

| | |
|-----------------------|------------------|
| PERPUSTAKAAN FTSP UII | |
| HADIAH/BELI | |
| TGL. TERIMA : | 29 Februari 2007 |
| NO. JUDUL : | 02 285 |
| NO. INV. : | Q2000285001 |
| NO. INDUK. : | |

TUGAS AKHIR

**PERILAKU MEKANIK *PAVING BLOCK* DENGAN
BAHAN TAMBAH LIMBAH KATALIS SEBAGAI
PENGANTI SEBAGIAN SEMEN**



Disusun oleh :

NAMA : DEDEN RUDIANTO

NO. MHS : 02 511 003

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

2006

K.
691.9607
Kud
P
1

xvi, 78 : Gild : Camp : 08

- Po. bdr
- Babu Girdet / Cat
- Paving block -
- Judul

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PERILAKU MEKANIK *PAVING BLOCK* DENGAN
BAHAN TAMBAH LIMBAH KATALIS SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN



Disusun oleh :

NAMA : DEDEN RUDIANTO

NO. MHS : 02 511 003

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Susastrawan', written over a horizontal line.

Tanggal : 9 - 10 - 2006

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, yang kita nantikan safaatnya diakhirat nanti, Amin.

Laporan Tugas Akhir ini sesuai dengan kurikulum yang ada di lingkungan jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta yang merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang kesarjanaaan Strata 1 dengan judul “ PERILAKU MEKANIK *PAVING BLOCK* DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH KATALIS SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN”.

Harapan penyusun dengan adanya penelitian ini mampu merangsang kreasi ilmiah yang bermanfaat untuk perkembangan dan kemajuan umat.

Selama penyelesaian Tugas Akhir dan menyusun laporan, penyusun banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu sebagai rasa hormat penyusun terhadap pihak-pihak yang mempunyai andil atas terlaksananya penelitian sampai dengan selesainya laporan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Ruzardi, selaku Dekan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
3. Ayah dan Ibu yang telah dengan sabar memberi dukungan, doa dan dorongan motifasi yang tak habis-habisnya,
4. Adik-adikku tersayang, Ani Nuraeni, Fitri Marlinda dan Daniel Priyanto terima kasih atas dukungannya,
5. Nuniek Yuliani Imaniah yang senantiasa memberi dukungan, doa dan dorongan motifasi,
6. Selurus personil F-CIVIL 02, komunitas yang paling kompak dan rasa persaudaraan yang telah terjalin dengan baik.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi perbaikan Tugas Akhir ini agar lebih baik.

Akhirnya penyusun berharap semoga laporan ini sedikit banyak dapat bermanfaat dan mempunyai kontribusi yang positif dalam perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, Oktober 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR SIMBOL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Tinjauan Umum..... | 6 |
| 2.2 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan | 8 |

| | |
|--|--------|
| BAB III LANDASAN TEORI | 9 |
| 3.1 Tinjauan Umum..... | 9 |
| 3.2 Material Penyusun <i>Paving Block</i> | 10 |
| 3.2.1 Semen <i>Portland</i> | 10 |
| 3.2.2 Agregat | 15 |
| 3.3.3 Air | 16 |
| 3.3 Bahan Kimia Tambahan | 17 |
| 3.4 Kajian Limbah Katalis | 19 |
| 3.5 Perencanaan Campuran <i>Paving Block</i> | 20 |
| 3.6 Proses Pengolahan <i>Paving Block</i> | 33 |
| 3.7 Kuat Desak <i>Paving Block</i> | 34 |
| 3.8 Kuat Geser <i>Paving Block</i> | 35 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | 36 |
| 4.1 Tinjauan Umum | 36 |
| 4.2 Bahan dan Alat | 37 |
| 4.2.1 Bahan Susun | 37 |
| 4.2.2 Peralatan | 37 |
| 4.3 Pemeriksaan Material yang Akan Digunakan | 38 |
| 4.3.1 Analisis Gradasi Pasir (Modulus Halus Butir) | 38 |
| 4.3.2 Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pada Pasir | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Model Benda Uji | 40 |
| 4.4.1 Model Benda Uji Untuk Uji Desak | 40 |
| 4.4.2 Model Benda Uji Untuk Uji Geser | 41 |
| 4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji | 42 |
| 4.5.1 Pembuatan Benda Uji | 42 |
| 4.5.2 Perawatan Benda Uji | 42 |
| 4.6 Pengujian Benda Uji | 43 |
| 4.6.1 Uji Desak <i>Paving Block</i> | 43 |
| 4.6.2 Uji Geser <i>Paving Block</i> | 43 |
| 4.7 Perhitungan Campuran <i>Paving Block</i> | 44 |
| | |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN | 50 |
| 5.1 Hasil Penelitian | 50 |
| 5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Kasar..... | 50 |
| a. Modulus Halus Butir | 50 |
| b. Berat Jenis | 51 |
| 5.1.2 Kuat Desak <i>Paving Block</i> | 51 |
| 5.1.3 Kuat Geser <i>Paving Block</i> | 57 |
| 5.2 Pembahasan Hasil Penelitian | 62 |
| 5.2.1 Agregat Halus dan Kasar..... | 64 |
| a. Modulus Halus Butir | 64 |
| b. Berat Jenis Agregat | 65 |

| | |
|--|--------|
| 5.2.2 Kuat Desak <i>Paving Block</i> | 66 |
| 5.2.3 Kuat Geser <i>Paving Block</i> | 70 |
| 5.3 Tinjauan Perbandingan Terhadap Penelitian Lainnya | 73 |
| 5.3.1 Penelitian Mengenai Pengaruh Penambahan Limbah Katalis Hasil Penyulingan Minyak Bumi (<i>Spent Catalyst</i>) Terhadap Kuat Desak Beton | 73 |
| 5.3.2 Penelitian Mengenai Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah Katalis Hasil Penyulingan Minyak Bumi (<i>Spent Catalyst</i>) Terhadap Kuat Desak Beton | 74 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 76 |
| 6.1 Kesimpulan | 76 |
| 6.2 Saran | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA | 78 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Hasil pengukuran komposisi kimia <i>spent catalyst</i> | 7 |
| Tabel 3.1 | Unsur-unsur utama penyusun semen..... | 12 |
| Tabel 3.2 | Prosentasi komposisi unsur kimia semen <i>Portland</i> | 13 |
| Tabel 3.3 | Hasil pengukuran komposisi kimia <i>spent catalyst</i> | 20 |
| Tabel 3.4 | Faktor pengali deviasi standar..... | 21 |
| Tabel 3.5 | Tingkat pengendalian pekerjaan..... | 21 |
| Tabel 3.6 | Nilai kuat tekan beton | 24 |
| Tabel 3.7 | Kebutuhan air per meter kubik beton..... | 26 |
| Tabel 3.8 | Kandungan semen minimum untuk beton bertulang dalam air..... | 27 |
| Tabel 3.9 | Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat | 28 |
| Tabel 3.10 | Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus | 29 |
| Tabel 3.11 | Gradasi pasir | 30 |
| Tabel 4.1 | Peralatan yang digunakan dalam penelitian | 38 |
| Tabel 4.2 | Kebutuhan bahan susun <i>paving block</i> untuk uji desak dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen | 48 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabel 4.3 | Kebutuhan bahan susun <i>paving block</i> untuk uji desak dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen..... | 48 |
| Tabel 4.4 | Kebutuhan bahan susun <i>paving block</i> untuk tegangan geser dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen | 49 |
| Tabel 4.5 | Kebutuhan bahan susun <i>paving block</i> untuk tegangan geser dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen | 49 |
| Tabel 5.1 | Data pemeriksaan modulus halus butir | 50 |
| Tabel 5.2 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%..... | 52 |
| Tabel 5.3 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10%..... | 53 |
| Tabel 5.4 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15%..... | 53 |
| Tabel 5.5 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20%..... | 54 |
| Tabel 5.6 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25%..... | 54 |
| Tabel 5.7 | Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10%..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Tabel 5.8 Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15%..... | 55 |
| Tabel 5.9 Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20%..... | 56 |
| Tabel 5.10 Kuat desak <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25%..... | 56 |
| Tabel 5.11 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%..... | 58 |
| Tabel 5.12 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10%..... | 58 |
| Tabel 5.13 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15%..... | 59 |
| Tabel 5.14 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20%..... | 59 |
| Tabel 5.15 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah <i>spent catalyst</i> sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25%..... | 60 |
| Tabel 5.16 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10%..... | 60 |
| Tabel 5.17 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15% | 61 |
| Tabel 5.18 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20%..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Tabel 5.19 Kuat geser <i>paving block</i> dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25%..... | 62 |
| Tabel 5.20 Standar kuat tekan <i>paving block</i> | 64 |
| Tabel 5.21 Kuat desak <i>paving block</i> untuk setiap variasi <i>spent catalyst</i> dan abu batu..... | 66 |
| Tabel 5.22 Kuat geser <i>paving block</i> untuk setiap variasi <i>spent catalyst</i> dan abu batu | 70 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 3.1 Grafik untuk mendapatkan nilai faktor air semen..... | 23 |
| Gambar 3.2 Grafik untuk mencari nilai faktor air semen..... | 25 |
| Gambar 3.3 Grafik untuk menentukan prosentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan | 31 |
| Gambar 3.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis campuran dan Beton | 32 |
| Gambar 5.1 Grafik hubungan antara kuat tekan <i>paving block</i> dengan variasi <i>spent catalyst</i> dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen | 67 |
| Gambar 5.1 Grafik hubungan antara kuat geser <i>paving block</i> dengan variasi <i>spent catalyst</i> dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen | 71 |

DAFTAR SIMBOL

| | |
|----------------|---|
| A | Luas permukaan benda uji <i>paving block</i> yang menerima beban langsung |
| σ'_{b1} | Tegangan kuat desak satu benda uji <i>paving block</i> |
| P | Beban maksimum yang diterima benda uji |
| Vu | Tegangan geser satu benda uji |
| Vur | Tegangan geser rata-rata benda uji |
| An | Luas permukaan benda uji |
| N | Jumlah benda uji |
| $\sum Vu$ | Jumlah tegangan geser total |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Lembar konsultasi
- Lampiran 2** Hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir
- Lampiran 3** Hasil pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil
- Lampiran 4** Hasil pemeriksaan butiran yang lewat ayakan no.200
(uji kandungan lumpur dalam pasir)
- Lampiran 5** Hasil pemeriksaan berat isi gembur agregat halus
- Lampiran 6** Hasil pemeriksaan berat isi gembur agregat kasar
- Lampiran 7** Data modulus halus butir (MHB) agregat halus
- Lampiran 8** Foto penelitian

INTISARI

Pemanfaatan *spent catalyst* dalam campuran *paving block* merupakan salah satu upaya untuk menghasilkan *paving block* yang diharapkan secara ekonomis dan berkualitas. Dengan pemanfaatan *spent catalyst* diharapkan tercapai dua hal yaitu penyelamatan lingkungan dan kualitas ekonomis yang semakin baik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *spent catalyst* pada campuran bahan susun *paving block* dan mengetahui pengaruh persentase penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen secara kualitas dan secara ekonomis. Dalam penelitian ini digunakan lima variasi untuk masing-masing *paving block* dengan empat tipe menggunakan penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen 10% sampai 25% dengan interval 5%, dan *paving block* tanpa campuran *spent catalyst* dengan jumlah sampel 5 buah untuk tiap tipe.

Penggantian sebagian semen dengan *spent catalyst* memberikan hasil kuat desak dan kuat geser yang semakin menurun, hal ini disebabkan karena *spent catalyst* tidak mempunyai sifat hidrolis (bereaksi jika dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, walaupun *spent catalyst* memiliki bentuk dan komposisi kimia yang hampir sama dengan semen, sehingga penambahan *spent catalyst* dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kekuatan *paving block* baik kuat desak maupun kuat gesernya.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang industri tidak hanya memiliki implikasi yang positif akan tetapi juga memiliki implikasi yang negatif. Semakin berkembangnya kegiatan industri dan aktivitas lainnya akan membawa konsekuensi yang luas termasuk timbulnya bahan limbah yang dihasilkan. Begitu pula dalam hal perkembangan teknologi di bidang konstruksi, yang tidak pernah lepas dari upaya penciptaan alternatif teknologi yang cukup inovatif. Usaha yang serius terhadap upaya perkembangan teknologi yang inovatif perlu didukung oleh beberapa penelitian. Penelitian yang didasarkan pada penggunaan teknologi sederhana yang memanfaatkan sumber daya lokal termasuk pemanfaatan limbah industri belumlah banyak dilakukan. Oleh karena itu, agar limbah dari beberapa proses industri tidak menimbulkan dampak negatif, maka perlu pengelolaan yang lebih baik dengan memanfaatkan kembali secara optimal, tepat dan bijaksana. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan kegunaannya sebagai bahan bangunan. Pengembangan bahan bangunan dari limbah ini selain dapat menunjang kebutuhan pembangunan juga dapat memecahkan masalah lingkungan.

