

TUGAS AKHIR

**“KORELASI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA STRUKTUR
RIGID PAVEMENT DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN TIPE OPC”**



BOSOWA

Disusun oleh :

RAHMAN

4595041028

WINDA DWI RAHAYU NINGRUM

4508041010

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS “45” MAKASSAR**

2010



JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS "45"

Jln. Urip Sumoharjo Km. 4

Telp. (0411) 452991 – 452789 psw 20 Makassar

LEMBARAN PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar Nomor A.203 / SK / FT.U – 45 / XI / 2010 Pada Hari Sabtu, Tanggal 25 Bulan September Tahun 2010 Pukul 10.30 – 12.30 WITA, Perihal Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada hari / tanggal : Sabtu / 25 September 2010
Nama : RAHMAN / WINDA DWI RAHAYU NINGRUM
NO. Stambuk : 4595 041 028 / 4508 041010
Fakultas / Jurusan : Teknik / Sipil
Judul Tugas Akhir : "Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Struktur Rigid Pavement dengan Menggunakan Semen OPC"

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar setelah mempertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

PENGAWAS UMUM

PROF. DR. H. ABU HAMID
(Rektor Universitas "45" Makassar)



TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua : Ir. H. Abdul Madjid Akkas ST, MT (.....)
Sekretaris : Eka Yuniarto K, ST (.....)
Anggota : Ir. H. Prof. Wihardi TJ ST. MT. M.Eng, (.....)
: Ir. Abd. Rahim Nurdin, MT (.....)
: Ir. Husni Maricar, MT (.....)
Ex-Officio : Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)
: Ir.H. Hamka, MT (.....)
: Ir. H. M. Nur Abu Abu (.....)

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas "45" Makassar

Ketua Jurusan Sipil
Universitas "45" Makassar

(Ir. RUDI LATIEF, M.Si)
NIK : 45 01 84

(Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT)
NIP. 132 092 389





JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS "45"
Jln. Urip Sumoharjo Km. 4

Telp. (0411) 452991 – 452789 psw 20 Makassar

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

Judul Tugas Akhir :

" KORELASI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA STRUKTUR RIGID PAVEMENT DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN TYPE OPC "

Disusun dan diajukan oleh :

Nama / Stambuk : RAHMAN 45 95 041 028
WINDA DWI RAHAYU NINGRUM 45 08 041 010

Telah disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT

Pembimbing II : Ir. HAMKAH, MT

Pembimbing III : Ir. H. NUR ABU, MT

Mengetahui :



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Rudi Latief, M.Si
NIK : 450 184



Ketua Jurusan Sipil

Ir. Syahrul Sariman, MT
NIDN : 00-1003-5903

ABSTRAK

Rigid pavement merupakan salah satu pilihan dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan. Untuk menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Kekuatan beton pada *rigid pavement* dinyatakan dengan kekuatan tarik lentur (*fleksural strength*). Untuk mengatasi tegangan yang diakibatkan oleh beban roda lalu lintas rencana mengingat bentuk keruntuhan pada perkerasan beton berupa retakan yang diakibatkan oleh tegangan lentur tarik yang berlebihan.

Tujuan penulisan ini adalah mengkorelasi antara hasil uji kuat tekan dan hasil uji kuat lentur beton dalam bentuk persamaan. Dengan demikian kuat lentur dari suatu beton akan dapat diperkirakan dengan hanya melakukan pengujian kuat tekan ataupun sebaliknya khususnya dilokasi pengujian (laboratorium) yang mempunyai alat uji terbatas.

Penelitian yang dilakukan di laboratorium struktur dan bahan menggunakan benda uji silinder dan balok umur perawatan 28 hari, mutu beton yang direncanakan berdasarkan spesifikasi struktur *rigid pavement* dengan variasi semen 350kg, 400kg dan 450kg.

Hasil penelitian yang diperoleh bahwa dengan menggunakan analisa regresi berganda maka koefisien korelasi menurut persamaan $y = -12,33 + 0,72X_1 + 2,64X_2$ sebesar 61 % sehingga dapat ditafsirkan bahwa dalam penelitian ini memiliki korelasi signifikan kuat dan bersesuaian. Dengan menggunakan rumus akar kuat tekan, maka bahan yang diuji akan menyatakan korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur menurut persamaan $y = 2,558 \sqrt{x}$.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan berkah, rahmat, hidayah dan hanya dengan pertolongan-Nya jualah, sehingga terwujudlah harapan untuk menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi dan meraih gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas "45" Makassar.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah " KORELASI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA STRUKTUR RIGID PAVEMENT DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN TIPE OPC "

Harapan untuk dapat menyelesaikan serta menyajikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya telah kami lakukan, meskipun demikian harus diakui bahwa Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun senantiasa kami harapkan untuk menyempurnakan dan melengkapi tulisan ini.

Begitu pula disadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin tersusun tanpa partisipasi dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan berupa bimbingan, pikiran, dorongan serta petunjuk-petunjuknya hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan dan penyelesaian penulisan tugas akhir ini berbagai hambatan dan rintangan telah penulis hadapi, namun berkat

bimbingan, dorongan serta bantuan dari dosen pembimbing dan pihak-pihak lainnya, maka akhirnya tugas akhir ini dapat kami selesaikan.

Untuk itu dalam kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. H. Abu Hamid, selaku Rektor Universitas "45" Makassar.
2. Bapak Ir.Rudi latief, Msi, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
3. Bapak Ir. Syahrul Sariman, MT, selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar, sekaligus selaku Pembimbing I.
4. Bapak, Ir. Hamkah, MT selaku pembimbing II
5. Bapak Ir. H. Nur Abu, selaku pembimbing III
6. Bapak dan Ibu dosen serta para asisten dosen dalam lingkungan Jurusan Sipil Universitas "45" Makassar.
7. Bapak Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Hasanuddin, yang senantiasa membantu dalam hal berkenaan untuk mengambil data penelitian.
8. Kedua orang tua kami serta seluruh keluarga tercinta, yang dengan doa restu, kesetiaan moril, materil, dalam memberikan semangat yang tak habis-habisnya hingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh rekan-rekan dan sahabat tercinta yang telah memberikan bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga bimbingan, dorongan serta bantuan yang diberikan kepada kami mendapat imbalan pahala yang setimpal dari Allah SWT,Amin.

" Tak ada gading yang tak retak" sepertinya pribahasa itulah yang pantas untuk menggambarkan isi dari tugas akhir ini, karena penulis sadar kalau di dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan yang harus diperbaiki. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk menyempurnakan isi tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, September 2010

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

ABSTRAK

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iv

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR NOTASI x

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang I - 1

1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan I - 4

1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah I - 4

1.3.1. Ruang Lingkup I - 4

1.3.2. Batasan Masalah I - 5

1.4. Gambaran Umum Penulisan I - 5

1.5. Sistematika Penulisan I - 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum II - 1

2.2. Material Penyusun Beton II - 2

2.2.1. Semen II - 3

2.2.2. Air II - 6

2.2.3. Agregat II - 8

2.3. Kuat Tekan Beton II -12

2.4. Kuat Lentur Beton II -14

2.5. Berat Volume Beton II -19

2.6. Workability / Kemudahan Pekerjaan II -19

2.7. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) II -21

2.7.1. Pengertian dan Sifat Umum Perkerasan Beton Semen	II -23
2.7.2. Parameter Penting Perkerasan Beton Semen	II -25
2.8. Penelitian Terdahulu	II- 30
2.8.1. Richard, Harry, Suhartono dan Fransisca (2001)	II- 30
2.8.2. Aloysius dan Dwivernia, M (2002)	II- 30
2.8.3. Hamkah (2004).....	II- 31
2.8.4. Salain I M.A.K (2007)	II- 31
2.8.5. Rauf, R (2009)	II- 32
2.9. Uji Statistik	II- 33

BAB III METODE PENELITIAN DAN PELAKSANAAN

3.1. Metode Penelitian	III- 1
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	III- 3
3.2.1. Bahan	III- 3
3.2.2. Peralatan Penelitian	III- 4
3.3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat	III- 6
3.3.1. Analisa Saringan	III- 7
3.3.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar ...	III- 8
3.3.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	III- 9
3.3.4. Berat Isi Agregat.....	III-11
3.3.5. Kadar Air Agregat	III-12
3.3.6. Kadar Lumpur dan Lempung Agregat	III-13
3.3.7. Test Abrasi	III-14
3.4. Perencanaan Komposisi Campuran Beton	III-15
3.5. Pembuatan Benda Uji	III-23
3.5.1. Pencampuran Bahan.....	III-23
3.5.2. Pemeriksaan Beton Segar	III-24
3.6. Perawatan Benda Uji (curing)	III-26
3.7. Pengujian Beton Keras	III-27
3.7.1. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	III-27
3.7.2. Pengujian Kuat Lentur Beton	III-28

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	IV- 1
4.1.1. Karakteristik Agregat	IV- 1
4.1.2. Pencampuran Beton	IV- 5
4.2. Pengujian Kuat Tekan Beton	IV- 8
4.3. Pengujian Kuat Lentur Beton	IV-10

4.4. Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur beton	IV-11
4.4.1. Analisa Regresi Linear Berganda	IV-12
4.4.2. Analisa Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur dengan Menggunakan $\sqrt{f_c}$	IV-16

BAB V KESIMPULAN dan SARAN

5.1. Kesimpulan	V - 1
5.2. Saran	V - 1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Tabel Empat Senyawa Utama dari Semen Portland.....	II - 3
2.2. Tabel Komposisi Umum Oksidasi Semen Portland Jenis I ...	II - 4
2.3. Tabel Persyaratan Gradasi Agregat	II - 11
2.4. Tabel Sifat Agregat Beton	II - 12
2.5. Tabel Faktor Koreksi dari Masing-masing Bentuk dan Ukuran Benda Uji	II - 26
2.6. Tabel Perkembangan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	II - 27
2.7. Tabel Slump Menurut Type Konstruksi	II - 28
3.1. Tabel Penentuan Jumlah Sampel Benda Uji	III - 16
3.2. Tabel Proporsi Campuran Kondisi SSD	III - 19
3.3. Tabel Proporsi Campuran KS-1 Hasil Koreksi	III - 21
3.4. Tabel Proporsi Campuran KS-2 Hasil Koreksi	III - 22
3.5. Tabel Proporsi Campuran KS-3 Hasil Koreksi	III - 23
4.1. Tabel Spesifikasi Berat Jenis dan Penyerapan Air	IV - 2
4.2. Tabel Standar Warna Cairan	IV - 4
4.3. Tabel Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus.....	IV - 4
4.4. Tabel Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar.....	IV - 5
4.5. Tabel Proporsi Campuran KS-1 Hasil Koreksi	IV - 5
4.6. Tabel Proporsi Campuran KS-2 Hasil Koreksi	IV - 6

4.7.	Tabel Proporsi Campuran KS-3 Hasil Koreksi	IV - 6
4.8.	Tabel Hasil Mix Design Tiap Varian Permeter Kubik	IV - 6
4.9.	Tabel Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata Silinder ...	IV - 7
4.10.	Tabel Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata Balok	IV - 7
4.11.	Tabel Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Silinder Pada Umur 28 Hari	IV - 8
4.12.	Tabel Hasil Kuat Lentur Rata-Rata Balok Pada Umur 28 Hari	IV - 10
4.13.	Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	IV - 14
4.14.	Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	IV - 15
4.15.	Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata $M_r/v_f c$ Dari Setiap Varian Kadar Semen	IV - 19

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Diagram Tegangan Pada Penampang Balok.....	II - 17
2.2. Skema Pengujian Kuat Lentur Balok.....	II - 18
3.1. Sistematika Penelitian di Laboratorium.....	III - 2
3.2. Uji Kuat Lentur dengan Pembebanan Dua Titik.....	III - 29
4.1. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kadar Semen.....	IV - 9
4.2. Grafik Korelasi Kuat Lentur dan Kadar Semen.....	IV - 11
4.3. Grafik Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur dengan menggunakan semen tipe OPC.....	IV - 16
4.4. Grafik Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur.....	IV - 18

DAFTAR NOTASI

f_c	: Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)
P	: Beban Maksimum (kg)
A	: Luas penampang Benda Uji (cm^2)
f_{cr}	: Kuat Tekan beton Rata-rata (kg/cm^2)
N	: Jumlah Benda Uji Yang Diperiksa
E	: Modulus Elastisitas
T	: Gaya Tarik
V	: Volume
KN	: Kilo Newton
c	: Gaya Tekan
b	: Lebar Penampang (cm)
M	: Momen
W1	: Berat wadah
W2	: Berat wadah + berat sampel
Kab	: Kadar Air Bebas
Kap	: Kadar Air Pasir
Kak	: Kadar Air Kerikil (batu pecah)
Z	: Jarak Antara Titik Berat Volume Tegangan Tekan Dan Volume Tegangan Lentur
d	: Tinggi Rata-rata Benda Uji Pada Bagian yang Akan Terjadi Patahan (mm)
MR	: Modulus Kuat Lentur (Kg/cm^2)

- P** : **Beban Maksimum Pada Balok yang Diberikan Oleh Mesin Penguji Kuat Lentur (kg)**
- L** : **Panjang Balok Pada Tumpuan (cm)**
- F_x** : ***Flexural Strength* (kuat lentur)**
- K** : ***Compressive Strength* (kuat tekan)**
- $\sigma'_{bk_{28}}$** : **Kuat Tekan yang Diisyaratkan Pada Umur 28 Hari**
- A_p** : **Absorpsi Pasir**
- A_k** : **Absorpsi Kerikil (batu pecah)**
- SSD** : **Kondisi Kering Udara**
- BSSD_k** : **Berat SSD batu pecah**
- BSSD_p** : **Berat SSD pasir**
- F_{as}** : **Faktor air semen**
- KS-1** : **Variasi campuran dengan kadar semen 350 kg/cm²**
- KS-2** : **Variasi campuran dengan kadar semen 400 kg/cm²**
- KS-3** : **Variasi campuran dengan kadar semen 450 kg/cm²**
- x** : **Variabel Bebas (Independent Variabel)**
- y** : **Variabel Tak Bebas (Dependent Variabel)**
- β** : **Parameter-parameter yang Belum Diketahui**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Grafik Gradasi Agregat Halus
Lampiran 2	Grafik Gradasi Agregat Kasar
Lampiran 3 - 5	Penggabungan Agregat
Lampiran 6	Gambar Gradasi Gabungan
Lampiran 7	Hasil Uji Kuat Tekan Silinder
Lampiran 8	Hasil Uji Kuat Lentur Balok
Lampiran 9	Analisa Saringan Agregat Halus
Lampiran 10	Analisa Saringan Agregat Kasar
Lampiran 11	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
Lampiran 12	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
Lampiran 13	Pengujian Kadar Lumpur dan Lempung Pasir
Lampiran 14	Pengujian Kadar Lumpur dan Lempung Batu Pecah
Lampiran 15	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus
Lampiran 16	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar
Lampiran 17	Los Angles Abrasion Test
Lampiran 18	Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus
Lampiran 19	Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus
Lampiran 20	Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar
Lampiran 21-26	Gambar Alat dan Bahan yang Digunakan Untuk Pengujian di Laboratorium



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan dibidang sarana transportasi dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya jalan raya, bandara, jembatan, dan sebagainya. *Rigid pavement* merupakan salah satu pilihan dalam konstruksi perkerasan jalan.

Konstruksi jalan yang menggunakan konstruksi fleksibel (lentur) yang biasa digunakan baik pada jalan negara, jalan provinsi, maupun jalan kabupaten rata-rata kurang bisa memenuhi target umur rencana jalan. Hal ini terasa kalau sudah datang musim penghujan dengan curah hujan yang cukup tinggi yang menggenangi badan-badan jalan yang mengakibatkan konstruksi jalan berlubang dengan kerusakan yang cukup parah. Apa lagi kalau dilewati kendaraan dengan beban *overload* kendaraan yang menyebabkan proses kerusakan konstruksi jalan menjadi lebih cepat. Di sisi lain kita yang membangun jalan dituntut untuk meningkatkan kualitas konstruksi jalan dengan dana anggaran yang terbatas.

Salah satu faktor yang menentukan kemampuan struktur perkerasan jalan (*rigid pavement*) untuk memikul beban terhadap pergeseran roda kendaraan *overload* adalah kualitas dari bahan pembentuknya. Dengan demikian pemahaman terhadap properti dan

karakter dari bahan yang dipilih dalam merespon beban-beban yang bekerja selayaknya dikuasai dengan baik oleh para rekayasawan. Hal ini dimaksudkan agar struktur yang direncanakan dapat memberikan kinerja yang optimal.

Pada konstruksi *rigid pavement*, struktur utama perkerasan adalah lembaran beton. Banyak penelitian yang sudah dilaksanakan dan akan terus berlanjut sebagai upaya untuk menjawab tuntutan zaman dan kondisi lingkungan. Diketahui bahwa kekuatan beton banyak dipengaruhi oleh bahan pembentuknya (air, agregat dan semen) sehingga kontrol kualitas dari bahan-bahan tersebut dapat diperhatikan dengan seksama agar diperoleh kekuatan beton sesuai dengan yang diinginkan.

Semen *Portlad* merupakan komponen utama dalam teknologi beton yang berfungsi sebagai perekat hidrolis untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi masa padat. Berbagai jenis semen portland, melalui pengaturan rancangan dasar telah dikembangkan sesuai dengan jenis konstruksi dan kondisi lingkungan dimana beton akan digunakan. Yang umum digunakan untuk membuat beton pada *rigid pavement* adalah semen tipe I (*Ordinary Portlan Cement*). Semen jenis ini dipakai untuk konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti panas atau waktu hidrasi serta kondisi lingkungan agresif (SNI 15-2049-2004).

Yang sangat menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Kekuatan beton pada *rigid pavement* dinyatakan dengan kekuatan tarik lentur/

flekkxural strength (MR) untuk mengatasi tegangan yang diakibatkan oleh beban roda lalu lintas rencana mengingat bentuk keruntuhan pada perkerasan beton berupa retakan yang diakibatkan oleh tegangan lentur tarik yang berlebihan.

Dalam spesifikasi konstruksi perkerasan jalan diisyaratkan melakukan pengujian mutu dengan dua metode yaitu, kuat tekan dengan benda uji silinder dan kuat lentur dengan benda uji balok (DPK, 2007).

Alat uji kuat tekan telah banyak tersedia dan dipakai pada laboratorium gedung dan keairan. Namun alat uji kuat lentur tergolong masih langka~~x~~ kecuali hanya kontraktor khusus untuk pekerjaan jalan, kontraktor menengah dan kecil sangat langka~~x~~ memiliki alat uji kuat lentur.

Untuk mengoptimalkan alat uji kuat tekan yang ada tentulah diperlukan langkah penelitian khusus yang memenuhi gambaran umum tentang hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur sebagai ukuran mutu suatu perkerasan jalan dapat dengan mudah kita ketahui meskipun tanpa melakukan uji kuat lentur.

Dalam menentukan kualitas dari kuat beton yang memenuhi spesifikasi perencanaan untuk perkerasan kaku dilakukan pemeriksaan uji kuat tekan (silinder) dan uji kuat lentur (balok).

Dalam hal ini maka penulis melakukan penelitian dengan mengangkat judul :

" KORELASI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA STRUKTUR RIGID PAVEMENT DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN TYPE OPC "

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Adapun maksud daripada penulisan ini yaitu melakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur sesuai spesifikasi *Rigid Pavement* dengan menggunakan semen *type OPC*.

Sedangkan tujuan penulisan ini adalah mengkorelasi antara hasil uji kuat tekan dan hasil uji kuat lentur beton dalam bentuk persamaan. Dengan demikian kuat lentur dari suatu beton akan dapat diperkirakan dengan hanya melakukan pengujian kuat tekan ataupun sebaliknya khususnya dilokasi pengujian (laboratorium) yang mempunyai alat uji terbatas.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1.3.1 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan yaitu korelasi kuat tekan dan kuat lentur beton berdasarkan spesifikasi struktur *rigid pavement* serta pengujian laboratorium yang meliputi pemeriksaan benda uji yang berbentuk silinder dan balok umur yang dipakai untuk perencanaan adalah 28 hari.

