

PERPUSTAKAAN STIGP UIN
 HADIRAH/BEAL
 TGL TERIMA : 30.9.2007 4.9.08
 NO. JUDUL : 003124
 NO. INV. : 956/74/174
 NO. INDIK. : 5120003124001

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN KERIKIL DENGAN
 PECAHAN GENTENG TERHADAP KUAT DESAK
 PAVING BLOCK**



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Disusun oleh :

Nama : AZRIYAN
 No. Mhs : 93 310 232
 Nirm : 930051013114120229

Nama : ENDANG HASTUTI
 No. Mhs : 93 310 346
 Nirm : 930051013114120340

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA
 2000**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN KERIKIL DENGAN
PECAHAN GENTENG TERHADAP KUAT DESAK
*PAVING BLOCK***

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia*

Disusun oleh :

Nama : AZRIYAN
No. Mhs : 93 310 232
Nirm : 930051013114120229

Nama : ENDANG HASTUTI
No. Mhs : 93 310 346
Nirm : 930051013114120340

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN KERIKIL DENGAN
PECAHAN GENTENG TERHADAP KUAT DESAK
*PAVING BLOCK***

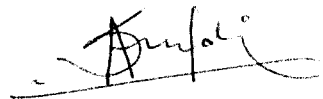
Nama : AZRIYAN
No. Mhs : 93 310 232
Nirm : 930051013114120229

Nama : ENDANG HASTUTI
No. Mhs : 93 310 346
Nirm : 930051013114120340

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin, MT

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 20 - 12 - 2000 .

Ir. H. Kasam, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 19 - 12 - 2000

KATA PENGANTAR

Bismillahirromanirrohim

Assalamu 'alaikum wr.wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Sholawat dan salam pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa manusia dari alam kebodohan ke alam yang penuh ilmu pengetahuan.

Mahasiswa diwajibkan untuk membuat Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Demi lebih sempurnanya Tugas Akhir ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar Tugas Akhir ini dapat disajikan dengan lebih sempurna.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah Bunda tercinta yang senantiasa memberikan dorongan moral maupun material.
2. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Tadjudin BM Aris, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.
4. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing I.

5. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kakak-kakak dan saudaraku tercinta yang telah memberikan semangat dan dorongan sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
7. Pegawai-pegawai Laboratorium BKT FTSP, UII Yogyakarta.
8. Rekan-rekan yang telah banyak membantu hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.
9. Serta semua pihak yang telah membantu .

-Semoga Allah SWT membalas amal yang telah Bapak-bapak dan Saudara-saudari lakukan. Amin.

Akhir kata, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya bila ada kesalahan yang dilakukan baik yang disadari maupun tanpa disadari selama penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat memperluas pengetahuan dibidang Teknik Sipil.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, November 2000

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SYARAT.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAKS.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6

BAB III. LANDASAN TEORI.....	8
3.1 Beton.....	8
3.1.1 Umum.....	9
3.1.2 Faktor Air Semen.....	10
3.1.3 Umur Beton.....	11
3.1.4 Jenis Semen.....	11
3.1.5 Jumlah Semen.....	12
3.1.6 Sifat Agregat.....	13
3.1.7 Keuntungan Dan Kerugian Menggunakan Beton.....	14
3.1.8 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Beton.....	15
3.2 <i>Paving Block</i>	16
3.2.1 Umum.....	17
3.2.2 Definisi.....	19
3.2.3 Syarat Mutu.....	19
3.3 Bahan Pembentuk <i>Paving Block</i>	20
3.3.1 Semen Portland.....	20
3.3.2 Agregat.....	22
3.3.3 Pecahan Genteng.....	27
3.3.4 Air.....	28
BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	29
4.1 Pengumpulan Data.....	29
4.2 Analisis Data.....	30

4.3	Bahan Penelitian.....	30
4.4	Pemeriksaan Bahan.....	31
4.5	Peralatan Penelitian.....	31
4.6	Pembuatan Benda Uji.....	32
4.7	Jumlah Benda Uji.....	33
4.8	Pelaksanaan Penelitian.....	34
BAB V. PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN.....		36
5.1	Pelaksanaan Penelitian.....	36
5.1.1	Persiapan Dan Pemeriksaan Bahan.....	36
5.1.2	Pembuatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	38
5.1.3	Perawatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	39
5.1.4	Pengujian Kuat Desak <i>Paving Block</i>	39
5.2	Hasil Penelitian.....	40
BAB VI. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
6.1	Perhitungan Kuat Desak Dan Kuat Desak Rerata <i>Paving Block</i>	45
6.2	Pembahasan.....	51
6.2.1	Kuat Desak <i>Paving Block</i> Terhadap Perkembangan Umur.....	51
6.2.2	Kuat Desak <i>Paving Block</i> Terhadap Variasi Campuran.....	57
6.2.3	Nilai Kuat Desak Maksimum Minimum <i>Paving Block</i>	63

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
7.1 Kesimpulan.....	65
7.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1.1 Kekuatan fisik bata beton untuk lantai.....	20
Tabel 4.1 Variasi campuran adukan 1 : 3 : 2,5.....	32
Tabel 4.2 Jumlah benda uji.....	33
Tabel 5.1 Prosentase lajat desak <i>paving block</i> terhadap umur.....	40
Tabel 5.2 Hasil pengujian desak <i>paving block</i> pada umur 7 hari daerah asal Godean (Yogyakarta).....	41
Tabel 5.3 Hasil pengujian desak <i>paving block</i> pada umur 7 hari daerah asal Soka (Kebumen).....	42
Tabel 5.4 Hasil pengujian desak <i>paving block</i> pada umur 28 hari daerah asal Godean (Yogyakarta).....	43
Tabel 5.5 Hasil pengujian desak <i>paving block</i> pada umur 28 hari daerah asal Soka (Kebumen).....	44
Tabel 6.1 Perhitungan kuat desak <i>paving block</i> umur benda uji 7 hari daerah Godean.....	47
Tabel 6.2 Perhitungan kuat desak <i>paving block</i> umur benda uji 7 hari daerah Soka.....	48
Tabel 6.3 Perhitungan kuat desak <i>paving block</i> umur benda uji 28 hari daerah Godean.....	49
Tabel 6.4 Perhitungan kuat desak <i>paving block</i> umur benda uji 28 hari daerah Soka.....	50

Tabel 6.5	Prosentase kuat desak <i>paving block</i> dengan pecahan genteng asal Godean.....	51
Tabel 6.6	Prosentase kuat desak <i>paving block</i> dengan pecahan genteng asal Soka.....	53
Tabel 6.7	Penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rerata <i>paving block</i> dengan pecahan genteng asal Godean.....	58
Tabel 6.8	Penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rerata <i>paving block</i> pecahan genteng asal Soka.....	60

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 4.1 Bentuk <i>paving block</i> tipe trihek (tiga berlian).....	34
Gambar 6.1 Grafik prosentase kuat desak <i>paving block</i> umur 7 hari terhadap 28 hari untuk pecahan genteng asal Godean.....	52
Gambar 6.2 Grafik prosentase kuat desak <i>paving block</i> umur 7 hari terhadap 28 hari pecahan genteng asal Soka.....	54
Gambar 6.3 Grafik perbandingan prosentase kuat desak <i>paving block</i> antara asal pecahan genteng Godean dan Soka.....	56
Gambar 6.4 Grafik peningkatan kuat desak <i>paving block</i> dari umur 7 hari terhadap 28 hari asal pecahan genteng Godean.....	59
Gambar 6.5 Grafik peningkatan kuat desak <i>paving block</i> dari umur 7 hari terhadap 28 hari asal pecahan genteng Soka.....	60
Gambar 6.6 Grafik perbandingan kuat desak <i>paving block</i> asal pecahan genteng Godean dan Soka.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar *paving block* bentuk trihek (tiga berlian)
- Lampiran 2. Data pemeriksaan gradasi agregat halus
- Lampiran 3. Data pemeriksaan berat jenis
- Lampiran 4. Data pemeriksaan berat volume
- Lampiran 5. Hasil Pengujian kuat desak *paving block* umur 7 hari daerah Godean
- Lampiran 6. Hasil Pengujian kuat desak *paving block* umur 7 hari daerah Soka
- Lampiran 7. Hasil Pengujian kuat desak *paving block* umur 28 hari daerah Godean
- Lampiran 8. Hasil Pengujian kuat desak *paving block* umur 28 hari daerah Soka
- Lampiran 9. Foto – foto penelitian

ABSTRAKS

Beton merupakan bahan konstruksi yang telah lama digunakan pada pekerjaan teknik sipil. Salah satu pemakaian beton sebagai bahan struktur adalah untuk bahan konstruksi perkerasan jalan. Perkembangan konstruksi perkerasan dengan menggunakan paving block menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi. Perkembangan tersebut tidak hanya terbatas pada meluasnya pemakaian, tetapi termasuk variasi penggunaan.

Pemakaian pecahan genteng sebagai agregat kasar dalam campuran paving block adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai akibat kegagalan pada saat produksi, yang nantinya dapat menyebabkan pencemaran tanah.

Benda uji "paving block" yang digunakan berbentuk trihek (tiga berlian) panjang sisi 6 mm, tebal 6 mm. Pecahan genteng berasal dari daerah Godean (Yogyakarta) dan daerah Soka (Kebumen) dengan ukuran lolos saringan 10 mm, tertahan saringan 65 mm. Campuran adukan dipakai perbandingan 1 : 3 : 2,5 (1 Kg semen, 3 Kg pasir, 2,5 Kg kerikil+genteng). Prosentase pemakaian pecahan genteng yang digunakan 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari total agregat kasar yang dibutuhkan.

Dari hasil penelitian "paving block" pada umur 7 dan 28 hari diperoleh "paving block" yang mempunyai kuat desak optimum yaitu "paving block" dengan variasi-2 (V_2) penggunaan pecahan genteng sebanyak 20% dari berat total kerikil yang dibutuhkan. Nilai kuat desak tersebut adalah sebesar 384,507 Kg/cm² untuk umur 7 hari dan untuk umur 28 hari sebesar 487,702 Kg/cm² dengan pecahan genteng berasal dari Godean (Yogyakarta), sedangkan untuk yang berasal dari Soka (Kebumen) diperoleh untuk umur 7 hari sebesar 425,502 Kg/cm² dan umur 28 hari sebesar 503,958 Kg/cm². Pemakaian pecahan genteng yang terlalu banyak seperti pada variasi 60%, 80% dan 100% akan menyebabkan gerimpil pada "paving block" tersebut. "Paving block" yang memakai pecahan genteng berasal dari daerah Soka (Kebumen) memiliki kuat desak lebih tinggi dibanding "paving block" yang memakai pecahan genteng dari daerah Godean (Yogyakarta).