Pemanfaatan limbah industri di Indonesia belumlah maksimal, masih diperlukan pengkajian yang mendalam dan lebih teliti yang nantinya dapat memberikan suatu masukan yang cukup positif dalam pemanfaatan limbah industri.

Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan adalah limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dari unit 15 RCC (*Residue Catalitic Cracking*) Pertamina UP VI Balongan. Limbah katalis yang dihasilkan terdiri dari *spent catalyst* (limbah padat) dan *fresh catalyst* (limbah cair). Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan adalah *spent catalyst*. Penggunaan *spent catalyst* sebagai salah satu alternatif untuk menghemat penggunaan bahan bangunan khususnya semen, ini dikarenakan adanya kesamaan unsur-unsur *spent catalyst* dengan unsur-unsur pembentuk semen. Menurut hasil penelitian yang dilakukan di Amerika dan Australia, limbah katalis bekas yang dihasilkan oleh RCC (*Residue Catalitic Cracking*), tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan dalam jumlah yang cukup, maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah adukan beton.

Untuk itu diperlukan suatu penelitian guna menghasilkan produk inovatif dibidang konstruksi yaitu dalam perencanaan adukan beton khususnya untuk pengembangan bahan bangunan dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen serta pengaruhnya pada perilaku mekanik *paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Unsur-unsur penyusun *spent catalyst* sebagian besar merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : alumina, silika dan kalsium. Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun *spent catalyst* dengan unsur-unsur penyusun semen, sehingga *spent catalyst* dapat digunakan sebagai bahan tambah adukan beton (semen). Melihat tingginya kandungan silika pada *spent catalyst*, memungkinkan penggunaannya untuk meningkatkan kualitas *paving block*. Untuk itulah penelitian tentang pengaruh penggunaan *spent catalyst* pada *paving block* sebagai pengganti sebagian semen dilakukan dengan memvariasikan kandungan *spent catalyst* terhadap kuat desak dan kuat geser *paving block*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *spent catalyst* yang berfungsi sebagai pengganti sebagian semen terhadap perilaku mekanik *paving block*. Apakah dengan penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen pada campuran *paving block* dapat meningkatkan kualitas *paving block* atau sebaliknya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mampu menghasilkan alternatif bahan bangunan yang ramah lingkungan,
2. Penggunaan *spent catalyst* sebagai salah satu alternatif untuk menghemat penggunaan bahan bangunan khususnya semen, sehingga dihasilkan *paving*

block yang diharapkan secara ekonomis dan berkualitas berdasarkan standar kuat tekan *paving block* (SNI 03-0691-1996),

3. Pemanfaatan *spent catalyst* tentunya akan mengurangi biaya pengelolaan *spent catalyst* PERTAMINA UP VI, yang sebaliknya mendatangkan keuntungan,
4. Dengan pemakaian *spent catalyst* diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pemanfaatan limbah katalis sehingga akan memiliki nilai lebih terutama dalam memecahkan masalah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah sesuai dengan yang diharapkan, maka permasalahannya perlu dibatasi sebagai berikut :

1. penggunaan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen pada campuran adukan beton kering dibatasi dengan perbandingan berat (0% SC : 100% PC), (10% SC : 90% PC), (15% SC : 85% PC), (20% SC : 80% PC) dan (25% SC : 75% PC),
2. sebagai perbandingan kuat tekan dan kuat geser *paving block* dibuat sampel *paving block* dengan campuran abu batu dengan perbandingan berat (10% AB : 90% PC), (15% AB : 85% PC), (20% AB : 80% PC) dan (25% AB : 75% PC),
3. agregat halus yang digunakan adalah pasir dengan diameter maksimum 5 mm,
4. agregat kasar yang digunakan adalah kerikil dengan diameter maksimum 20 mm,

5. perawatan benda uji dengan penyiraman selama 28 hari dengan periode penyiraman 3 kali sehari,
6. uji *paving block* pada umur 28 hari, dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
7. menggunakan limbah katalis bubuk/padat (*spent catalyst*) dari *Residue Catalitic Cracking* (RCC) Unit 15 Pertamina UP VI Balongan,
8. menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
9. menggunakan semen *Portland* Tipe 1 dengan merk Gresik, dengan berat tiap zak 40 kg/zak,
10. *paving block* yang digunakan untuk pengujian desak dan geser mempunyai dimensi panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm,
11. perilaku mekanik yang ditinjau pada penelitian ini adalah kuat desak dan kuat geser.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Spent catalyst RCC (*Residue Catalitic Cracking*) UP VI Balongan, terdiri dari oksida silika, alumina, ferro dan lain-lain, yang bersifat seperti semen *portland* yang mengakibatkan terjadi reaksi antara silika dengan kapur padam yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen *portland*, sehingga dapat digunakan sebagai *mineral admixture* beton.

Spent catalyst merupakan limbah hasil proses dari RCC (*Residue Catalitic Cracking*) jenis Zeolit Kristalin dengan struktur regular yang mengandung unsur-unsur oksida, kalsium, magnesium dan *rare earth family (lanthanum cerium)*. Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari Zeolit Kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : alumina, silika dan kalsium. *Spent catalyst* yang dihasilkan dari RCC (*Residue Catalitic Cracking*) ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. *Spent catalyst* ini mempunyai sifat fisik berbentuk bubuk halus, berwarna putih keabu-abuan, ringan dan memiliki unsur utama silika dan alumina.

Adapun kandungan dari *spent catalyst* dan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah padat seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil pengukuran komposisi kimia *spent catalyst*

| Keterangan | | | 1996 | 1997 | 2000 | Metode |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Parameter | Satuan | Limit deteksi | Spent Catalyst | Spent Catalyst | Spent Catalyst | |
| SiO ₂ | % | N/A | 62.7 | 67.09 | 47.13 | F-AAS |
| Al ₂ O ₃ | % | N/A | 32.45 | 29.38 | 45.34 | F-AAS |
| Fe ₂ O ₃ | % | 0.03 | 1.02 | 0.84 | 0.61 | F-AAS |
| CaO | % | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.16 | F-AAS |
| Cr | mm/kg | 0.05 | 68 | 68.42 | 165.5 | F-AAS |
| Cu | mm/kg | 0.02 | 167.5 | 200 | 21 | F-AAS |
| Pb | mm/kg | 0.1 | - | 900 | 67.5 | F-AAS |
| Zn | mm/kg | 0.005 | 28 | 500 | 105 | F-AAS |
| Ni | mm/kg | 0.04 | 8638 | 11000 | 14760 | F-AAS |

Keterangan : N/A : Data tidak tersedia

(Sumber : PERTAMINA – Lembaga Penelitian, UNPAD dan Data Primer, 2000)

Menurut **Edward G Nawy (1990)**, bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari kapur, silika (SiO₂) dari lempung dan alumina (Al₂O₃) dari lempung.

Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun *spent catalyst* dengan unsur-unsur penyusun semen, maka *spent catalyst* dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran adukan beton.

2.2 Hasil Penelitian yang Pernah Dilakukan

1. Pemanfaatan Limbah Katalis RCC – 15 Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Genteng Beton

Penambahan pozolan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi (*Residue Catalitic Cracking*) pada campuran adukan beton kering untuk pembuatan genteng beton telah meningkatkan kualitas terutama kuat lentur dan kerapatannya. Penambahan limbah katalis pada persentase 10 % telah menghasilkan kuat lentur dan kerapatan yang optimum, sedangkan untuk penambahan lebih dari 10 % akan menurunkan kuat lentur dan kerapatannya. (**Harum Wening Gayatri , 2005**)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan kedalam campuran beton sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan campuran tambahan tersebut adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi.

Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) adalah bahan tambah yang dicampurkan ke dalam adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang sedikit berbeda pada beton segar atau beton yang dihasilkan, sebagai contoh sifat pengerjaan yang lebih mudah, sifat pengikatan yang lebih cepat dan laju kenaikan kekuatan yang lebih cepat.

Dalam pemilihan dan pemakaian bahan kimia tersebut perlu diperhatikan masalah yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, misalnya korosi pada tulangan di dalam beton, ketahanan terhadap agresi sulfat dan sifat sensitif pada komposisi kimia dari semen (**Murdock dan Brook, 1986**).

3.2 Material Penyusun *Paving Block*

Ditinjau dari susunan bahan pembuatannya, *paving block* dapat dikategorikan sebagai beton. Material pembentuk *paving block* terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air.

3.2.1 Semen *Portland*

Secara umum semen dapat dikatakan sebagai material sangat halus yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif dan dapat mengikat butiran-butiran agregat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen yang dipakai di dalam pembuatan beton dapat terbentuk dan mengeras dalam air melalui reaksi kimia, sehingga disebut semen hidrolis.

Kardiyono Tjokrodimuljo, (1992), mengemukakan bahwa reaksi hidrasi semen terjadi ketika semen bersentuhan dengan air, reaksinya adalah sebagai berikut :



Persamaan tersebut menghasilkan $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, berupa gel dan sisa reaksinya adalah kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Semen *portland* merupakan semen hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang mengandung kapur, silika, alumina dan kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah yang dibakar dengan suhu 1550°C (**Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992**).

Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis menjadi keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah proses pengikatan selesai.

Semen *portland* sebagai penyusun beton mempunyai sifat sebagai berikut :

1. Susunan kimia

Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan terjadinya proses ikatan dan pengerasan. Ada empat unsur utama pada semen yang akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu, sebagai berikut :

a. Trikalsium Silikat, 3CaO SiO_2 (C_3S)

Sifatnya hampir sama dengan sifat semen umumnya yaitu apabila ditambah dengan air senyawa ini akan mengeras dengan melepaskan panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umumnya, terutama dalam 14 hari pertama.

b. Dikalsium Silikat, 2CaO SiO_2 (C_2S)

Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Proporsi yang banyak dalam semen akan menyebabkan semen

mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap agresi kimia yang relatif tinggi dan penyusutan kering yang relatif rendah.

c. Trikalsium Aluminat, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai dengan pelepasan panas yang besar menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanan terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan sangat besar untuk retak oleh perubahan volume.

d. Tetrakalsium Aluminoferrite, $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_3\text{O}_3$ (C_4AF)

Senyawa ini tidak tampak berpengaruh terhadap kakuatan dan sifat-sifat semen keras lain (**Kardiyono Tjokrodimuldjo, 1992**).

Unsur-unsur utama penyusun semen tersebut di atas disajikan pada Tabel 3.1. Sedangkan prosentase dari komposisi unsur-unsur kimia penyusun semen *portland* disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Unsur-unsur utama penyusun semen

| Nama Unsur | Simbol | komposisi Kimia | Kandungan (%) |
|-----------------------------|-----------------------|---|---------------|
| Trikalsium Silikat | C_3S | 3 CaO SiO_2 | 50 |
| Dikalsium Silikat | C_2S | 2 CaO SiO_2 | 25 |
| Trikalsium Aluminat | C_3A | $3 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3$ | 12 |
| Tetrakalsium Aluminoferrite | C_4AF | $4 \text{ CaO Al}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_3\text{O}_3$ | 8 |

(Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimuldjo, 1992)

Tabel 3.2 Prosentasi komposisi unsur kimia semen *portland*

| Unsur | Kandungan (%) |
|--------------------------------|---------------|
| CaO | 63 |
| SiO ₂ | 20 |
| Al ₂ O ₃ | 6 |
| Fe ₂ O ₃ | 3 |
| NgO | 1.5 |
| SO ₃ | 2 |
| K ₂ O | 1 |
| Na ₂ O | 1 |

(Sumber : Neville dan Brook,1986)

2. Hidrasi semen

Bilamana semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap dibagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 - 5 jam (yang disebut periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahap hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi yang memiliki luas permukaan amat besar) dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida Ca(OH)₂, air dan beberapa senyawa lain.

3. Kekuatan pasta semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk

proses hidrasi kurang lebih 25 % dari berat semen, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras.

4. Sifat fisik semen

Sifat fisik semen antara lain kehalusan butiran, waktu ikat dan berat jenis semen. Kehalusan butiran semen akan meningkatkan daya kohesi pada beton segar dan mengurangi *bleeding*, tetapi akan mempunyai sifat susut yang lebih besar dan retak mudah terjadi. Waktu ikat semen dan air dipengaruhi oleh jumlah air, kehalusan semen, temperatur dan penambahan zat kimia tertentu. Waktu ikat ini penting sebagai pertimbangan waktu pengangkutan, penuangan, pemadatan dan perataan muka. Berat jenis semen berkisar pada 3,15. Berat jenis bukan merupakan petunjuk dari kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *portland* di Indonesia menurut PUBLI 1982, dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut :

- Jenis I : semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus.
- Jenis II: semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sertahap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : semen *portland* untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- Jenis IV : semen *portland* untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.
- Jenis V : semen *portland* untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat (yang tidak bereaksi) adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Sifat-sifat yang paling penting dari suatu agregat adalah kekuatan hancur, dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap perubahan musim, agresi zat kimia dan penyusutan.