1.3.2 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya masalah maka penulis merasa perlu membatasi penelitian ini, yaitu:

1. Semen yang digunakan adalah semen *type* OPC (*Ordinary Portland Cement*), bahan agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) berasal dari Bili-bili.
2. Bahan uji yang digunakan adalah silinder dan balok .
3. Umur benda uji yang diperiksa/ditest adalah umur 28 hari.

1.4 Gambaran umum penulisan

Penulisan ini berdasarkan pada data-data primer yang diperoleh dari penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Hasanuddin yang diawali dengan pengadaan bahan kemudian pemeriksaan karakteristik bahan untuk pemeriksaan kuat tekan dan kuat lentur.

Analisa data berdasarkan teori-teori dari literatur dan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan adalah membagi kerangka masalah dalam beberapa bab, dengan maksud agar masalah yang dikemukakan lebih jelas dan mudah dipahami. Dalam penelitian ini terdiri dari 5 (lima) bab yang tersusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menjelaskan Latar Belakang, Maksud dan Tujuan Penelitian, Metode Penelitian, Batasan Masalah, Sistematika Penulisan.

BAB II : TINJAUAN UMUM PUSTAKA

Menguraikan tentang teori-teori pendukung mengenai topik penelitian yang dilakukan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang Metodologi, Pengumpulan Data, Pengujian benda uji, serta Proses Penelitian.

BAB IV : REKAPITULASI HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan hasil penelitian dan pembahasan data sesuai dengan teori.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan beberapa kesimpulan dan saran-saran untuk menyempurnakan .



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis yang lain yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah lain. (SK SNI T-15-1990-03:1). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, beton merupakan material yang bersifat getas. Nawy (1985) dalam buku Mulyono (2003) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Untuk mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan durabilitynya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca). Untuk itu diperlukan susunan gradasi butiran yang baik. Nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregat ini (Dipohusodo, 1994).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a). Kualitas semen
- b). Proporsi terhadap campuran,
- c). Kekuatan dan kebersihan agregat,

- d). Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- e). Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- f). Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
- g). Perawatan beton,
- h). Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985) Dalam buku Mulyono (2003).

Pada proses pengecoran bagian permukaan beton uji silinder biasanya permukaan ujung yang cembung menghasilkan pengurangan kekuatan dibandingkan kekuatan yang cekung (Neville, 1994).

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton (Jackson, 1977) dalam Mulyono (2003), serta Murdock dan Brook (1991) yang mengatakan "kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan".

2.2 Material Penyusun Beton

Pada dasarnya material penyusun beton terdiri dari tiga bahan utama yaitu : semen, agregat, air dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan.

2.2.1. Semen

Semen adalah bahan yang bersifat adhesif maupun kohesif, sebagai bahan pengikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Jika ditambahkan dengan agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Menurut Triono Budi Astanto (2001), fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat menjadi satu padat. Semen bila dicampur dengan air membentuk adukan pasta, dicampur dengan pasir dan air menjadi mortar semen. Semen tersusun oleh unsur kimia seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini : (Nugraha,P- Antoni, 2007).

Tabel 2.1 Empat Senyawa Utama Dari Semen Portland

Nama oksidasi Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksidasi	Notasi Pendek	Kadar Rata-rata%
Trikalsium Silikat	$\text{Ca}_3 \text{SiO}_5$	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S	50
Dikalsium Silikat	$\text{Ca}_2 \text{SiO}_4$	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S	25
Trikalsium Aluminat	Ca_3AlO_6	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	12
Tetrakalsium Aluminiferit	$2\text{CaO}.\text{AlFeO}_5$	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{FeO}_2$	C_4AF	8

Tabel 2.2 Komposisi Umum Oksidasi Semen Portland Jenis I

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	% Berat
CaO	C	Kapur	63
SiO ₂	S	Silika	6
Al ₂ O ₃	A	Alumina	22
Fe ₂ O ₃	F	Besi	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K ₂ O	K	Alkalis	0,6
Na ₂ O	N	Disodium Oksida	0,3
SO ₂	Ŝ	Sulfur dioksidasi	2,0
CO ₂	Ĉ	Karbon dioksidasi	-
H ₂ O	H	Air	-

Tipe-tipe semen *portland*:

1. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*). Semen *Portland* tipe ini digunakan untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya tahan terhadap sulfat, panas hidrasi, dan sebagainya. Semen ini mengandung 5% MgO dan 2,5-3%SO₃.
2. Tipe II (*Moderate Heat Portland Cement*). Semen ini digunakan untuk bahan konstruksi yang memerlukan sifat khusus tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang, biasanya digunakan untuk daerah pelabuhan dan bangunan sekitar pantai.

Semen ini mengandung 20% SiO_2 , 6 % Al_2O_3 , 6% Fe_2O_3 , 6% MgO , dan 8% C_3A .

3. Tipe III (*High Early Strength Portland Cement*). Semen ini merupakan semen yang digunakan biasanya dalam keadaan-keadaan darurat dan musim dingin. Digunakan juga pada pembuatan beton tekan. Semen ini memiliki kandungan C_3S yang lebih tinggi dibandingkan semen portland tipe I dan tipe II sehingga proses pengerasan terjadi lebih cepat dan cepat mengeluarkan kalor. Semen ini tersusun dari 3,5–4% Al_2O_3 , 6% Fe_2O_3 , 35% C_3S , 6% MgO , 40% C_2S dan 15% C_3A .
4. Tipe IV (*Low Heat Portland Cement*). Semen tipe ini digunakan pada bangunan dengan tingkat panas hidrasi yang rendah misalnya pada bangunan beton yang besar dan tebal, baik sekali untuk mencegah keretakan. Low Heat Portland Cement ini memiliki kandungan C_3S dan C_3A lebih rendah sehingga kalor yang dilepas lebih rendah. Semen ini tersusun dari 6,5 % MgO , 2,3 % SO_3 , dan 7 % C_3A .
5. Tipe V (*Super Sulphated Cement*). Semen yang sangat tahan terhadap pengaruh sulphat misalnya pada tempat pengeboran lepas pantai, pelabuhan, dan terowongan. Komposisi komponen utamanya adalah slag tanur tinggi dengan kandungan aluminiannya yang tinggi, 5% terak portland cement , 6 % MgO , 2,3 % SO_3 , dan 5 % C_3A (Anonim. 1980).

Semen merupakan bahan perekat hidrolis bahan, artinya akan jadi perkat apabila bercampur dengan air. Bahan dasar semen pada umumnya ada tiga macam yaitu:

1. Klingker/terak (70 % hingga 50 %), merupakan hasil olahan batu kapur, pasir silikat, pasir besi dan lempung.
2. Gypsum, (sekitar 5 %,) sebagai zat pelambat pengeras.
3. Batu kapur, pozzolan, abu terbang, dll.

Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3 %, umumnya masih memenuhi kualitas tipe I (OPC). Namun bila kandungan material ke tiga lebih tinggi sekitar 25 % maka semen tersebut berganti tipe menjadi PPC (*Portland Composite Cement*). (<http://www.sementonasa.com>,2010).

Selain sebagai bahan pengikat semen pada umumnya berfungsi untuk:

1. Bahan pencampuran dan pengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

2.2.2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi

bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton

Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik. Air yang digunakan dalam campuran untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh bebas dari bahan yang merugikan seperti minyak garam, asam, basa, gula atau organik. Tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

2.2.3 Agregat

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar antara 60-80 % dari volume total beton. Oleh karena itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton (Nugroho,1983).

Penggunaan agregat bertujuan untuk memberi bentuk pada beton, memberi kekerasan yang dapat menahan beban, goresan dan cuaca, mengontrol *workability*, serta agar lebih ekonomis karena menghemat pemakaian semen.

Agregat beton dapat berasal dari bahan alami, buatan (batu pecah) maupun bahan sisa produk tertentu. Selain persyaratan teknis yang harus dipenuhi, hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya. Persyaratan teknis agregat beton mengacu pada pasal 3.3-3.5 Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) tahun 1971 N.1-2, standar ASTM C 33-97.

Agregat yang dipakai campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a). Agregat Halus

Yang dimaksud dengan agregat halus (pasir) adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5 %.

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu beton, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca;
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, jika melebihi dari 5 % pasir harus dicuci;
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3 %;
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai yaitu: sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2 %, sisa di atas ayakan 1 mm, harus berkisar antara 10 % berat.
5. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar diantara 80% sampai 90 %.

b). Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar (batu pecah) adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm sampai 40 mm, dan besar butiran maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaian.

Agregat kasar memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan dan sifat-sifat struktural beton. Oleh karena itu, agregat kasar yang

digunakan sebaiknya memiliki butiran yang cukup keras, bebas dari retakan atau bidang-bidang yang lemah, bersih serta permukaannya tidak tertutupi oleh lapisan. Selain itu, sifat-sifat agregat kasar juga mempengaruhi lekatan antara agregat-mortar dan kebutuhan air pencampur. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki potensial untuk menghasilkan beton yang memiliki kekuatanyang tinggi.

Sesuai dengan pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat kasar yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang kasar dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur serta zat-zat yang dapat merusak beton.
3. Kekerasan dari butir- butir agregat diperiksa dengan menggunakan mesin pengaus Los Angeles, dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat dari 50%.

Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya, artinya harus bergradasi baik.

Berdasarkan seksi 7.16 SNI Edisi 2005 tentang Spesifikasi Perkerasan Jalan Beton, persyaratan gradasi agregat yaitu:

1. Gradasi agregat kasar dan halus harus memenuhi persyaratan yang diberikan dalam Tabel 2.3 berikut.
2. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran partikel terbesar tidak lebih besar dari pada $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara batang tulangan atau antara batang tersebut dengan acuan atau antara batasan-batasan ruang lainnya dimana pekerjaan beton harus ditempatkan.

Tabel 2.3 Persyaratan Gradasi Agregat

Ukuran Ayakan		Persentase Berat Yang Lolos				
Standar (mm)	Inch (in)	Agregat Halus	Pilihan Agregat Kasar			
50	2	-	100	-	-	-
37	1,5	-	95-100	100	-	-
25	1	-	-	95-100	100	-
19	$\frac{3}{4}$	-	35-70	-	90-100	100
13	$\frac{1}{2}$	-	-	25-60	-	90-100
10	$\frac{3}{8}$	100	10-30	-	20-55	40-70
4,75	#4	95-100	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	#8	-	-	0-5	0-5	0-5
1,18	#16	45-80	-	-	-	-
0,30	#50	10-30	-	-	-	-
0,15	#100	2-10	-	-	-	-

Persyaratan sifat-sifat agregat meliputi :

- a. Agregat untuk pekerjaan beton harus terdiri dari partikel yang bersih dan keras yang diperoleh dari pemecahan batu, atau dengan menyaring dan mencuci (bila perlu) kerikil dan pasir sungai.
- b. Agregat harus bebas dari bahan-bahan organik seperti yang dirinci dalam AASHTO T21 dan seperti diberikan dalam Tabel 2.4. bila diambil contoh dan diuji sesuai dengan ketentuan BS CP 114 dan prosedur AASHTO yang relevan.

Tabel 2.4. Sifat Agregat Beton

Sifat	Pengujian AASHTO	Batas maksimum yang diijinkan	
		Agregat halus	Agregat kasar
Kehilangan akibat abrasi pada 500 putaran dengan mesin Los Angeles.	T 96	-	40 %
Kehilangan akibat penentuan kualitas dengan Sodium Sulfat setelah 5 siklus.	T 104	10%	12 %
Persentase gumpalan tanah liat dan partikel yang dapat pecah dalam agregat.	T 112	0,50 %	0,25 %
Bahan-bahan yang lolos ayakan #200.	T 11	3 %	1 %

2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani

dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan akan didukung oleh beton tersebut (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992).

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari f_c yang disyaratkan.

Kuat tekan diwakili oleh tegangan tekan maksimum f_c dengan satuan newton per mm^2 atau Mpa. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10 sampai 65 Mpa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17 sampai 30 Mpa. Nilai kuat tekan didapat melalui tata cara pengujian standar dengan menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai beton itu hancur. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992).

Untuk dapat mengetahui nilai kuat tekan suatu beton dari pengujian sesuai SNI-03-1974-1990 maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : f_c' = Kuat tekan beton
 P = beban maksimum (kg).
 A = luas penampang benda uji (cm^2)

Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan beton rata-rata (f_{cr}') dengan persamaan (Ari Novrizaldi, 2006).

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} f_{cr}'(i)}{N} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan : f_{cr}' = kuat tekan beton rata-rata
 f_c' = kuat tekan masing-masing benda uji (kg/cm^2)
 N = jumlah semua benda uji yang diperiksa

2.4 Kuat Lentur Beton

Beton yang digunakan pada perkerasan kaku disyaratkan harus mempunyai kekuatan lentur karakteristik minimal $45 \text{ kg}/\text{cm}^2$ pada umur 28 hari. Bila pengujian dilakukan pada kubus 15 cm , kekuatan beton karakteristik minimal harus sebesar $350 \text{ kg}/\text{cm}^2$ pada umur 28 hari. Dan bila pengujian dilakukan dengan uji silinder $15 \times 30 \text{ cm}$ maka kekuatan

beton karakteristik minimal harus sebesar 29 Mpa pada umur 28 hari (Seksi 7.16,2005).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kuat lentur suatu beton antara lain :

1. Dimensi Uji Beton

Dimensi yang baku adalah 150 mm x 150 mm x 500 mm dengan rasio bentang terhadap ketinggiannya sebesar tiga kali. Untuk lebar dan bentang yang sama, nilai kekuatan lentur benda uji mengecil dengan bertambahnya ketinggian benda uji.

2. Ukuran Benda Uji

Keseragaman hasil pengujian meningkat dengan membesarnya ukuran benda uji. Secara umum dapat dikatakan bahwa kekuatan lentur beton berkurang dengan membesarnya ukuran benda uji.

3. Ukuran Maksimum Agregat Kasar

Penggunaan ukuran agregat kasar maksimum yang lebih kecil cenderung menghasilkan balok beton dengan kekuatan lentur yang lebih kecil pula.

4. Laju Pembebanan

Sama halnya dengan kuat tarik beton, kekuatan lentur beton umumnya meningkat dengan meningkatnya laju pembebanan yang diterapkan.

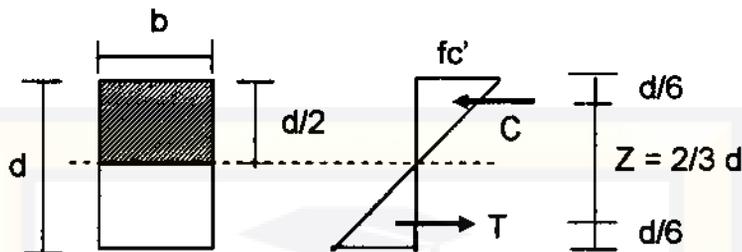
5. Kelembaban dan Suhu

Hasil pengujian lentur sangat dipengaruhi oleh kelembaban benda uji pada saat pengujian. Jika benda uji dites pada saat kondisi kering, nilai kuat lentur yang diperoleh biasanya lebih rendah 10 – 30 % dari kuat lentur yang diperoleh dari benda uji yang jenuh. Penurunan kekuatan lentur juga terjadi pada benda uji yang dites pada temperatur yang lebih tinggi (Tjokrodimulyo, 1995).

Pada setiap penampang balok terdapat gaya-gaya dalam yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang saling tegak lurus dan menyinggung terhadap penampang tersebut. Komponen-komponen yang tegak lurus terhadap penampang tersebut merupakan tegangan-tegangan lentur (tarik pada salah satu sisi pada sumbu netral dan tekan pada penampang sisi lainnya). Fungsi dari komponen ini adalah untuk memikul momen lentur pada penampang. Komponen-komponen yang menyinggung penampang dikenal sebagai tegangan geser dan komponen tersebut memikul gaya-gaya geser (Ziad Bayasi dkk, 1993).

Apabila sebuah balok di atas dua perletakan, dibebani dengan gaya P maka pada serat-serat tepi atas balok akan mengalami gaya desak dan pada tepi bawah mengalami gaya tarik. Karena serat tepi atas saling desak maka pada serat tepi atas terjadi tegangan tekan, sebaliknya pada serat-serat tepi bawah akan terjadi tegangan tarik. Tegangan demikian disebut tegangan lentur.

Distribusi tegangan penampang empat persegi panjang dengan lebar b dan tinggi h , karena momen lentur terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Tegangan Pada Penampang Balok

Jika tegangan yang terjadi telah mencapai tegangan batas maka dianggap garis netral berada pada setengah tinggi balok ($2/3 d$). Pada saat ini masih terjadi keseimbangan yaitu tegangan tekan sama dengan tegangan tarik (Daryanto, 1994) yaitu :

$$T = C = \frac{1}{2} fc' \cdot (b \cdot \frac{d}{2}) \dots\dots\dots (2.3)$$

Jarak antara titik berat volume tegangan dan volume tegangan tarik adalah Z , maka momen dalam menjadi :

$$\begin{aligned} M &= C \cdot Z = T \cdot Z \\ &= \frac{1}{2} fc' \cdot (b \cdot \frac{d}{2}) \cdot \frac{2}{3} d \\ &= fc' \cdot \frac{1}{6} d^2 \dots\dots\dots (2.4) \end{aligned}$$

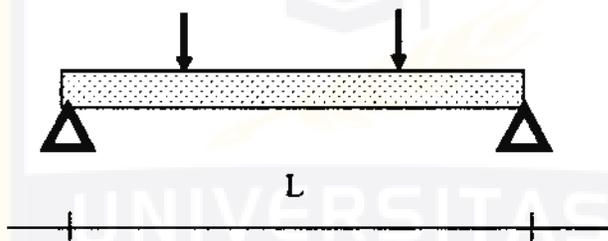
Dimana : C = Gaya Tekan

T = Gaya Tarik

Tahanan momen (W) penampang segi empat :

$$W = \frac{1}{6} bh^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada penelitian ini benda uji digunakan benda uji berbentuk balok beton dengan skema pembebanan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Skema Pengujian Kuat Lentur Balok

Besarnya momen yang terjadi akibat beban titik dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{2} L - \frac{1}{2} P \left(\frac{1}{2} L - \frac{1}{3} L \right) \\ &= \frac{1}{6} PL \dots\dots\dots (2.6) \end{aligned}$$

Sehingga rumus kuat lentur (*Momen Resilient*) :

$$MR = \frac{M}{W} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$= \frac{1}{6} P.L / \frac{1}{6} bd^2$$

$$= \frac{P.L}{b.d^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

MR = Modulus kuat lentur (kg/cm^2)

P = Beban maksimum pada balok yang diberikan oleh mesin penguji kuat lentur (kg)

L = Panjang balok pada tumpuan (cm)

b = Lebar rata-rata benda uji pada bagian yang akan terjadi patahan (mm)

d = Tinggi rata-rata benda uji pada bagian yang akan terjadi patahan (mm).

2.5 Berat Volume Beton

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Sehingga apabila bahan penyusunnya memiliki berat volume yang besar, maka beton yang dihasilkan memiliki berat volume yang besar pula.

Sebelum diadakan pembebanan terhadap benda uji terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan berat volume beton. Berat volume dapat diketahui dengan cara menimbang dan mengukur tinggi serta diameter benda uji.

2.6 *Workability* / Kemudahan Pekerjaan

Menurut Mulyono (2003) kemudahan pekerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis

beton, semakin mudah pekerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhi antara lain:

1. Jumlah air campur

Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan.

2. Kandungan semen

Jika fas tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya akan lebih tinggi.

3. Gradasi campuran pasir kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai standar, akan lebih mudah dikerjakan.

4. Butir maksimum

5. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Hasil pengerjaan sampel beton yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan fas yang tetap sesuai dengan *mix design*, didapat nilai slump yang beragam dengan interval antara 25 – 50mm. Dengan interval nilai slump yang ada pekerjaan adukan beton dapat dikerjakan dengan mudah, baik pada saat pencampuran maupun pemadatan beton segar.