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan ini akan diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat serta batasan masalah pada penelitian yang akan kami lakukan.

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan bahan yang telah lama digunakan pada pekerjaan sipil karena beton mempunyai keunggulan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Salah satu pemakaian beton sebagai bahan struktur adalah untuk bahan konstruksi perkerasan. Menurut sifat bahannya konstruksi perkerasan dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu konstruksi perkerasan lentur (*flexure pavement*) yang menggunakan bahan ikat aspal dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang menggunakan bahan ikat semen atau yang lebih dikenal dengan konstruksi beton semen.

Perkembangan konstruksi perkerasan dengan menggunakan *paving block* menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi. Perkembangan tersebut tidak hanya

terbatas pada meluasnya pemakaian tetapi termasuk variasi penggunaannya. Dengan melihat kenyataan itu maka diperlukan adanya *paving block-paving block* dengan kualitas yang tinggi. Perbedaan keduanya terletak pada kemampuan meneruskan beban lalu lintas ke tanah dasar. Kapasitas kekuatan konstruksi perkerasan beton semen ditentukan oleh lapis platnya sendiri yang dipengaruhi oleh kekuatan beton, sedang kapasitas kekuatan perkerasan lentur ditentukan oleh tebal tiap lapisan.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hendraningtyas, I. P. dan Soegiharto, 1999. Dari penelitian mereka tersebut didapat kuat desak tertinggi yang dimiliki oleh *paving block* bentuk Trihek (Tiga Berlian) dengan perbandingan campuran 1 : 3 : 2,5 (1 kg semen, 3 kg pasir, dan 2,5 kg kerikil).

Melihat dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, perlu kiranya dikembangkan pembuatan dengan pecahan genteng. Ide dasar pemakaian pecahan genteng tersebut adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai akibat kegagalan dalam produksi genteng pada saat pembakaran yang mencapai 5-10% dari jumlah produksi, yang nantinya dapat menyebabkan pencemaran tanah karena pecahan genteng itu tidak bisa didaur ulang. Pemakaian pecahan genteng sebagai bahan susun beton merupakan alternatif yang baik untuk dapat memanfaatkan barang yang tidak terpakai. Khususnya untuk daerah Kebumen dan Godean yang banyak terdapat industri genteng, dimana masyarakat setempat telah memanfaatkan pecahan-pecahan genteng ini sebagai bahan urug pengganti kerikil untuk menguruk jalan, yang diberikan secara cuma-cuma (tidak diperdagangkan). Sehingga apabila pecahan

genteng tersebut dapat memenuhi persyaratan sebagai agregat kasar dalam campuran *paving block*, maka akan dapat mengurangi penggunaan kerikil.

Agregat kasar dari pecahan genteng ini mempunyai beberapa kelebihan, antara lain dapat menghasilkan beton dengan kuat desak yang cukup tinggi, berat jenis betonnya ringan (lebih ringan dari beton normal) dan beton yang dihasilkan mempunyai daya hantar panas yang rendah. Sedangkan kekurangan dari agregat jenis ini adalah antara lain keausan dan resapan airnya cukup tinggi, juga kekerasan agregatnya sangat beragam tergantung dari mutu pembakaran (Tjokrodimuljo, 1995).

1.2. Rumusan Masalah

Idealnya suatu *paving block* adalah mempunyai kualitas merata, dengan maksud bahwa kualitas setiap bagian *paving block*, adalah sama atau minimal memenuhi syarat kuat desak. Selanjutnya diharapkan jalan dengan perkerasan *paving block* bisa berfungsi secara maksimal.

Sebagaimana tersebut dalam latar belakang, penulis ingin mengupayakan agar pemanfaatan limbah pecahan genteng “ Soka dan Godean “ semaksimal mungkin, hal ini berkaitan dengan kondisi sosiologis daerah tersebut yang banyak terdapat industri genteng yang dengan sendirinya terdapat banyak limbah pecahan genteng yang belum termanfaatkan secara optimal.

Permasalahannya adalah

1. Campuran pecahan genteng pada *paving block* akan mempengaruhi nilai kuat desak, dan
2. Secara fisik pecahan genteng akan menyebabkan *paving block* semakin mudah gerimpil.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini mempunyai tujuan sebagai berikut ini.

1. Memanfaatkan pecahan genteng sebagai bahan penyusun *paving block* sehingga didapat suatu komposisi *paving block* dengan menggunakan pecahan genteng yang mempunyai mutu baik serta kuat desak sesuai dengan yang disyaratkan,
2. Mengetahui sifat-sifat *paving block* yang terbuat dari campuran semen, pasir serta campuran antara kerikil dan pecahan genteng, seperti sifat tidak mudah pecah atau gerimpil (bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan).

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut ini.

1. Memanfaatkan limbah pecahan genteng agar tidak terbuang percuma yang dapat mengganggu lingkungan.

2. Diharapkan menjadi tambahan referensi serta masukan bagi pekerja jasa konstruksi dan masyarakat pada umumnya.

1.5. Batasan Masalah

Pembatasan masalah ini perlu dilakukan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

1. Pasir yang digunakan berasal dari sungai Progo (lolos saringan # 05 mm).
2. Kerikil yang digunakan berasal dari sungai Progo (lolos saringan #10 mm tertahan disaringan # 05 mm).
3. Pecahan genteng yang digunakan berasal dari Godean (Yogyakarta) dan Soka (Kebumen) dengan variasi:
 - a. lolos saringan # 10 mm tertahan disaringan # 05 mm,
 - b. persentase pecahan genteng 0%, 20%, 40%, 60%, 80% , 100% dari total agregat kasar yang dibutuhkan.
4. Semen yang digunakan semen tipe I merek Gresik.
5. Perbandingan campuran yang digunakan 1: 3: 2,5 dengan jumlah air tetap.
6. Bentuk *paving block* yang digunakan bentuk Trihek (Tiga Berlian) dengan tebal 60 mm.
7. Jumlah tumbukan seragam yaitu \pm 15 kali pada masing-masing sampel, karena jumlah tumbukan ini adalah yang terbaik.
8. Umur sampel 7 dan 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Barber dan Knapton (1977 dan 1979), menyatakan bahwa *paving block* yang berbentuk segi banyak /uni dan persegi empat berpenampilan sama di bawah beban (pola perkerasan) lalu lintas.

Hendraningtyas dan Sugiharto (1999), menyatakan bahwa *paving block* bentuk Trihek dengan ketebalan 6 cm dan perbandingan campuran 1 : 3 : 2.5 memiliki kuat desak tertinggi di banding bentuk lainnya (Uni, Holland, Segi Enam).

Marais dan Lane (1984), menyatakan kekuatan blok didefinisikan sebagai kekuatan kompresif blok yang direndam didalam air paling tidak selama 24 jam dan diuji diantara lembar-lembar papan lapis dengan ketebalan 3 mm.

Shackel (1980), Working Group D3 (1980), Knapton (1976), mengatakan bahwa penampilan perkerasan tidak tergantung kepada ketebalan *paving block*.

Shackel (1984) mengatakan bahwa bentuk *paving block* segi banyak uni bergerigi berpenampilan lebih baik (dalam hal *rutting* dan *creep*) daripada *paving block* berbentuk segi empat (bentuk tak terkunci).

Sastrowiyoto (1984), menyatakan bahwa gerimpil atau pecah ujung pada *paving block* bergigi juga banyak terjadi pada perkerasan. Berdasarkan hal tersebut maka

disarankan untuk menggunakan *paving block* segi empat pada perkerasan yang digunakan untuk lalu lintas berat, sedangkan perkerasan untuk lalu lintas sedang dan ringan dapat menggunakan bentuk segi empat atau yang lainnya yang sesuai.

Sharp dan Armstrong (1983), menyatakan bahwa sejak *paving block* diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1977 maka penggunaan *paving block* di Indonesia semakin meningkat, bahkan hingga tahun 1983 produksi *paving block* di Indonesia sudah mencapai 1.000.000 m².

Sanchez (1984), *paving block* yang porous atau tidak baik pematatannya akan sangat dipengaruhi oleh adanya lapisan es (*frost*) dan garam penghasil lapisan es (*deicing salts*) sehingga daya tahan *paving block* akan berkurang.

Houben dan kawan-kawan (1984), menyatakan bahwa kebanyakan negara menggunakan kuat tekan untuk tes kontrol produksi *paving block* kecuali Belanda dan Finlandia yang menggunakan kekuatan lentur.

Tjokrodimuljo (1995), menyatakan bahwa agregat kasar dari pecahan genteng mempunyai beberapa kelebihan, antara lain dapat menghasilkan beton dengan kuat desak yang cukup tinggi, berat jenis betonnya ringan (lebih ringan dari beton normal) dan beton yang dihasilkan mempunyai daya hantar panas yang rendah. Sedangkan kekurangan dari agregat jenis ini adalah antara lain keausan dan resapan airnya cukup tinggi, juga kekerasan agregatnya sangat beragam tergantung dari mutu pembakarannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

Paving block sebagai salah satu bahan konstruksi perkerasan memiliki bahan-bahan yang hampir sama dengan bahan penyusun beton. Sebagai perbandingan perbedaan maupun persamaan antara beton dan *paving block* dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

3.1. Beton

Beton adalah bahan bangunan yang tersusun dari semen, agregat, dan air dengan perbandingan tertentu. Penjelasan mengenai beton akan diuraikan dalam beberapa bagian meliputi pengetahuan beton secara umum, faktor air semen (fas), umur beton, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat, serta keuntungan dan kerugian menggunakan beton seperti berikut ini.

3.1.1. Umum

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland dan agregat (kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) dengan perbandingan tertentu.

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar penyusunnya, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan oleh karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan situasi pemakaian tertentu.

Membuat beton sebenarnya tidaklah sesederhana hanya dengan mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana yang sering kita lihat pada pembuatan bangunan sederhana, tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar, *fresh concrete*) yang baik agar beton (beton keras, *hardener concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun

bleeding mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton (beton keras) yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/ awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

3.1.2. Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen

$$fas = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \dots\dots\dots (1)$$

Hubungan antara faktor air semen (fas) dan kuat desak beton dapat dituliskan secara empiris dengan rumus Duff Abraras (1919) dalam Tjekrodimuljo, 1995; sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5x}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$f'c$ = kuat desak beton

x = fas (yang semula dalam proporsi volume)

A, B = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen (fas) semakin rendah kuat desak betonnya. Walaupun menurut rumus tersebut tampak semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi karena kesulitan pemadatan masa

dibawah fas tertentu (misalnya sekitar 0,40) kekuatan beton itu malahan lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat pemadatannya sulit. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak beton maksimum sesuai dengan jenis pekerjaannya.

Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat dilakukan dengan cara pemadatan memakai alat getar (*vibrator*), atau dengan menggunakan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (keenceran) adukan beton.

3.1.3. Umur Beton

Kuat desak beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas semakin lambat kenaikan kekuatannya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya.

3.1.4. Jenis Semen

Menurut SII 0031-81 semen *Portland* dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut ini.

Jenis I : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.

Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).

Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen untuk beton yang sangat tahan sulfat.

Jenis-jenis semen tersebut mempunyai sifat – sifat yang berbeda.

3.1.5. Jumlah Semen

Pada umumnya orang mengetahui bahwa kekuatan beton akan bertambah bila pemakaian semen juga ditambah. Hal tersebut benar untuk campuran-campuran yang mempunyai perbandingan air semen (fas) yang sama. Pada campuran yang memakai jumlah air sama, pemakaian semen yang lebih banyak akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini dikarenakan nilai perbandingan air semen (fas) nya menjadi kecil. Tapi perlu dicatat bahwa campuran dengan faktor air semen yang rendah akan menyebabkan adukan menjadi kental sehingga pematatannya akan menjadi lebih sulit.

Di dalam praktek, biasanya suatu pekerjaan telah ditentukan “work-ability”-nya (kemudahan untuk dikerjakan) di lapangan, seperti yang diukur secara kasar dengan pengujian “slump”. Namun demikian, pemakaian air dan semen yang terlalu banyak dapat menyebabkan penyusutan yang luar biasa dengan meningkatnya kecenderungan untuk retak-retak, sehingga beton yang paling padat dan kuat akan diperoleh bila menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat work abilitas yang dibutuhkan.

3.1.6. Sifat Agregat

Pengaruh kekuatan agregat terhadap kekuatan beton sebenarnya tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada pastanya. Meskipun demikian bila dikehendaki kekuatan beton yang tinggi, diperlukan juga agregat yang kuat agar kekuatannya tidak lebih rendah daripada pastanya.

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. 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 berakibatkan lekatan antara pasta semen dan agregatnya kurang tepat. Lagipula karena butirannya yang besar menghalangi susutan pasta, dan ini berakibat retakan-retakan kecil pada pasta disekitar butirannya. Kedua hal terakhir ini memperlemah kekuatan beton. Agregat beton memiliki porsi terbesar yaitu sebesar 60% - 80% dari volume beton. Karena itu untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang berkualitas baik pula. Agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi tahap persyaratan (PBI, 1971), yaitu :

1. Harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat,
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar,

3. Tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali, dan
4. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

3.1.7. Keuntungan dan kerugian menggunakan beton

Dibandingkan bahan bangunan lain keuntungan dan kerugian menggunakan beton menurut Tjokrodinuljo (1995) adalah sebagai berikut ini.

a. Keuntungan beton :

- 1). Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen portland,
- 2). Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/ pembusukan oleh kondisi lingkungan,
- 3). Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang sesuai dengan keinginan,
- 4). Cetakan dapat dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah,
- 5). Beton segar dapat disemprotkan dipermukaan beton lama yang retak maupun diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan,
- 6). Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit,
- 7). Beton termasuk tahan aus dan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

b. Kerugian beton :

- 1). Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak,
- 2). Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah,
- 3). Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu,
- 4). Beton sulit untuk kedap air secara sempurna dan bersifat daktil (getas).

3.1.8. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton

Mutu atau kualitas dari suatu beton akan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti berikut ini.

a. Bahan – bahan.

1. Semen : Kualitas dan kecepatan pengerasan
2. Agregat :
 - (a) Gradasi, mempengaruhi kemudahan pengerjaannya
 - (b) Kadar air, mempengaruhi perbandingan air-semen
 - (c) Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton
3. Air: Kuantitas mempengaruhi hampir semua sifatnya, kualitas mempengaruhi pengerasan, kekuatan, sifat awet, dan lain-lain.
4. Bahan campuran (bila dipakai) : Modifikasi dari sifat-sifat beton. Hal ini tergantung pada jenis dan jumlah bahan campur yang dipakai.

b. Cara menakar dan mencampur.

1. Dengan dasar volume:
 - a. Kepadatan waktu menakar pasir mempengaruhi perbandingan
 - b. Ketepatan pengukuran
2. Dengan dasar berat:
 - a. Kadar air agregat
 - b. Ketepatan pengukuran
3. Bahan-bahan yang terbuang sewaktu dimasukkan ke dalam mesin pencampur.
4. Efisiensi dari mesin pencampur.

c. Cara pelaksanaan pekerjaan

1. Pemadatan : Rongga-rongga udara mengurangi kekuatan.
2. Perawatan : Perlu untuk meningkatkan kekuatan dan menyempurnakan sifat-sifat lain.
3. Keadaan cuaca selama mencetak dan merawat beton.

3.2. Paving Block

Penjelasan *paving block* akan diuraikan dalam beberapa bagian meliputi pengetahuan *paving block* secara umum, definisi, syarat mutu, dan perkerasan *paving block*, seperti berikut ini.

3.2.1. Umum

Jika dibandingkan dengan beton, *paving block* tidak jauh berbeda bila dilihat dari segi teknologinya, susunan komponen pembuatnya yaitu semen, pasir, kerikil dan air, tetapi cara pengujian kuat desak *paving block* sedikit berbeda dengan pengujian kuat desak beton pada umumnya, sedangkan pemeliharaannya sama. Namun jika dilihat dari cara pembuatan, diameter agregat yang dipakai, faktor air semen yang berpengaruh pada nilai slump *paving block* mendekati nol, koefisien pengali kuat desak beton dihubungkan dengan umur beton (sebagai contoh pada umur 7 hari, koefisien pengali beton setelah didesak adalah 54% sedangkan untuk *paving block* adalah 95%) adalah berbeda. Dari berbagai perbedaan dan persamaan antara beton dan *paving block* tersebut, maka pada *paving block* diperlukan perilaku khusus yaitu dalam pembuatan, pemadatan, perawatan, umur pemakaian yang berbeda dari pada beton umumnya.

Dari pemanfaatan teknologi beton dihubungkan dengan pemanfaatan sarana transportasi, yang dilihat dari keuntungan beton yaitu dari segi kemudahan mendapatkan bahan penyusun, kemudahan cara pembuatan, kemudahan biaya perawatan, biaya yang relatif murah dibanding aspal, dan dari segi kekuatan yang dicapai relatif tinggi, maka teknologi beton tersebut dapat dimanfaatkan sebagai perkerasan jalan, yaitu sebagai *rigid pavement* (perkerasan jalan menggunakan beton).

Pada perkerasan jalan yang menggunakan *paving block* ini, diusahakan dalam hal pemasangan, jangan sampai terjadi celah yang berakibat rusaknya struktur jalan tersebut. Kerusakan timbul dari celah antar *paving block* yang dapat meresap air,

sehingga bila terjadi beban dinamis yang melewati struktur jalan *paving block*, dan struktur dibawahnya menjadi rusak.

Paving block muncul dengan sifat yang unik, dimana jika *paving block* hanya berjumlah satu buah maka dia akan bersifat kaku. Tetapi jika *paving block* dipasang bersama-sama akan mempunyai sifat seperti perkerasan lentur. Kekuatan perkerasan *paving block* ini ditentukan oleh dua hal seperti berikut ini (Haning, 1993).

- a. kuat tekan masing-masing elemen *paving block* yang terbuat dari beton dengan mutu yang telah tertentu, dan
- b. gesekan antar elemen- elemen *paving block* dengan adanya pasir pengisi di antara sela-sela *paving block*.

Paving block menurut Haning (1993) mempunyai kelebihan-kelebihan sebagai berikut ini.

1. Biaya pemeliharaan yang ringan dan mudah untuk perbaikannya sehingga gangguan operasional dapat ditekan serendah mungkin. Hal ini sangat penting bagi jalan yang melayani jalur perekonomian, dimana gangguan terhadap kelancaran lalu lintas tidak dapat ditolerir.
2. *Paving block* dengan mudah dibongkar kembali tanpa menghilangkan kemampuan *paving block* dalam memikul beban, maka perbaikan dari perkerasan yang mengalami penurunan cukup besar menjadi lebih mudah.
3. Perkerasan *paving block* sangat tahan terhadap beban vertikal (*punching load*) dan gaya horizontal yang disebabkan oleh pengereman, perlambatan atau percepatan dari kendaraan, serta pada tempat penumpukan peti kemas.

4. Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak atau oli yang tumpah.
5. Perkerasan *paving block* dapat segera dibuka untuk lalu lintas setelah pemasangan selesai.
6. *Paving block* juga dapat diangkat bila mana diadakan penggalian pada badan jalan (seperti galian pipa-pipa dan kabel listrik) untuk kemudian dipasang kembali dengan biaya murah. Hal ini sangat berguna untuk daerah-daerah perkotaan.

3.2.2. Definisi

SII 0819-88 mendefinisikan *paving block* sebagai suatu komposisi bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah lainnya, yang tidak mengurangi mutu *paving block* tersebut.

3.2.3. Syarat Mutu

Adapun syarat mutu *paving block* yang ditetapkan oleh SII 0819-88 adalah sebagai berikut:

1. Sifat Tampak

Bata beton untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Bentuk dan Ukuran

Bentuk dan ukuran bata beton untuk lantai dapat tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen harus memberikan penjelasan tertulis dalam pamflet mengenai bentuk ukuran, dan konstruksi pemasangan bata beton untuk lantai. Penyimpangan tebal bata beton untuk lantai diperkenankan 3 mm.

3. Sifat Fisik

Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagaimana yang terlihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Kekuatan Fisik Bata Beton Untuk Lantai

Mutu	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
	Rata-rata	Terendah	Rata-rata	Terendah	
I	400	340	0,090	0,103	3
II	300	255	0,130	0,149	5
III	200	170	0,160	0,184	7

3.3. Bahan Pembentuk *Paving Block*

3.3.1. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan tambahan gips (kalsium sulfat). Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-

butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Semen portland mempunyai bermacam-macam tipe yaitu tipe I, tipe II, tipe III, tipe IV, dan tipe V. Semen tipe I adalah semen yang banyak digunakan untuk pekerjaan konstruksi pada umumnya yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen tipe II adalah semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen tipe III adalah semen dengan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi. Semen tipe IV adalah semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah. Semen tipe V adalah semen yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Pada dasarnya semen mengandung empat unsur yang penting yaitu (Tjokrodimuljo, 1995) :

- a. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $CaO SiO_2$,
- b. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO SiO_2$,
- c. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO Al_2O_3$, dan
- d. Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO Al_2O_3 Fe_2O_3$

Kehalusan semen ternyata juga memberikan pengaruh pada kekuatan beton.