Maksud dari penggunaan agregat dalam adukan beton adalah menghasilkan kuat desak yang besar pada beton, mengurangi susut pengerasan pada beton, mencapai susunan pampat betonnya dengan gradasi yang baik dari butiran itu, memberikan kekerasan sehingga mampu menahan beban, goresan dan cuaca. Cara pemilihan agregat tergantung dari syarat-syarat yang ditentukan beton, persediaan lokasi pembuatan beton dan perbandingan yang telah ditentukan antara biaya dan mutu. Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada pastanya. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-regangan tekan beton, dan terhadap kekuatan betonnya.

Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai akan berakibat semakin tinggi kekuatan betonnya. Hal ini karena pada pemakaian butir agregat besar

menyebabkan pemakaian pasta yang lebih sedikit berarti porinya sedikit pula. Namun karena butir-butirnya besar mengakibatkan luas permukaannya lebih sempit, dan ini berakibat lekatan antara pasta semen dan agregatnya kurang kuat. Lagi pula karena butirannya besar menghalangi susutan pasta, dan ini berakibat retakan-retakan kecil pada pasta di sekitar butirannya. Kedua hal terakhir tersebut memperlemah kekuatan beton.

Pada umumnya agregat dibedakan menjadi dua, agregat yang mempunyai ukuran butiran besar disebut agregat kasar, dan agregat dengan butiran kecil disebut agregat halus.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar dengan mudah beton dapat dikerjakan dan dipadatkan.

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, bahan organik, asam organik, alkali dan garam-garam lainnya. Tidak ada batasan khusus yang harus dapat diberikan untuk garam-garam terlarut, tetapi bila air jenuh tidak terasa asin atau payau, maka air dapat digunakan (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut PUBLI 1982, dalam pemakaian untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

Menurut PUBI 1982, bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut :

1. bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan demikian bahan ini diperoleh adukan dengan factor air semen lebih rendah pada nilai slump yang sama (*water reducing admixture*),
2. bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton (*retarder*),
3. bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton (*accelerating admixture*),
4. bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton,
5. bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Pada penelitian ini digunakan bahan kimia tambahan *spent catalyst* hasil proses dari RCC (*Residue Catalitic Cracking*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis Zeolit Kristalin yang mengandung unsur-unsur oksida, silika dan alumina. Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari Zeolit Kristalin merupakan bahan dasar bangunan (semen) seperti: alumina, silika dan kalsium.

Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun *spent catalyst* dengan unsur-unsur penyusun semen, maka *spent catalyst* dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada adukan beton.

3.4 Kajian Limbah Katalis

Spent catalyst merupakan limbah hasil proses dari RCC (*Residue Catalitic Cracking*). *Spent catalyst* yang dihasilkan oleh RCC (*Residue Catalitic Cracking*) ini adalah jenis Zeolit Kristalin yang mengandung unsur-unsur oksida, silika dan alumina. Selain itu, didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti : sodium, kalsium, magnesium dan *rare earth family (lanthanum cerium)*. Adapun rumus kimia yang menyusun limbah katalis jenis Zeolit Kristalin adalah $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur reguler yang merupakan hasil proses dari RCC (*Residue Catalitic Cracking*). Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari Zeolit Kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti alumina, silika dan kalsium. *Spent catalyst* ini mempunyai sifat fisik berbentuk bubuk halus, berwarna putih keabu-abuan, ringan dan memiliki unsur utama silika dan alumina

Menurut hasil penelitian yang dilakukan di Amerika dan Australia, (Majalah Konstruksi, No: 253 – Juni – B, 1997) limbah katalis bekas yang dihasilkan oleh RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sedangkan menurut hasil analisis TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*), limbah katalis memiliki logam di bawah baku mutu yang ditetapkan sehingga lebih aman untuk lingkungan. Berdasarkan hal tersebut katalis bekas tidak digolongkan dalam limbah B3. Adapun kandungan dari *spent catalyst* dan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah padat seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil pengukuran komposisi kimia *spent catalyst*

| Keterangan | | | 1996 | 1997 | 2000 | Metode |
|--------------------------------|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| Parameter | Satuan | Limit deteksi | Spent Catalyst | Spent Catalyst | Spent Catalyst | |
| SiO ₂ | % | N/A | 62.7 | 67.09 | 47.13 | F-AAS |
| Al ₂ O ₃ | % | N/A | 32.45 | 29.38 | 45.34 | F-AAS |
| Fe ₂ O ₃ | % | 0.03 | 1.02 | 0.84 | 0.61 | F-AAS |
| CaO | % | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.16 | F-AAS |
| Cr | mm/kg | 0.05 | 68 | 68.42 | 165.5 | F-AAS |
| Cu | mm/kg | 0.02 | 167.5 | 200 | 21 | F-AAS |
| Pb | mm/kg | 0.1 | - | 900 | 67.5 | F-AAS |
| Zn | mm/kg | 0.005 | 28 | 500 | 105 | F-AAS |
| Ni | mm/kg | 0.04 | 8638 | 11000 | 14760 | F-AAS |

Keterangan : N/A : Data tidak tersedia

(Sumber : PERTAMINA – Lembaga Penelitian, UNPAD dan Data Primer, 2005)

3.5 Perencanaan Campuran *Paving Block*

Penelitian ini menggunakan metode “ *The British Mix Design Method* ” atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan *paving block* yang disyaratkan pada umur 28 hari (f'c). Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat dilapangan.

2. Menetapkan nilai deviasi standar (sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika pelaksana tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada Tabel 3.4. Sedangkan nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Faktor pengali deviasi standar

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

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII ,2004)

Tabel 3.5 Tingkat pengendalian pekerjaan

| Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan | Sd (Mpa) |
|-------------------------------------|----------|
| Memuaskan | 2,8 |
| Sangat baik | 3,5 |
| Baik | 4,2 |
| Cukup | 5,6 |
| Jelek | 7,0 |
| Tanpa kendali | 8,4 |

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII,2004)

3. Menghitung nilai tambah margin

$$M = K \cdot s_d$$

dimana : M = nilai tambah

$$K = 1,64$$

Sd = standar deviasi

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

Rumusny:

$$F'_{cr} = f'_c + M$$

dimana : f'_{cr} = kuat tekan rata-rat

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen *portland*

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland di Indonesia menurut PUBLI 1982, dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut :

Jenis I : semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus.

Jenis II : semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sertahap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : semen *portland* untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Jenis IV : semen *portland* untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : semen *portland* untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

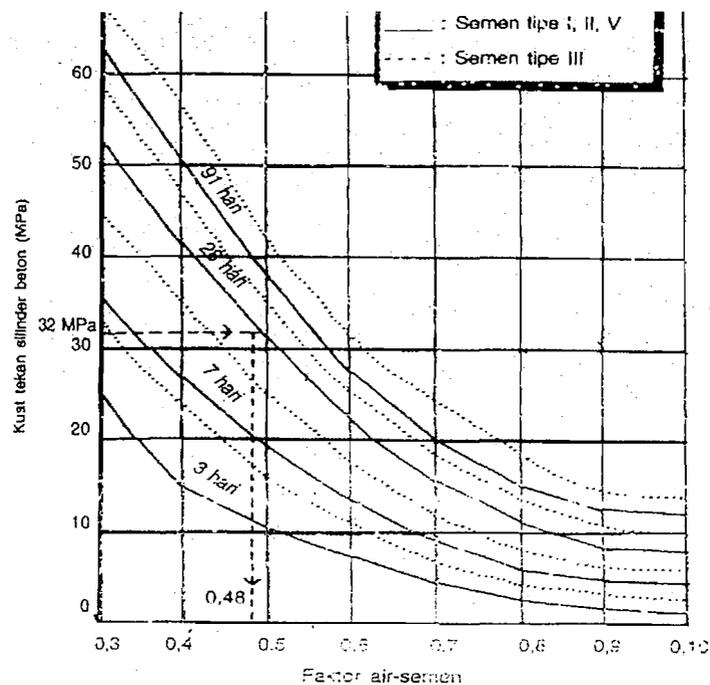
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

Berdasarkan jenis kekasarannya pasir dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu agregat kasar dan agregat halus. Adapun jenis agregat kasar (kerikil) dibedakan menjadi dua, yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah.

7. Menetapkan faktor air semen

Cara Pertama :

Berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Grafik untuk mendapatkan nilai faktor air semen

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Untuk menentukan fas maka ditentukan kuat tekan beton rencana, kemudian dari nilai kuat tekan beton rencana tarik garis horizontal yang akan memotong kurva 28 hari dan tarik garis kebawah maka akan dapat ditentukan nilai fas.

Cara Kedua :

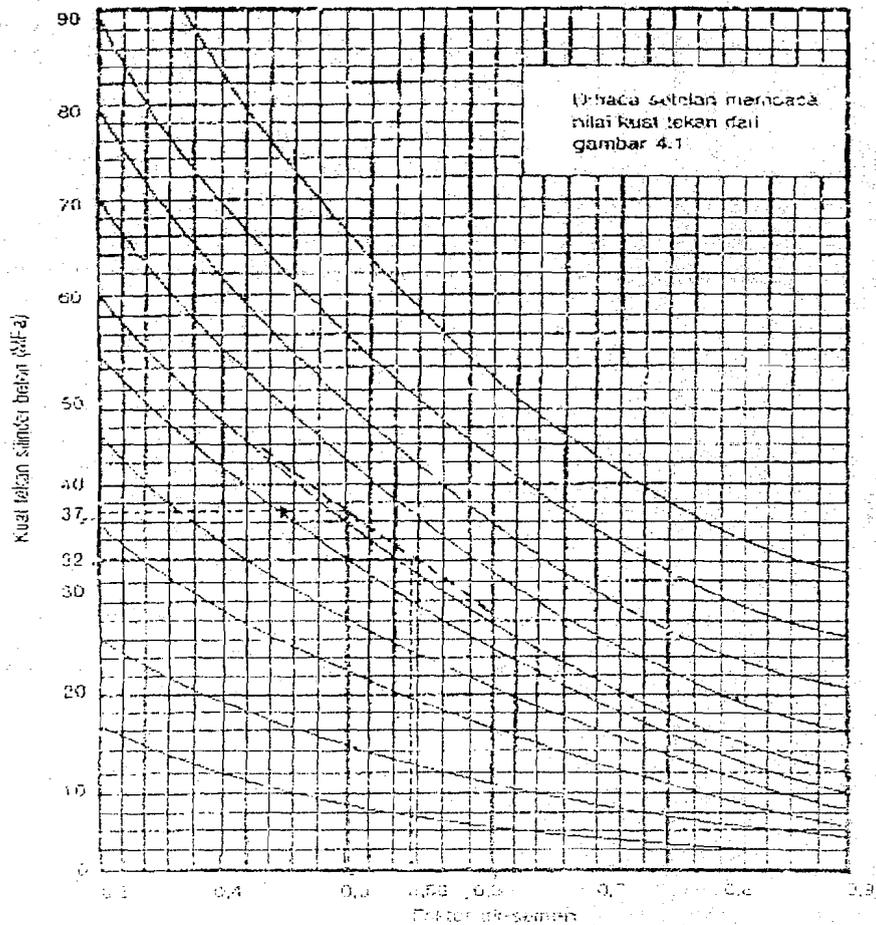
Apabila telah diketahui jenis semennya, jenis agregat, dan kuat tekan rerata pada umur 28 hari, maka nilai kuat tekan beton dapat dicari menggunakan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai kuat tekan beton

| Jenis Semen | Jenis Agregat Kasar | Umur Beton | | | |
|-------------|---------------------|------------|--------|---------|---------|
| | | 3 hari | 7 hari | 28 hari | 91 hari |
| | | Mpa | Mpa | Mpa | Mpa |
| I, II, III | Alami | 17 | 23 | 33 | 40 |
| | Batu Pecah | 19 | 27 | 37 | 45 |
| IV | Alami | 21 | 28 | 38 | 44 |
| | Batu Pecah | 25 | 33 | 44 | 48 |

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan beton, misalkan diperoleh nilai kuat tekan beton = 37 Mpa. Apabila diketahui jenis semen I, dan agregat berupa kerikil batu pecah, kemudian pada cara pertama diperoleh nilai kuat desak beton rencana = 32 Mpa (diperoleh faktor air semen = 0,5), maka untuk menentukan nilai faktor air semen pada cara kedua ini digunakan gambar 3.2. Caranya, tarik garis kekanan mendatar 37 Mpa, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.