Nilai slump yang beragam dari setiap variasi beton disebabkan oleh kandungan kadar semen yang berbeda, tetapi nilai slump yang didapat masih dalam batas toleransi nilai slump rencana. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai slump menurun seiring bertambahnya kadar semen dalam campuran beton.

2.7 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan beton semen merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur/fleksibel), oleh karena itu perkerasan beton disebut sebagai perkerasan kaku atau rigid pavement. (Mohamad Anas Aly,2000)

Rigid Pavement adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal (PdT-14-2003).

Modulus Elastisitas (E) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan konstruksi dan dapat digunakan sebagai acuan ilustrasi tingkat kekakuan konstruksi perkerasan. Pada perkerasan aspal (lentur/fleksibel), modulus elastisitas rata-rata (E-ra) berkisar pada besaran 4.000 MPa, sedangkan pada perkerasan beton semen (kaku/rigid), modulus elastisitas rata-rata (E-rs) berkisar pada besaran 40.000 MPa atau 10 kali lipat dari perkerasan aspal. (Mohamad Anas Aly,2000)

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar yang melingkupi daerah yang cukup luas. Dengan demikian, bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh

dari plat beton itu sendiri. Sedangkan kekuatan dari tanah dasar hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan daya dukung struktural perkerasan kaku (<http://Civil Engineering. blogspot. com>,2009).

Konstruksi perkerasan beton disebut kaku karena plat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas, lapisan beton berfungsi sebagai lapisan aus sekaligus lapisan utama struktur jalan maka beton yang digunakan harus mempunyai kekuatan yang besar dan mutu yang tinggi. Beton yang memuai dan menyusut akibat temperatur udara yang naik turun sehingga dibuat sambungan melintang pada jarak tertentu agar ekspansi panas konstruksi dapat terjadi tanpa merusak perkerasan (Wignall A.dkk,1999).

Kekuatan beton pada perkerasan kaku dinyatakan dalam kuat lentur tarik (flexuralstrength), mengingat bentuk keruntuhan pada perkerasan beton berupa retakan yang diakibatkan oleh tegangan lentur tarik yang berlebihan. Fungsi utama perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman. Untuk itu perkerasan beton semen harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Dapat mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar sampai pada batas-batas yang dapat dipikul oleh tanah dasar tersebut tanpa timbulnya lendutan/penurunan yang dapat mengakibatkan kerusakan dari perkerasan itu sendiri.

2. Mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar serta pengaruh cuaca dan lingkungan (Hamka,2004).

Ada 5 jenis perkerasan beton semen yaitu :

1. Perkerasan beton semen "tanpa tulangan dengan sambungan" atau *"jointed unreinforced (plain) concrete pavement."*
2. Perkerasan beton semen "dengan tulangan dengan sambungan" atau *"jointed reinforced concrete pavement."*
3. Perkerasan beton semen "bertulang tanpa sambungan" atau *"continuously reinforced concrete pavement."*
4. Perkerasan beton semen "*prestressed*" atau *prestressed concrete pavement."*
5. Perkerasan beton semen "*bertulang fiber*" atau *fiber reinforced concrete pavement."*

2.7.1 Pengertian dan Sifat Umum Perkerasan Beton Semen

A. Dari Segi Nama Konstruksi

Dari nama konstruksi yang diberikan yaitu perkerasan beton semen, sudah dipahami dan terbayang bahwa konstruksi tersebut merupakan suatu konstruksi (perkerasan) dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan ikatnya. Konstruksi perkerasan beton semen dikenal (disebut) pula sebagai perkerasan kaku atau rigid. Sebagaimana diketahui, bahwa

kekakuan suatu konstruksi sangat ditentukan oleh besaran modulus elastis (E) disamping dimensinya. Secara relativitas perkerasan beton semen jauh lebih kaku dari perkerasan aspal, oleh karena itu jenis konstruksi perkerasan ini sangat beralasan dan tepat untuk disebut atau dinamakan sebagai konstruksi perkerasan beton semen atau kaku/rigid. (Mohamad Anas Aly,2000)

B. Dari Segi Komponen Konstruksi

Pada konstruksi perkerasan beton semen, sebagai konstruksi utama dari konstruksi perkerasan beton semen tersebut adalah berupa satu lapis beton semen mutu tinggi. Sedangkan lapis pondasi bawah (*subbase* berupa *cement treated subbase* maupun *granular subbase*) bukanlah merupakan komponenkonstruksi utama, tetapi sekedar berfungsi sebagai konstruksi pendukung/pelengkap. Sedangkan pada konstruksi perkerasan aspal, pada umumnya terdiri dari beberapa lapis (3 atau lebih) yaitu lapis permukaan (*surface*), lapis pondasi (*base*) dan lapis pondasi bawah (*subbase*) yang ketiganya merupakan konstruksi utama dari konstruksi perkerasan. (Mohamad Anas Aly,2000)

C. Dari Segi Kapasitas

Untuk keperluan konstruksi jalan umum, pada umumnya konstruksi perkerasan beton yang digunakan adalah selapis beton

semen mutu tinggi (*flexural strength* sekitar 45 kg/cm^2 atau kuat tekan sekitar 350 kg/cm^2) dengan tebal sekitar 25 cm mempunyai kapasitas atau daya tampung sekitar 8,0 juta repetisi standar axle load (cukup tinggi). Dengan ekivalensi secara kasar, konstruksi perkerasan beton semen setebal 25 cm tersebut dapat disetarakan dengan konstruksi perkerasan aspal setebal sekitar 55 cm dengan komposisi umum. (Mohamad Anas Aly,2000)

2.7.2 Parameter Penting Perkerasan Beton Semen

A. Kekuatan Beton Semen

Dalam menetapkan kekuatan beton semen pada konstruksi perkerasan beton semen paling tidak ada 2 parameter yang cukup populer dipergunakan secara luas yaitu *compressive strength* (kuat tekan) disingkat K dan *flexural strength* (kuat lentur) disingkat Fx.

Besaran kuat tekan (K) yang sering digunakan untuk konstruksi jalan beton semen adalah antara 350 kg/cm^2 dan 400 kg/cm^2 . Kuat tekan yang dimaksud adalah kuat tekan silinder 15 x 30 cm. Kuat tekan benda uji bentuk dan ukuran lain dapat dipergunakan dengan menggunakan faktor koreksi atau faktor korelasi sbb :

Tabel 2.5

Faktor Koreksi Dari Masing-Masing Bentuk & Ukuran Benda Uji

Bentuk Benda Uji	Ukuran Benda Uji (cm)	Faktor Koreksi/ Korelasi
Silinder	15 x 30	1,00
Kubus	15 x 15 x 15	1,20
Kubus	20 x 20 x 20	1,14

Bilamana dipergunakan parameter kuat lentur (F_x) maka besarnya kuat lentur yang umum digunakan adalah antara 40 kg/cm^2 dan 45 kg/cm^2 . Kuat lentur yang dimaksud diatas adalah kuat lentur balok ukuran 75 x 75 x 15 cm dengan metode *third point loading*.

Hubungan atau korelasi antara besaran kuat tekan dan kuat lentur bukan merupakan hubungan linear tetapi merupakan hubungan koridor dan sebagai ilustrasi dapat dilihat dalam korelasi berikut ini :

F_x (kg/cm^2) :	25	30	40	45
K (kg/cm^2) :	120 - 175	155 - 230	225 - 335	280 - 400

Masih ada beberapa parameter yang sering dipergunakan dalam mengukur kekuatan beton semen yang salah satunya adalah yang kita kenal dengan pengujian kekuatan dipercepat (*Accelerated Strength Test*). Yang dilakukan dalam rangka

mengetahui (memperkirakan) kekuatan beton pada umur berikutnya dan untuk keperluan pengendalian mutu. Pada tabel berikut beberapa data kuat tekan beton yang diperoleh dari pengujian kekuatan dipercepat:

Tabel 2.6

Perkembangan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Umur Beton	Kuat Tekan	Kuat Lentur
3 hari	0,40	0,40
7 hari	0,65	0,70
28 hari	1,00	1,00
90 hari	1,20	1,05
360 hari	1,35	1,10

Telah dikemukakan bahwa untuk perkerasan jalan beton semen (yang umum) disarankan untuk menggunakan beton semen mutu tinggi.

Alasan dipergunakan beton semen mutu tinggi pada konstruksi perkerasan jalan beton semen antara lain adalah:

1. Diperlukannya konstruksi yang tahan terhadap keausan akibat roda lalu lintas.
2. Diperlukannya konstruksi yang tahan terhadap proses pelapukan akibat cuaca dan umur.

3. Penyesuaian terhadap sifat konstruksi beton yang relative tidak mudah untuk dilapis ulang (overlay).
4. Sebagai konstruksi jalan kelas tinggi, sudah sepantasnya bilamana dalam fungsinya memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas tidak sering terganggu oleh aktivitas pemeliharaan.

B. Slump Beton atau Keenceran Beton

Slump merupakan salah satu besaran atau parameter suatu campuran beton semen yang menunjukkan tingkat kemudahan pengerjaan (workability) dari campuran beton yang bersangkutan. Workability ini dapat dibagi dalam 3 kategori yaitu sedang, baik, dan amat baik.

Pada konstruksi beton semen secara umum besarnya slump bervariasi yaitu antara 2,5 s/d 10 cm. Besarnya slump untuk beberapa jenis konstruksi beton semen secara umum adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7 Slump Menurut Tipe Konstruksi

Tipe Konstruksi	Slump (cm)	
	Max	Min
Tembok & pondasi plat dan sumuran	7,5	2,5
Lantai, balok & dinding, kolom	10	2,5
Lantai Jembatan	7,5	5,0
Pavement	5,0	2,5
Trottoir	10	5,0
Bendungan konstruksi dan massa besar	5,0	2,5

Sebagaimana terlihat pada tabel di atas, untuk perkerasan beton semen atau rigid pavement, besarnya slump berkisar antara 2,5 – 5,0 cm.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya slump yang dibutuhkan untuk mendapatkan workability yang optimal antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kerumitan bentuk dan tulangan konstruksi beton
2. Diperlukan dan tidaknya pompa dalam pengecoran beton
3. Jarak dan waktu transportasi campuran beton
4. Digunkan atau tidaknya bahan aditiv dalam campuran beton
5. Jenis peralatan yang dipergunakan.

Dari banyak pengalaman pelaksanaan perkerasan beton semen dapat disampaikan data slump sebagai berikut :

1. Untuk perjalanan campuran beton semen dari plant ke site selama 60 menit : slump di plant = 6,5 cm, di site = 4,0 cm.
2. Untuk perjalanan campuran beton semen dari plant ke site selama 10 menit : slump di plant = 4,5 cm, di site = 4,0 cm.

Slump yang di sarankan pada pelaksanaan perkerasan beton semen dikaitkan dengan jenis peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. Simple vibratory screed pada fixed form; slump = 5,0 – 6,0 cm
2. Slip form finisher; slump = 3,0 – 5,0 cm.

2.8 Penelitian Terdahulu

2.8.1 Richard, Harry, Suhartono & Fransisca (2001)

Penelitian Pendahuluan Penggunaan Benda Uji Kubus Beton Pada Perkerasan Lentur *Type Cement Treated Base (Ctb)* Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan di laboratorium untuk mencari hubungan antara kekuatan tekan benda uji bentuk kubus 15x15x15 cm³ dan UCS benda uji silinder diameter 7,1 cm dengan tinggi 14,2 cm. Dari penelitian ini dihasilkan suatu faktor pengali sebesar 0,65 untuk mengubah kuat tekan kubus menjadi UCS silinder.

2.8.2 Aloysius dan Dwivernia M, (2002)

Berdasarkan metode mekanistik empiris, setiap kombinasi model perkerasan yang dianalisis dengan rumus Darter et al. (2002) menghasilkan umur kelelahan yang berbeda dengan yang dianalisis dengan AASHTO (1993). Sehingga tingkat keandalan masing-masing metode tidak sama besar. Prediksi umur perkerasan menurut Darter, et al. (2002) lebih konservatif dibandingkan dengan metode AASHTO (1993) sampai batas berikut: 6 in– 600 pci, 7 in–200 pci, 8 in–100 pci, serta 9 dan 10 in–50 pci. Sehingga sampai batas ini, tingkat keandalan desain menurut Darter, et al. (2002) mempunyai tingkat keandalan yang lebih tinggi dari 95% berdasarkan metode AASHTO (1993). Untuk kasus diluar batas tersebut prediksi umur perkerasan menurut Darter, et al. (2002) lebih besar dari AASHTO (1993). Hal ini berarti tingkat keandalan metode

Darter, et al. (2002) lebih rendah dari 95% berdasarkan metode AASHTO (1993). Dari hasil yang diperoleh didapat hubungan (dalam bentuk grafik) antara modulus reaksi tanah dasar dan umur kelelahan untuk tebal perkerasan kaku tertentu. Grafik tersebut memungkinkan perancang memperoleh tebal perkerasan yang diperlukan jika direncanakan perkerasan tersebut dilewati oleh sejumlah sumbu standar.

2.8.3 Hamka (2004)

Penelitian pada kekuatan beton spesifikasi perkerasan kaku dinyatakan dengan kekuatan tarik lentur/flexural strength (MR) pada umur 28 hari, sebagai perbandingan antara kuat tarik lentur dengan kuat tekan dari hasil pengujian pada umur 28 hari diperoleh hubungan linear dari korelasi kuat tekan beton dan kuat lentur beton dari persamaan analisa :

$$MR_{28} = (\sigma'_{bk_{28}} / 11) + 9 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : $\sigma'_{bk_{28}}$ (Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari),
 MR_{28} (Kuat lentur pada umur 28 hari)

2.8.4 Salain I M.A.K (2007)

Kuat tekan dan permeabilitas dari beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland pozzolan (PPC) telah dibandingkan dengan beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland tipe I (PCI) pada umur hidrasi 3, 7, 28 dan 90 hari. Beton dibuat dengan menggunakan perbandingan campuran semen : pasir : batu pecah dalam

perbandingan berat 1 : 2 : 3 dan faktor air semen 0,4. Distribusi butiran pasir dan batu pecah dirancang menurut SNI 03-2834-2000; dengan ketentuan memenuhi gradasi zona 2 untuk agregat halus dan gradasi dengan diameter maksimum 40 mm untuk agregat kasar. Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan tiga buah benda uji berupa silinder, ϕ = 150 mm dan h = 300 mm, untuk tiap umur uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada umur awal, beton dengan PPC menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan beton dengan PCI. Namun demikian, pada umur hidrasi lebih panjang, beton dengan PPC mampu menghasilkan kuat tekan yang relatif lebih tinggi, sekitar 8% pada umur 90 hari, bila dibandingkan dengan beton dengan PCI. Kecenderungan ini dapat dikaitkan dengan berkurangnya porositas beton seperti ditunjukkan dari hasil pengujian permeabilitas. Nyatanya, pada usia awal beton dengan PPC memiliki koefisien permeabilitas yang relatif lebih tinggi, namun di usia lanjut nilainya jauh lebih rendah, mencapai 50% pada umur 90 hari, dari koefisien permeabilitas beton dengan PCI.

2.8.5 Rauf R.(2009)

Penelitian ini adalah untuk membandingkan pengaruh penggunaan semen type OPC (Ordinary Portland Cement) dan PCC (Portland Composite Cement) terhadap kuat tekan maupun kuat lentur beton. Dari pengujian beton baik kuat tekan maupun kuat lenturnya secara garis besar dapat dilihat bahwa untuk kuat tekan jenis semen PPC lebih baik

dibanding OPC. Kuat tekan beton pada kadar semen 370 kg/m^3 untuk tipe PCC adalah 242.27 kg/cm^2 dan kuat lentur 2.467 lebih tinggi dibanding tipe OPC yang kuat tekan hanya 236.51 kg/m^2 dan kuat lentur 2.412 yang terjadi pada beban maksimal yaitu umur 14 hari . Kuat tekan beton pada kadar semen 400 kg/m^3 untuk tipe PCC adalah 247.18 kg/cm^2 dan kuat lentur 2.507 lebih tinggi dibanding tipe OPC yang hanya 243.72 kg/m^2 dan kuat lentur 2.597 yang terjadi pada beban maksimal yaitu umur 14 hari. Kuat tekan beton pada kadar semen 430 kg/m^3 untuk tipe PCC adalah 284.10 kg/cm^2 dan kuat lentur 2.634 lebih tinggi dibanding tipe OPC yang hanya 272.56 kg/m^2 2.647 dan kuat lentur yang terjadi pada beban maksimal yaitu umur 14 hari .

2.9 UJI STATISTIK

Ada berbagai jenis pengujian statistik diantaranya adalah analisis korelasi sederhana, analisis regresi linear sederhana, dan analisis regresi linear berganda.

1. Analisis Korelasi Sederhana

Hubungan antara 2 variabel acak (*random variable*) x_i dan y_i disebut sebagai hubungan korelatif sederhana (*simple correlative association*). Hubungan ini dapat bersifat linear ataupun non-linier. Rumus produk momen untuk Koefisien Korelasi Linier = r adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2\right)}} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Atau

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2\right) \cdot \left(n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2\right)}} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana : \bar{X} = rerata dari X_i

\bar{Y} = rerata dari Y_i

Nilai r besarnya berkisar antara -1 dan 1 dan tanpa dimensi. Untuk menguji hipotesa H_0 bahwa koefisien korelasi populasi adalah 0, maka dari sampel berukuran n dihitung koefisien r-nya. Lalu diuji dengan menghitung t score lewat rumus berikut :

$$t = \frac{|r| \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Lalu dibandingkan dengan harga t table untuk derajat bebas $v = n-2$ dan α (Level of significance) misalnya 5 %. Apabila t score < t tabel, maka H_0 diterima, dan jika sebaliknya H_0 ditolak.

2. Analisis Regresi Linear Sederhana

Persamaan Regresi Linear Sederhana antara variabel Y dan variabel x dinyatakan dalam rumus berikut :

$$Y = a + b \cdot X \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana: X disebut sebagai variabel bebas (*independent variabel*).

Y disebut sebagai variabel tak bebas (*dependent variabel*).

Besarnya a dan b dapat dicari dengan rumus-rumus berikut :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

dan

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - b \cdot \sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Nilai r^2 ini besarnya berkisar antara 0 dan 1. Besaran r^2 menyatakan bagian dari variasi dalam Y yang dijelaskan oleh persamaan regresi .

Y estimasi (Ye_{at}) dapat dihitung dari model persamaan 2.13 dengan menggunakan nilai-nilai a dan b yang telah dihitung.

Error (e) adalah = (Y – Ye_{at}).

3. Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda sebenarnya sama dengan analisis regresi linear sederhana, hanya variabel bebasnya lebih dari satu buah. Persamaan umum Regresi Linear Berganda antara variabel tak

bebas Y dan variabel-variabel bebas x, dinyatakan model persamaan berikut :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n. \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana : Y disebut sebagai variabel tak bebas (*dependent variable*)

X_1 disebut sebagai variabel bebas (*independent variable*)

b_i adalah parameter-parameter yang belum diketahui.

Apabila b_0 sebagai konstanta, maka X_1 selalu bernilai = 1.