Reaksi antar semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga semakin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dari pasta semen dari

butir-butir yang lebih kasar. Secara umum semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat pula mengurangi bleeding, akan tetapi menambah kecenderungan susutan yang lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut SII 0013-81, paling sedikit 90 % berat semen harus dapat lewat ayakan 0,09mm. Namun perlu dicatat, bahwa jika butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban (Tjokrodarmasjo, 1995).

3.3.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam, agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 60%-80% volume beton, karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan dalam beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Jenis agregat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Agregat alami diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi agregat beku, agregat sedimen dan agregat metamorf yang kemudian dibagi lagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil, agregat pecahan diperoleh dengan memecah

batu alam menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring dan seterusnya.

Agregat buatan umumnya dibuat dari pecahan bata/ genteng yang bersih atau terak dingin dari tanur tinggi. Pecahan bata/ genteng dari kualitas yang baik menjadikan agregatnya memenuhi syarat untuk beton, akan tetapi jika untuk beton bertulang sebaiknya kuat tekan batasnya tidak kurang dari 30 MPa. Bata harus bebas dari mortar kapur. Beton dengan agregat dari pecahan bata/ genteng tidak baik untuk beton kedap air (Tjokrodinuljo, 1995).

Agregat dapat diklasifikasikan atas dua macam bentuk:

a). Agregat halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Untuk mendapatkan kualitas beton yang baik, maka pasir yang digunakan harus memenuhi syarat mutu :

1. Kadar lumpur atau bagian butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), dalam % berat maksimum :
 - a. untuk beton yang mengalami abrasi 3,0
 - b. untuk jenis beton lainnya 5,0
2. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapihkan, maksimum 3,0%
3. Kandungan arang dan lignit
 - a. bila tampak permukaan beton dipandang penting, kandungan maksimum 0,5%
 - b. untuk beton jenis lainnya, maksimum 1,0%

4. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan Na-sulfat dan dibandingkan dengan warna standar/ pembanding, tidak berwarna lebih tua dari warna standar. Jika berwarna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila :
 - a. warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit air, lignit atau yang sejenisnya
 - b. diuji dengan melakukan percobaan perbandingan kuat desak mortar yang memakai agregat tersebut terhadap kuat desak mortar yang memakai pasir standar silica, menunjukkan nilai kuat desak mortar tidak kurang dari 95% kuat desak mortar memakai pasir standar. Uji kuat desak mortar harus dilakukan sesuai cara ASTM C87.
5. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk pembuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan didalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinnya dihitung sebagai setara Natrium Oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) tidak lebih dari 0,60%, atau dengan penambahan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaian yang membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.

6. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat :
 - a. jika dipakai Natrium-Sulfat, bagian hancur maksimum 10%.
 - b. jika dipakai Magnesium-Sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.
7. Susunan besar butir (grading)

b). Agregat kasar

Agregat kasar butir-butirnya lebih besar dari 4,60 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah atau spilit.

Syarat-syarat agregat kasar menurut (PBI, 1971) adalah seperti berikut ini.

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil hasil disintegrasi (pembekuan) alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
2. Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak lebih dari 20% berat total agregat. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton.
4. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudolf dengan beban penguji 2 ton, dimana harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - a. tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24%,
 - b. tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 20%.

5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2mm, 1mm, 0,5 mm, 0,25mm harus memenuhi syarat-syarat :
- sisa diatas ayakan 31,5 mm sebesar 0%,
 - sisa diatas ayakaan 4 mm sebesar 90%-98% berat,
 - selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas 2 ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat dan minimum 10% berat.

Mutu agregat akan sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin baik mutu agregat yang dipakai akan semakin besar kuat tekannya. Agregat yang baik dan bermutu tinggi adalah agregat yang memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut,
- tidak mengandung zat yang menghisap air dari udara,
- tidak mengandung zat organis,
- tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm,
- harus mempunyai variasi gradasi yang baik,
- bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca,
- untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi agregat harus mempunyai tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali,
- untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan,

3.3.3. Pecahan genteng

Pecahan genteng termasuk sebagai agregat buatan atau *artificial aggregate*. Bisa digolongkan sebagai agregat ringan. Biasanya digunakan untuk beton non-struktural, tetapi dapat pula untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Pecahan genteng dari kualitas yang baik menjadikan agregatnya memenuhi syarat untuk beton, akan tetapi untuk beton bertulang sebaiknya kuat tekannya tidak kurang dari 30 Mpa.

Agregat dengan menggunakan pecahan genteng umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga dalam pengadukan beton cepat keras hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran, untuk itu perlu diadakan pembasahan agregat terlebih dahulu sebelum pengadukan. Karena sifatnya yang menyerap air maka agregat dengan menggunakan pecahan genteng ini tidak baik untuk beton yang kedap air. Ketahanan ausnya juga rendah sehingga tidak baik untuk lapis perkerasan jalan raya. Tetapi kelebihan dari agregat jenis ini selain bobotnya rendah juga mempunyai sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Mutu dari pecahan genteng akan berbeda-beda tergantung dari mutu bahan penyusunnya dan dari mutu pembakarannya.

3.3.4. Air

Air merupakan bahan dasar utama selain semen dalam pembuatan beton. Keberadaan air dalam adukan memungkinkan adanya reaksi kimia pada semen yang menyebabkan pengikatan dan pengerasan serta berfungsi sebagai pelumas butir-butir agregat halus dan kasar untuk memudahkan pelaksanaan dan pencetakan.

Adapun air yang digunakan dalam pembuatan beton harus mempunyai persyaratan :

- a. tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lit.
- b. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/lit.
- c. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit, dan
- d. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan. Dalam penelitian ini akan di desain suatu campuran *paving block* dengan menggunakan agregat kasar berupa variasi campuran kerikil dan limbah pecahan genteng "Soka - Godean". Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan membuat beberapa benda uji *paving block* untuk diuji kuat desak. Hasil akhir suatu penelitian berkaitan erat dengan metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, jenis alat yang digunakan dan jenis penelitian. Dalam bab metodologi penelitian ini menjelaskan tentang lokasi, bahan, alat, cara pelaksanaan dan analisis yang dapat diuraikan sebagai berikut ini.

4.1. Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut diperlukan data-data yang mendukung penelitian tersebut. Dalam penelitian ini data yang diperlukan adalah data tentang hal-hal yang dapat mempengaruhi pada sifat-sifat *paving block*.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui percobaan, pengamatan dan perhitungan langsung di laboratorium BKT jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII Yogyakarta.

4.2. Analisis Data

Setelah data yang diperlukan cukup, maka dilakukan analisis data dengan perhitungan langsung dari data laboratorium menggunakan formula dan prosedur yang ditentukan untuk menentukan kuat desak.

4.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini harus dipersiapkan dengan cermat. Hal ini dimaksudkan agar dalam pelaksanaan nanti dapat berjalan sesuai dengan rencana. Semua bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* mudah didapatkan, sehingga pembuatan bahan bangunan ini mudah dibuat. Bahan-bahan tersebut adalah:

1. Semen (*portland cement*) tipe I dengan merek Gresik,
2. Agregat halus (pasir) dari sungai Progo,
3. Agregat kasar (kerikil) dari sungai Progo, pecahan genteng dari Godean (Yogyakarta) dan Soka (Kebumen), dan
4. Air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

Pecahan genteng Godean didapat dari daerah Godean (Yogyakarta) yang sudah tertumpuk selama \pm 1 minggu sesudah pembakaran. Pembakaran pada genteng Godean mencapai suhu antara 800 - 900° C.

Sedangkan pecahan genteng Soka diambil dari daerah Soka (Kebumen) yang sudah tertumpuk \pm 1,5 minggu. Pembakaran genteng ini mencapai 900 - 1100°C.

4.4. Pemeriksaan Bahan

Sebelum dilaksanakan penelitian perlu terlebih dahulu bahan yang akan digunakan diperiksa, agar hal-hal yang dapat mengurangi kualitas atau bahan merusaknya dapat diketahui.

Pemeriksaan bahan meliputi :

1. Berat jenis
2. Analisa saringan, dan
3. Berat volume

4.5. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan selama penelitian meliputi:

1. Alat cetak *paving block* berbentuk Trihek (Tiga Berlian).
2. Ayakan pasir (# 05 mm) dan ayakan kerikil (# 10 mm dan # 05 mm)
3. Alat tumbuk cetakan *paving block*,
4. Alat bantu pengadukan campuran: cetok, sekop.

5. Alat bantu lain: ember, kereta dorong, lap pembersih, oli/ minyak, papan-papan,
6. Timbangan, untuk mengukur bahan penyusun *paving block*,
7. Mesin uji desak.

4.6. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan-bahan seperti semen, menyaring dan mencuci agregat,
2. Membersihkan cetakan,
3. Membuat campuran adukan dengan perbandingan 1 : 3 : 2,5, serta bervariasi campuran kerikil dengan pecahan genteng, adapun untuk variasi campuran kerikil dengan pecahan genteng dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Variasi campuran adukan 1:3:2,5 serta variasi agregat kasar

Variasi	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Agregat kasar 2,5 Kg	
			Kerikil (%)	Genteng (%)
Variasi -1 (V0)	1	3	100	0
Variasi -2 (V1)	1	3	80	20
Variasi -3 (V2)	1	3	60	40
Variasi -4 (V3)	1	3	40	60
Variasi -5 (V4)	1	3	20	80
Variasi -6 (V5)	1	3	0	100

4. Adukan dimasukkan kedalam cetakan sampai munjung sedikit demi sedikit.
5. Selanjutnya ditumbuk menggunakan alat tumbuk seberat 3,5 kg sebanyak 15 kali tiap sampel.
6. Setelah padat, cetakan kemudian diangkat dan sampel diangin-anginkan.