Gambar 3.2 Grafik untuk mencari nilai factor air semen

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air dengan cara ini diperoleh :

- a. untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,6,
 - b. untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozolan maka fas yang diperoleh = 0,5 ,
 - c. untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu factor air semennya = 0,5.
8. Menetapkan nilai *slump* (Khusus *paving block* nilai *slump* = 0)
 9. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil)
 10. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kebutuhan air per meter kubik beton

| Besarnya ukuran maksimal kerikil (mm) | Jenis Batuan | Slump (mm) | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------|-------|-------|--------|
| | | 0-10 | 30-60 | 30-60 | 60-180 |
| | | liter | liter | liter | liter |
| 10 | Alami | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu Pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu Pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu Pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

11. Menetapkan kebutuhan semen

Berat semen per meter kubik dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{jumlah air yang dibutuhkan (langkah 10)}}{\text{faktor air semen (langkah 7)}}$$

12. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan lewat tabel untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus. Misalnya lingkungan korosif, air payau dan air laut seperti tampak pada Tabel 3.8 s/d Tabel 3.10.

Tabel 3.8 Kandungan semen minimum untuk beton bertulang dalam air

| Berhubungan dengan | Tipe semen | Ukuran maksimum agregat | |
|--------------------|---|-------------------------|--------|
| | | 40 mm | 20 mm |
| | | (Kg/m) | (Kg/m) |
| Air tawar | Semua tipe I - V | 280 | 300 |
| Air payau | Tipe + pozolan (15-40%) atau S.P. pozolan | 340 | 380 |
| Air laut | Tipe II atau V | 290 | 330 |
| | Tipe II atau V | 330 | 370 |

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Tabel 3.9 Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

| Konsentrasi Sulfat (SO ₃) | | SO ₃ dalam air tanah (g/l) | Jenis Semen | Kandungan semen minimum (kg/m ³) Ukuran maks. Agregat (mm) | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---|-----|-----|
| Dalam Tanah | | | | 40 | 20 | 10 |
| Total SO ₃ 3% | SO ₃ dalam campuran air: tanah 2:1 (g/l) | | | | | |
| <0,2 | <1,0 | <0,3 | Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15 – 40%) | 200 | 300 | 350 |
| 0,2-0,5 | 1,0-1,9 | 0,3-1,2 | Tipe I tanpa pozolan Tipe I dengan pozolan (15-40%) atau semen Portland pozolan Tipe II atau V | 290 | 330 | 380 |
| | | | | 250 | 290 | 430 |
| 0,5-1,0 | 1,9-3,1 | 1,2-2,5 | Tipe I dengan pozolan (15-40%) atau semen Portland pozola Tipe II atau V | 340 | 380 | 430 |
| | | | | 290 | 330 | 380 |
| 1,0-2,0 | 3,1-5,6 | 2,5-5,0 | Tipe II atau V | 330 | 370 | 420 |
| 2,0 | >5,6 | >5,0 | Tipe II atau V dan lapisan pelindung | 330 | 370 | 420 |

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Tabel 3.10 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

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

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 10, lebih kecil daripada kebutuhan semen minimum, maka faktor air semen harus diganti. Jika mengetahui faktor air semen ditambah tetapi mutu beton tetap, *workability* nya tinggi dan tambah lecek. Jika faktor air semen dirubah maka mutu beton menurun dan *workability* nya rendah.

13. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 11, (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya) maka yang dipakai harga terbesar di antara keduanya.

14. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 11 dan 12 berubah maka faktor air semen yang berubah ditetapkan dengan:

- a. jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum,
- b. jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan acara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

15. Menentukan golongan pasir

Berdasarkan gradasinya pasir dibagi menjadi 4 golongan atau daerah, dapat dilihat dalam Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Gradasi pasir

| Lubang ayakan (mm) | Persen Butir Yang Lewat Ayakan | | | |
|--------------------|--------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1,2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0,5 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |

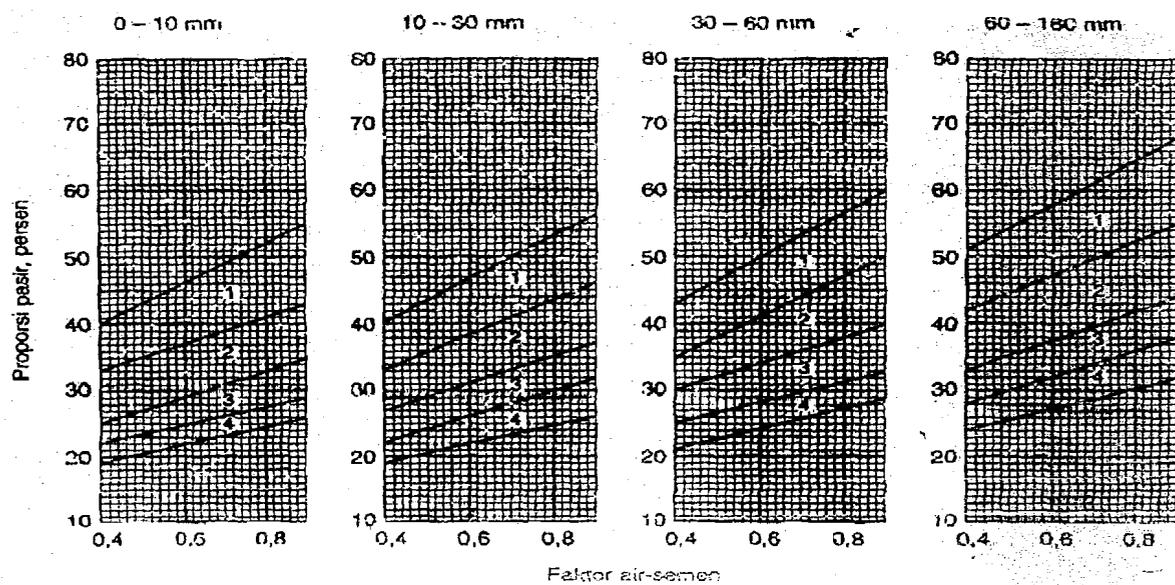
Lanjutan

| Lubang ayakan (mm) | Persen Butir Yang Lewat Ayakan | | | |
|--------------------|--------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 0,3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004

16. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

Untuk menentukan pasir dan kerikil dicari dengan bantuan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik untuk menentukan persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan.

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

17. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

- jika tidak ada data, maka berat jenis pasir dan kerikil diambil 2,7 ,
- jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

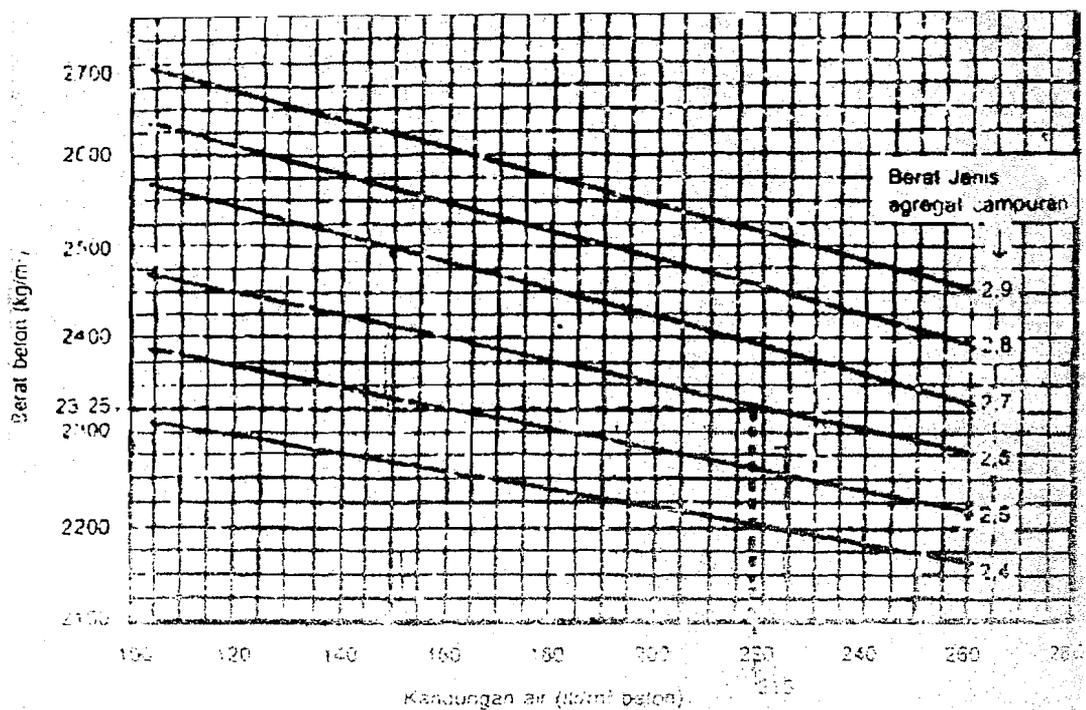
$$B_j \text{ campuran} = [(P/100) \times B_j \text{ Pasir}] + [(K/100) \times B_j \text{ Kerikil}]$$

dimana : P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

18. Menentukan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, kemudian dimasukkan ke dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis campuran dan berat beton

(Sumber : Buku Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik UII, 2004)

19. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

20. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir

21. Menentukan kebutuhan kerikil

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir

3.6 Proses Pengolahan *Paving Block*

Beberapa langkah yang perlu diambil dalam pengolahan *paving block* adalah sebagai berikut :

1. pengadukan *paving block*, merupakan proses pencampuran bahan dasar *paving block* dalam perbandingan yang baik dan telah ditentukan sesuai dengan takaran, hingga terjadi persamaan campuran yang merata,
2. penuangan adukan *paving block*, campuran bahan susun dituangkan kedalam acuan (*formwork*) dan diratakan agar seluruh bagian acuan terisi padat agar diperoleh detail yang baik pada setiap sudut konstruksinya,
3. pemadatan adukan *paving block*, prinsip pemadatan adukan adalah usaha agar diperoleh *paving block* padat yang mampat tidak berongga yang dapat membantu reaksi antar unsure-unsur didalamnya dengan memberikan beban desak pada adukan *paving block* menggunakan mesin desak,
4. perawatan *paving block* (*curing*), perencanaan perawatan *paving block* ditujukan untuk mempertahankan *paving block* supaya terus menerus dalam keadaan

lembab selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan yang menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, yang berakibat timbulnya retak-retak pada *paving block*.

Dalam pelaksanaannya ada beberapa cara dalam perawatan *paving block*, yaitu :

1. menutupi permukaan *paving block* dengan hessian (kain / karung goni basah),
2. menutupi permukaan *paving block* dengan jerami,
3. penyiraman atau penyemprotan air secara periodik,
4. menggenangi permukaan *paving block* dengan cara merendamnya.

3.7 Kuat Desak *Paving Block*

Sebagai acuan kekuatan *paving block* dipakai kuat desak beton berumur 28 hari. Kuat desak *paving block* dapat dihitung dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan dari bagian yang tertekan. Kuat desak satu benda uji *paving block* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma'_{b_1} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan :

σ'_{b_1} = tegangan kuat desak satu benda uji *paving block*

P = beban desak ultimit (kg)

A = luas permukaan (cm²)

3.8 Kuat Geser *Paving Block*

Pengujian kuat geser ini bertujuan untuk mengetahui tegangan geser maksimum dari *paving block*. Kalkulasi tegangan geser *paving block* adalah sebagai berikut :

$$\text{Tegangan geser (} Vu \text{)} = \frac{P \text{ max}}{2An}$$

dengan :

Vu = tegangan geser *paving block* (kg/cm^2)

$P \text{ max}$ = beban maksimum (kg)

An = luas permukaan (cm^2)

Hasil pengujian pada *paving block* perlu diperiksa perkiraan kuat desak dari keseluruhan benda uji yang telah diuji. Sehingga nilai kuat desak uji rata-rata dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$V_{ur} = \frac{\sum Vu}{N} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan :

V_{ur} = tegangan geser *paving block* rata-rata (kg/cm^2)

N = jumlah benda uji

$\sum Vu$ = jumlah tegangan geser total

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu penelitian agar pelaksanaan penelitian dan tujuan yang diinginkan dapat berjalan secara sistematis dan lancar, maka harus digunakan suatu metode penelitian. Metode penelitian yang digunakan disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa *paving block* untuk uji desak dan geser dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm. Variasi penggunaan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen (PC) direncanakan 5 variasi yaitu tanpa *spent catalyst* (SC), (10% SC : 90% PC), (15% SC : 85% PC), (20% SC : 80% PC) dan (25% SC : 75% PC), dengan jumlah benda uji setiap variasi 5 buah, pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Sebagai perbandingan kuat tekan dan kuat geser *paving block* dibuat sampel *paving block* dengan bahan tambah abu batu dengan persentase penambahan, jumlah dan umur pengujian yang sama.

4.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu supaya pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik .

4.2.1 Bahan Susun

Bahan penyusun *paving block* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. semen yang dipakai adalah *Portland cement* tipe I dengan merk Gresik kemasan 40 kg /zak,
2. agregat halus (pasir) yang digunakan mempunyai ukuran maksimal 5 mm,
3. agregat kasar (kerikil) yang digunakan mempunyai ukuran maksimal 2 cm,
4. air berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia,
5. menggunakan *spent catalyst* dari *Residue Catalitic Cracking* (RCC) Unit 15 Pertamina UP VI Balongan

4.2.2 Peralatan

Peralatan yang dimaksud disini adalah peralatan yang digunakan untuk persiapan, pembuatan dan pengujian benda uji. Adapun peralatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Peralatan yang digunakan dalam penelitian

| No | Alat | Fungsi |
|----|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Mesin uji desak dan geser | Uji desak dan geser beton |
| 2 | Cetok | Memasukan adukan beton |
| 3 | Cetakan <i>paving block</i> | Tempat mencetak benda uji |
| 4 | Timbangan | Menimbang bahan adukan |
| 5 | Gelas ukur | Menakar air |
| 6 | Ayakan | Menyaring agregat kasar dan halus |
| 7 | Ember | Menampung agregat kasar dan halus |
| 8 | Kaliper dan jangka Sorong | Mengukur benda uji |
| 9 | Sekop | Mengaduk agregat |

4.3 Pemeriksaan Material yang Akan Digunakan

4.3.1 Analisis Gradasi Pasir (Modulus Halus Butir)

Analisis gradasi pasir mempunyai tujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah prosentasi butiran halus (pasir). Adapun cara pelaksanaan analisis gradasi pasir adalah sebagai berikut :

1. menyiapkan pasir yang akan diuji, kemudian masukkan pasir kedalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat pasir tetap,
2. ayakan disusun berturut-turut dari atas ke bawah adalah 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,3mm dan 0,15mm,
3. pasir yang sudah dingin dimasukkan ke dalam ayakan bagian paling atas,
4. ayakan yang sudah terisi pasir ditempatkan pada mesin pengayak kemudian mesin dihidupkan selama ± 15 menit, dan
5. mesin dimatikan, pasir pada masing-masing ayakan ditimbang.

4.3.2 Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pada Pasir

Tujuan dari pemeriksaan kandungan lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan Lumpur dalam pasir yang akan digunakan sebagai campuran adukan *paving block*, pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Cara pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir adalah sebagai berikut :

1. siapkan pasir secukupnya untuk di oven selama ± 36 jam dengan suhu 105°C ,
2. pasir diambil kemudian ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc,
3. gelas ukur diisi air sampai ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,
4. gelas ukur ditutup rapat dan dikocok sampai air menjadi keruh,
5. biarkan selama 1 menit kemudian air dibuang secara perlahan-lahan dan jangan sampai pasir ikut terbang,
6. mengulangi pekerjaan pada tahap 3, 4 dan 5 hingga airnya menjadi jernih,
7. pindahkan pasir dari gelas ukur ke dalam piring, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 105°C selama ± 36 jam, dan
8. pasir dikeluarkan, biarkan sampai dingin dan ditimbang.

4.4 Model Benda Uji

4.4.1 Model Benda Uji Untuk Uji Desak

Untuk uji desak digunakan *paving block* dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm, masing-masing variasi dibuat sebanyak 5 buah dengan perincian sebagai berikut :

1. *paving block* dengan penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen
 - a. benda uji dengan kode A1 merupakan benda uji standar (tanpa campuran *spent catalyst*),
 - b. benda uji dengan kode A2 dengan variasi 10% SC : 90% PC,
 - c. benda uji dengan kode A3 dengan variasi 15% SC : 85% PC,
 - d. benda uji dengan kode A4 dengan variasi 20% SC : 80% PC,
 - e. benda uji dengan kode A5 dengan variasi 25% SC : 75% PC.
2. *paving block* dengan penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian semen
 - a. benda uji dengan kode B2 dengan variasi 10% AB : 90% PC,
 - b. benda uji dengan kode B3 dengan variasi 15% AB : 85% PC,
 - c. benda uji dengan kode B4 dengan variasi 20% AB : 80% PC,
 - d. benda uji dengan kode B5 dengan variasi 25% AB : 75% PC.

4.4.2 Model Benda Uji Untuk Uji Geser

Untuk uji geser digunakan *paving block* dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7cm, masing-masing variasi dibuat sebanyak 5 buah dengan perincian sebagai berikut :

1. *paving block* dengan penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen
 - a. benda uji dengan kode C1 merupakan benda uji standar (tanpa campuran *spent catalyst*),
 - b. benda uji dengan kode C2 dengan variasi 10% SC : 90% PC,
 - c. benda uji dengan kode C3 dengan variasi 15% SC : 85% PC,
 - d. benda uji dengan kode C4 dengan variasi 20% SC : 80% PC,
 - e. benda uji dengan kode C5 dengan variasi 25% SC : 75% PC.
2. *paving block* dengan penambahan abu batu sebagai pengganti sebagian semen
 - a. benda uji dengan kode D2 dengan variasi 10% AB : 90% PC,
 - b. benda uji dengan kode D3 dengan variasi 15% AB : 85% PC,
 - c. benda uji dengan kode D4 dengan variasi 20% AB : 80%PC,
 - d. benda uji dengan kode D5 dengan variasi 25% AB : 75% PC.

4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

4.5.1 Pembuatan benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. mempersiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji,
2. menimbang bahan susun sesuai dengan perencanaan perhitungan campuran */mix design*,
3. mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang dalam keadaan kering sampai adukan menjadi homogen,
4. adukan diberi air sedikit demi sedikit, kemudian diaduk menggunakan sekop sampai campuran merata,
5. adukan dimasukkan kedalam cetakan, kemudian di tekan dengan alat cetak *paving block*,
6. *paving block* yang sudah jadi dilepas dari cetakan kemudian diletakkan pada tempat yang teduh atau tidak terkena sinar matahari langsung.

4.5.2 Perawatan Benda Uji

Perawatan *paving block* bertujuan untuk menjaga kelembabannya, sehingga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini perawatan *paving block* dilakukan dengan cara menyiram *paving block* selama 28 hari Secara periodik sebanyak 3 kali sehari .

4.6 Pengujian Benda Uji

4.6.1 Uji Desak *Paving Block*

Pengujian kuat desak dilakukan untuk mengetahui kuat desak optimal *paving block*. Untuk tahap pengujian melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. benda uji diambil dari tempat penyiraman ke tempat pengujian
2. kotoran yang menempel pada benda uji debersihkan menggunakan kain,
3. menimbang benda uji,
4. mengukur dimensi benda uji,
5. benda uji diletakkan di atas alat uji secara sentris,
6. mesin dihidupkan dengan beban bertingkat dengan kecepatan beban tertentu,
7. pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

4.6.2 Uji Geser *Paving Block*

Pengujian kuat geser dilakukan untuk mengetahui tegangan geser optimal *paving block*. Untuk tahap pengujian melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. benda uji diambil dari tempat penyiraman ke tempat pengujian
2. kotoran yang menempel pada benda uji debersihkan menggunakan kain,
3. menimbang benda uji,
4. mengukur dimensi benda uji,
5. benda uji diletakkan di atas alat uji secara sentris,
6. mesin dihidupkan dengan beban bertingkat dengan kecepatan beban tertentu,

7. pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

4.7 Perhitungan campuran *paving block* (mix design)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran ini menggunakan metode DOE (*Department of Environment*), yaitu :

| | |
|-------------------------|-----------|
| $f'c$ | = 20 MPa |
| Jenis semen | = jenis I |
| Jenis Kerikil | = alami |
| Ukuran maksimum kerikil | = 20 mm |

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari yaitu $f'c = 20$ MPa
2. Penetapan nilai standar deviasi (sd)

Tingkat pengendalian baik, sehingga dari tabel 3.5 didapat nilai deviasi standar = 4,2

3. Perhitungan nilai tambah (M)

$$\begin{aligned} M &= K \times sd \\ &= 1,64 \times 4,2 \\ &= 6,9 \end{aligned}$$

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan rata-rata } f'cr &= f'c + M \\ &= 20 + 6,9 = 26,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

5. Menetapkan jenis semen

Digunakan semen jenis I

6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

Digunakan jenis agregat alami

7. Menetapkan faktor air semen (fas)

Berdasarkan Gambar 3.1 didapatkan nilai fas = 0,56

8. Menetapkan nilai slump

Nilai slump diambil = 0 cm

9. Menetapkan ukuran besar agregat maksimum

Agregat maksimum yang digunakan = 20 mm

10. Menetapkan kebutuhan air (A)

Dari tabel 3.7 didapatkan kebutuhan air (A) = 135 liter/m³

11. Menentukan kebutuhan semen

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan semen} &= \frac{\text{air}}{\text{faktorairsemen}} \\ &= \frac{135}{0.56} \\ &= 242 \text{ kg}\end{aligned}$$

12. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Berdasarkan tabel 3.10 didapatkan kebutuhan semen minimum = 325 kg

13. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Diambil nilai yang terbesar = 325 kg



14. Penyesuaian jumlah air atau fas

Nilai fas yang baru dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Fas} &= \frac{\text{kebutuhanair}}{\text{kebutuhansenen}} \\ &= \frac{135}{325} \\ &= 0.42 \end{aligned}$$

Nilai fas yang baru = 0.42

15. Menentukan golongan pasir

Berdasarkan tabel 3.11 pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam daerah (golongan) III

16. Menentukan pasir terhadap campuran

Berdasarkan gambar 3.3 diperoleh perbandingan pasir terhadap campuran agregat = 26 % dari campuran agregat

17. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan kerikil

$$\text{Berat jenis agregat campuran} = (26/100).2,538 + (74/100).2,634 = 2,6$$

18. Menentukan berat jenis beton

Dari gambar 3.4 diperoleh berat jenis beton = 2,425 t/m³

19. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan agregat} &= \text{Berat jenis beton} - (\text{keb. air} + \text{keb. Semen}) \\ &= 2425 - (135 + 325) \\ &= 1965 \text{ kg} \end{aligned}$$

20. Menentukan kebutuhan pasir

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan pasir} &= \% \text{ pasir terhadap campuran} \times \text{kebutuhan agregat} \\ &= 26 \% \times 1965 \\ &= 510,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

21. Menentukan kebutuhan kerikil

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan kerikil} &= \text{kebutuhan agregat} - \text{kebutuhan pasir} \\ &= 1965 - 510,9 \\ &= 1454,1 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Kebutuhan untuk 1 m³ diperlukan :

$$\text{Air} = 135 \text{ liter}$$

$$\text{Pasir} = 510,9 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 1454,1 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 325 \text{ kg}$$

Kebutuhan untuk 0.0014 m³ diperlukan :

$$\text{Air} = 0,189 \text{ liter}$$

$$\text{Pasir} = 0,715 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 2,036 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 0,455 \text{ kg}$$

Untuk uji desak dan uji geser dengan bahan tambah *spent catalyst* dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen digunakan *paving block* dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm, dengan volume = 0.0014 m³, masing-masing variasi dibuat sebanyak 5 buah dengan perincian seperti pada Tabel 4.2 s/d Tabel 4.5.