Dapat dilihat bahwa terdapat n besaran b. Misalkan ada a pengamatan, maka sistim dapat ditulis sebagai berikut :

$$= b_0 + b_1 \cdot X_{1,1} + b_2 \cdot X_{1,2} + \dots\dots\dots + b_n \cdot X_{1,n}$$

$$= b_0 + b_2 \cdot X_{2,1} + b_2 \cdot X_{2,2} + \dots\dots\dots + b_n \cdot X_{2,n}$$

$$= b_0 + b_a \cdot X_{a,1} + b_2 \cdot X_{a,2} + \dots\dots\dots + b_n \cdot X_{n,b}$$

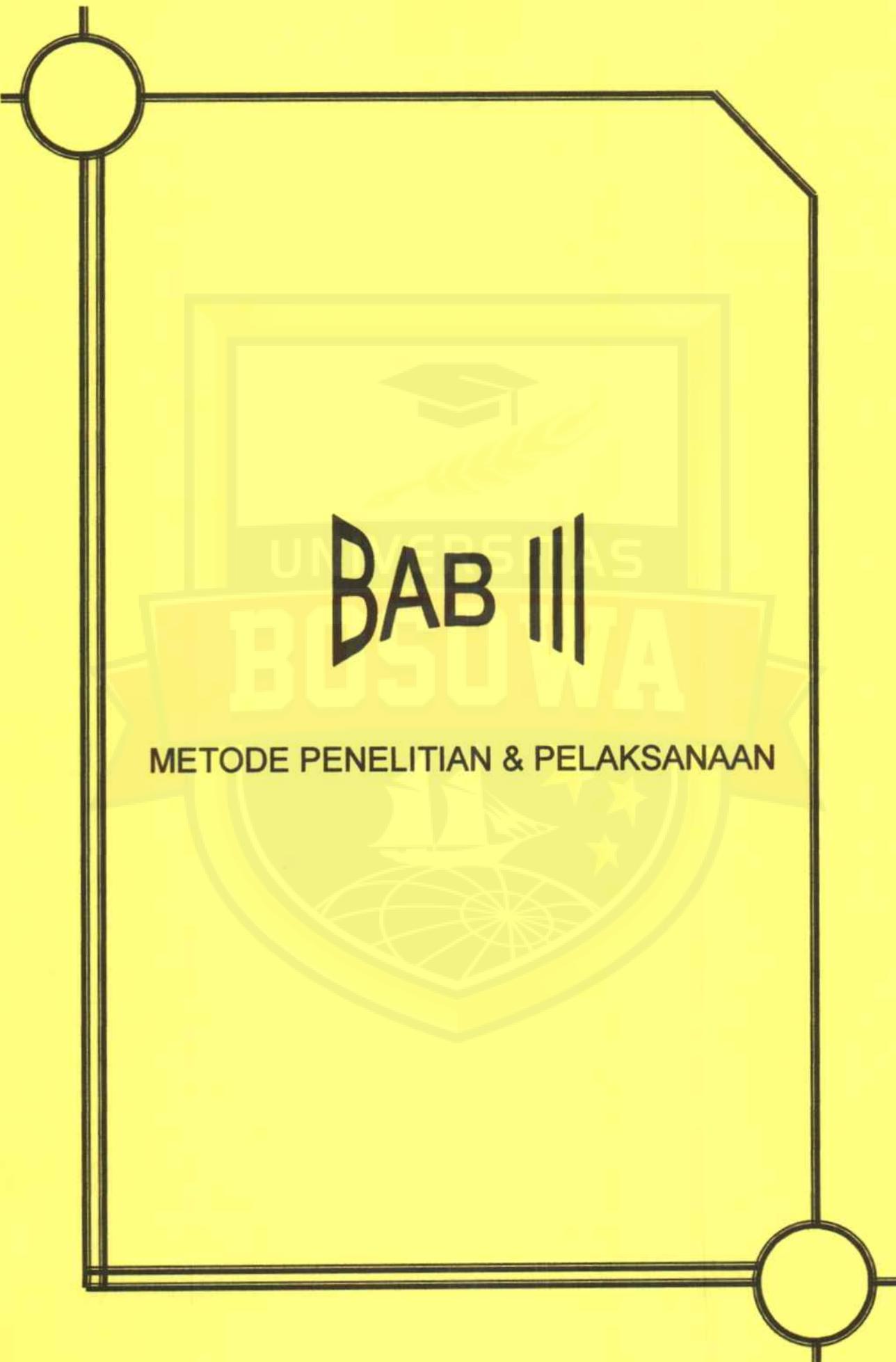
Untuk menyelesaikan harga-harga b, maka haruslah $a \geq n$. Dalam praktek maka paling sedikit harus 3 atau 4 kali besarnya n.

Maka untuk mendapatkan nilai-nilai b digunakan persamaan matrik berikut:

$$B = (X' \cdot X)^{-1} \cdot (X' \cdot Y) \dots\dots\dots (2.17)$$

Sedangkan Koefisien determinan korelasi R^2 diperoleh dari :

$$R^2 = \left(\frac{b_1 \sum X_1 Y - b_2 \sum X_2 Y}{\sum Y^2} \right)^2 \dots\dots\dots (2.18)$$



BAB III

METODE PENELITIAN & PELAKSANAAN

BAB III

METODE PENELITIAN DAN PELAKSANAAN

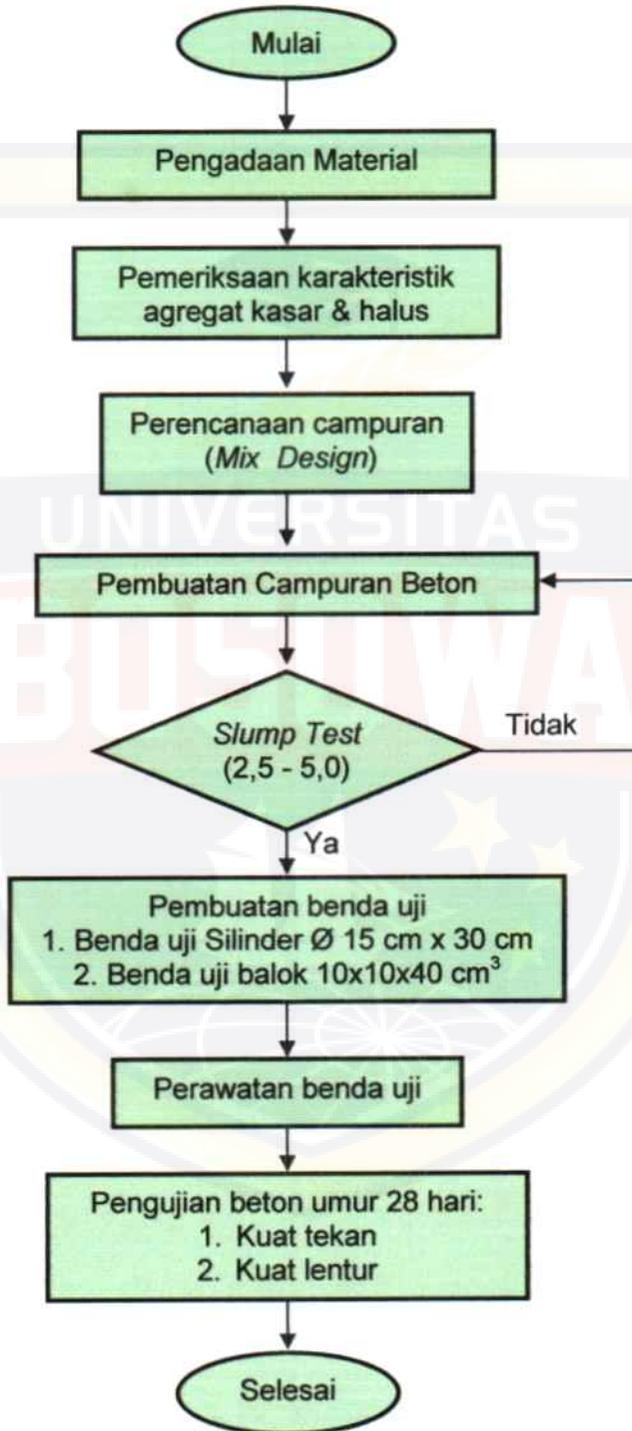
3.1 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara eksperimental, yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar. Obyek dalam penelitian ini adalah beton pada struktur rigid pavement dengan menggunakan semen tipe OPC pada 3 varian semen yaitu 350 kg/m^3 , 400 kg/m^3 dan 450 kg/m^3 . Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan setelah umur 28 hari.

Agar hasil penelitian yang diperoleh dapat memuaskan, maka digunakanlah metode penelitian dalam pelaksanaannya. Pelaksanaan metode penelitian yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Persiapan bahan,
2. Alat yang di gunakan,
3. Pelaksanaan penelitian,
4. Pembuatan benda uji,
5. Pelaksanaan perawatan,
6. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur benda uji,
7. Pengolahan hasil data benda uji.

Adapun alur proses penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada diagram alir gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Sistematika Penelitian di Laboratorium

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Sebelum kegiatan penelitian terhadap bahan campuran yang meliputi pengujian sifat bahan dilakukan di laboratorium, maka terlebih dahulu yang harus dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Dalam proses pengambilan sampel agar dapat mewakili keadaan agregat, sebaiknya sampel yang digunakan adalah sampel pada bagian atas dan bagian dalam pada tumpukan agregat, baik pada agregat kasar (batu pecah) maupun pada agregat halus (pasir).

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen

Semen yang digunakan semen Portland Tipe I (OPC) produksi PT. Semen Tonasa Pangkep yang memenuhi persyaratan SNI No. 15-2049-2004 jenis I dan ASTM C 150-2004 tipe I. Pemeriksaan yang dilakukan terhadap semen ini hanya secara visual, yaitu semen dalam keadaan baik, masih utuh dalam sak, butir-butirnya halus dan tidak menggumpal.

2. Agregat

Agregat kasar yang dipakai berupa batu pecah dengan diameter agregat maksimum 40 mm dan agregat halus adalah pasir, kedua material ini diperoleh dari salah satu toko bahan bangunan di Makassar.

3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini, yaitu air jernih, tidak berbau, memenuhi syarat sebagai air minum dan tidak mengandung butiran melayang dalam air.

3.2.2. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini semuanya tersedia di Laboratorium Bahan dan Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar. Adapun alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Ayakan atau saringan

Ayakan atau saringan yang digunakan untuk membuat fraksi agregat harus sesuai dengan ukuran yang direncanakan. Ayakan atau saringan yang digunakan untuk agregat kasar terdiri dari lubang yang berukuran 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; dan pan. Sedangkan agregat halus menggunakan ukuran lubang 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan pan.

2. Mesin penggetar ayakan

Alat ini dipakai untuk menggetarkan ayakan yang berisi agregat agar terpisah sesuai dengan ukuran butirnya. Alat ini digerakkan dengan tenaga dinamo penggerak yang digerakkan listrik.

3. Timbangan

Timbangan dipakai untuk menimbang berat bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan beton dan untuk menimbang berat benda uji.

4. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada waktu pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat. Oven yang digunakan dengan kemampuan suhu 110°C.

5. Kerucut Abram's

Kerucut Abram's digunakan untuk pengujian *slump* pada waktu pembuatan adukan beton untuk benda uji. Alat ini mempunyai ukuran diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm.

6. Tongkat baja

Tongkat baja ini mempunyai diameter 16 mm, panjang 60 cm. Alat ini dipakai untuk pengujian *slump* dan pada saat memadatkan campuran beton segar pada cetakan.

7. Cetakan balok

Cetakan ini terbuat dari baja dengan ukuran (40 x 10 x 10) cm, , digunakan untuk mencetak beton pada waktu pengecoran benda uji agar adukan beton tidak tumpah.

8. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton terbuat dari baja dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Alat ini digunakan pada waktu pemeriksaan berat satuan volume agregat dan untuk mencetak benda uji silinder beton.

9. Mesin *Los Angeles*

Alat ini berbentuk silinder putar yang di dalamnya berisi bola baja dan digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat kasar yang diteliti.

10. Mesin uji tekan beton

Mesin uji kuat tekan beton ini digunakan untuk menguji kuat tekan silinder beton.

11. Mesin uji lentur

Mesin ini mempunyai kapasitas maksimum 150 kN, Alat ini digunakan untuk menguji kuat lentur balok.

12. Peralatan penunjang lain

Alat-alat lain yang digunakan misalnya : Skop, ember, , penggaris, cawan dan lain-lain.

3.3 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Pelaksanaan pengujian dan pengetesan sampel dilakukan sejak bulan Maret 2010 pada Laboratorium Bahan dan Struktur Universitas Hasanuddin terdiri dari :

3.3.1 Analisa Saringan

Pemeriksaan-pemeriksaan analisa saringan agregat adalah sebagai berikut :

- a. Ambil contoh agregat ± 1000 gram, kemudian dioven pada suhu 110°C selama 24 jam.
- b. Timbang masing-masing saringan.
- c. Susun saringan pada mesin pengguncang, dengan urutan saringan mulai dari saringan yang paling bawah yaitu PAN kemudian saringan dengan lubang terkecil dan seterusnya sampai saringan dengan ukuran lubang yang terbesar sesuai yang kita tentukan.
- d. Agregat dimasukkan pada saringan teratas kemudian tutup. Saringan tersebut, lalu motor mesin pengguncang dinyalakan selama ± 10 menit.
- e. Biarkan ± 5 menit agar debu-debu yang beterbangan di dalam saringan dapat mengendap.
- f. Buka saringan tersebut kemudian timbang saringan tersebut beserta isinya.
- g. Hitung berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.
- h. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran 9 dan 10.

3.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

- a. Siapkan benda uji yang tertahan saringan No. 4
- b. Cuci benda uji kemudian keringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C.
- c. Dinginkan dalam ruangan terbuka selama 2 jam lalu rendam dalam air selama \pm 24 jam.
- d. Buang air rendamannya lalu tumpukkan diatas kain yang mudah menyerap air, agregat yang besar dikeringkan masing-masing dengan lap untuk memperoleh kering permukaan (SSD) lakukan hal ini dalam ruangan tertutup sehingga penguapan yang terjadi bisa diabaikan.
- e. Timbang agregat yang telah kering permukaannya itu (A)
- f. Setelah itu masukkan dalam keranjang kemudian celupkan dalam kaleng besar yang berisi air. Goyang-goyangkan keranjang tersebut dalam air untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara.
- g. Timbang berat agregat dalam air (B).
- h. Keringkan agregat dalam oven selama 24 jam, pada suhu 110°C, setelah dingin timbang berat keringnya. (C)
- i. Perhitungan

$$\text{Bulk specific gravity} = C/(C-B) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD} = A/(A-B) \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Apparent specific gravity} = C/(C-B) \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\text{Absorption / penyerapan} = (A-C)/C \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

j. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran 12.

3.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir Alam)

Pemeriksaan dilakukan sebagai berikut :

- a. Ambil benda uji yang lolos saringan No. 4
- b. Keringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam lalu keringkan
- c. Rendam selama kurang lebih 24 jam
- d. Tebarkan contoh diatas talam lalu aduk-aduk di alam terbuka dengan panas matahari sehingga terjadi proses pengeringan yang merata.
- e. Apabila suhu sampel sudah sama dengan suhu ruangan, masukkan kedalam kerucut kering dibagi kedalam tiga bagian, lapis pertama dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 8 kali kemudian lapis kedua sebanyak 8 kali, dan lapis ketiga sebanyak 9 kali, sehingga jumlah tumbukan semua sebanyak 25 kali.
- f. Bersihkan daerah sekitar kerucut dari butiran agregat yang tercecer.
- g. Angkat kerucut tersebut dalam arah vertikal secara perlahan-lahan.

- h. Amati sampel benda uji pada saat dibuka, apabila masih terbentuk rapi maka sampel tersebut masih dalam keadaan basah, keringkan kembali sampel tersebut dan apabila sampel jatuh lepas keseluruhan maka sampel tersebut terlalu kering.

Ulangi pada sampel yang baru tanpa adanya penambahan air kemudian lakukan percobaan seperti pada langkah e, angkat kerucut apabila sudah berbentuk kerucut maka contoh tersebut dinyatakan kedalam (SSD).

- i. Timbang berat labu (A)
- j. Timbang agregat yang dinyatakan SSD sebanyak 500 gr (B)
- k. Isi labu dengan air suling setengahnya lalu masukkan benda uji tadi sebanyak 500 gr. Jangan sampai ada butiran yang tertinggal. Tambahkan air suling sampai 90% kapasitas labu ukur.
- l. Gunakan pompa vakum untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara didalamnya.
- m. Rendam dalam labu berisi air hingga suhu mencapai 25°C lalu tambahkan air suling sampai tanda batas. (C)
- n. Timbang dengan teliti
- o. Cari berat kering benda uji dengan memanaskan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C (B).
- p. Isi labu ukur tadi dengan air suling sampai tanda batas, lalu timbang dengan teliti (C).

q. Perhitungan.

$$\text{Bulk Specific Grafit} = B/(C+500-D) \dots \dots \dots (3.5)$$

$$\text{Bulk Specific Grafit (SSD)} = 500/(C+500-D) \dots \dots (3.6)$$

$$\text{Appareant Specific Grafit} = B/(C+B-D) \dots \dots \dots (3.7)$$

$$\text{Absortion (penyerapan)} = (500-B)/B \dots \dots \dots (3.8)$$

r. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran 11.

3.3.4 Berat Isi Agregat

Pemeriksaan berat isi lepas dilakukan sebagai berikut :

- a. Timbang berat kontainer (A) yang diketahui volumenya (V)
- b. Masukkan campuran agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir, dari ketinggian maksimum 50 cm diatas kontainer dengan menggunakan sendok / sekop sampai penuh.
- c. Ratakan permukaan kontainer dengan mistar perata.
- d. Timbang berat kontainer + isi (E).
- e. Perhitungan :

$$\text{Berat Isi} = (C-A)/V \dots \dots \dots (3.9)$$

f. Hasil perhitugan untuk masing-masing agregat pada tabel terlampir.

Pemeriksaan berat isi padat dilakukan sebagai berikut :

- a. Ambil kontainer yang diketahui beratnya (V).
- b. Timbang kontainer (A).

- c. Masukkan campuran agregat kedalam kontainer tersebut sepertiga bagian lalu tusuk-tusuk dengan batang pematik sebanyak 25 kali.
- d. Ulangi hal yang sama untuk lapisan kedua.
- e. Untuk lapisan terakhir masukkan campuran agregat sehingga melebihi permukaan atas kontainer lalu tusuk-tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- f. Ratakan permukaan campuran agregat dengan alat perata.
- g. Timbang kontainer berikut isinya (C)

Perhitungan :

$$\text{Berat isi} = (C-A)/V \dots \dots \dots (3.10)$$

- h. Hasil pemeriksaan masing-masing agregat pada tabel terlampir

(hasil pengujian berat isi agregat sesuai dengan ASTM C29 – 71)

3.3.5 Kadar Air Agregat

Pemeriksaan dilaksanakan sebagai berikut :

- a. Gunakan sampel spliter untuk pembagian benda uji agar merata.
- b. Timbang cawan yang akan dipakai lalu beri nomor dengan spidol.
- c. Masukkan benda uji yang akan diperiksa dalam cawan.
- d. Timbang cawan yang telah berisi benda uji. (A)

- e. Masukkan dalam oven dengan suhu 110°C.
- f. Setelah kering dalam oven, dinginkan.
- g. Setelah dingin timbang kembali cawan + isi. (B)
- h. Pehitungan :

$$\text{Berat air (C) = A-B (3.11)}$$

$$\text{Kadar air} = (A - B) / (B) \times 100\% \dots\dots\dots (3.12)$$

- i. Hasil pemeriksaan masing-masing agregat dapat dilihat pada lampiran 15 dan 16. (Hasil pemeriksaan kadar air agregat sesuai dengan ASTM C 70 - 73)

3.3.6. Kadar Lumpur dan Lempung Agregat

Pemeriksaan dilakukan sebagai berikut :

- a. Ambil benda uji dari lapangan
- b. Saring benda uji untuk agregat kasar diambil yang tertahan pada saringan No 4 dan untuk agregat halus diambil yang tertahan pada saringan No.5.
- c. Masukkan dalam oven dengan temperatur 110°C selama 24 jam.
- d. Timbang benda uji yang telah dikeringkan (A).
- e. Cuci benda uji tersebut sehingga betul-betul bersih.
- f. Keringkan dalam oven dengan temperatur 100°C selama 24 jam.
- g. Setelah 24 jam, keluarkan benda uji dari dalam oven
- h. Timbang berat kering benda uji tersebut. (B)

i. Perhitungan :

$$\text{Kadar lumpur} = (A-B)/A \times 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

j. Hasil pemeriksaan masing-masing agregat dapat dilihat pada lampiran 13 dan 14. Hasil pengujian kadar lumpur dan lumpung agregat sesuai dengan ASTM C 117-9).