4.7. Jumlah Benda Uji

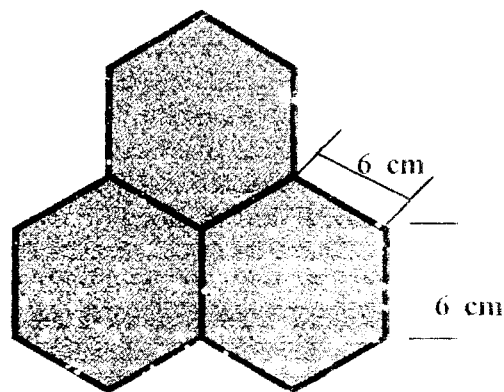
Setelah *paving block* berumur 7 dan 28 hari, maka dilakukan pengujian *paving block* dengan menggunakan alat desak beton. Pengujian tersebut dilakukan di laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Banyaknya benda uji yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jumlah benda uji (variasi lihat Tabel 4.1)

No.	Variasi	Uji kuat desak paving block Tebal = 6 cm, L total = 230,80 Cm ² Umur (hari)				Jumlah
		7		28		
		Soka	Godean	Soka	Godean	
1	V0	3	-	3	-	6
2	V1	3	3	3	3	12
3	V2	3	3	3	3	12
4	V3	3	3	3	3	12

Lanjutan tabel 4.2

5	V4	3	3	3	3	12
6	V5	3	3	3	3	12
Jumlah total						66

Gambar 4.1. Bentuk *paving block* tipe trihek (tiga berlian)

4.8. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan pengujian pada penelitian ini hanya meliputi uji desak. Dalam teknologi beton, faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton adalah : faktor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan sifat agregat. Nilai kuat desak *paving block* didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban desak bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji sampai hancur. Pengujian desak *paving block* dilakukan pada saat umur 7 dan 28 hari dengan menggunakan alat uji desak.

Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan desak tertinggi *paving block* ($f'c$) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban desak selama percobaan. Pengujian kuat desak dari masing-masing variasi tersebut dicatat dan dibuat suatu nilai rerata baru kemudian dibuat tabel dan grafik.

Rumus-rumus yang digunakan :

1. Rumus tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3)$$

2. Rumus tegangan rerata :

$$f'cr = \frac{\sum f'ci}{n} \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

σ_{desak} = tegangan desak

P = beban desak (kg)

A = luas bidang desak (cm^2)

$f'cr$ = tegangan desak rata-rata *paving block* (kg/cm^2)

n = jumlah seluruh benda uji yang diperiksa

$f'ci$ = kekuatan desak *paving block* yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

BAB V

PELAKSANAAN DAN HASIL PENELITIAN

Proses pelaksanaan kegiatan penelitian yang meliputi tahap persiapan, pembuatan sampel *paving block*, perawatan *paving block* dan pengujian *paving block* beserta hasil pengujianya.

5.1. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan, pembuatan sampel dan pengujian kuat desak *paving block*, yang diuraikan sebagai berikut :

5.1.1. Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji dipenelitian ini adalah semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air.

1. Semen Portland

Semen portland yang digunakan merk Gresik dengan data :

- a. semen tipe I, dan
- b. berat jenis semen 3.15 gr/cm^3 .

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir alami dengan data

- a. pasir alami yang digunakan berasal dari sungai Progo, kabupaten Sleman
- b. berat jenis pasir $2,667 \text{ gr/cm}^3$
- c. modulus halus butir (mhb) 2,368

Hal ini sesuai dengan nilai batas untuk agregat halus pada umumnya, yaitu berkisar antara 2,50 – 2,70 untuk berat jenisnya dan 1,5 – 3,8 untuk nilai modulus halus butir (mhb), (Tjokrodinuljo, 1995).

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berupa pecahan genteng dan kerikil dengan data-data sebagai berikut :

- a. pecahan genteng berasal dari daerah “Soka” (Kebumen) dan daerah “Godean” (Yogyakarta),
- b. berat jenis kering permukaan (SSD) pecahan genteng daerah Soka $2,22 \text{ gr/cm}^3$, daerah Godean $2,151 \text{ gr/cm}^3$,
- c. batu kerikil berasal dari sungai Progo, kabupaten Sleman, dan
- d. berat jenis kering permukaan (SSD) $2,50 \text{ gr/cm}^3$.

Gradasi agregat kasar masing-masing dari pecahan genteng dan batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang lolos saringan 10,0 mm dan tertahan saringan 05,0 mm. Kedua agregat kasar dicampur dalam 5 (lima) variasi campuran.

Langkah-langkah persiapan bahan adalah sebagai berikut .

1. persiapan bahan, yaitu pengayakan pasir lolos saringan # 05 mm dan pengayakan kerikil lolos saringan # 10 mm, tertahan saringan # 05 mm,
2. mencuci agregat (kerikil),
3. pemeliharaan agregat dengan cara ditutup karung dan kertas semen basah.
4. penyiapan dan pembersihan alat-alat yang akan digunakan.

5.1.2. Pembuatan Benda Uji *Paving block*

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Ambil takaran adukan sesuai rencana dengan perbandingan 1 : 3 : 2,5, dan variasi campuran pecahan genteng sesuai rencana secara bergantian diberi air hingga merata,
2. Alat cetak diberi pelumas agar dalam pelaksanaan pembuatan *paving block* dengan mudah dipisahkan dari cetakannya,
3. Lalu masukan campuran tersebut hingga munjung keatas,
4. Selanjutnya penumbukan adukan dalam cetakan tersebut sebanyak \pm 15 kali setiap benda ujinya, hingga rata (pres) dengan ketinggian cetakan,
5. Setelah padat, hasil cetakan dilepaskan dari alat cetaknya,
6. Sebagai alas gunakan papan pemindah (dari cetakaan ke tempat lain), yang selanjutnya papan beserta hasil cetakan diletakkan jauh dari tempat penumbukkan (\pm 3 m) untuk diangin-anginkan.

5.1.3. Perawatan Benda Uji *Paving block*

Setelah benda uji diangin-anginkan selama 24 jam, untuk menjamin terjadinya proses hidrasi secara terus menerus, benda uji *paving block* tersebut dirawat dengan cara disemprot-semprot dengan air atau dapat juga direndam dalam bak air. Diulangi terus menerus (disemprot-semprot) setiap 24 jam sekali hingga sesuai dengan umur yang direncanakan.

5.1.4. Pengujian Kuat Desak *Paving block*

Pengujian kuat desak *paving block* dilakukan pada saat umur 7 dan 28 hari yaitu dengan menggunakan alat uji desak merk "Controis". Benda uji diletakkan tepat ditengah agar penekanan dapat maksimal dengan posisi vertikal diantara benda uji diberi papan (triplek) ketebalan 3 mm. pembebanan dilakukan secara bertahap-tahap sampai mencapai beban maksimal yaitu saat benda uji mencapai kehancuran. Pengujian kuat desak dari masing-masing variasi tersebut hasilnya dicatat dan dibuat suatu nilai rerata baru kemudian dibuat tabel dan grafik. Dari Sukarno (1996), didapat suatu prosentase nilai kuat desak terhadap faktor umur yang terjadi peningkatan kuat desak pada umur 7 ke 28 hari (lihat Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Prosentase Kuat Desak *Paving Block* Terhadap Uraur (Sukarno, 1996)

<i>Umur paving block</i>	% Kuat desak
1	50
3	65
7	95
28	100

5.2. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan selama 7 dan 28 hari ini menghasilkan data-data rangkuman kuat desak seperti yang terdapat dalam tabel 5.2 sampai dengan tabel 5.5, lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.2. Hasil pengujian kuat desak *paving block* pada umur 7 hari
dengan daerah asal Godean (Yogyakarta)

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)
Vo	1	3,708	1160
	2	3,733	1210
	3	3,777	1265
V1	1	3,582	910
	2	3,511	790
	3	3,585	1020
V2	1	3,464	670
	2	3,450	635
	3	3,510	745
V3	1	3,453	580
	2	3,412	535
	3	3,420	560
V4	1	3,340	545
	2	3,310	520
	3	3,358	570
V5	1	3,300	620
	2	3,280	630
	3	3,260	630

Tabel 5.3. Hasil pengujian kuat desak *paving block* pada umur 7 hari
dengan daerah asal Soka (Kebumen)

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)
V0	1	3,708	1160
	2	3,733	1210
	3	3,777	1265
V1	1	3,564	1035
	2	3,576	1070
	3	3,583	905
V2	1	3,459	780
	2	3,512	855
	3	3,510	835
V3	1	3,420	630
	2	3,449	730
	3	3,423	670
V4	1	3,365	735
	2	3,354	670
	3	3,323	600
V5	1	3,372	810
	2	3,311	665
	3	3,355	765

Tabel 5.4. Hasil pengujian desak *paving block* pada umur 28 hari
dengan daerah asal Godean (Yogyakarta)

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)
Vo	1	3.755	1290
	2	3.775	1320
	3	3.772	1390
V1	1	3.552	1160
	2	3.611	1170
	3	3.573	1220
V2	1	3.490	965
	2	3.507	1060
	3	3.460	810
V3	1	3.375	825
	2	3.447	945
	3	3.472	825
V4	1	3.365	815
	2	3.322	820
	3	3.329	880
V5	1	3.280	950
	2	3.260	865
	3	3.250	880

Tabel 5.5. Hasil pengujian kuat desak *paving block* pada umur 28 hari
dengan daerah asal Soka (Kebumen)

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)
Vo	1	3,755	1290
	2	3,775	1320
	3	3,770	1390
V1	1	3,580	1205
	2	3,590	1180
	3	3,576	1180
V2	1	3,480	970
	2	3,460	870
	3	3,568	1080
V3	1	3,490	955
	2	3,432	900
	3	3,423	875
V4	1	3,346	845
	2	3,355	850
	3	3,404	845
V5	1	3,370	920
	2	3,316	950
	3	3,380	910

BAB VI

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini proses penghitungan, analisis dan pembahasan hasil pengujian kuat desak akan dilakukan. Untuk lebih jelas dan rincinya proses penghitungan, analisis dan pembahasan hasil pengujian *paving block* yang dilakukan pada umur 7 dan 28 hari ini akan dijelaskan sebagai berikut.

6.1. Perhitungan Kuat Desak Dan Kuat Desak Rerata

Paving Block

Perhitungan nilai kuat desak masing-masing benda uji (f'_{ci}) dan kuat desak reratanya (f'_{cr}) dilakukan dengan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$f'_{ci} = \frac{P}{A} \text{ (Kg/cm}^2 \text{)}$$



$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^k f'_{ci}}{n} \text{ (Kg cm}^2\text{)}$$

dimana : P = beban desak (Kg)

A = luas bidang desak (cm²)

n = jumlah benda uji

f'_{ci} = kuat desak paving block yang didapat dari masing-masing
benda uji (kg/ cm²)

f'_{cr} = kuat desak rerata (kg/ cm²)

Perhitungan nilai kuat desak masing-masing benda uji (f'_{ci}) dan kuat desak rerata (f'_{cr}) dapat dilihat pada tabel dan contoh hitungan berikut ini, dengan faktor konversi 1 kN = 100 Kg.