Tabel 4.2 Kebutuhan bahan susun *paving block* untuk uji desak dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen

| Kode | % | Semen (kg) | <i>Spent Catalyst</i> (kg) | Pasir (kg) | Air (liter) | Kerikil (kg) |
|----------------|----|------------|----------------------------|------------|-------------|--------------|
| A ₁ | 0 | 0,455 | 0 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| A ₂ | 10 | 0,409 | 0,046 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| A ₃ | 15 | 0,387 | 0,068 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| A ₄ | 20 | 0,364 | 0,091 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| A ₅ | 25 | 0,341 | 0,114 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |

Tabel 4.3 Kebutuhan bahan susun *paving block* untuk uji desak dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen

| Kode | % | Semen (kg) | Abu batu (kg) | Pasir (kg) | Air (liter) | Kerikil (kg) |
|----------------|----|------------|---------------|------------|-------------|--------------|
| B ₂ | 10 | 0,409 | 0,046 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| B ₃ | 15 | 0,387 | 0,068 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| B ₄ | 20 | 0,364 | 0,091 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| B ₅ | 25 | 0,341 | 0,114 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |

Tabel 4.4 Kebutuhan bahan susun *paving block* untuk uji tegangan geser dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen

| Kode | % | Semen (kg) | <i>Spent Catalyst</i> (kg) | Pasir (kg) | Air (liter) | Kerikil (kg) |
|----------------|----|------------|----------------------------|------------|-------------|--------------|
| C ₁ | 0 | 0,455 | 0 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| C ₂ | 10 | 0,409 | 0,046 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| C ₃ | 15 | 0,387 | 0,068 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| C ₄ | 20 | 0,364 | 0,091 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| C ₅ | 25 | 0,341 | 0,114 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |

Tabel 4.5 Kebutuhan bahan susun *paving block* untuk uji tegangan geser dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen

| Kode | % | Semen (kg) | Abu batu (kg) | Pasir (kg) | Air (liter) | Kerikil (kg) |
|----------------|----|------------|---------------|------------|-------------|--------------|
| D ₂ | 10 | 0,409 | 0,046 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| D ₃ | 15 | 0,387 | 0,068 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| D ₄ | 20 | 0,364 | 0,091 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |
| D ₅ | 25 | 0,341 | 0,114 | 0,715 | 0,189 | 2,036 |

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Kasar

1. Modulus Halus Butir

Dari pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium diperoleh data seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data pemeriksaan modulus halus butir

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) | Persen lolos kumulatif (%) |
|--------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | 4,80 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 2 | 2,40 | 1 | 0,05 | 0,05 | 99,95 |
| 3 | 1,20 | 4 | 0,20 | 0,25 | 99,75 |
| 4 | 0,60 | 780 | 39,00 | 39,25 | 60,75 |
| 5 | 0,30 | 770 | 38,50 | 77,75 | 22,25 |
| 6 | 0,15 | 393 | 19,65 | 97,40 | 2,60 |
| 7 | sisa | 52 | 2,60 | - | - |
| Jumlah | | 2000 | 100 | 216 | - |

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{216}{100} = 2,16$$

2. Berat Jenis

Dari pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis agregat halus} &= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{500}{(1030 + 500 - 1333)} \\
 &= 2,538 \\
 \text{Berat jenis agregat kasar} &= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \\
 &= \frac{5000}{(5000 - 3102)} \\
 &= 2,634
 \end{aligned}$$

5.1.2 Kuat Desak *Paving Block*

Untuk uji desak dengan bahan tambah *spent catalyst* dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen digunakan *paving block* dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm, dengan volume = 0.0014 m³. Adapun cara menghitung adalah sebagai berikut (contoh hitungan hasil uji kuat desak *paving block* dengan kode A₂₁).

$$1 \text{ Kg} = 9,80784 \text{ N}$$

$$\text{Beban maksimum} = \frac{(kN).1000}{9,80784} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban maksimum (P)} &= \frac{(kN).1000}{9,80784} \\
 &= \frac{(599,2).1000}{9,80784} \\
 &= 61093,980 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas permukaan (A)} = 171 \text{ cm}^2$$

Berdasarkan rumus (3.1), maka kuat desak dari *paving block* adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{b21} = \frac{P}{A} = \frac{61093,980 \text{ Kg}}{171 \text{ Cm}^2} = 357,275 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan hasil pengujian kuat desak beton terhadap benda uji, maka diperoleh hasil kuat desak yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 s/d Tabel 5.10.

Tabel 5.2 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f _c ' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f _{cr} ' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| A ₁₁ | 3,0 | 171 | 61093,980 | 357,275 | |
| A ₁₂ | 2,9 | 171 | 54446,240 | 318,399 | |
| A ₁₃ | 3,0 | 171 | 50072,190 | 292,819 | |
| A ₁₄ | 3,0 | 171 | 50551,400 | 295,622 | |
| A ₁₅ | 3,0 | 171 | 49674,550 | 290,494 | |
| | | | | | 310,922 |

Tabel 5.3 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| A ₂₁ | 3,0 | 171 | 33340,670 | 194,975 | |
| A ₂₂ | 2,9 | 171 | 35012,810 | 204,753 | |
| A ₂₃ | 3,0 | 171 | 50041,600 | 292,641 | |
| A ₂₄ | 3,0 | 171 | 60268,110 | 352,445 | |
| A ₂₅ | 3,0 | 171 | 61430,45 | 359,242 | |
| | | | | | 280,811 |

Tabel 5.4 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| A ₃₁ | 3,0 | 171 | 35277,900 | 206,304 | |
| A ₃₂ | 2,9 | 171 | 33830,080 | 197,836 | |
| A ₃₃ | 3,0 | 171 | 34288,900 | 200,519 | |
| A ₃₄ | 3,0 | 171 | 33361,070 | 195,094 | |
| A ₃₅ | 2,9 | 171 | 33269,300 | 194,5573 | |
| | | | | | 198,862 |

Tabel 5.5 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual fc' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata fcr' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|---|
| A ₄₁ | 2,9 | 171 | 20820,080 | 121,755 | |
| A ₄₂ | 2,9 | 171 | 27059,980 | 158,245 | |
| A ₄₃ | 2,9 | 171 | 26152,550 | 152,938 | |
| A ₄₄ | 2,9 | 171 | 32545,390 | 190,324 | |
| A ₄₅ | 2,9 | 171 | 33564,980 | 196,286 | |
| | | | | | 163,909 |

Tabel 5.6 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual fc' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata fcr' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|---|
| A ₅₁ | 3,0 | 171 | 18056,980 | 105,596 | |
| A ₅₂ | 2,9 | 171 | 18332,270 | 107,206 | |
| A ₅₃ | 3,0 | 171 | 15885,250 | 92,896 | |
| A ₅₄ | 3,0 | 171 | 13060,980 | 76,380 | |
| A ₅₅ | 3,0 | 171 | 17078,170 | | |
| | | | | | 96,390 |

Tabel 5.7 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| B ₂₁ | 2,8 | 171 | 26427,840 | 154,548 | |
| B ₂₂ | 2,7 | 171 | 26937,630 | 157,530 | |
| B ₂₃ | 2,8 | 171 | 29547,790 | 172,794 | |
| B ₂₄ | 2,8 | 171 | 25765,100 | 150,673 | |
| B ₂₅ | 2,8 | 171 | 30363,460 | 177,564 | |
| | | | | | 162,622 |

Tabel 5.8 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| B ₃₁ | 2,6 | 171 | 24745,510 | 144,711 | |
| B ₃₂ | 2,7 | 171 | 22002,810 | 128,671 | |
| B ₃₃ | 2,6 | 171 | 24164,340 | 141,312 | |
| B ₃₄ | 2,7 | 171 | 24001,210 | 140,358 | |
| B ₃₅ | 2,7 | 171 | 23430,240 | 137,019 | |
| | | | | | 138,414 |

Tabel 5.9 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| B ₄₁ | 2,7 | 171 | 20259,300 | 118,475 | |
| B ₄₂ | 2,7 | 171 | 18831,870 | 110,128 | |
| B ₄₃ | 2,8 | 171 | 18199,730 | 106,431 | |
| B ₄₄ | 2,8 | 171 | 17363,660 | 101,542 | |
| B ₄₅ | 2,8 | 171 | 20422,440 | 119,429 | |
| | | | | | 111,201 |

Tabel 5.10 Kuat desak *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Desak Individual f_c' (Kg/cm ²) | Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|--|--|
| B ₅₁ | 2,8 | 171 | 13305,680 | 77,811 | |
| B ₅₂ | 2,7 | 171 | 16864,060 | 98,620 | |
| B ₅₃ | 2,8 | 171 | 15324,480 | 89,617 | |
| B ₅₄ | 2,8 | 171 | 17302,480 | 101,184 | |
| B ₅₅ | 2,8 | 171 | 17108,760 | 100,051 | |
| | | | | | 93,456 |

5.1.3 Kuat Geser *Paving Block*

Untuk uji geser dengan bahan tambah *spent catalyst* dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen digunakan *paving block* dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar = 10 cm dan tinggi = 7 cm, dengan volume = 0.0014 m³. Adapun cara menghitung adalah sebagai berikut (contoh hitungan hasil uji kuat geser *paving block* dengan kode C₁₁).

$$1 \text{ Kg} = 9,80784 \text{ N}$$

$$\text{Beban maksimum} = \frac{(kN).1000}{9,80784} \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban maksimum (P)} &= \frac{(kN).1000}{9,80784} \\ &= \frac{(32,1).1000}{9,80784} = 3272,892 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Luas permukaan (A)} = 171 \text{ cm}^2$$

Berdasarkan rumus (3.2), maka kuat geser dari *paving block* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser (Vu)} &= \frac{P \text{ max}}{2An} \\ &= \frac{3272,892}{2 \times 171} \\ &= 9,569 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian kuat geser beton terhadap benda uji, maka diperoleh hasil kuat geser yang ditunjukkan pada Tabel 5.11 s/d Tabel 5.19.

Tabel 5.11 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| C ₁₁ | 3,0 | 171 | 3272,892 | 9,569 | |
| C ₁₂ | 3,0 | 171 | 3323,872 | 9,718 | |
| C ₁₃ | 2,9 | 171 | 3517,594 | 10,285 | |
| C ₁₄ | 2,9 | 171 | 4108,958 | 12,014 | |
| C ₁₅ | 3,0 | 171 | 4200,721 | 12,283 | |
| | | | | | 10,774 |

Tabel 5.12 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| C ₂₁ | 3,0 | 171 | 3038,386 | 8,884 | |
| C ₂₂ | 3,0 | 171 | 3119,953 | 9,123 | |
| C ₂₃ | 2,9 | 171 | 3140,345 | 9,182 | |
| C ₂₄ | 2,9 | 171 | 3170,933 | 9,272 | |
| C ₂₅ | 3,0 | 171 | 3945,823 | 11,537 | |
| | | | | | 9,599 |

Tabel 5.13 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| C ₃₁ | 3,0 | 171 | 2365,455 | 6,916 | |
| C ₃₂ | 3,0 | 171 | 2406,238 | 7,036 | |
| C ₃₃ | 2,9 | 171 | 2620,353 | 7,662 | |
| C ₃₄ | 2,9 | 171 | 2742,704 | 8,019 | |
| C ₃₅ | 3,0 | 171 | 3028,190 | 8,854 | |
| | | | | | 7,697 |

Tabel 5.14 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| C ₄₁ | 3,0 | 171 | 1957,618 | 5,724 | |
| C ₄₂ | 3,0 | 171 | 2018,793 | 5,903 | |
| C ₄₃ | 2,9 | 171 | 2059,577 | 6,022 | |
| C ₄₄ | 2,9 | 171 | 2110,556 | 6,171 | |
| C ₄₅ | 3,0 | 171 | 2141,144 | 6,260 | |
| | | | | | 6,016 |

Tabel 5.15 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| C ₅₁ | 3,0 | 171 | 1753,699 | 5,128 | |
| C ₅₂ | 3,0 | 171 | 1804,679 | 5,277 | |
| C ₅₃ | 2,9 | 171 | 1814,875 | 5,306 | |
| C ₅₄ | 2,9 | 171 | 1927,030 | 5,634 | |
| C ₅₅ | 3,0 | 171 | 1947,422 | 5,694 | |
| | | | | | 5,408 |

Tabel 5.16 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 10 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| D ₂₁ | 2,8 | 171 | 2416,434 | 7,065 | |
| D ₂₂ | 2,7 | 171 | 2447,022 | 7,155 | |
| D ₂₃ | 2,8 | 171 | 2467,414 | 7,215 | |
| D ₂₄ | 2,8 | 171 | 2559,177 | 7,483 | |
| D ₂₅ | 2,8 | 171 | 2742,704 | 8,019 | |
| | | | | | 7,387 |

Tabel 5.17 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 15 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| D ₃₁ | 2,8 | 171 | 1672,132 | 4,889 | |
| D ₃₂ | 2,7 | 171 | 1712,915 | 5,008 | |
| D ₃₃ | 2,8 | 171 | 1896,442 | 5,545 | |
| D ₃₄ | 2,8 | 171 | 1967,814 | 5,754 | |
| D ₃₅ | 2,8 | 171 | 2008,597 | 5,873 | |
| | | | | | 5,414 |

Tabel 5.18 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 20 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| D ₄₁ | 2,8 | 171 | 1488,605 | 4,353 | |
| D ₄₂ | 2,7 | 171 | 1488,605 | 4,353 | |
| D ₄₃ | 2,8 | 171 | 1651,74 | 4,829 | |
| D ₄₄ | 2,8 | 171 | 1743,503 | 5,097 | |
| D ₄₅ | 2,8 | 171 | 1896,442 | 5,545 | |
| | | | | | 4,836 |

Tabel 5.19 Kuat geser *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 25 %

| Kode | Berat (Kg) | Luas (Cm ²) | Beban Maks (Kg) | Kuat Geser Individual (Kg/cm ²) | Kuat Geser Rata-rata (Kg/cm ²) |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|---|--|
| D ₅₁ | 2,8 | 171 | 1182,727 | 3,458 | |
| D ₅₂ | 2,7 | 171 | 1508,997 | 4,412 | |
| D ₅₃ | 2,8 | 171 | 1651,740 | 4,829 | |
| D ₅₄ | 2,8 | 171 | 1692,524 | 4,949 | |
| D ₅₅ | 2,8 | 171 | 1702,719 | 4,979 | |
| | | | | | 4,525 |

5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Pada dasarnya *paving block* yang baik adalah *paving block* yang mempunyai kuat desak tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susutnya kecil, tahan aus, tahan terhadap cuaca dan juga tahan terhadap zat kimia yang akan merusak mutu *paving block*. Apabila kuat desak tinggi, maka sifat dan karakteristik lainnya cenderung baik, maka peninjauan secara kasar mutu *paving block* biasanya hanya ditinjau pada kuat desaknya saja. Kuat desak *paving block* sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu :

1. sifat-sifat dari bahan susun
2. perbandingan dari bahan-bahan
3. cara pengadukan dan penuangan
4. cara pemadatan

5. perawatan selama proses pengerasan
6. umur *paving block*

Dari hal-hal yang telah disebutkan di atas, pembahasan penelitian ini adalah pada komposisi bahan penyusun *paving block* dan proses pematatannya, yaitu mengenai sifat-sifat dari bahan penyusun dan perbandingan dari bahan-bahannya. Sedangkan pada cara perawatan dan umur *paving block* dianggap sama yaitu dengan cara penyiraman secara periodik dan diuji pada umur 28 hari.