3.3.7. Test Abrasi

Pelaksanaan pemeriksaan adalah sebagai berikut :

- a. Ambil benda uji yang akan diperiksa lalu cuci sampai bersih.
Keringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C.
- b. Pisahkan agregat tersebut sesuai dengan kelompoknya (lihat tabel abrasi) lalu campurkan sesuai dengan kombinasi yang diinginkan (A,B,C,D) dengan berat total 500 gr (A).
- c. Hidupkan lampu power.
Putar sehingga tutupnya menghadap keatas.
- d. Buka tutup mesin mesin Los Angeles lalu masukkan agregat yang telah dipersiapkan.
- e. Masukkan bola baja sebanyak yang disyaratkan.
- f. Tutup kembali mesin Los Angeles tersebut.
- g. Buka tutup alat penghitung banyaknya putaran lalu atur angkanya menjadi 500 putaran, kemudian tutup kembali.
- h. Tekan tombol star sehingga mesin Los Angeles berputar, jumlah putaran akan terbaca pada alat penghitung banyaknya

putaran dan mesin Los Angeles akan berhenti secara otomatis pada jumlah putaran 500.

- i. Pasang talang dibawah mesin abrasi.
- j. Buka tutup mesin Los Angeles lalu tekan tombol sehingga mesin abrasi berputar dan agregat serta bola baja tertampung pada talang.
- k. Saringlah agregat tersebut dengan saringan No.12 lalu agregat yang tertahan dicuci sampai bersih.
- l. Keringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C.
- m. Timbang berat keringnya (B)
- n. Perhitungan :
$$\text{Keausan} = (A-B)/A \times 100\% \dots \dots \dots (3.14)$$
- o. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran 17.

3.4 Perencanaan Komposisi Campuran Beton

Perencanaan komposisi campuran bertujuan untuk menentukan jumlah bagian dari masing-masing bahan, dalam hal ini semen, pasir dan kerikil yang mencirikan mutu pembetonan yang direncanakan. Dalam penelitian ini di rencanakan mutu beton untuk pekerjaan *rigid pavement*, jika varian semen dan jumlah benda uji seperti dalam tabel berikut:

Varian Kadar semen (Kg/m^3)	Kuat tekan silinder 15 x 30 cm (28 hari)	Kuat lentur balok 10 x 10 x 40 (28 hari)
350	4	2
400	4	2
450	4	2
Jumlah	12 buah silinder	6 buah balok
Total	18 buah benda uji	

Dalam penelitian ini rancangan proporsi campuran di dasarkan pada takaran berat, adapun langka perhitungan yang digunakan adalah sesuai dengan metode DoE (*Departemen of Environment*) dengan langkah-langkah berikut :

Tahap I : data material yang di gunakan

1. Tipe semen adalah *Portland* biasa (OPC-I)
2. Tipe agregat kasar Batu Pecah ukuran butiran max : 40 mm
3. Komposisi % pasir dan % batu pecah

Batu pecah : 69 % dengan berat jenis : 2,58

Pasir : 31 % dengan berat jenis : 2,46

Tahap II : Menentukan kadar semen (Ks) dan kadar air bebas(Kab)

1. Slump : $2,5 \pm 5,0$
2. Ukuran butiran max : 40 mm
3. Faktor air semen (fas) : 0.5
4. Kadar semen minimum : 325
5. Kadar air bebas (Kab) : Kadar semen x fas

Varian KS-1 350 Kg/m^3 :

Varian KS-1 350 Kg/m³ :

$$K_{ab} = 350 \times 0,5 = 175 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

Varian KS-2 400 Kg/m³ :

$$K_{ab} = 400 \times 0,5 = 200 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

Varian KS-3 450 Kg/m³ :

$$K_{ab} = 450 \times 0,5 = 225 \text{ kg/m}^3 \text{ beton}$$

Tahap III : Menentukan berat total agregat serta proporsi agregat halus dan agregat kasar

1. Dari gradasi agregat gabungan didapat :

Pasir : 31 %

Kerikil : 69 %

2. Berat jenis agregat gabungan :

$$\begin{aligned} B_j \text{ campuran} &= \frac{p}{100} \times B_j \text{ pasir} + \frac{k}{100} \times B_j \text{ kerikil} \dots\dots\dots(3.15) \\ &= \frac{31}{100} \times 2,46 + \frac{69}{100} \times 2,58 \\ &= 2,54 \end{aligned}$$

3. Varian KS-1 350 Kg/m³ :

Berat jenis agregat gabungan didapat 2,54 dengan kadar air bebas 175

$$\text{Berat isi beton basah didapat} = 2335 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total agregat} &= \text{berat isi beton} - K_{ab} - \text{kadar semen} \\ &= 2335 - 175 - 350 \\ &= 1810 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Kadar agregat halus dan agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{berat total agregat} \\ &= 31\% \times 1810 \\ &= 561 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agregat kasar} &= \% \text{ Berat total agregat} - \text{kadar agregat} \\ &\text{halus} \\ &= 1810 - 561 \\ &= 1249 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

4. Varian KS-2 400 kg/m³:

Berat jenis agregat gabungan didapat 2,54 dengan kadar air bebas 200

$$\text{Berat isi beton basah didapat} = 2310 \text{ Kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total agregat} &= \text{berat isi beton} - \text{Kab} - \text{kadar semen} \\ &= 2310 - 200 - 400 \\ &= 1710 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Kadar agregat halus dan agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{berat total agregat} \\ &= 31 \% \times 1710 \\ &= 530 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agregat kasar} &= \% \text{ Berat total agregat} - \text{kadar agregat} \\ &\text{halus} \\ &= 1710 - 530 \\ &= 1180 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

5. Varian KS-3 450 Kg/m³ :

Berat jenis agregat gabungan didapat 2,54 dengan kadar air bebas 225

Berat isi beton basah didapat = 2285 Kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat total agregat} &= \text{berat isi beton} - \text{Kab} - \text{kadar semen} \\ &= 2285 - 225 - 450 \\ &= 1610 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Kadar agregat halus dan agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{berat total agregat} \\ &= 31 \% \times 1610 \\ &= 499 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agregat kasar} &= \% \text{ Berat total agregat} - \text{kadar agregat} \\ &\text{halus} \\ &= 1610 - 499 \\ &= 1111 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Telah didapatkan komposisi bahan campuran per m³ yaitu :

Tabel 3.2 Proporsi Campuran Kondisi SSD

Variasi semen	Semen (Ws)	Air (Wa)	Pasir (BSSDP)	Batu Pecah (BSSDK)
KS- 1	350	175	561	1249
KS-2	40	200	530	1180
KS-3	450	225	499	1111

Tahap IV : Menetapkan komposisi pada keadaan SSD koreksi :

Dari hasil pemeriksaan karakteristik agregat :

$$\text{Pasir : Absorpsi} = A_p = 2,04 \%$$

$$\text{Kadar air} = K_{ap} = 3,2$$

$$\text{Batu pecah : Absorpsi} = A_k = 2,9 \%$$

$$\text{Kadar air} = K_{ak} = 1,88$$

1. Perhitungan koreksi kadar air campuran beton mix KS-1 :

$$\text{Pasir : } B_{Lp} = \frac{BSSDP}{(1 + A_p)(1 - K_{ap})} \dots \dots \dots (3.16)$$

$$= \frac{561}{(1 + 2,04\%)(1 - 3,2\%)}$$
$$= 568 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Batu pecah} = B_{Lk} = \frac{BSSDK}{(1 + A_k)(1 - K_{ak})} \dots \dots \dots (3.17)$$

$$= \frac{1249}{(1 + 2,9\%)(1 - 1,88\%)}$$
$$= 1236,72 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Air} = W_a + (BSSDP - B_{Lp}) + (BSSDK - B_{Lk}) \dots \dots \dots (3.18)$$

$$= 175 + (561 - 568) + (1249 - 1236,72)$$

$$= 180 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = 350 \text{ Kg/m}^3$$

Tabel 3.3 Proporsi Campuran KS-1 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran (kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	350	1	7,42	2,80	10,2
Pasir	568	1.62	12,04	9,89	16,6
Batu pecah	1236,72	3,53	26,22	4,54	36,1
Air	180	0,51	3,82	1,44	5,3

Perhitungan koreksi kadar air campuran beton mix KS-2 :

$$\text{Pasir : } B_p = \frac{\text{BSSDP}}{(1 + A_p)(1 - K_{ap})} \dots \dots \dots (3.19)$$

$$= \frac{530}{(1 + 2,04\%)(1 - 3,2\%)}$$

$$= 538,68 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Batu pecah} = B_k = \frac{\text{BSSDK}}{(1 + A_k)(1 - K_{ak})} \dots \dots \dots (3.20)$$

$$= \frac{1180}{(1 + 2,9\%)(1 - 1,88\%)}$$

$$= 1168,39 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Air} = W_a + (\text{BSSDP} - B_p) + (\text{BSSDK} - B_k) \dots \dots \dots (3.21)$$

$$= 200 + (530 - 538,68) + (1180 - 1168,39)$$

$$= 205 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = 400 \text{ Kg/m}^3$$

Tabel 3.4 Proporsi Campuran KS-2 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran (kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	400	1	8,48	3,20	11,7
Pasir	538,68	1,34	11,38	4,29	15,7
Batu pecah	1168,39	2,92	24,77	9,35	34,1
Air	205	0,51	4,35	1,64	6

2. Perhitungan proporsi bahan setelah koreksi kadar air KS-3 :

$$\text{Pasir : } B_p = \frac{BSSDP}{(1 + A_p)(1 - K_{ap})} \dots \dots \dots (3.22)$$

$$= \frac{499}{(1 + 2,04\%)(1 - 3,2\%)}$$

$$= 505,29 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Batu pecah} = B_k = \frac{BSSDK}{(1 + A_k)(1 - K_{ak})} \dots \dots \dots (3.23)$$

$$= \frac{1111}{(1 + 2,9\%)(1 - 1,88\%)}$$

$$= 1100,06 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Air} = W_a + (BSSDP - B_p) + (BSSDK - B_k) \dots \dots \dots (3.24)$$

$$= 225 + (499 - 505,29) + (1111 - 1100,06)$$

$$= 230 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = 450 \text{ Kg/m}^3$$

Tabel 3.5 Proporsi Campuran KS-3 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran (kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	450	1	9,54	3,6	13,1
Pasir	505,29	1,12	10,71	4,04	14,8
Batu pecah	1100,06	2,24	23,32	8,80	32,1
Air	230	0,51	4,87	1,84	6,7

3.5 Pembuatan Benda Uji

Untuk mendapatkan suatu mutu beton yang baik maka proses pelaksanaan di lapangan harus baik dan benar. Hal ini erat kaitannya dengan proses pencampuran material pembentuk beton yaitu semen, pasir, kerikil, air harus dicampur hingga menghasilkan campuran yang merata.

3.5.1 Pencampuran Bahan

. Dalam penelitian ini proses pencampuran dilakukan dengan *mesin molen* (mesin pengaduk beton). Proses langkah kerja pencampuran dan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Material pembentuk beton (semen, kerikil, pasir, air) ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan *mix design*.
2. Masukkan pasir dan semen ke dalam *molen*, sebelumnya basahii terlebih dahulu dengan air agar pada proses *mixing* komposisi air

yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding – dinding molen.

3. Putar molen untuk beberapa detik agar material pasir, dan semen yang telah dimasukkan ke dalam molen dapat tercampur merata, setelah itu masukkan air, kedalam campuran tersebut secara bertahap lalu tunggu beberapa menit hingga menghasilkan campuran yang homogen.

3.5.2 Pemeriksaan Beton Segar

Adukan campuran beton segar dituang kedalam kerucut Abrams terbalik untuk mengukur nilai *slump flow* (ASTM C.143). Untuk menetapkan nilai aliran beton. Campuran beton dimasukkan dalam cetakan-cetakan silinder untuk pengujian selanjutnya antara lain :

1. Pemeriksaan Nilai Slump flow Beton

Pemeriksaan nilai slump flow menggunakan alat kerucut *Abrams*, yang alasnya lebih dahulu dibersihkan. Kemudian tuangkan campuran beton segar kedalam kerucut *Abrams* yang diposisikan secara terbalik secara perlahan-lahan sampai penuh. Permukaan kerucut yang penuh campuran diratakan kemudian alas serta bagian-bagian kerucut dibersihkan.

Pelaksanaan berikutnya kerucut diangkat secara perlahan-lahan, diukur nilai slump flownya dengan mengambil bagian terlebar dan bagian yang terkecil dengan menggunakan meteran .

2. Pemeriksaan Berat Volume Basah Beton Segar

Berat volume basah beton cair pengujiannya dilakukan dengan mengambil wadah kemudian ditimbang beratnya, disebut (W1) kg. Kemudian masukkan campuran beton segar kedalam wadah yang telah disediakan secara perlahan-lahan sampai penuh tanpa digetarkan, selanjutnya disebut (W2) kg. Permukaan wadah diratakan dan bagian luar dibersihkan dengan kuas atau kain lap.

Berat isi basah beton cair dihitung dengan rumus :

$$D = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ (Kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.25)$$

Dimana : W1 = Berat wadah

W2 = Berat wadah + sampel

V = Volume wadah

D = Berat isi Beton cair

Sebelum membuat beton sebaiknya terlebih dahulu alat cetakan benda uji dibersihkan serta dilumasi bagian dalamnya dengan minyak pelumas secara merata, kemudian menguatkan cincin cetakan beton tersebut agar campuran mortar tidak keluar melalui celah-celah pada cetakan tersebut.

Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan baik ke dalam cetakan silinder maupun ke dalam cetakan balok yang telah disediakan secara perlahan-lahan sampai penuh, kemudian mortar yang telah dimasukkan di dalam cetakan ditusuk-tusuk

dengan tongkat baja (apabila tidak tersedia alat penggetar), dengan tujuan agar semua bagian cetakan terisi penuh dengan mortar sehingga nantinya tidak terdapat lubang atau celah-celah pada permukaan beton atau beton akan menjadi padat. Setelah itu permukaan atas cetakan diratakan dan bagian cetakan dibersihkan dengan kain basah. Agar beton tersebut mudah dikenali sebaiknya diberikan identitas berupa tanggal pengecoran, jenis beton, nomor urut beton dan sebagainya. Setelah itu cetakan beton yang telah diisi mortar disimpan dalam ruangan selama kurang lebih 24 jam sampai beton mengeras/ mengering.

3.6 Perawatan Benda Uji (*curing*)

Setelah 24 jam, beton yang telah kering kemudian dikeluarkan dari dalam cetakan dan direndam di dalam air untuk penggetesan selanjutnya.

Perendaman yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan selama 28 hari. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga agar permukaan beton selalu lembab, sejak adukan dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton ini harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan menghasilkan beton yang kurang kuat dan mudah retak. Selain itu, kelembaban permukaan tadi juga menambah beton menjadi lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

3.7 Pengujian Beton Keras

3.7.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan ini dilaksanakan di laboratorium bahan dan struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan mesin uji tekan *Concrete Compression Test*. Pengujian kuat tekan silinder (15x30)cm dilakukan saat beton telah berumur 28 hari.

Langkah-langkah pelaksanaan uji tekan silinder beton adalah sebagai berikut :

- a). Sebelum melakukan pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dikeringkan.
- b). Semua benda uji dibersihkan permukaannya dan ditimbang beratnya.
- c). Benda uji diletakkan pada mesin uji tekan dalam posisi vertikal dan posisi jarum penunjuk kuat tekan harus menunjukkan angka nol.
- d). Setelah itu, mesin dihidupkan. Pendesaan dimulai pada saat kedua jarum penunjuk pada *manometer* terlihat bergerak sesuai dengan besarnya pembebanan.
- e). Ketika beton silinder hancur, salah satu jarum penunjuk pada *manometer* yaitu jarum penunjuk yang berwarna hitam akan kembali ke posisi nol sedangkan jarum penunjuk yang berwarna

merah akan tetap menunjuk pada angka pembebanan maksimum.

- f). Hasil yang ditunjukkan pada jarum penunjuk yang berwarna merah tersebut kemudian dicatat.

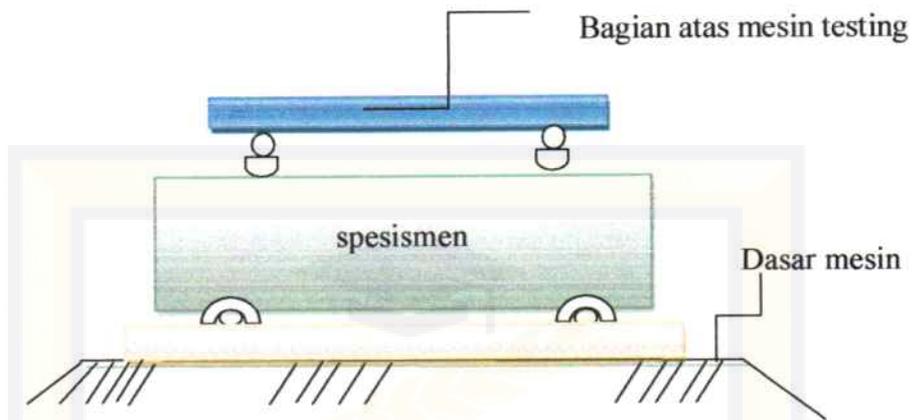
Besarnya angka yang dicatat pada saat pengujian adalah besarnya beban P pada saat benda uji hancur. Untuk mendapatkan besarnya kuat tekan dari benda uji silinder beton tersebut dilakukan perhitungan dengan Persamaan (II.1). Hasil pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Lampiran 7.

3.7.2. Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan menggunakan *Concrete Compression Test* dengan kapasitas 4000 Kgf. Pengujian kuat lentur balok (10cm x 10cm x 40cm) dilakukan pada umur 28 hari. Prosedur pelaksanaan pengujian kuat lentur terdiri dari beberapa tahap yaitu

1. Sampel beton yang telah mencapai umur uji dikeluarkan dari wadah perendaman, lalu diamankan sampel beton hingga mencapai kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).
2. Pasang benda uji yang berbentuk balok pada alat kuat lentur, lalu atur posisi benda uji tersebut.
3. Setelah balok dalam posisi terpasang dengan baik lalu putar engkol pada alat ukur.
4. Catat pembacaan dial vertikal setiap kenaikan beban sebesar 200 N sampai akhirnya benda uji tersebut patah. Beban

maksimum adalah beban yang dapat diterima balok sampai balok tersebut patah.



Gambar 3.2 Uji Kuat Lentur Dengan Pembebanan Dua Titik





BAB IV

PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Serangkaian penelitian yang telah dilakukan di laboratorium terhadap material atau agregat, baik pada agregat kasar maupun agregat halus untuk campuran beton dilakukan dengan berpedoman pada Standard Spesifikasi ASTM, Buku-buku penuntun laboratorium, maupun laporan-laporan pelaksanaan pengujian di laboratorium.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada benda uji silinder dan balok dengan variasi kadar semen yang berbeda yaitu 350kg/m^3 , 400kg/m^3 , 450kg/m^3 , maka akan diperoleh data primer dari kuat tekan silinder dan kuat lentur balok yang dikorelasikan dalam bentuk persamaan.

4.1.1 Karakteristik Agregat

Suatu jenis agregat untuk keperluan campuran beton dianggap baik apabila agregat itu tidak mengalami perubahan volume besar atau tetap akibat pemanasan dan pendinginan atau pembasahan dan pengeringan. Partikel dari batuan yang secara fisik lunak, daya absorpsinya besar, mudah dipecah atau menyusut, akibat pengaruh air, tidak dapat digunakan sebagai bahan agregat campuran beton karena memperlemah ikatan antar mortar. Secara keseluruhan bahwa susunan gradasi dari

agregat halus (pasir) jauh lebih penting daripada gradasi dan keseragaman gradasi agregat kasar, hal ini disebabkan karena adukan (mortar) yang terdiri dari pasir, semen dimana air untuk pengikat berfungsi sebagai pelumas untuk adukan beton mudah serta menentukan sifat pengerjaan dan kohesi dari campuran yang bersangkutan.