Tabel 6.1. Perhitungan kuat desak *paving block* umur benda uji 7 hari. $L_{total} =$

280,8 cm², $L_{desak} = 235,8$ cm² daerah asal Godean - Yogyakarta

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)	Kuat desak (Kg/ cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/ cm ²)
Vo	1	3,708	1160	491,942	513,854
	2	3,733	1210	513,147	
	3	3,777	1265	536,472	
V1	1	3,582	910	385,920	384,507
	2	3,511	790	335,030	
	3	3,585	1020	432,570	
V2	1	3,464	670	284,139	289,794
	2	3,450	635	269,296	
	3	3,510	745	315,946	
V3	1	3,453	580	245,971	236,722
	2	3,412	535	226,887	
	3	3,420	560	237,489	
V4	1	3,340	545	231,128	231,128
	2	3,310	520	220,526	
	3	3,358	570	241,730	
V5	1	3,300	620	262,935	265,762
	2	3,280	630	267,176	
	3	3,260	630	267,176	

Perhitungan tabel 6.1, contoh untuk variasi - 1 (Vo)

$$f'_{ci} (1) = \frac{1160}{235,8} = 4,91942 \text{ KN/ cm}^2 = 491,942 \text{ Kg/ cm}^2$$

$$f'_{ci} (2) = \frac{1210}{235,8} = 5,13147 \text{ KN/ cm}^2 = 513,147 \text{ Kg/ cm}^2$$

$$f'_{ci}(3) = \frac{1265}{235,8} = 5,36472 \text{ KN/cm}^2 = 536,472 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = \frac{491,942 + 513,147 + 536,472}{3} = 513,854 \text{ Kg/cm}^2$$

Dengan langkah seperti diatas, hasil perhitungan kuat desak *paving block* untuk umur dan daerah asal lainnya dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 6.2. Perhitungan kuat desak *paving block* umur benda uji 7 hari,

$L_{total} = 280,8 \text{ cm}^2$, $L_{desak} = 235,8 \text{ cm}^2$ daerah asal Soka Kebumen

Variasi	No.	Berat (Kg)	Behan desak (KN)	Kuat desak (Kg/ cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/ cm ²)
Vo	1	3,708	1160	491,942	513,854
	2	3,733	1210	513,147	
	3	3,777	1265	536,472	
V1	1	3,564	1035	438,931	425,502
	2	3,576	1070	453,774	
	3	3,583	905	383,800	
V2	1	3,459	780	330,789	349,166
	2	3,512	855	362,595	
	3	3,510	835	354,114	
V3	1	3,429	630	267,176	286,966
	2	3,449	730	309,584	
	3	3,423	670	284,139	
V4	1	3,365	735	311,705	283,432
	2	3,354	670	284,139	
	3	3,523	600	254,453	
V5	1	3,372	810	343,512	316,653
	2	3,311	665	282,019	
	3	3,355	765	324,428	

Tabel 6.3. Perhitungan kuat desak paving block umur benda uji 28 hari.

$L_{total} = 280,8 \text{ cm}^2$, $L_{desak} = 235,8 \text{ cm}^2$ daerah asal Godean-Yogyakarta

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)	Kuat desak (Kg/cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/cm ²)
Vo	1	3,755	1290	547,074	565,451
	2	3,775	1320	559,796	
	3	3,772	1390	589,483	
V1	1	3,554	1160	491,942	487,702
	2	3,611	1170	496,183	
	3	3,573	1120	474,979	
V2	1	3,490	965	409,245	400,764
	2	3,507	1060	449,534	
	3	3,460	810	343,512	
V3	1	3,375	825	349,873	366,836
	2	3,447	945	400,763	
	3	3,472	825	349,873	
V4	1	3,365	815	345,632	355,527
	2	3,322	820	347,752	
	3	3,329	880	373,198	
V5	1	3,280	950	402,884	380,973
	2	3,260	865	366,836	
	3	3,250	880	373,198	

Tabel 6.4. Perhitungan kuat desak *paving block* umur benda uji 28 hari.

$L_{total} = 280,8 \text{ cm}^2$, $L_{desak} = 235,8 \text{ cm}^2$ daerah asal Soka - Kebumen

Variasi	No.	Berat (Kg)	Beban desak (KN)	Kuat desak (Kg/ cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/ cm ²)
Vo	1	3,755	1290	547,074	565,451
	2	3,775	1320	559,796	
	3	3,772	1390	589,483	
V1	1	3,580	1205	511,026	503,958
	2	3,590	1180	500,424	
	3	3,576	1180	500,424	
V2	1	3,480	970	411,366	412,779
	2	3,460	870	368,957	
	3	3,568	1080	458,015	
V3	1	3,490	955	405,004	385,920
	2	3,432	900	381,679	
	3	3,423	875	371,077	
V4	1	3,346	845	358,355	359,062
	2	3,355	850	360,475	
	3	3,404	845	358,355	
V5	1	3,370	920	390,161	392,988
	2	3,316	950	402,884	
	3	3,380	910	385,920	

6.2. Pembahasan

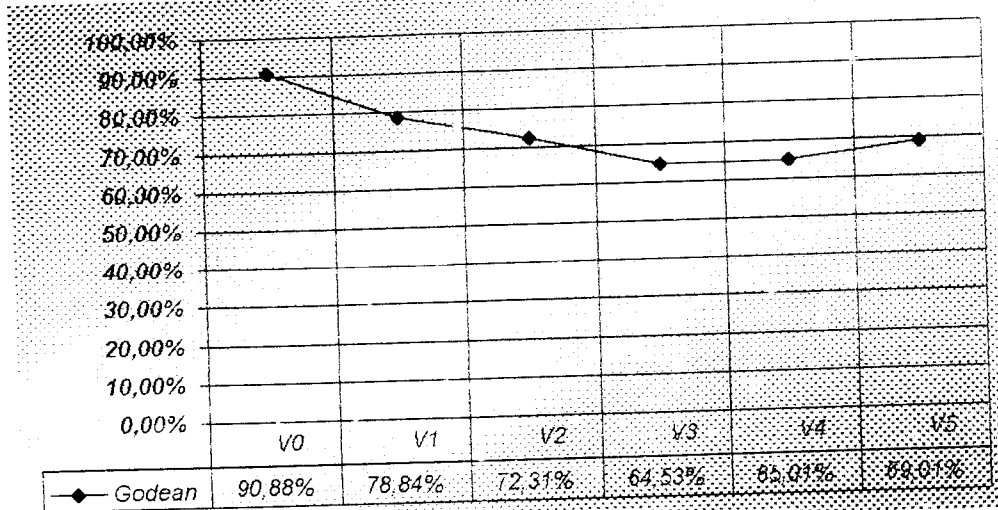
Sebelum ditarik kesimpulan, perlu dilakukan terlebih dahulu pembahasan mengenai pelaksanaan dan hasil yang diperoleh dari penelitian berdasarkan teori yang melandasi. Hal-hal yang perlu dibahas dalam penelitian ini yaitu mengenai kuat desak *paving block* terhadap perkembangan umur, kuat desak *paving block* terhadap variasi campuran, dan nilai kuat desak maksimum dan minimum pada variasi campuran *paving block*.

6.2.1. Kuat Desak *Paving Block* Terhadap Perkembangan Umur

Dari hasil pengujian setelah umur 28 hari analisis yang dapat ditarik dalam kaitannya dengan prosentase kekuatan berdasarkan umur sampel, dapat diuraikan dalam bentuk Tabel 6.5 dan 6.6.

Tabel 6.5. Prosentase Kuat desak *paving block* dengan pecahan genteng asal Godean

No	Variasi	σ_{rata} umur 7 hari (kg/ cm ²)	σ_{rata} umur 28 hari (kg/ cm ²)	% kuat desak
1	V0	513,854	565,451	90,875
2	V1	384,507	487,702	78,841
3	V2	289,794	400,764	72,310
4	V3	236,722	366,836	64,531
5	V4	231,128	355,527	65,010
6	V5	265,762	380,973	69,759
				$\Sigma \% = 441,326$
				$^{\circ}orerata = 73,554$



Gambar 6.1. Grafik prosentase kuat desak *paving block* umur 7 hari terhadap

28 hari untuk pecahan genteng asal Godean

Dari Tabel 6.5 dapat dilihat bahwa untuk umur 7 hari dari 5 (lima) variasi campuran antara pecahan genteng dengan kerikil secara berurutan mulai dari yang terbesar kuat desaknya sampai yang terkecil adalah variasi V1 (20%), V2 (40%), V5 (100%), V3 (60%) dan yang terakhir V4 (80%).

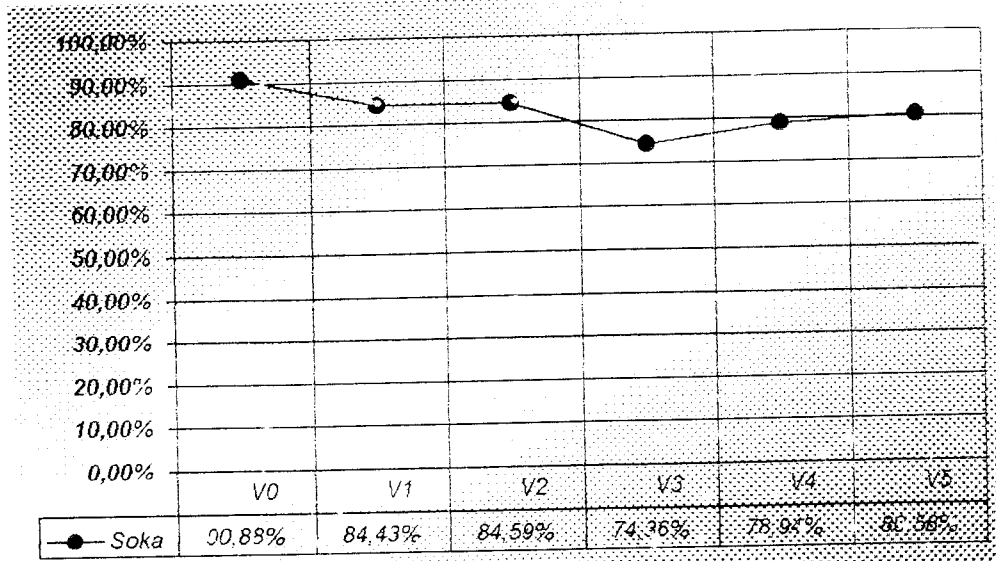
Begitu juga untuk yang berumur 28 hari urutannya adalah V1 (20%), V2 (40%), V5 (100%), V3 (60%) dan V4 (80%). Dari sini dapat dilihat bahwa tidak terjadi perbedaan urutan untuk *paving block* yang berumur 7 hari dan 28 hari.