Hasil penelitian di atas memperlihatkan pengaruh penggantian sebagian semen dengan *spent catalyst* dan abu batu terhadap kenaikan kuat desak dan Kuat geser *paving block* pada proporsi tertentu. Dari hasil penelitian kuat desak dan Kuat geser terhadap benda uji yang berumur 28 hari, diperoleh hasil kuat desak dan Kuat geser rata-rata yang bervariasi namun menunjukkan kecenderungan menurun dengan ditambahkan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase yang bervariasi. Begitu pula dengan hasil penelitian kuat desak dan Kuat geser dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen menunjukkan hasil yang sama, yaitu kecenderungan menurun dengan ditambahkan abu batu. Hal ini disebabkan oleh komposisi variasi campuran bahan susun *paving block* dan proses pematatan yang dilakukan secara manual (tanpa menggunakan mesin cetak). Adapun standar kuat tekan *paving block* (SNI 03-0691-1996) disajikan pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Standar kuat tekan *paving block*

| Mutu <i>Paving Block</i> | Kuat Tekan (Kg/cm ²) | | Kegunaan |
|--------------------------|----------------------------------|---------|---------------------------------|
| | Rata-rata | Minimal | |
| A | 400 | 350 | untuk jalan |
| B | 200 | 170 | untuk pelataran parkir |
| C | 150 | 125 | untuk pejalan kaki |
| D | 100 | 85 | untuk taman dan penggunaan lain |

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

5.2.1 Agregat Kasar dan Halus

1. Modulus Halus Butir (MHB)

Modulus halus butir ialah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregat.

Butir-butir agregat mempengaruhi kekuatan *paving block* karena makin besar modulus halus maka kebutuhan pasta semen akan semakin kecil. Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Dari hasil pemeriksaan yang terlihat pada tabel 5.1 di atas diperoleh modulus halus butir untuk agregat halus adalah 2,16. Hal ini disebabkan karena distribusi ukuran pasir di setiap ayakan pada saat penelitian. Jika semakin kecil ukuran ayakan, maka

menghasilkan modulus halus butir yang kecil sehingga dapat dikatakan pasir halus. Demikian pula sebaliknya, bila semakin besar ukuran ayakan, semakin sedikit pasir yang tertahan pada setiap ayakannya, maka menghasilkan modulus halus butir yang besar. Dengan nilai modulus halus butir sebesar 2,16 maka banyak pasir yang tertahan pada ukuran ayakan pertengahan.

2. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat ialah rasio antara massa padat dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu :

1. agregat normal yaitu agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7
2. agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,5
3. agregat berat mempunyai berat jenis lebih dari 2,7

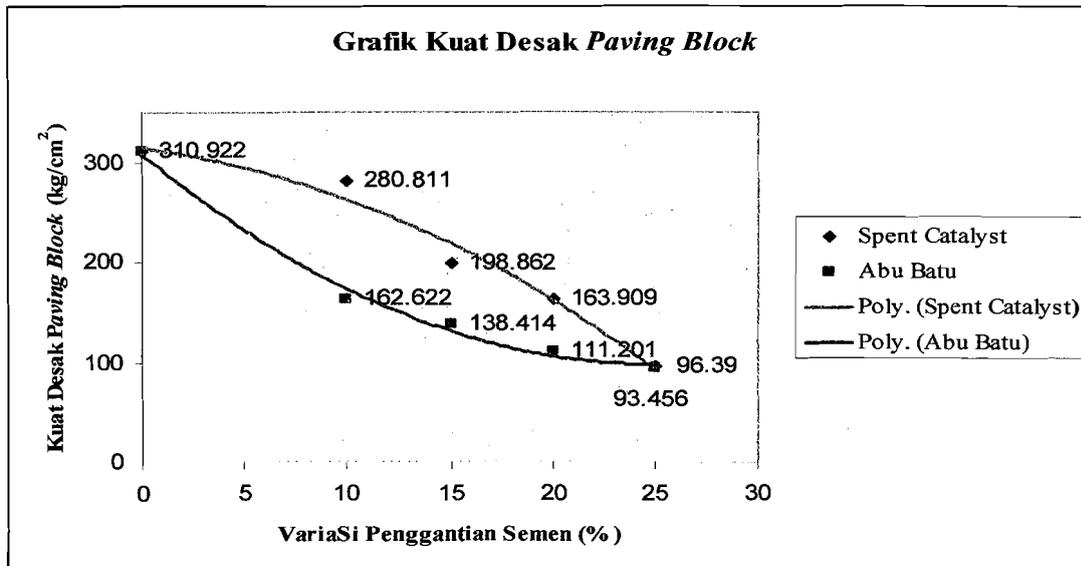
Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai berat jenis agregat halus adalah 2,538 sehingga termasuk dalam agregat normal dan agregat kasar sebesar 2,634 sehingga termasuk juga dalam agregat normal. Hal ini disebabkan karena agregat ini mempunyai permukaan yang berpori. Dengan adanya pori maka agregat ini mempunyai permukaan yang cukup kasar dan mempunyai berat yang cukup ringan dan mudah untuk menyerap air. Permukaan yang cukup kasar pada agregat mempunyai keuntungan karena dapat meningkatkan rekatan agregat dengan semen.

5.2.2 Kuat Desak *Paving Block*

Untuk lebih memudahkan dalam hal pembahasan, serta untuk mengetahui hubungan antara pengaruh variasi penambahan *spent catalyst* dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat desak, hasil penelitian uji *paving block* dengan berbagai variasi, ditampilkan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Kuat desak *paving block* untuk setiap variasi *spent catalyst* dan abu batu

| No | Variasi Penggantian Semen | Kuat Desak <i>Paving Block</i> (Kg/cm ²) | Kuat Desak <i>Paving Block</i> (Kg/cm ²) |
|----|---------------------------|--|--|
| | | <i>Spent Catalyst</i> | Abu Batu |
| 1 | 0 % | 310,922 | 310,922 |
| 2 | 10 % | 280,811 | 162,622 |
| 3 | 15 % | 198,862 | 138,414 |
| 4 | 20 % | 163,909 | 111,201 |
| 5 | 25 % | 96,390 | 93,456 |



Gambar 5.1 Grafik hubungan antara kuat desak *paving block* dengan variasi *spent catalyst* dan abu batu sebagai pengganti sebagian semen

Pengujian kuat desak *paving block* yang diberikan pada 5 variasi (0%, 10%, 15%, 20% dan 25%) benda uji yang berumur 28 hari, diperoleh hasil kuat desak rata-rata tertinggi adalah pengganti sebagian semen sebesar 0% (tanpa *spent catalyst*). Dari data yang ditunjukkan pada tabel 5.21 dan gambar 5.1 menunjukkan bahwa nilai kuat desak rata-rata pada variasi 0% sebesar 310,922 kg/cm² adalah nilai kuat desak paling tinggi dibanding nilai kuat desak pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% yang masing-masing sebesar 280,811 kg/cm², 198,862 kg/cm², 163,909 kg/cm² dan 96,390 kg/cm². Bila dibandingkan dengan nilai kuat desak pada variasi 0% sebesar 100%, maka kuat desak rata-rata yang terjadi pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% masing-masing adalah sebesar 90,32%, 63,96%, 52,72%, dan 31%. Sehingga terjadi

penurunan kuat desak *paving block* sebesar 9,68%, 36,04%, 47,28% dan 69%. Rendahnya nilai kuat desak rata-rata pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% selain karena proses pematatannya dilakukan secara manual yang mengakibatkan *paving block* tidak padat dan berongga sehingga kepadatan yang dihasilkan untuk setiap variasi tidak optimal dan seragam, penurunan kuat desak ini juga disebabkan karena *spent catalyst* tidak mempunyai sifat hidrolis (bereaksi jika dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, walaupun *spent catalyst* memiliki bentuk dan komposisi kimia yang hampir sama dengan semen akan tetapi penambahan *spent catalyst* dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kuat desak *paving block* karena memungkinkan terjadinya penurunan material pengikat (semen) antar agregat sehingga mutu kuat desak *paving block* menurun. Dari hasil pengujian *paving block* umur 28 hari, ini dapat dilihat bahwa pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% masih dapat diambil manfaat dalam pengurangan penggunaan semen, meskipun terjadi penurunan kuat desak sebesar 9,68%, 36,04% 47,28% dan 69% karena kuat desak yang dihasilkan masih berada dalam standar mutu kuat desak *paving block* SNI 03-0691-1996, yaitu mutu kuat desak B (10% dan 15%) yang kegunaannya untuk pelataran parkir, mutu kuat desak C (20%) yang kegunaannya untuk pejalan kaki dan mutu kuat desak D (25%) yang kegunaannya untuk taman.

Bila dibandingkan kuat desak *paving block* dengan bahan tambah *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen, kuat desak *paving block* dengan bahan tambah abu batu sebagai pengganti sebagian semen jauh lebih rendah. Dari data yang ditunjukkan pada tabel 5.21 dan gambar 5.1 menunjukkan bahwa nilai kuat desak

rata-rata pada variasi 0% sebesar 310,922 kg/cm² adalah nilai kuat desak paling tinggi dibanding nilai kuat desak pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% yang masing-masing sebesar 162,622 kg/cm², 138,414 kg/cm², 111,201 kg/cm² dan 93,456 kg/cm². Bila dibandingkan dengan nilai kuat desak pada variasi 0% sebesar 100%, maka kuat desak rata-rata yang terjadi pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% masing-masing adalah sebesar 52,30%, 44,52%, 35,76%, dan 30%. Sehingga terjadi penurunan kuat desak *paving block* sebesar 47,70%, 55,48%, 64,24% dan 70%. Rendahnya nilai kuat desak rata-rata pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% selain karena proses pemadatannya dilakukan secara manual yang mengakibatkan *paving block* tidak padat dan berongga sehingga kepadatan yang dihasilkan untuk setiap variasi tidak optimal dan seragam, penurunan kuat desak ini juga disebabkan karena abu batu berfungsi sebagai *filler* dan bukan sebagai pengganti sebagian semen. Penggantian sebagian semen dengan abu batu akan mengurangi material pengikat (semen) antar agregat sehingga ikatan antar agregat menjadi lemah dan kekuatan beton berkurang karena abu batu tidak mempunyai sifat-sifat seperti halnya sifat semen, sehingga penambahan abu batu dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kuat desak *paving block*. Penggunaan abu batu pada adukan beton biasanya dipakai sebagai *filler* yang berfungsi untuk mengisi rongga pada butiran pasir. Dari hasil pengujian *paving block* umur 28 hari, ini dapat dilihat bahwa pada variasi 10%, 15%, 20% dan 25% masih dapat diambil manfaat dalam pengurangan penggunaan semen, meskipun terjadi penurunan kuat desak sebesar 47,70%, 55,48%, 64,24% dan 70% karena kuat desak yang dihasilkan masih berada dalam standar mutu kuat desak

dan kuat. Sedangkan penurunan kuat desak beton pada persentase penggantian semen 15% dan 20% disebabkan karena *spent catalyst* tidak mempunyai sifat hidrolis (bereaksi jika dicampur dengan air) seperti halnya sifat semen, walaupun *spent catalyst* memiliki bentuk dan komposisi kimia yang hampir sama dengan semen akan tetapi penambahan *spent catalyst* dengan mengurangi sebagian semen justru akan mengurangi kekuatan beton, pada penggunaan *spent catalyst* yang cukup banyak memungkinkan terjadinya penurunan material pengikat (semen) antar agregat yang menyebabkan ikatan antar agregat lemah sehingga mutu beton menurun. **(Syahputra Amaldani Ginting, 2006)**

Bila dibandingkan dengan penelitian yang saya lakukan terjadi perbedaan yang sangat signifikan, dimana penggunaan *spent catalyst* pada campuran adukan beton yang berfungsi sebagai bahan tambah (*filler*) telah meningkatkan kuat desak beton, sedangkan pada penelitian ini *spent catalyst* digunakan sebagai bahan tambah yang berfungsi sebagai pengganti sebagian semen pada campuran adukan beton kering telah menghasilkan kuat desak yang semakin menurun seiring dengan penambahan *spent catalyst*, semakin besar penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen, semakin menurun kuat desaknya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa fungsi dari *spent catalyst* pada campuran adukan beton adalah sebagai *filler*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. penggantian sebagian semen dengan variasi bahan tambah *spent catalyst* (10%, 15%, 20% dan 25%) pada *paving block* memberikan hasil kuat desak dan kuat geser yang semakin menurun, semakin besar penambahan *spent catalyst* sebagai pengganti sebagian semen, semakin menurun kuat desak dan kuat gesernya,
2. penambahan *spent catalyst* pada variasi tertentu (1,5%, 3%, 4,5% dan 6%,) pada campuran adukan beton yang berfungsi sebagai *filler* telah meningkatkan kuat desak beton, kuat desak optimum dicapai pada persentase 3%,
3. penggantian sebagian semen dengan menggunakan *spent catalyst* menghasilkan kuat desak dan kuat geser yang tinggi dibandingkan penggantian sebagian semen dengan menggunakan abu batu,
4. berdasarkan penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa fungsi dari *spent catalyst* pada campuran adukan beton adalah sebagai *filler*.