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan halus untuk campuran beton sebagai berikut :

1. Analisa Saringan

Untuk analisa saringan spesifikasinya dapat dilihat menurut standard BS atau ASTM. Sedangkan untuk modulus kehalusan adalah :

2,2 – 3,1 untuk agregat halus

5,5 – 8,5 untuk agregat kasar

2. Berat jenis dan Penyerapan

Untuk berat jenis spesifik dan penyerapan dalam persen dari berat kering berdasarkan ukuran agregat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi Berat Jenis dan Penyerapan Air

Ukuran Agregat	Berat Jenis spesifikasi yang sebenarnya	Penyerapan % dari berat yang sebenarnya
37,5 - 19	2,55	0,3
19 - 9,5	2,52	0,8
9.5 - 4,75	2,45	1,5
< 4,75	2,60	1,00

3. Berat Volume

Spesifikasi berat volume untuk :

Agregat halus 1,4 – 1,9

Agregat kasar 1,6 – 1,9

4. Kadar Air

Spesifikasi kadar air untuk :

Kadar air agregat kasar 0,5 – 2 %

Kadar air agregat halus lembab 1 – 3 %

Kadar air agregat halus basah 3 – 5 %

Kadar air halus sangat basah Biasanya sampai 20 %

5. Kadar Lumpur

Dalam pengujian kadar Lumpur ternyata material (agregat halus) yang diambil dari tempat penumpukan material tidak dapat memenuhi standard spesifikasi yaitu berkisar antara 8 – 10 % sehingga dilakukan pencucian agregat hingga mencapai standard spesifikasi.

Spesifikasi kadar Lumpur yang diisyaratkan :

Agregat kasar 0,2 – 1,0 %

Agregat halus 0,2 – 5,0 %

6. Kadar organik

Standar warna cairan agregat halus untuk kadar organik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Standard Warna Cairan

Pengurangan Kekuatan Tekan (%)	Warna Cairan	Penggunaan Pasir
0	Tanpa warna sampai kuning muda	Dapat dipakai
10 - 20	Kuning Muda	Kadang-kadang masih dapat dipakai
15 - 30	Kuning Kemerah - merahan	Dipakai untuk lantai kerja
25 - 50	Coklat Kemerah - merahan	Tidak dapat dipakai
50 - 100	Coklat tua	Tidak dapat dipakai

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

No	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Modulus Kehalusan	2,37	2,2 - 3,1	Memenuhi
2	Berat Jenis (SSD)	2,463	1,6 - 3,2	Memenuhi
3	Berat Volume	1,435	1,3 - 1,9	Memenuhi
4	Penyerapan Air	2,0	0,2 - 2,0 %	Memenuhi
5	Kadar Air	3,20	3,0 - 5,0 %	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	3,95	0,2 - 5 %	Memenuhi
7	Kadar Organik	Kuning Kemerah-merahan	No. 3	Memenuhi

Dari tabel di atas menunjukkan semua karakteristik dari agregat halus memenuhi syarat spesifikasi.

Tabel Hasil 4.4 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

No	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Modulus Kehalusan	7,29	5,5 - 8,5	Memenuhi
2	Berat Jenis (SSD)	2,71	1,6 - 3,2	Memenuhi
3	Berat Volume	1,688	1,6 - 1,9	Memenuhi
4	Penyerapan Air	2,916	0,2 - 4,0 %	Memenuhi
5	Kadar Air	1,88	0,6 - 2,0 %	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	1,01	0,2 - 1 %	Memenuhi
7	Abrasi	26,95	15 - 50 %	Memenuhi

Dari tabel di atas menunjukkan semua karakteristik dari agregat kasar memenuhi syarat spesifikasi.

4.1.2 Pencampuran Beton

Rencana proporsi campuran beton (*mix design*) pada penelitian ini menggunakan metode DoE (*Defartement of Environment*). Perhitungan rencana proporsi campuran beton, diperoleh kebutuhan bahan untuk 1m³ beton seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Proporsi Campuran KS-1 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran(Kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	350	1	7,42	2,80	10,2
Pasir	568	1.62	12,04	9,89	16,6
Batu pecah	1236,72	3,53	26,22	4,54	36,1
Air	180	0,51	3,82	1,44	5,3

Tabel 4.6 Proporsi Campuran KS-2 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran(Kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	400	1	8,48	3,2	11,7
Pasir	538,68	1,34	11,38	4,29	15,7
Batu pecah	1168,4	2,92	24,77	9,35	34,1
Air	205	0,51	4,35	1,64	6

Tabel 4.7 Proporsi Campuran KS-3 Hasil Koreksi

Jenis bahan	Berat proporsi campuran(Kg)				
	Mix Per m ³	Perbandingan berat	Mix untuk 4 silinder	Mix untuk 2 balok	Total mix
Semen	450	1	9,54	3,6	13,1
Pasir	505,29	1,12	10,71	4,04	14,8
Batu pecah	1100,1	2,24	23,32	8,8	32,1
Air	230	0,51	4,87	1,84	6,7

Tabel 4.8 Hasil *Mix Design* Tiap Varian Permeter Kubik

Varian campuran	Semen	Pasir	Batu Pecah	Air
KS-I	350	568	1236,72	180
KS-II	400	538,68	1168,39	205
KS-III	450	505,29	1100,06	230

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata Silinder

No. Benda Uji	Jenis Benda Uji	Kadar Semen (Kg)	Ukuran Benda Uji		Berat Benda Uji (Kg)	Berat Volume Rata-Rata (kg/cm ³)
			Luas (cm ²)	Panjang		
1	KS.1.1	350	176,625	30,100	12,120	0,00229
2	KS.1.2		176,625	30,000	12,035	
3	KS.1.3		176,625	30,200	12,383	
4	KS.1.4		176,625	30,000	12,130	
Rata-rata KS. 1			176,625	30,075	12,167	
5	KS.2.1	400	176,625	30,000	12,200	0,00232
6	KS.2.2		176,625	30,100	12,385	
7	KS.2.3		176,625	30,100	12,345	
8	KS.2.4		176,625	30,000	12,360	
Rata-rata KS.2			176,625	30,050	12,323	
9	KS.3.1	450	176,625	30,200	12,195	0,00233
10	KS.3.2		176,625	30,100	12,550	
11	KS.3.3		176,625	30,100	12,370	
12	KS.3.4		176,625	30,000	12,480	
Rata-rata KS.3			176,625	30,100	12,399	

Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Rata-Rata Balok

No. Benda Uji	Jenis Benda Uji	Kadar Semen (kg/m ³)	Ukuran Benda Uji		Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume Rata-Rata (kg/cm ³)
			Luas (cm ²)	Tinggi		
1	KB.1.1	350	400	10,000	9,705	0,00241
2	KB.1.2		401	10,100	9,725	
Rata-rata KS. 1			400,500	10,050	9,715	
3	KB.2.1	400	401	10,200	10,180	0,00243
4	KB.2.2		403	10,100	9,680	
Rata-rata KS. 2			402,000	10,150	9,930	
5	KB.3.1	450	401	10,300	10,330	0,00246
6	KB.3.2		404	10,200	9,990	
Rata-rata KB. 3			402,500	10,250	10,160	

Dari hasil periksaan terlihat bahwa berat volume beton bervariasi, yang dipengaruhi proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar pada saat pengecoran.

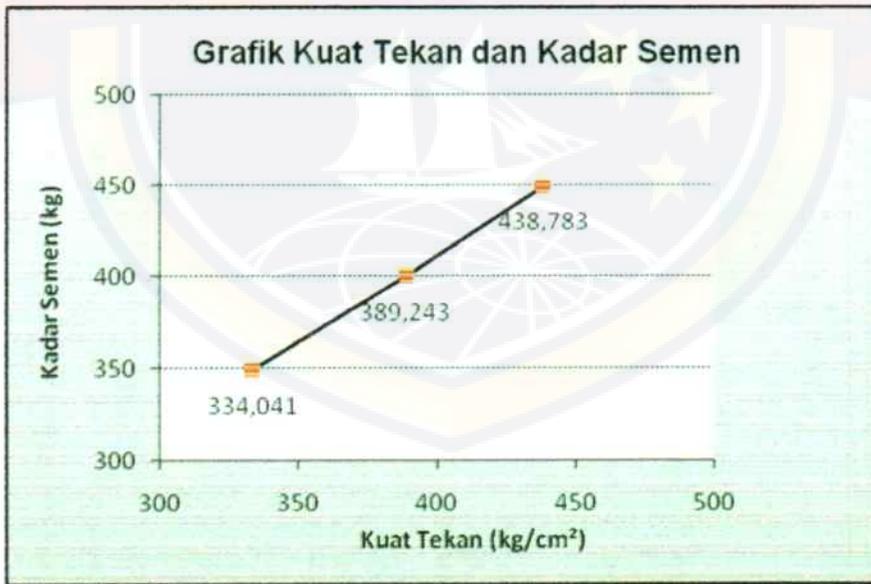
4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan ini dilaksanakan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dari adanya perbedaan variasi kadar semen dengan nilai fas yang tetap. Percobaan ini menggunakan modulus keruntuhan benda uji silinder pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Sedang hasil uji kuat tekan rata-rata dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Silinder Pada Umur 28 Hari

No. Benda Uji	Jenis Benda Uji	Kadar Semen (Kg)	Luas Penampang (A)	Beban Hancur (W)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)
1	KS.1.1	350	176,625	45000	254,777
2	KS.1.2		176,625	56000	317,056
3	KS.1.3		176,625	72000	407,643
4	KS.1.4		176,625	63000	356,688
Rata-rata KS. 1			176,625	59000	334,041
5	KS.2.1	400	176,625	61000	345,364
6	KS.2.2		176,625	77000	435,952
7	KS.2.3		176,625	63000	356,688
8	KS.2.4		176,625	74000	418,967
Rata-rata KS.2			176,625	68750	389,243
9	KS.3.1	450	176,625	77000	435,952
10	KS.3.2		176,625	83000	469,922
11	KS.3.3		176,625	76000	430,290
12	KS.3.4		176,625	74000	418,967
Rata-rata KS.3			176,625	77500	438,783

Berdasarkan data penelitian pada tabel IV.11 dapat diketahui bahwa kuat tekan beton yang diperoleh dengan menggunakan semen tipe OPC- I dari hasil pengujian lebih besar dari kuat tekan yang disyaratkan untuk *rigid pavement* yaitu 290 Kg/cm^2 . Kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kadar semen dalam komposisi campuran. Pada kadar semen 350 Kg menghasilkan kuat tekan rata-rata $334,041 \text{ Kg/cm}^2$, pada kadar semen 400 Kg (penambahan kadar semen 14 %) menghasilkan kuat tekan $389,243 \text{ Kg/cm}^2$ (peningkatan kuat tekan 16,52%). Sedangkan Pada kadar semen 450 kg (penambahan kadar semen 14 %) menghasilkan kuat tekan $438,78 \text{ Kg/cm}^2$ (peningkatan kuat tekan 12,73%). Hubungan penambahan kadar semen dan peningkatan kuat tekan dapat terlihat pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kadar Semen

4.3 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian terhadap kuat lentur balok dilakukan dengan menggunakan balok sederhana dengan pembebanan dua titik. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan karakteristik kekuatan beton yang dinyatakan dengan kekuatan lentur / *fleksural strength* (MR) pada umur 28 hari. Sebagai perbandingan, hubungan antara kuat tarik lentur dengan kuat tekan pada umur 28 hari .

Pada percobaan digunakan modulus keruntuhan dari balok beton. Hasil pengujian kuat lentur selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Hasil Kuat Lentur Rata-Rata Balok Pada Umur 28 Hari

No. Benda Uji	Jenis Benda Uji	Kadar Semen (Kg)	Ukuran Benda Uji			Beban Hancur (Kg)	Kuat Lentur (Kg/cm ²)
			L	b	d ²		
1	KB.1.1	350	35	10	100	1400	49,000
2	KB.1.2		35	10	102	1250	42,888
Rata-rata KS. 1			35	10	101	1325	45,944
3	KB.2.1	400	35	10	104	1400	47,097
4	KB.2.2		35	10	100	1500	52,500
Rata-rata KS. 2			35	10	102	1450	49,799
5	KB.3.1	450	35	10	102	1550	53,186
6	KB.3.2		35	10	104	1700	57,212
Rata-rata KB. 3			35	10	103	1625	55,199

Pada tabel 4.12 umur 28 hari dapat terlihat bahwa kuat lentur beton mengalami peningkatan seiring penambahan kadar semen pada campuran beton. Hasil penelitian ini menunjukkan ini kuat lentur beton dapat digunakan pada perkerasan kaku sesuai yang diisyaratkan dimana

(MR) pada umur 28 hari minimal 45 Kg/cm². Kuat lentur cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kadar semen dalam komposisi campuran. Pada kadar semen 350 Kg menghasilkan kuat lentur rata-rata 45,944 Kg/cm², pada kadar semen 400 Kg (penambahan kadar semen 14 %) menghasilkan kuat tekan 49,799 Kg/cm² (peningkatan kuat tekan 8.39%). Sedangkan Pada kadar semen 450 Kg (penambahan kadar semen 14 %) menghasilkan kuat tekan 55,199 Kg/cm² (peningkatan kuat tekan 10,84%). Hubungan penambahan kadar semen dan peningkatan kuat tekan dapat terlihat pada gambar 4.3 berikut ini :



Gambar 4.2 Grafik Korelasi Kuat Lentur dan Kadar Semen

4.4 Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton yang dihasilkan pada setiap varian kadar semen dikorelasikan dengan menggunakan analisa

regresi ganda. Hasil dari korelasi akan berbentuk persamaan dengan tujuan dapat mengetahui kekuatan lentur beton dengan hanya melakukan pengujian kuat tekan beton atau kekuatan tekan beton dapat diketahui dengan hanya melakukan pengujian kuat lentur beton struktur rigid pavement yang dalam pelaksanaannya memiliki alat uji terbatas. Analisa korelasi regresi ganda akan diuraikan sebagai berikut:

4.4.1. Analisa Regresi Linear Berganda

Analisa regresi linear berganda sebagai alat uji statistika yang digunakan pada korelasi kuat tekan dan kuat lentur beton dengan hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.13. Hasil Pengujian Kuat tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Variasi Kadar Semen

Benda Uji n	Semen (Kg) Y	Kuat Tekan X ₁	Kuat Lentur X ₂
1	350	334,041	45,944
2	400	389,243	49,799
3	450	438,783	55,199

Analisis :

n	Y	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	X ₁ Y	X ₂ Y
1	350	334,041	45,944	15347,180	116914,35	16080,4
2	400	389,243	49,799	19383,912	155697,2	19919,6
3	450	438,783	55,199	24220,383	197452,35	24839,55
Jumlah	1200	1162,07	150,94	58951,47	470064,25	60839,55
Mean	400	387,356	50,314			

Menghitung Koefisien Regresi dengan persamaan :

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots\dots\dots 4.1$$

1. Dalam tiga persamaan normal :

$$\Sigma Y = n b_0 + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma X_1 Y = b_0 \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma X_1 X_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\Sigma X_2 Y = b_0 \Sigma X_2 + b_1 \Sigma X_1 X_2 + b_2 \Sigma X_2^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$1200 = 3 b_0 + 1162,07 b_1 + 150,94 b_2$$

$$470064,25 = 1162,07 b_0 + 455624,69 b_1 + 58951,52 b_2$$

$$60839,55 = 150,94 b_0 + 58951,52 b_1 + 7637,72 b_2$$

2. Menghitung nilai b_0 dengan menjumlahkan persamaan (1)

dengan (2), persamaan (1) x -1162,07 dan persamaan (2) x 3:

$$-1394481,6 = -3486,2 b_0 - 1350402,037 b_1 - 175404,9 b_2$$

$$1410192,75 = 3486,2 b_0 + 1366874,076 b_1 + 176854,56 b_2$$

$$15711,15 = 16472,039 b_1 + 1449,6938 b_2 \quad (4)$$

3. Persamaan (1) kalikan dengan -150,94 dan persamaan (3) dikali

dengan 3,

$$-1811304 = -451826 b_0 - 17540402,8681 b_1 - 22783,49 b_2$$

$$182518,65 = 451826 b_0 + 176854,5619 b_1 + 22913,163 b_2$$

$$1388,25 = 1449,6938 b_1 + 129,676 b_2 \quad (5)$$

4. Persamaan (4) kalikan dengan -1449,6938 dan persamaan (5)

dikali dengan 3,

$$-2276356,9 = -23879413,1 b_1 - 2101612 b_2$$

$$22867308,3 = 23879413,1 b_1 + 2136029 b_2$$

$$34416,821 b_2 = 90951,353$$

$$b_2 = 2,643$$

5. Persamaan b_2 dimasukan ke salah satu persamaan (4) atau (5)

untuk mendapatkan b_1 ,

$$1388,25 = 1449,694b_1 + 342,687$$

$$1449,694b_1 = 1045,563$$

$$b_1 = 0,721$$

Harga b_1 dalam b_2 dimasukkan kedalam persamaan (1) :

$$1200 = 3 b_0 + 1162,07(0,721) + 150,94(2,643)$$

$$1200 = 3 b_0 + 838,1199 + 398,934$$

$$3 b_0 = 1200 - 838,1199 - 398,934$$

$$b_0 = -12,333$$

Jadi koefisien hasil analisa regresi yaitu:

$$\text{Konstanta } (b_0) = -12,33$$

$$\text{Koefisien regresi } X_1(b_1) = 0,72$$

$$\text{Koefisien regresi } X_2(b_2) = 2,64$$

Dari analisa didapatkan bentuk persamaan regresinya yaitu :

$$Y = -12,33 + 0,72 X_1 + 2,64X_2 \dots\dots\dots 4.2$$

Koefisien korelasi berganda :

$$R = \frac{b_1 \sum X_1 Y - b_2 \sum X_2 Y}{\sum Y^2} \dots\dots\dots 4.3$$

$$R = \frac{0,72 \cdot 470064,25 - 2,64 \cdot 60839,55}{485000}$$

$$R = 0,36725$$

Koefisien determinan korelasi (R^2):

$$R^2 = (0,36725)^2 = 0,61$$

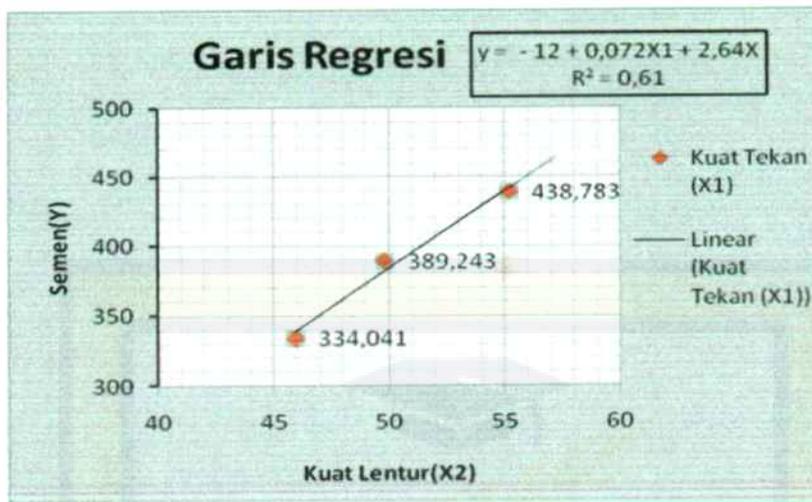
Uji statistik dengan menggunakan analisa regresi berganda untuk mengkorelasikan hasil pengujian yang terdiri dari dua variabel bebas (*dependent*) yang mempengaruhi variabel terikat (*independent*) dalam penelitian yaitu kadar semen tipe OPC, kuat tekan dan kuat lentur pada spesifikasi struktur *rigid pavement*.

