |
| 2 | C 02 | 3 | 9.5 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 420 | 23.465 | 0.88 | 26.665 |
| 3 | C 03 | 3 | 9.5 | 303.0 | 149.0 | 17,427.79 | 13.0 | 14 | 500 | 28.690 | 0.88 | 32.602 |
| 4 | C 04 | 3 | 9.5 | 301.0 | 149.0 | 17,427.79 | 12.9 | 14 | 480 | 27.542 | 0.88 | 31.298 |
| 5 | C 05 | 3 | 9.5 | 301.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 525 | 29.332 | 0.88 | 33.331 |
| 6 | C 06 | 3 | 9.5 | 301.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 510 | 28.494 | 0.88 | 32.379 |
| 7 | C 07 | 3 | 9.5 | 307.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 380 | 21.230 | 0.88 | 24.126 |
| 8 | D 01 | 3 | 9.7 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 505 | 28.214 | 0.88 | 32.062 |
| 9 | D 02 | 3 | 9.7 | 301.0 | 152.0 | 18,136.64 | 13.1 | 14 | 570 | 31.428 | 0.88 | 35.714 |
| 10 | D 03 | 3 | 9.7 | 300.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 500 | 27.935 | 0.88 | 31.744 |
| 11 | D 04 | 3 | 9.7 | 304.0 | 149.0 | 17,427.79 | 13.0 | 14 | 505 | 28.977 | 0.88 | 32.928 |
| 12 | D 05 | 3 | 9.7 | 304.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 455 | 25.761 | 0.88 | 29.274 |
| 13 | D 06 | 3 | 9.7 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 500 | 27.935 | 0.88 | 31.744 |
| 14 | D 07 | 3 | 9.7 | 304.0 | 149.0 | 17,427.79 | 13.0 | 14 | 410 | 23.526 | 0.88 | 26.734 |
| 15 | D 08 | 3 | 9.7 | 301.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 475 | 26.893 | 0.88 | 30.560 |
| | | | | | | | | | | 410.561 | | 466.546 |

Kuat desak rata-rata umur 14 hari = 410,561 : 15 = 27,3707 Mpa

Kuat desak rata-rata umur 28 hari = 466,546 : 15 = 31,1031 Mpa

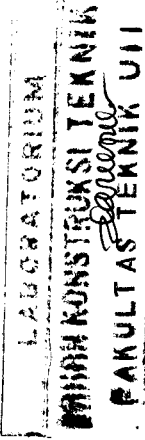
LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UJI

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

| No. | Kode | Lmpr. (%) | slump (cm) | Tinggi (mm) | D (mm) | Luas (mm ²) | Berat (kg) | Umur (hari) | Beban Maks.(KN) | Kuat Desak (Mpa) | Faktor Umur | Kuat Desak 28 hari (Mpa) |
|-----|------|-----------|------------|-------------|--------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 1 | E 01 | 6 | 9.3 | 302.0 | 149.0 | 17,427.79 | 12.8 | 14 | 410 | 23.526 | 0.88 | 26.734 |
| 2 | E 02 | 6 | 9.3 | 303.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.8 | 14 | 405 | 22.627 | 0.88 | 25.713 |
| 3 | E 03 | 6 | 9.3 | 300.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.9 | 14 | 435 | 24.303 | 0.88 | 27.617 |
| 4 | E 04 | 6 | 9.3 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.6 | 14 | 515 | 29.158 | 0.88 | 33.134 |
| 5 | E 05 | 6 | 9.3 | 303.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 420 | 23.779 | 0.88 | 27.022 |
| 6 | E 06 | 6 | 9.3 | 305.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 440 | 24.912 | 0.88 | 28.309 |
| 7 | E 07 | 6 | 9.3 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 435 | 24.628 | 0.88 | 27.987 |
| 8 | F 01 | 6 | 9 | 302.0 | 149.0 | 17,427.79 | 13.0 | 14 | 350 | 20.083 | 0.88 | 22.821 |
| 9 | F 02 | 6 | 9 | 304.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 370 | 20.672 | 0.88 | 23.491 |
| 10 | F 03 | 6 | 9 | 304.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 480 | 27.176 | 0.88 | 30.882 |
| 11 | F 04 | 6 | 9 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.8 | 14 | 400 | 22.647 | 0.88 | 25.735 |
| 12 | F 05 | 6 | 9 | 304.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 320 | 18.117 | 0.88 | 20.588 |
| 13 | F 06 | 6 | 9 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.8 | 14 | 420 | 23.779 | 0.88 | 27.022 |
| 14 | F 07 | 6 | 9 | 302.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 470 | 26.610 | 0.88 | 30.239 |
| 15 | F 08 | 6 | 9 | 303.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.8 | 14 | 470 | 26.610 | 0.88 | 30.239 |
| | | | | | | | | | | 358.628 | | 407.532 |