6.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu dikemukakan sebagai wacana dan bahan pertimbangan bagi pembaca dan acuan untuk penelitian selanjutnya, sehingga hasil yang didapat akan lebih baik. Hal-hal tersebut adalah:

1. perlunya menggunakan alat mesin cetak *press* agar menghasilkan kepadatan yang optimal dan seragam,
2. kecermatan dan ketelitian pada saat proses pencampuran bahan susun agar sesuai dengan perhitungan *mix design*,
3. perlu adanya penambahan jumlah sampel agar diperoleh hasil yang bervariasi,
4. perlu adanya evaluasi dan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan *spent catalyst* pada *paving block* mengenai bentuk benda uji sesuai standar pengujian beton, dengan metode pelaksanaan pembuatan benda uji sama dengan pembuatan *paving block* pada umumnya.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I



UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO | N A M A | NO.MHS. | BID.STUDI |
|----|----------------|------------|--------------|
| 1. | Deden Rudianto | 02 511 003 | Teknik Sipil |

JUDUL TUGAS AKHIR

Perilaku Mekanik Paving Block Dengan Variasi Penambahan Limbah Katalis Hasil Penyulingan Minyak Bumi Sebagai Pengganti Sebagian Semen

PERIODE KE : III (Mar 06 - Agst 06)

TAHUN : 2005 - 2006

Sampai Akhir Agustus 2006

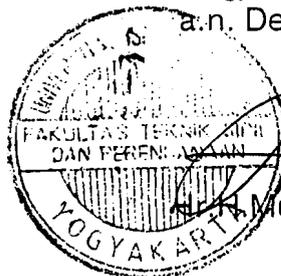
| No. | Kegiatan | Bulan Ke : | | | | | |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | MAR. | APR. | MEI. | JUN. | JUL. | AGT. |
| 1 | Pendaftaran | ■ | | | | | |
| 2 | Penentuan Dosen Pembimbing | ■ | | | | | |
| 3 | Pembuatan Proposal | | ■ | | | | |
| 4 | Seminar Proposal | | ■ | ■ | | | |
| 5 | Konsultasi Penyusunan TA. | | | ■ | ■ | ■ | |
| 6 | Sidang - Sidang | | | | | ■ | ■ |
| 7 | Pendadaran | | | | | | ■ |

Dosen Pembimbing I : Susastrawan,Ir,H,MS

Dosen Pembimbing II : Susastrawan,Ir,H,MS



Jogjakarta , 5-May-06
 a.n. Dekan



[Signature]
 H. H. Munadhir, MS

| | | |
|------------|---|--|
| Catatan | : | |
| Seminar | : | |
| Sidang | : | |
| Pendadaran | : | |

LAMPIRAN 2



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pengirim :

Di terima tanggal :

Pasir asal :

Keperluan :

| Uraian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata –rata |
|---|----------|----------|------------|
| Berat pasir kering mutlak, gram (Bk) | 446 | - | 446 |
| Berat pasir kondisi jenuh kering muka, garam | 500 | 500 | 500 |
| Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt) | 1333 | - | 1333 |
| Berat piknometer berisi air, gram (B) | 1030 | - | 1030 |
| Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$ | 2,264 | - | 2,264 |
| Berat jenis kering muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$ | 2,538 | - | 2,538 |
| Berat jenis semu (3) $Bk / (B + k - Bt)$ | 3,118 | - | 3,118 |
| Penyerapan air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$ | 12,107 | - | 12,107 |

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan :

.....

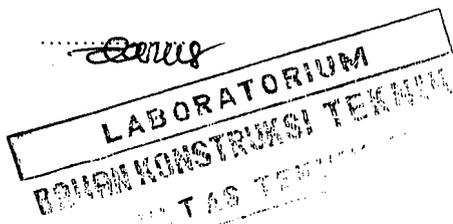
Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

.....

.....



LAMPIRAN 3



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

| Uraian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata –rata |
|---|----------|----------|------------|
| Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk) | 4856 | - | 4856 |
| Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gr (Bj) | 5000 | 5000 | 5000 |
| Berat kerikil dalam air, gram (Ba) | 3102 | - | 3102 |
| Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (Bj - Ba)$ | 2,558 | - | 2,558 |
| Berat jenis kering muka, gram/cm ³ (2) $Bj / (Bj - Ba)$ | 2,634 | - | 2,634 |
| Berat jenis semu (3) $Bk / (Bk - Ba)$ | 2,768 | - | - |
| Penyerapan air (4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$ | 2,965 | - | 2,965 |

Kesimpulan :

Yogyakarta,.....

Dikerjakan oleh :

.....

Di syahkan
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

LAMPIRAN 4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

| Ukuran butir maksimum | Berat minimum | Keterangan |
|-----------------------|---------------|------------|
| Sampai 4.80 mm | 500 gram | Pasir |
| 9.60 mm | 1000 gram | Kerikil |
| 19.20 mm | 1500 gram | Kerikil |
| 38.00 mm | 2500 gram | Kerikil |

| Uraian | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata – rata |
|--|----------|----------|-------------|
| Berat agregat kering oven (W_1), gram | 446 | - | 446 |
| Berat agregat kering oven setelah dicuci (W_2) | 545 | - | 545 |
| Berat yang lewat ayakan n0. 200, persen $\{ (W_1 - W_2) / W_1 \} \times 100 \%$ | 22,197 | - | 22,197 |

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI – 1982)

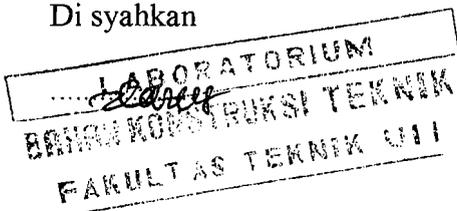
berat bagian yang lewat ayakan no.200 (0,075 mm)

- Untuk pasir maksimum 5%
- Untuk kerikil maksimum 1 %

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :



.....

LAMPIRAN 5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl.Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

| Uraian | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata - rata |
|---|----------|----------|-------------|
| Berat tabung (W_1), gram | 15967 | - | 15967 |
| Berat tabung+ Agregat kering tungku (W_2), gr | 32000 | - | 32000 |
| Berat agregat bersih (W_3), gram | 16033 | - | 16033 |
| Volume tabung (V), cm^3 | 10760 | - | 10760 |
| Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$ | 1,49 | - | 1,49 |

Yogyakarta,.....

Di syahkan

Dikerjakan oleh :



.....

LAMPIRAN 6



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR

Pengirim :
Di terima tanggal :
Pasir asal :
Keperluan :

| Uraian | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata – rata |
|---|----------|----------|-------------|
| Berat tabung (W_1), gram | 15967 | - | 15967 |
| Berat tabung+ Agregat kering tungku (W_2), gr | 33000 | - | 33000 |
| Berat agregat bersih (W_3), gram | 17033 | - | 17033 |
| Volume tabung (V), cm^2 | 10760 | - | 10760 |
| Berat isi gembur = (W_3 / V), $gram/cm^3$ | 1,58 | - | 1,58 |

Yogyakarta,

Di syahkan

Dikerjakan oleh :

[Signature]
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UJI

.....

LAMPIRAN 7



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax: (0274) 895330 Yogyakarta

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB)

AGREGAT HALUS

Nama Sampel : _____ Peneliti : 1. _____

Asal : _____ 2. _____

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif (%) | Persen lolos kumulatif (%) |
|--------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | 4,80 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 2 | 2,40 | 1 | 0,05 | 0,05 | 99,95 |
| 3 | 1,20 | 4 | 0,20 | 0,25 | 99,75 |
| 4 | 0,60 | 780 | 39,00 | 39,25 | 60,75 |
| 5 | 0,30 | 770 | 38,50 | 77,75 | 22,25 |
| 6 | 0,15 | 393 | 19,65 | 97,40 | 2,60 |
| 7 | sisa | 52 | 2,60 | - | - |
| Jumlah | | 2000 | 100 | 216 | - |

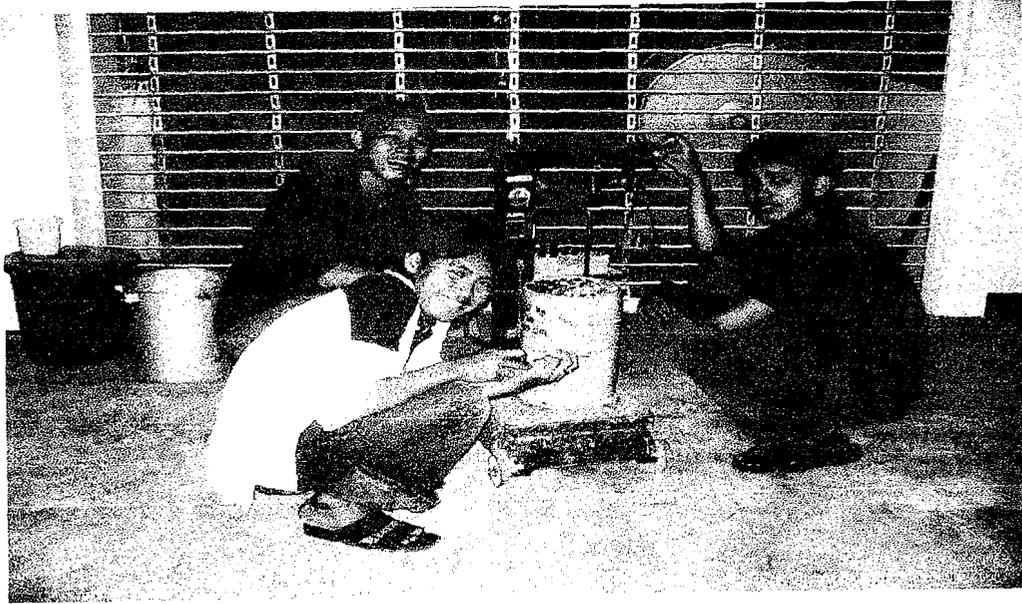
$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{216}{100} = 2,16$$

GRADASI PASIR

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

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
T'S TEKNIK

LAMPIRAN 8

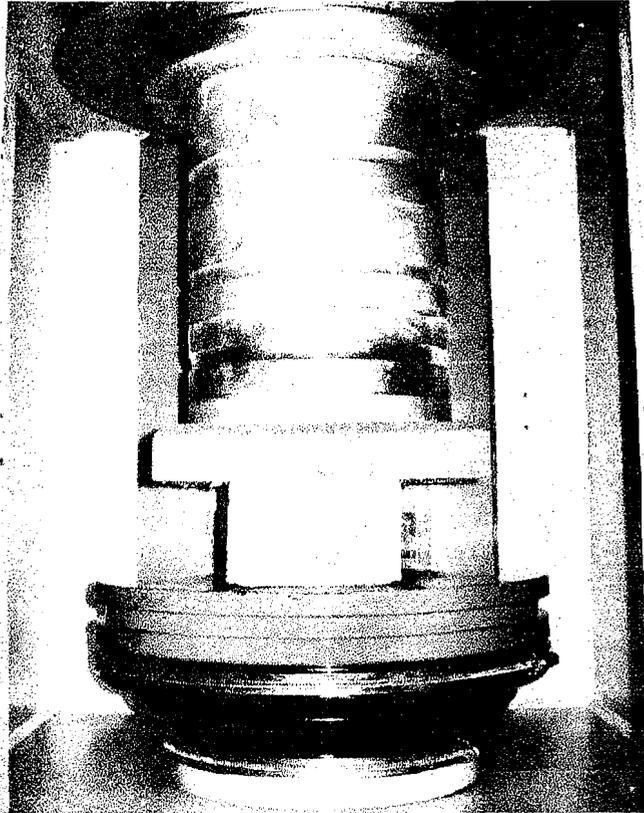


Pemeriksaan Agregat



Pekerjaan Pengadukan

Pengujian Benda Uji



Benda Uji