Koefisien korelasi dari hasil analisa regresi berganda menurut persamaan $y = -12,33 + 0,72 X_1 + 2,64X_2$ sebesar 61 % sehigga dapat ditafsirkan bahwa dalam penelitian ini memiliki korelasi yang kuat dan positif.

Pengaruh dari setiap variabel pada hasil analisi regresi berganda dan korelasi yaitu:

1. Nilai koefisien regresi (b_1) sebesar 0,72 menggambarkan pengaruh yang positif dari kuat tekan beton (X_1) terhadap peningkatan kadar semen (y).
2. Nilai koefisien regresi (b_2) sebesar 2,64 menggambarkan pengaruh yang positif dari kuat lentur beton (X_2) terhadap peningkatan kadar semen (y).
3. Nilai konstanta sebesar -12,33 menggambarkan adanya hal lain yang berpengaruh terhadap kadar semen yang tidak dibahas dalam penelitian ini.

Pada gambar 4.4 berikut menunjukkan bahwa titik data yang diuji menyebar dan mengikuti arah garis diagonal maka garis regresi memenuhi asumsi normalitas.



Gambar 4.3 Grafik Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur dengan Menggunakan Semen Type OPC

Pada grafik dapat terlihat arah hubungan linear terlihat peningkatan kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder umur hidrasi 28 hari diiringi dengan peningkatan kekuatan lentur beton menggunakan benda uji balok umur hidrasi 28 hari dengan persamaan regresi yang dihasilkan $y = -12,33 + 0,72X_1 + 2,64X_2$, dan memiliki koefisien korelasi 0,61.

Hasil studi ini menunjukkan bahwa korelasi di antara kuat tekan dan kuat lentur yang dihasilkan memiliki tingkat signifikansi kuat dan sangat bersesuaian.

4.4.2. Analisa Korelasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur dengan Menggunakan $\sqrt{f'c}$

Untuk variasi semen 350 kg/cm²

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{334,041} = 18,277$$

$$\begin{aligned}
 a &= MR / \sqrt{f'c} \\
 &= 45,944 / 18,277 \\
 &= 2,514 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

Untuk variasi semen 400 kg/cm²

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{389,243} = 19,729$$

$$\begin{aligned}
 a &= MR / \sqrt{f'c} \\
 &= 49,799 / 19,729 \\
 &= 2,524 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

Untuk variasi semen 450 kg/cm²

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{438,783} = 20,947$$

$$\begin{aligned}
 a &= MR / \sqrt{f'c} \\
 &= 438,783 / 20,947 \\
 &= 2,635 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } a \text{ rata-rata} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{2,514 + 2,524 + 2,635}{3} = 2,558$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata $MR / \sqrt{f'c}$
Dari Setiap Variasi Kadar Semen

Variasi Semen (Kg)	$\sqrt{f'c}$ kg/cm ²	$MR / \sqrt{f'c}$
350	18,277	2,514
400	19,729	2,524
450	20,947	2,635
Rata-rata		2,558

$$y = a\sqrt{x} \dots\dots\dots (4.4)$$

dimana : y = koefisien kuat lentur

$$x = \sqrt{f'c}$$

a = koefisien 2,558

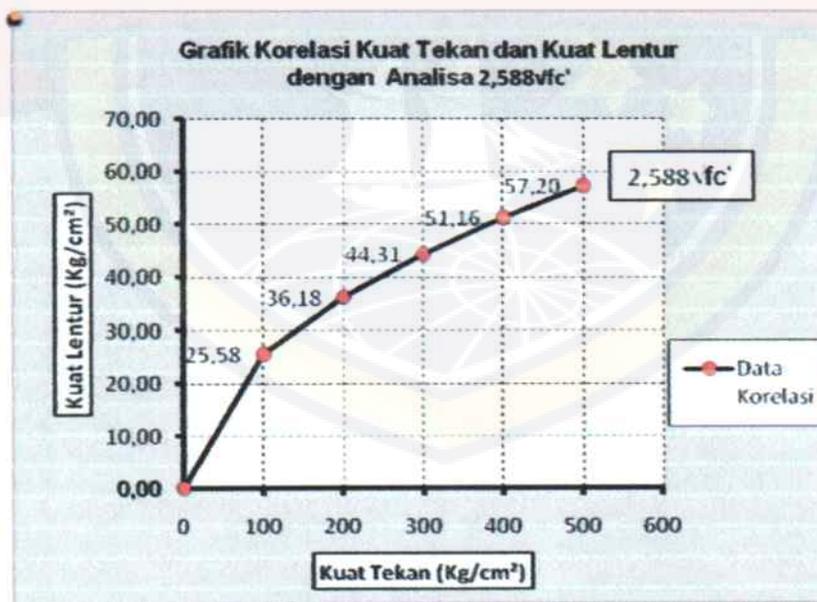
$$y = 2,558 \sqrt{f'c}$$

Dari hasil analisa dengan menggunakan $\sqrt{f'c}$ dengan nilai koefisien 2,558 maka hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur berdasarkan spesifikasi rigid pavement dalam bentuk persamaan:

$$MR_{28} = 2,558 \sqrt{f'c_{28}} \dots\dots\dots (4.5)$$

Dimana : MR_{28} = Kuat Lentur umur uji 28 hari (Kg/cm^2)

$f'c_{28}$ = Kuat Tekan umur uji 28 hari (Kg/cm^2)



Gambar 4.3 Grafik Korelasi Kuat Tekan Dan Kuat Lentur



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terhadap korelasi kuat tekan pada silinder dan kuat lentur pada balok sesuai spesifikasi pada perkerasan jalan beton (rigid pavement), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Korelasi kuat tekan dan kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan rumus analisis regresi berganda dan rumus akar kuat tekan.
2. Untuk jenis bahan yang diteliti dapat disimpulkan bahwa korelasi kuat tekan beton dan kuat lentur beton dengan variasi kadar semen sesuai analisa regresi berganda signifikan kuat, menurut persamaan regresi $y = -12,33 + 0,72X_1 + 2,64X_2$ dengan koefisien determinan korelasi (R^2) = 0,61
3. Dengan menggunakan rumus akar kuat tekan, maka bahan yang diuji akan menyatakan korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur menurut persamaan $y = 2,558 \sqrt{x}$

5.2. Saran – Saran

Dari uraian di atas dengan merujuk pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan pada penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi

diperlukan saran – saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut:

1. Persamaan yang diperoleh merupakan sifat dari bahan yang diuji. Untuk mendapatkan gambaran umum persamaan, maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap jenis bahan yang berbeda.
2. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan , karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi nilai fas yang berbeda dan penggunaan sampel benda uji yang lebih banyak.
4. Untuk penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan tekstur dan kekuatan dari agregat kasar agar diperoleh hasil spesifikasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aloysius dan Dwivernia M, 2002, **Desain Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Mekanistik Empiris**, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Bandung, <http://alloysius@home.unpar.ac.id>,
- Anonim. 1980, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia**, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Bandung.
- Anonim. 2001, **Statistika**, Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya Malang.
- Anonim. 1980, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia**, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Bandung.
- Anonim. 2004, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia**, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Bandung.
- Arthur Wignall, Peter S, Roy Ancill, 1999, **Proyek Jalan**, Erlangga, Edisi ke Empat, Jakarta, 2003.
- Daryanto, 1994, **Mekanika Bangunan**. Bumi Aksara, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, **Perkerasan Beton Semen**, SNI Divisi 7seksi 7.16 Edisi revisi, www.pu.go.id/satminkal/balitbang/sni
- Dipohusodo Istimiwan, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT Gramedia, Pustaka Utama, Jakarta.
- Hamka, 2004, **Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen**, Politeknik Ambon, 2004.
- [http://Civil Engineering.blogspot.com](http://CivilEngineering.blogspot.com), 2009, **Perkerasan Beton Semen**, Mozilla Fire Fox.
- [http://Semen Tonasa.com](http://SemenTonasa.com), 2009, **Semen Portland**, Mozilla Fire Fox.

I Made Alit Karmawan Salain, , 2007, **Perbandingan Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Yang Menggunakan Semen Portland Pozzolan Dengan Yang Menggunakan Semen Portland Tipe I**, Tugas Akhir Jenjang S-1 Universitas Udayana, Bali, Mozilla Fire Fox.

Kardiyono, Tjokrodimulyo, 1992, **Teknologi Beton**, Biro Penerbit, Jogjakarta.

Mulyono, T.2003. **Teknologi Beton**, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Jakarta .

Nawy, E.G, 1990, "**Reinforce Concrete a Fundamental Approach**", Terjemahan, Cetakan Pertama, Bandung.

Neville, A.M, 1990, "**Properties of Concrete**", Third Edition, USA.

Nugraha Paul, Antoni, 2007, **Teknologi Beton**, Andi, Yogyakarta

Nugroho, 1983, **Teknologi Beton** Andi, Yogyakarta.

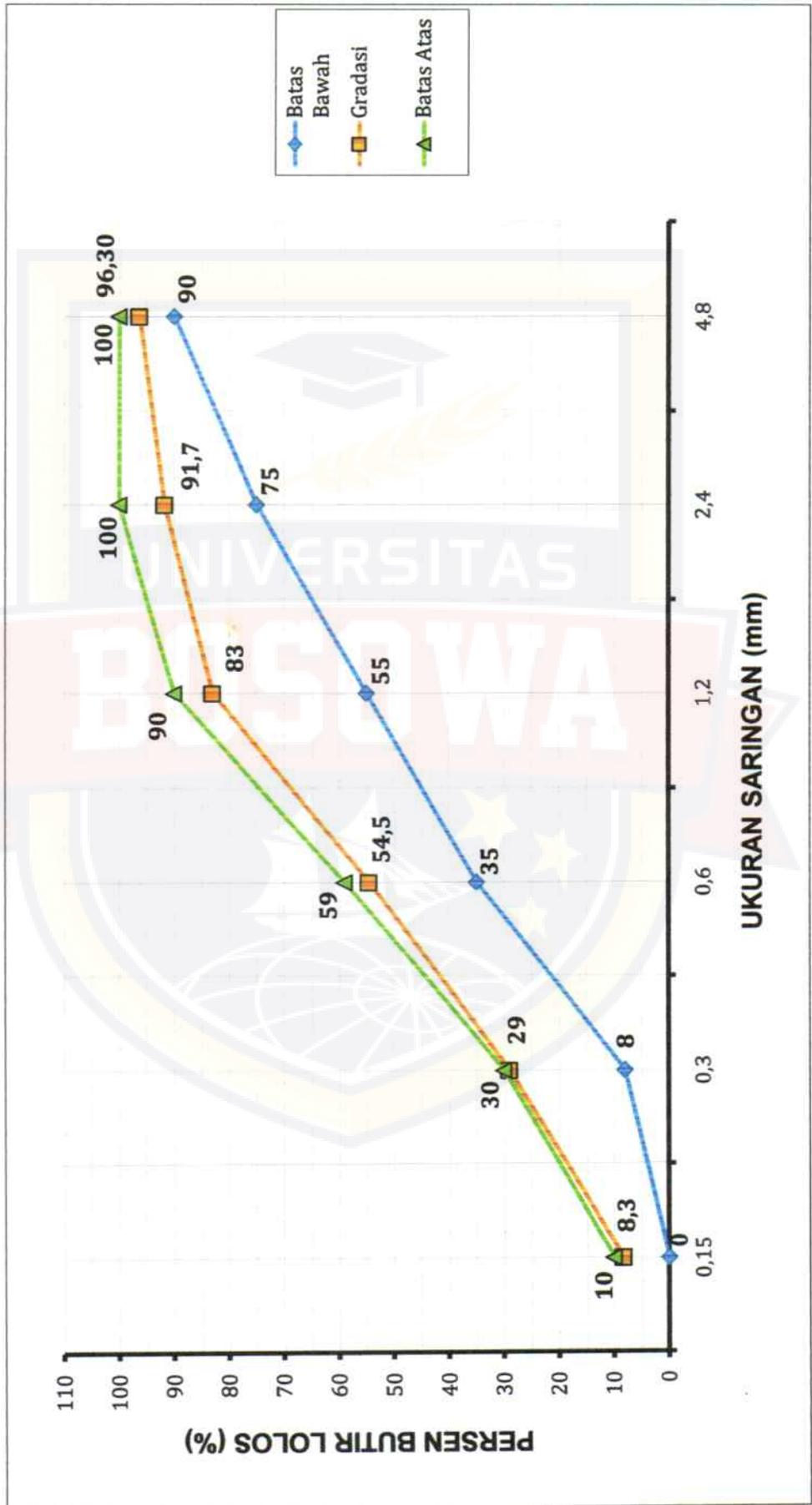
Rauf R, 2009, Perbandingan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan **Menggunakan Semen Type OPC Dan PCC** ". Tugas Akhir Jenjang S-1, Universitas "45" Makassar.

Richard, Harry Patmadjaja et al, Suhartono, Fransisca, 2001, **Penelitian Pendahuluan Penggunaan Benda Uji Kubus Beton Pada Perkerasan Lentur Type Cement Treated Base (Ctb)**, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Yogyakarta
<http://puslit.petra.ac.id/journals/civil>.

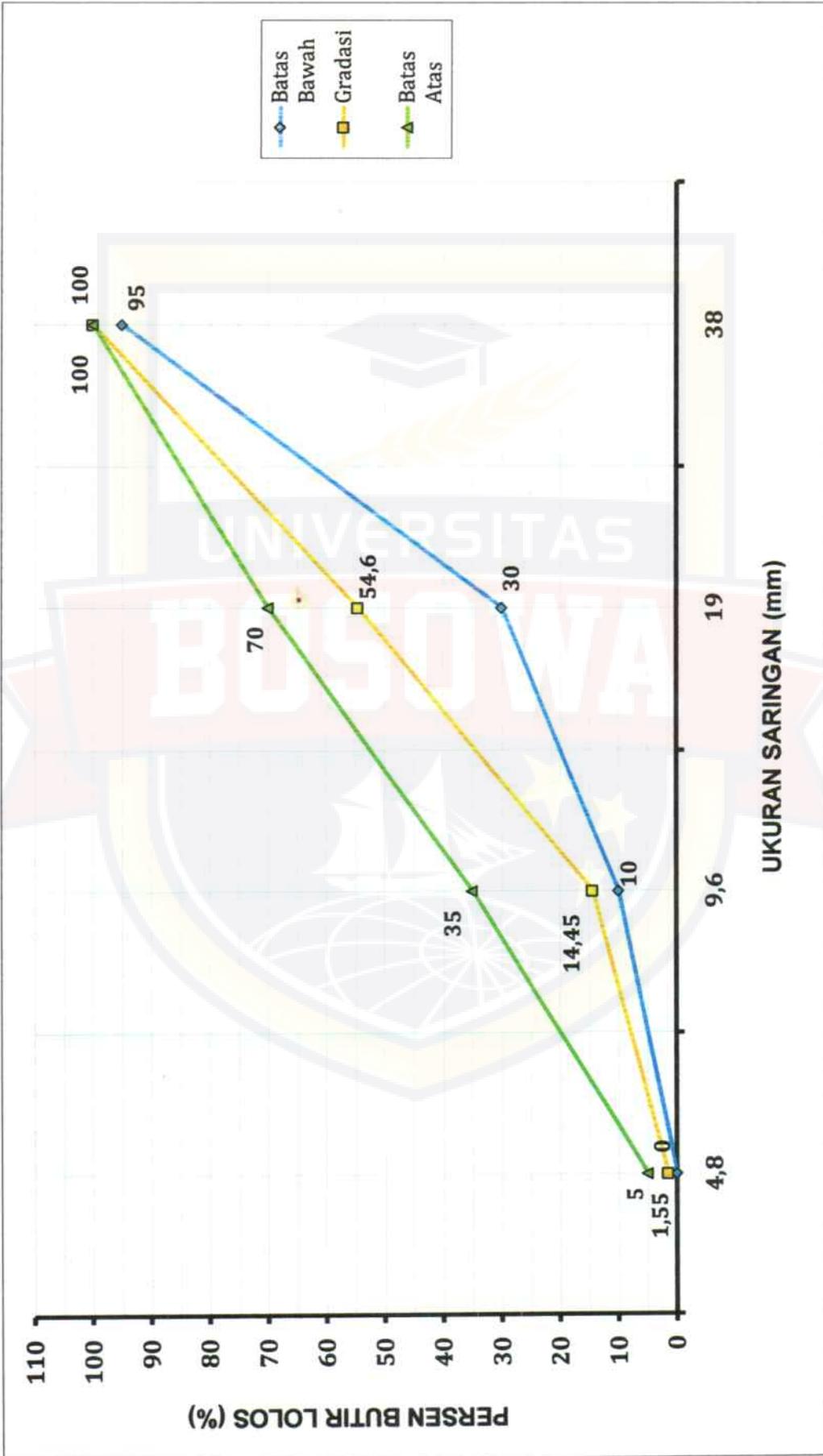


LAMPIRAN

GRAFIK GRADASI AGREGAT HALUS
(ZONA II, SK SNIT-15-1990-03)



GRAFIK GRADASI AGREGAT KASAR



**Tabel M-2 PENGGABUNGAN AGREGAT
(CARA ANALITIS)**

TABEL LOLOS SARINGAN AGREGAT

NO AYAKAN	DIAMETER (mm)	Y _p	Y _k	Y _{ZIN 1}	Y _{ZIN 2}
1 1/2	38	100	100	100	100
3/4	19	100	54,6	50	75
3/8	9,6	100	14,5	36	60
4	4,8	96,3	1,55	24	47
8	2,4	91,7	0	18	38
16	1,2	83,00	0	12	30
30	0,6	54,5	0	7	25
50	0,3	29	0	3	15
100	0,15	8,3	0	0	5

$$Y_{zin 1} = a_1 \cdot Y_{pasir} + (1-a_1) \cdot Y_{kerikil}$$

$$Y_{zin 2} = a_2 \cdot Y_{pasir} + (1-a_2) \cdot Y_{kerikil}$$

Perhitungan saringan 1 1/2 :

$$a_1 = \frac{(Y_{zin 1} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(100 - 100)}{(100 - 100)} \cdot 100$$

$$= 100\%$$

$$a_2 = \frac{(Y_{zin 2} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(100 - 100)}{(100 - 100)} \cdot 100$$

$$= 100\%$$

Perhitungan saringan 3/4 :

$$a_1 = \frac{(Y_{zin 1} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(50 - 54,60)}{(100 - 54,60)} \cdot 100$$

$$= -10,13\%$$

$$a_2 = \frac{(Y_{zin 2} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(75 - 54,60)}{(100 - 54,60)} \cdot 100$$

$$= 44,93\%$$

Perhitungan saringan 3/8 :

$$a_1 = \frac{(Y_{zin 1} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(36 - 14,50)}{(100 - 14,50)} \cdot 100$$

$$= 25,15\%$$

$$a_2 = \frac{(Y_{zin 2} - Y_{kerikil})}{(Y_{pasir} - Y_{kerikil})} \cdot 100$$

$$= \frac{(60 - 14,50)}{(100 - 14,50)} \cdot 100$$

$$= 53,22\%$$

Perhitungan sarigan 4 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (24 - 1.55) / (96.30 - 1.55) * 100 \\ &= 23,69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (47 - 1.55) / (96.30 - 1.55) * 100 \\ &= 47,97\% \end{aligned}$$

Perhitungan sarigan 8 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (18 - 0) / (91,70 - 0) * 100 \\ &= 19,63\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (38 - 0) / (91,70 - 0) * 100 \\ &= 41,44\% \end{aligned}$$

Perhitungan sarigan 16 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (12 - 0) / (83,00 - 0) * 100 \\ &= 14,46\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (30 - 0) / (83,00 - 0) * 100 \\ &= 36,14\% \end{aligned}$$

Perhitungan sarigan 30 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (7 - 0) / (54,50 - 0) * 100 \\ &= 12,84\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (25 - 0) / (54,50 - 0) * 100 \\ &= 45,87\% \end{aligned}$$

Perhitungan sarigan 50 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (3 - 0) / (29,00 - 0) * 100 \\ &= 10,34\% \end{aligned}$$