Kuat desak rata-rata umur 14 hari = 358,628 : 15 = 23,9085 Mpa

Kuat desak rata-rata umur 28 hari = 407,532 : 15 = 27,1688 Mpa

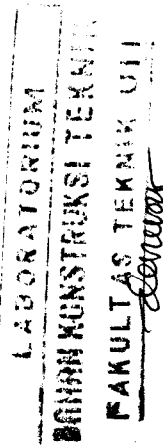


HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

| No. | Kode | Lmp. (%) | slump (cm) | Tinggi (mm) | D (mm) | Luas (mm ²) | Berat (kg) | Umur (hari) | Beban Maks.(KN) | Kuat Desak (Mpa) | Faktor Umur | Kuat Desak 28 hari (Mpa) |
|-----|------|----------|------------|-------------|--------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|----------------------------|
| 1 | G 01 | 9 | 8.5 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.8 | 14 | 405 | 22.930 | 0.88 | 26.057 |
| 2 | G 02 | 9 | 8.5 | 299.0 | 152.0 | 18,136.64 | 12.7 | 14 | 770 | 42.455 | 0.88 | 48.245 |
| 3 | G 03 | 9 | 8.5 | 298.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.8 | 14 | 273 | 15.252 | 0.88 | 17.332 |
| 4 | G 04 | 9 | 8.5 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.9 | 14 | 445 | 24.862 | 0.88 | 28.252 |
| 5 | G 05 | 9 | 8.5 | 299.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.6 | 14 | 420 | 23.465 | 0.88 | 26.665 |
| 6 | G 06 | 9 | 8.5 | 301.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 370 | 20.948 | 0.88 | 23.805 |
| 7 | G 07 | 9 | 8.5 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.8 | 14 | 305 | 17.268 | 0.88 | 19.623 |
| 8 | H 01 | 9 | 8.5 | 300.0 | 149.0 | 17,427.79 | 12.7 | 14 | 385 | 22.091 | 0.88 | 25.104 |
| 9 | H 02 | 9 | 8.5 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.6 | 14 | 360 | 20.382 | 0.88 | 23.162 |
| 10 | H 03 | 9 | 8.5 | 300.0 | 152.0 | 18,136.64 | 12.6 | 14 | 415 | 22.882 | 0.88 | 26.002 |
| 11 | H 04 | 9 | 8.5 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 440 | 24.583 | 0.88 | 27.935 |
| 12 | H 05 | 9 | 8.5 | 303.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 365 | 20.665 | 0.88 | 23.483 |
| 13 | H 06 | 9 | 8.5 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.9 | 14 | 370 | 20.672 | 0.88 | 23.491 |
| 14 | H 07 | 9 | 8.5 | 300.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.6 | 14 | 400 | 22.647 | 0.88 | 25.735 |
| 15 | H 08 | 9 | 8.5 | 300.0 | 149.0 | 17,427.79 | 12.9 | 14 | 295 | 16.927 | 0.88 | 19.235 |
| | | | | | | | | | | 338,030 | | 384,126 |

Kuat desak rata-rata umur 14 hari = 338,030 : 15 = 22,5353 Mpa

Kuat desak rata-rata umur 28 hari = 384,126 : 15 = 25,6084 Mpa



HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

| No. | Kode | Lmpr. (%) | slump (cm) | Tinggi (mm) | D (mm) | Luas (mm ²) | Berat (kg) | Umur (hari) | Beban Maks.(KN) | Kuat Desak (Mpa) | Faktor Umur | Kuat Desak 28 hari (Mpa) |
|-----|------|-----------|------------|-------------|--------|-------------------------|------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|--------------------------|
| 1 | I 01 | 12 | 8 | 306.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 360 | 20.113 | 0.88 | 22.856 |
| 2 | I 02 | 12 | 8 | 305.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 330 | 18.437 | 0.88 | 20.951 |
| 3 | I 03 | 12 | 8 | 306.0 | 152.0 | 18,136.64 | 13.0 | 14 | 260 | 14.336 | 0.88 | 16.290 |
| 4 | I 04 | 12 | 8 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.1 | 14 | 318 | 17.767 | 0.88 | 20.189 |
| 5 | I 05 | 12 | 8 | 303.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.9 | 14 | 290 | 16.202 | 0.88 | 18.412 |
| 6 | I 06 | 12 | 8 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 13.0 | 14 | 275 | 15.364 | 0.88 | 17.459 |
| 7 | I 07 | 12 | 8 | 304.0 | 152.0 | 18,136.64 | 12.9 | 14 | 285 | 15.714 | 0.88 | 17.857 |
| 8 | J 01 | 12 | 7.5 | 306.0 | 152.0 | 18,136.64 | 13.1 | 14 | 295 | 16.265 | 0.88 | 18.483 |
| 9 | J 02 | 12 | 7.5 | 302.0 | 151.0 | 17,898.79 | 12.8 | 14 | 350 | 19.554 | 0.88 | 22.221 |
| 10 | J 03 | 12 | 7.5 | 306.0 | 152.0 | 18,136.64 | 12.8 | 14 | 280 | 15.438 | 0.88 | 17.544 |
| 11 | J 04 | 12 | 7.5 | 305.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 320 | 18.117 | 0.88 | 20.588 |
| 12 | J 05 | 12 | 7.5 | 303.0 | 152.0 | 18,136.64 | 12.9 | 14 | 310 | 17.092 | 0.88 | 19.423 |
| 13 | J 06 | 12 | 7.5 | 306.0 | 150.0 | 17,662.50 | 13.0 | 14 | 305 | 17.268 | 0.88 | 19.623 |
| 14 | J 07 | 12 | 7.5 | 304.0 | 152.0 | 18,136.64 | 13.0 | 14 | 320 | 17.644 | 0.88 | 20.050 |
| 15 | J 08 | 12 | 7.5 | 305.0 | 150.0 | 17,662.50 | 12.9 | 14 | 320 | 18.117 | 0.88 | 20.588 |
| | | | | | | | | | | 257.430 | | 292.535 |

Kuat desak rata-rata umur 14 hari = 257,430 : 15 = 17,1620 Mpa

Kuat desak rata-rata umur 28 hari = 292,535 : 15 = 19,5023 Mpa