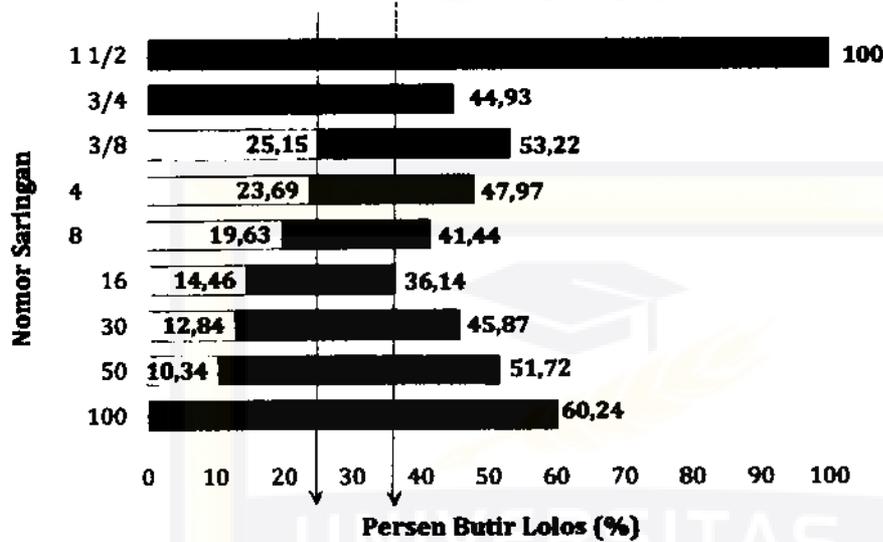
$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (15 - 0) / (29,00 - 0) * 100 \\ &= 51,72\% \end{aligned}$$

Perhitungan sarigan 100 :

$$\begin{aligned} a1 &= (Y_{izin\ 1} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (0 - 0) / (8.30 - 0) * 100 \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a2 &= (Y_{izin\ 2} - Y_{keritik}) / (Y_{pesir} - Y_{keritik}) * 100 \\ &= (5 - 0) / (8.30 - 0) * 100 \\ &= 60,24\% \end{aligned}$$

Gambar III-2 Penggabungan Agregat



$$25,15 > a > 36,14$$

Prosentase agregat gabungan:

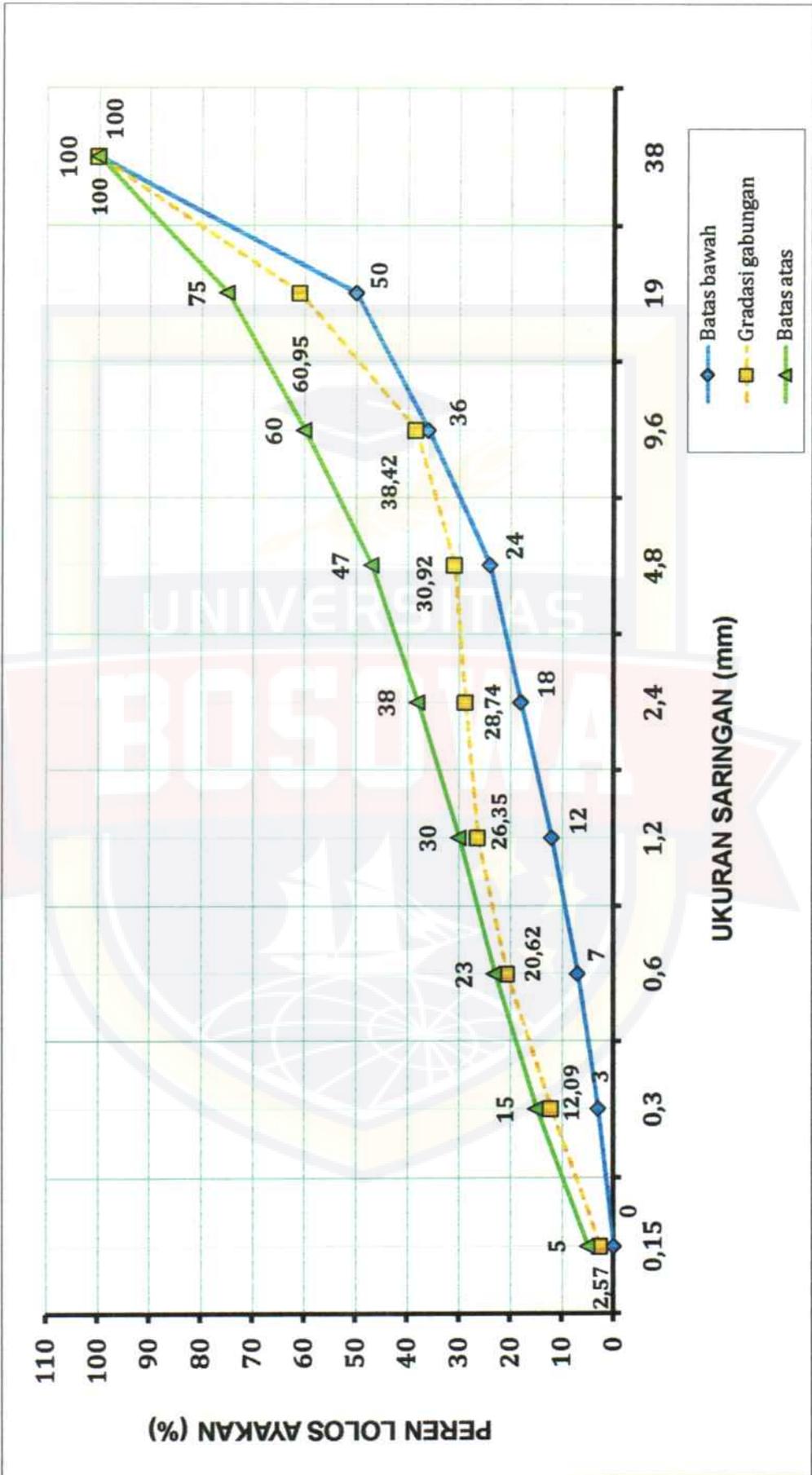
$$\text{Pasir} = \frac{25,15 + 36,14}{2} = 30,65 \sim 31$$

$$\text{Kerikil} = 100 - 30,65 = 69,4 \sim 69$$

Tabel III-3 PENGGABUNGAN AGREGAT

No. Saringan	Lolos		Penggabungan		Kombinasi %	Gradasi
	Pasir	Kerikil	Pasir 31%	Kerikil 69%		
1 1/2	100	100	31	69	100	100
3/4	100	43,4	31	29,95	60,95	50 - 75
3/8	100	10,75	31	7,418	38,42	36 - 60
4	96,3	1,55	29,853	1,07	30,92	24 - 47
8	92,7	0	28,737	0	28,74	18 - 38
16	85,00	0	26,35	0	26,35	12 - 30
30	66,5	0	20,615	0	20,62	7 - 25
50	39	0	12,09	0	12,09	3 - 15
100	8,3	0	2,573	0	2,57	0 - 5

**GRADASI GABUNGAN UKURAN
MAKSIMUM 38 mm**





Proyek : Penelitian
 Lokasi : Lab. Struktur Unhas
 Hari/Tgl : Selasa, 27 April 2010

Bahan Uji : Silinder
 Alat : Mesin Uji Tekan
 Diperiksa : Rahman Winda

Tabel Hasil Uji Kuat Tekan Silinder Umur 28 Hari

variasi	No	Slam (cm)	Berat (Kg)	Luas (cm ²)	Beban P (KN)	Beban P (KG)	Beban BEBAN (Kg/cm ²)	Kuat Tekan σ (Kg/cm ²)	Kuat tekan (σ_{bm}) (Kg/cm ²)
KS-1	1	7,5	12,2	176,625	450	45000	254,777	254,777	334,041
	2		12,385	176,625	560	56000	317,056	317,056	
	3		12,345	176,625	720	72000	407,643	407,643	
	4		12,36	176,625	630	63000	356,688	356,688	
KS-2	1	7	12,195	176,625	610	61000	345,364	345,364	389,243
	2		12,55	176,625	770	77000	435,952	435,952	
	3		12,37	176,625	630	63000	356,688	356,688	
	4		12,48	176,625	740	74000	418,967	418,967	
KS-3	1	5	12,12	176,625	770	77000	435,952	435,952	438,783
	2		12,035	176,625	830	83000	469,922	469,922	
	3		12,035	176,625	760	76000	430,290	430,290	
	4		12,13	176,625	740	74000	418,967	418,967	

Makassar, April 2010

Mengetahui
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan
 Ub Staf Pelaksana

(Signature)
 Peneliti,
 (Winda) (Rahman)

(Signature)
 (Sudirman)



Proyek : Penelitian
 Lokasi : Lab. Struktur Unhas
 Hari/Tgl : Selasa, 27 April 2010

Bahan Uji : Balok
 Alat : Mesin Uji Lentur
 Diperiksa : Rahman Winda

Tabel Hasil Uji Kuat Lentur Balok Umur 28 Hari

variasi No	Slam (cm)	Berat (Kg)	b.d ² (cm ²)	Beban P (KN)	Beban P (Kg)	Kuat Lentur P . L/b.d ² (Kg/cm)	Kuat lentur Rata-rata (Kg/cm)
KS-1	7,5	10,33	1000	14,0	1400,000	49,000	45,9440
		9,99	1020	12,5	1250,000	42,892	
KS-2	7	9,705	1040	14,0	1400,000	47,115	49,799
		10,025	1000	15,0	1500,000	52,500	
KS-3	5	10,18	1020	15,5	1550,000	53,186	55,199
		10,58	1040	17,0	1700,000	57,212	

Makassar, April 2010

Mengetahui
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan
 Ula Staf Pelaksana



(Sudirman)

Peneliti,



(Winda)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA Tlp. (0411) 587638 FAX (0411) 587636

Proyek : Penelitian Material : Pasir
Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Diperiksa : Winda
Hari/Tgl : Jumat, 26 Maret 2010 : Rahman

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

BERAT MULA-MULA PASIR = 1000 gr

NO SARINGAN	DIAMETER SARINGAN	TERTAHAN (gr)	TERTAHAN (%)	TERTAHAN KOMULATIF (%)	LOLOS (%)
#4	4,8	37,00	3,70	3,70	96,30
#8	2,4	46,00	4,60	8,30	91,70
#16	1,2	87,00	8,70	17,00	83,00
#30	0,6	285,00	28,50	45,50	54,50
#50	0,3	255,00	25,50	71,00	29,00
#100	0,15	207,00	20,70	91,70	8,30
PAN	-	83,00	8,30	100,00	0,00
JUMLAH		1000	100		

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus kehalusan Pasir} &= \frac{\% \text{ tertahan komulatif} > \text{saringan } 0.15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{91,70 + 71,00 + 45,50 + 17,00 + 8,30 + 3,70}{100} \\
 &= \frac{237,20}{100} \\
 &= 2,37 \%
 \end{aligned}$$

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

Peneliti,

(Sudirman)

(Winda) (Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA Tlp. (0411) 587636 FAX (0411) 587636

Proyek : Penelitian Material : Bt. Pecah
Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Diperiksa : Winda
Hari/Tgl : Jumat, 26 Maret 2010 : Rahman

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

BERAT MULA BATU PECAH = 2000 gr

NO SARINGAN	DIAMETER SARINGAN	TERTAHAN (gr)	TERTAHAN (%)	TERTAHAN KOMULATIF (%)	LOLOS (%)
1 1/2	38	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	19	908,00	45,40	45,40	54,60
3/8	9,6	803,00	40,15	85,55	14,45
#4	4,8	258,00	12,90	98,45	1,55
PAN		31,00	1,55	100,00	0,00
JUMLAH		2000	100		

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus kehalusan Batu Pecah} &= \frac{\% \text{ tertahan komulatif saringan } 0.15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{5 * (100) + 98,45 + 85,55 + 45,40 + 0}{100} \\
 &= \frac{729,40}{100} \\
 &= 7,29 \%
 \end{aligned}$$

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

Peneliti,

(Sudirman)

(Winda) (Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP.(0422)587636,FAX(0411)587636

Proyek : Penelitian

Material : Pasir

Lokasi : Lab. Struktur UNHAS

Diperiksa : Winda

Hari/Tgl : Kamis, 25 Maret 2010

: Rahman

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT HALUS**

KODE	NO. PEMERIKSAAN	Hail Percobaan
A	Berat piknometer (gr)	171
B	berat contoh SSD udara (gr)	500
C	Piknometer + air + SSD (gr)	1086
D	piknometer + air (gr)	769
E	Berat contoh kering (gr)	490
F	Apparent spesifik grafiti :	E
		$(E + D) - C$
G	Bulk Spesifik Grafiti On Dry Base	E
		$(B + D) - C$
H	Bulk Spesifik Grafiti SSD	B
		$(B + D) - C$
I	% Water Absorbtion :	B-E
		E

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

(Sudirman)

Peneliti

(Winda) (Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP.(0422)587636,FAX(0411)587636

Proyek : Penelitian Material : Bt. Pecah
 Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Peneliti : Winda
 Hari/Tgl : Kamis, 25 Maret 2010 : Rahman

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT KASAR**

KODE	NO. PEMERIKSAAN	NOTASI	Hasil Percobaan
A	Berat contoh SSD di udara (gr)		3000
B	Berat contoh SSD di air(gr)		1895
C	Berat contoh kering (gr)		2915
D	Berat Jenis Semu (Apparent spesific graffy)	C/C-B	2,86
E	Berat Jenis Curah (Bulk Specific On Dry Basic)	C/A-B	2,64
F	Berat Jenis Jenuh Permukaan Kering (Bulk Specifik Graffy SSD Basic)	A/A-B	2,71
G	% Water Absorbtion :	A-C/C	2,916

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

(Sudirman)

Peneliti

(Winda) (Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0422)587636, FAX (0411)587636

Proyek : Penelitian Material : Pasir
Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Peneliti : Winda
Hari/Tgl : Rabu, 24 Maret 2010 : Rahman

PENGUJIAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG

KODE	NOMOR PERCOBAAN	BERAT
A	Berat kering contoh semula (gram)	500
B	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan no 200 (gram)	481
C	Kadar lumpur : $(A - B) / B \times 100 \%$	3,95%

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

Peneliti

(Sudifman)

(Winda)

(Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0422)587636, FAX (0411)587638

Proyek : Penelitian Material : Batu Pecah
Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Peneliti : Winda
Hari/Tgl : Rabu, 24 Maret 2010 : Rahman

PENGUJIAN KADAR LUMPUR DAN LEMPUNG

KODE	NOMOR PERCOBAAN	BERAT
A	Berat kering contoh semula (gram)	1000
B	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan no 200 (gram)	990
C	Kadar lumpur : $(A - B) / B \times 100 \%$	1,01%

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana

(Sudirman)

Peneliti

(Winda)

(Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0422)587636, FAX (0411)587636

Proyek : Penelitian Material : Batu Pecah
Lokasi : Lab. Struktur UNHAS Peneliti : Winda
Hari/Tgl : Kamis, 25 Maret 2010 : Rahman

LOS ANGLES ABRATION TEST

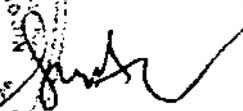
GRADASI PEMERIKSAAN		BERAT AGREGAT			
SARINGAN		I		II	
LOLOS	TERTAHAN	A	B	C	D
1"	3/4"		2500		
3/4"	1/2"		2500		
TOTAL		500	5000	500	500
JUMLAH BOLA BAJA		12	11	8	6
BERAT TERTAHAN #12			3652		

SEBELUM A = 5000 gr

SESUDAH B = 3652 gr

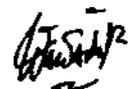
$$\begin{aligned} \text{KEAUSAN} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 3652}{5000} \times 100\% = 26,96\% \end{aligned}$$

Mengetahui
Uji Stat Pelaksana


 (Sudirman)

Makassar, April 2010

Peneliti,



 (Winda) (Rahman)



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0422)587636, FAX (0411)587636

Proyek	Penelitian	Material	: Pasir
Lokasi	Lab. Struktur Bahan	Peneliti	: Rahman
Hari/Tgl	Rabu, 24 Maret 2010		: Winda

PEMERIKSAN KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS

Pada pemeriksaan standar warna menunjukkan warna no. 3, sehingga dapat di simpulkan bahwa kadar organik pada pasir tersebut tergolong rendah, sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Makassar, April 2010

Mengetahui
Ub. Staf Pelaksana


(Sudirman)

Peneliti


(Winda)


(Rahman)



Semen Portland Tipe I (OPC)



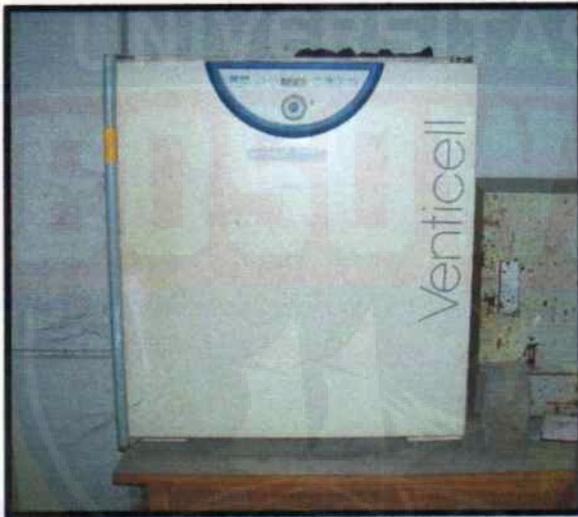
Saringan



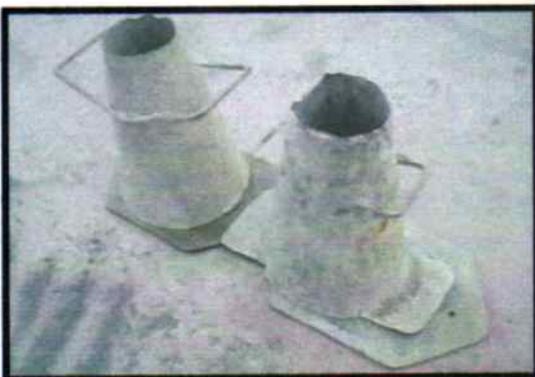
Mesin Penggetar Saringan



Timbangan



Oven



Kerucut Abram's



Tongkat Baja



Mesin Los Angeles



Cetakan Balok



Cetakan Silinder Beton



Mesin Uji Kuat Tekan Beton



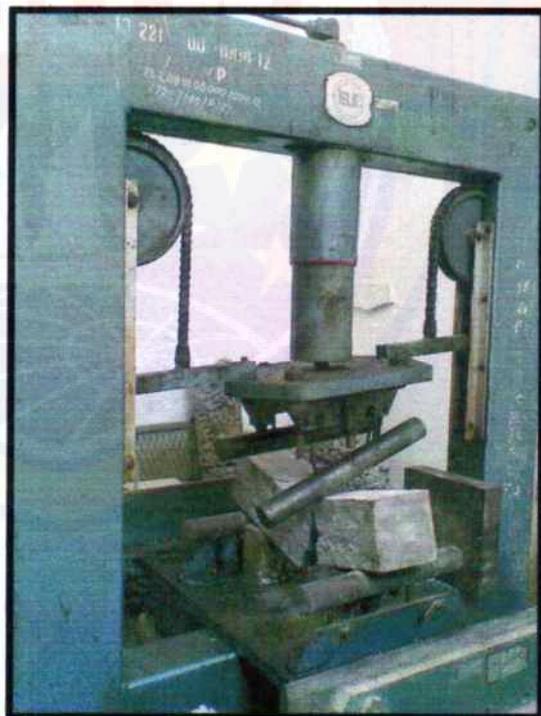
Mesin Uji Kuat Lentur Beton



Tempat Perendaman Benda uji



Proses Uji Kuat Tekan Beton



Proses Uji Kuat Lentur Beton



Retak Yang Terjadi Akibat Uji Kuat Tekan Beton



Patahan Yang Terjadi Akibat Uji Kuat Lentur Beton