Pada Tabel 6.5, perbedaan prosentase penambahan kekuatan *paving block* yang berumur 7 hari terhadap yang 28 hari juga tampak jelas sekali, bahwasanya *paving block* yang berumur 28 hari kekuatannya meningkat banyak dibanding yang berumur 7 hari. Hal ini terjadi karena pada *paving block* yang berumur 7 hari proses hidrasi semen masih berlangsung (Tjokrodimuljo, 1995), sehingga

kekuatan *paving block* belum maksimal seperti yang telah berumur 28 hari. Jika dilihat prosentase kekuatan *paving block* antara umur 7 terhadap 28 hari tidak ada yang mencapai 95% (Sukarno, 1996). Secara keseluruhan prosentase peningkatan rata-rata untuk variasi campuran pecahan genteng yang berasal dari daerah Godean (Yogyakarta) sebesar 73,554 %.

Tabel 6.6. Prosentase Kuat desak *paving block* dengan daerah asal Soka

No	Variasi	Rerata umur 7 hari (kg cm ²)	Rerata umur 28 hari (kg cm ²)	% kuat desak
1	V1	513,854	565,451	90,875
2	V1	425,502	503,958	84,432
3	V2	349,166	412,779	84,589
4	V3	289,966	385,920	74,359
5	V4	283,432	359,062	78,937
6	V5	316,653	392,988	80,576
				$\Sigma \% = 493,765$
				$\% \text{rerata} = 82,294$



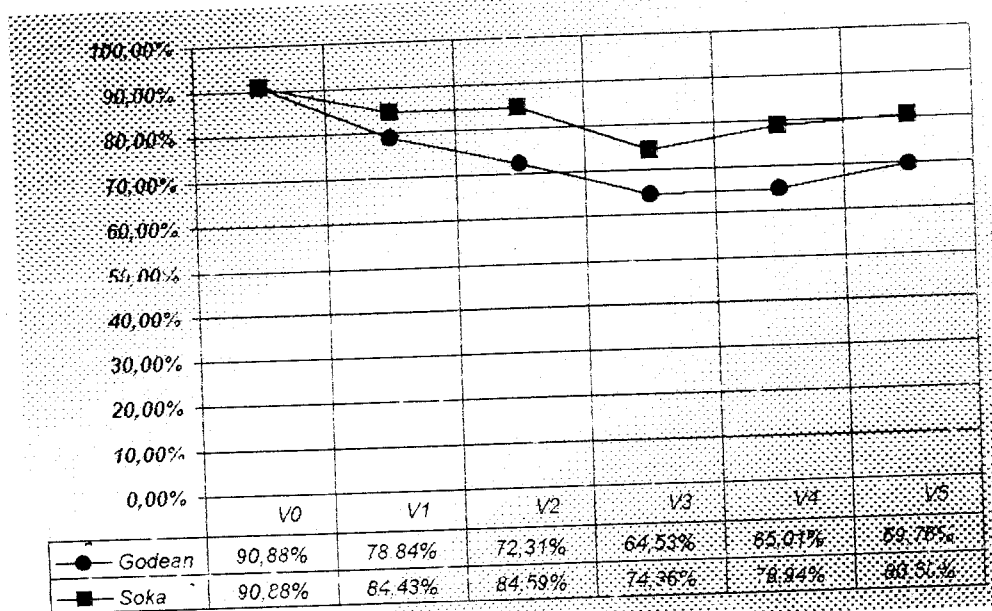
Gambar 6.2. Grafik prosentase kuat desak *paving block* umur 7 hari terhadap umur 28 hari untuk pecahan genteng asal Soka

Dari Tabel 6.6 dan Gambar 6.2 dapat dilihat bahwa untuk umur 7 hari dari 5 (lima) variasi campuran antara pecahan genteng dengan kerikil secara berurutan mulai dari yang terbesar kemampuan menahan desaknya sampai yang terkecil adalah variasi V1 (20%), V2 (40%), V5 (100%), V3 (60%) dan yang terakhir V4 (80%). Begitu juga untuk yang berumur 28 hari urutannya adalah V1 (20%), V2 (40%), V5 (100%), V3 (60%) dan V4 (80%). Dari sini dapat dilihat bahwa tidak terjadi perbedaan urutan untuk *paving block* yang berumur 7 hari dan 28 hari.

Pada Tabel 6.6., Perbedaan prosentase penambahan kekuatan *paving block* yang berumur 7 hari terhadap yang 28 hari juga tampak jelas sekali, bahwasanya *paving block* yang berumur 28 hari kekuatannya meningkat banyak dibanding yang berumur 7 hari. Hal ini terjadi karena pada *paving block* yang berumur 7 hari

proses hidrasi semen masih berlangsung, sehingga kekuatan *paving block* belum maksimal seperti yang telah berumur 28 hari. Jika dilihat prosentase kekuatan *paving block* antara umur 7 terhadap 28 hari tidak ada yang mencapai 95% (Sukarno, 1996). Secara keseluruhan prosentase peningkatan rata-rata untuk variasi campuran pecahan genteng yang berasal dari daerah Soka (Kebumen) sebesar 82,294%.

Perbedaan, persamaan dan kenyataan diatas membuktikan bahwa umur serta daerah asal pecahan genteng sangat berpengaruh terhadap kemampuan menahan kuat desak pada *paving block*. Dari Tabel 6.5 dan 6.6 diatas dapat dilihat, bahwa kemampuan menahan kuat desak *paving block* yang terbesar terjadi pada *paving block* yang menggunakan pecahan genteng yang berasal dari Soka (Kebumen). Hal ini terjadi karena mutu dari pembakaran dan bahan dasar pecahan genteng Soka ini lebih baik dibanding pecahan genteng dari Godean (Yogyakarta), kekerasan agregat pecahan genteng sangat beragam tergantung mutu pembakaran (Tjokrodimuljo, 1995). Selanjutnya bisa dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6.3. Grafik perbandingan prosentase kuat desak *paving block* antara daerah asal pecahan genteng Godean dan Soka

Pengaruh kemampuan kuat desak terhadap umur *paving block* terlihat cukup besar, hal ini terlihat dari Tabel 6.5 dan 6.6, dimana *paving block* yang berumur 28 hari mengalami peningkatan kemampuan yang cukup besar dibanding yang berumur 7 hari. Apabila dibandingkan terhadap faktor pengali kuat desak pada umur 7 hari terhadap umur 28 hari dihitung sebesar 95% maka hasil prosentase kuat desak rerata dari Tabel 6.5 dan 6.6 jauh lebih rendah dari faktor tersebut yaitu hanya sebesar 77,924 %. Hal ini dimungkinkan karena adanya beberapa faktor teknis, diantaranya perawatan dan metode pengerjaan (manual atau mesin), nilai kekuatan dan daya tahan beton merupakan fungsi beberapa faktor diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan

pengerasan (Dipohusodo, 1994). Selanjutnya, faktor pengali sebesar 77.924 % dapat digunakan sebagai faktor prosentase kekuatan terhadap umur, jika memakai cara-cara dalam penelitian ini.

6.2.2 Kuat Desak *Paving Block* Terhadap Variasi Campuran

Kuat desak sesuatu *paving block* dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan dari bahan-bahan penyusunnya. Penelitian ini menggunakan 6 (enam) macam variasi campuran agregat kasar yaitu campuran antara pecahan genteng dengan campuran kerikil yang bergradasi sama yaitu lolos saringan 10 mm dan tertahan saringan 5 mm.

Variasi tersebut adalah V0 pecahan gentengnya 0 % dari berat total agregat kasar, V1 pecahan gentengnya 20 % dari berat total agregat kasar, V2 pecahan gentengnya 40 % dari berat total agregat kasar, V3 pecahan gentengnya 60 % dari berat total agregat kasar, V4 pecahan gentengnya 80 % dari berat total agregat kasar, dan V5 pecahan gentengnya 100 % dari berat total agregat kasar.

Dalam penelitian ini kuat desak rata-rata *paving block* yang dihasilkan dari variasi-1 (V0) dengan menggunakan agregat kasar 100% dipakai sebagai pembanding untuk variasi-variasi berikutnya.

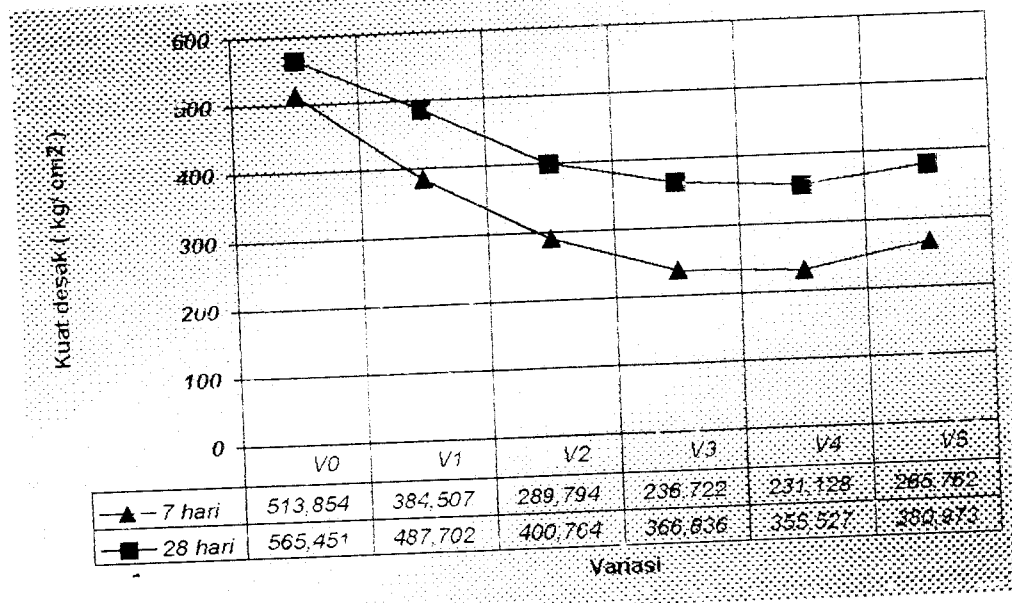
Kuat desak rata-rata *paving block* yang dihasilkan pada variasi-2 (V1), yaitu dengan penggunaan pecahan genteng sebanyak 20 % dari kebutuhan agregat kasar, mengalami penurunan nilai kuat desak rata-ratanya bila dibandingkan dengan kuat desak rata-rata *paving block* pada variasi-1 (V0). Begitu juga pada variasi-3 (V2) yang menggunakan 40 % pecahan genteng dari

berat total agregat kasarnya serta pada variasi-4 (V3) yang terdiri dari 60% pecahan genteng dan 40% kerikil dan juga variasi-5 (V4) yang terdiri dari 80% pecahan genteng dan 20% kerikil, didapatkan nilai kuat desak rata-ratanya mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai kuat desak rata-rata variasi sebelumnya. Sedangkan pada variasi-6 (V5) yang menggunakan pecahan genteng sebanyak 100%, nilai kuat desak rata-ratanya mengalami peningkatan dibandingkan dengan variasi-4 (V3) dan variasi-5 (V4) yang menggunakan pecahan gentengnya sebanyak 60% dan 80%.

Penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rata-rata untuk penggunaan pecahan genteng yang berasal dari daerah Godean (Yogyakarta), dapat dilihat pada Tabel 6.7 dan Gambar 6.4.

Tabel 6.7. Penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rerata daerah asal pecahan genteng Godean (Yogyakarta)

Variasi	σ_{rerata} umur 7 hari (kg/cm ²)	σ_{rerata} umur 28 hari (kg/cm ²)	Selisih σ_{rerata} antar variasi umur 7 hari	Selisih σ_{rerata} antar variasi umur 28 hari
V0	513,854	565,451	-	-
V1	384,507	487,702	-129,347	-77,749
V2	289,794	400,764	-94,713	-86,938
V3	256,722	366,836	-53,072	-33,928
V4	231,128	355,527	-5,594	-11,309
V5	265,762	380,973	34,634	25,446

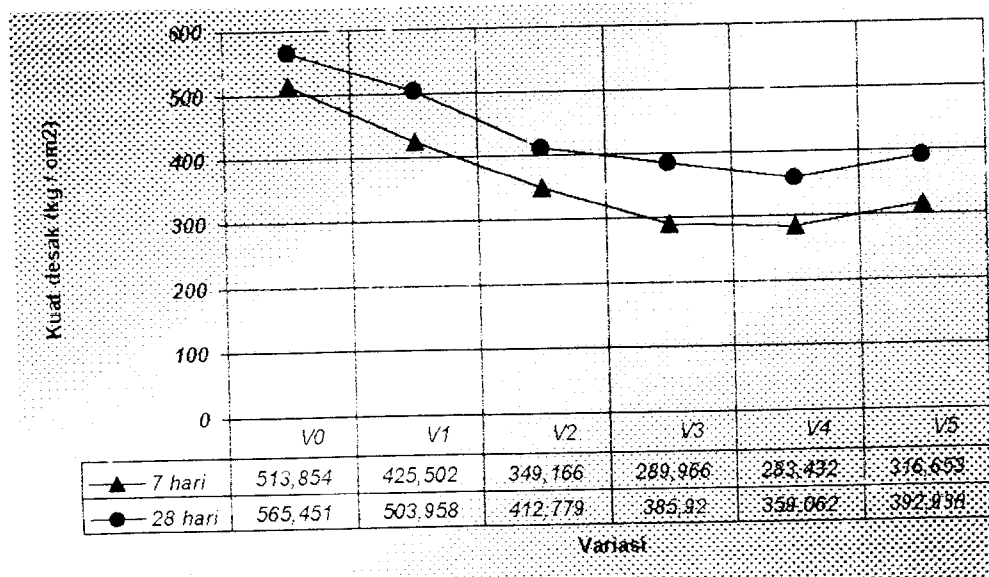


Gambar 6.4. Grafik perbandingan kuat desak umur 7 hari terhadap 28 hari daerah asal pecahan genteng Godean - Yogyakarta

Sedangkan untuk penggunaan pecahan genteng yang berasal dari daerah Soka (Kebumen), penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rata-ratanya dapat dilihat pada Tabel 6.8 dan Gambar 6.5.

Tabel 6.8. Penurunan dan peningkatan nilai kuat desak rerata daerah asal pecahan genteng Soka (Kebumen)

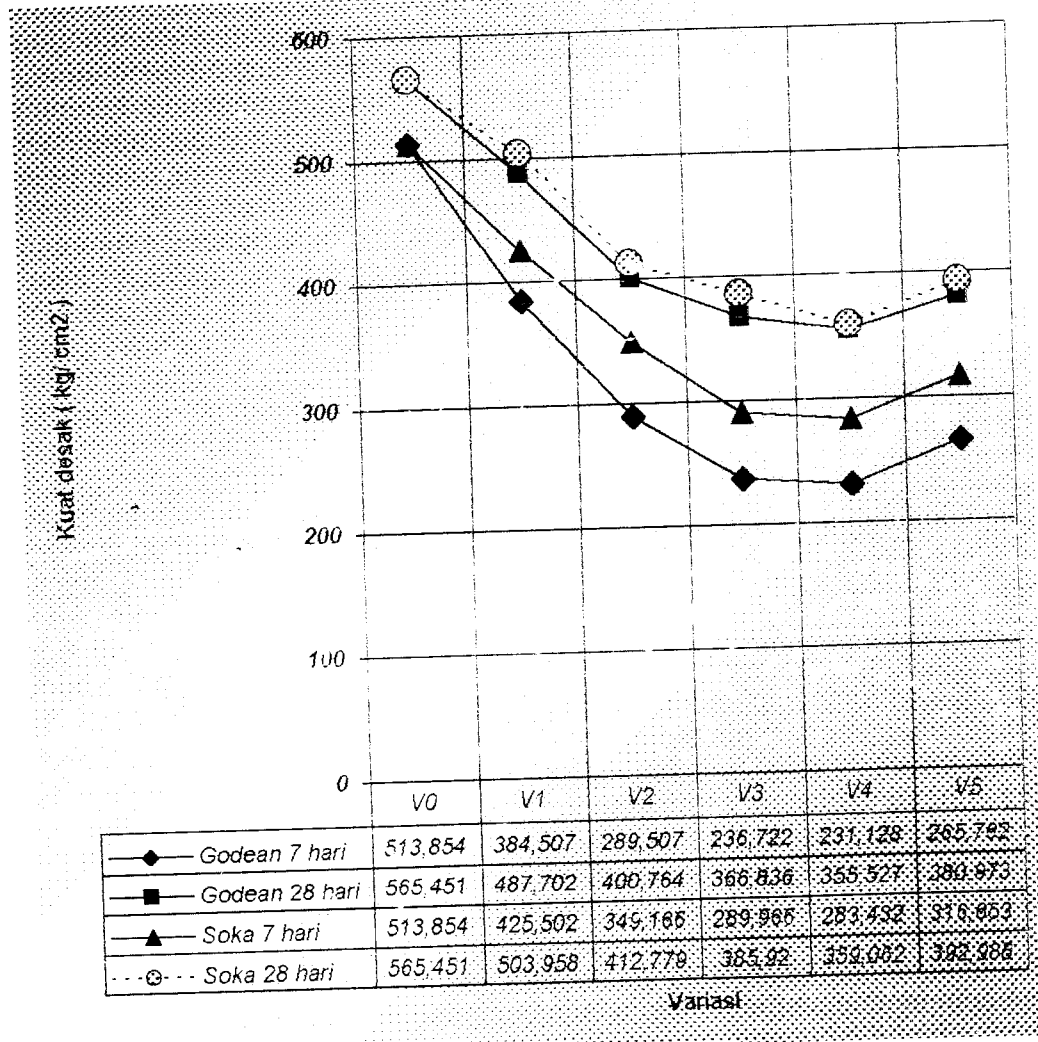
Variasi	σ_{rerata} umur 7 hari (kg/ cm ²)	σ_{rerata} umur 28 hari (kg/ cm ²)	Selisih σ_{rerata} antar variasi umur 7 hari	Selisih σ_{rerata} antar variasi umur 28 hari
V0	513,854	565,451	-	-
V1	425,502	503,958	-88,352	-61,493
V2	349,166	412,779	-76,336	-91,179
V3	289,966	385,920	-62,200	-26,859
V4	283,432	359,062	-3,534	-26,858
V5	316,653	392,988	33,221	33,926



Gambar 6.5. Grafik perbandingan kuat desak umur 7 hari terhadap 28 hari daerah asal pecahan genteng Soka - Kebumen

Penurunan nilai kuat desak rata-rata pada *paving block* tersebut dimungkinkan antara lain disebabkan oleh hal-hal seperti berikut ini :

1. Pada variasi V1, V2, V3 dan V4 , menggunakan agregat kasar berupa campuran kerikil dan pecahan genteng yang masing-masing memiliki berat yang berbeda-beda, tingkat keausan pecahan genteng yang lebih tinggi menjadikan kerikil memiliki kekuatan yang lebih besar dibanding pecahan genteng, sehingga penggunaan material dengan tingkat keausan tinggi atau kekuatan yang rendah akan menyebabkan kuat desak rata-rata pada *paving block* yang dihasilkan jadi menurun. Semakin banyak penggunaan pecahan genteng daripada kerikil, maka akan menyebabkan kecenderungan penurunan kuat desak rata-rata *paving block* yang dihasilkan, kekurangan dari agregat pecahan genteng adalah keausan dan resapan airnya cukup tinggi (Tjokrodimuljo, 1995).
2. Pada variasi-6 (V5) yang menggunakan pecahan genteng sebanyak 100% (tanpa kerikil) sebagai agregat kasarnya, memiliki nilai kuat desak rata-rata yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang menggunakan pecahan genteng sebanyak 60% dan 80%. Hal ini dimungkinkan adanya penyebaran gradasi pecahan genteng pada variasi 60% dan 80% yang tidak merata (segregasi), yaitu terjadi pemisahan antara ukuran kecil dan besar pada pecahan genteng yang disebabkan tidak dilakukan pencampuran secara merata terlebih dahulu sebelum dilakukan pembuatan benda uji (Murdock dan Brook, 1986). Pada Gambar 6.6 bisa dilihat perbandingan penurunan kuat desak dari daerah Godean dan Soka.



Gambar 6.6. Grafik perbandingan penurunan peningkatan kuat desak paving block daerah asal pecahan genteng Godean dan Soka

6.2.3. Nilai Kuat Desak Maksimum Dan Minimum *Paving Block*

Dari hasil pengujian kuat desak rerata *paving block*, baik itu yang menggunakan pecahan genteng yang berasal dari daerah Godean (yogyakarta) maupun yang menggunakan pecahan genteng dari daerah Soka (Kebumen), ternyata nilai kuat desak *paving blocknya* paling tinggi dicapai oleh variasi-2 (V1) campuran *paving blocknya* terdiri dari 80% kerikil dan 20% pecahan genteng, sedangkan nilai kuat desak terendah diperoleh oleh variasi-5 (V4) yang terdiri dari campuran-20% kerikil dan 80% pecahan genteng. Nilai kuat desak rerata ini dapat dilihat pada Tabel 6.7 dan Tabel 6.8 serta pada Gambar 6.4 dan Gambar 6.5

Dari tabel dan gambar tersebut dapat dilihat nilai kuat desak rerata untuk variasi-2 (V1) umur 7 hari dan daerah asal Godean (Yogyakarta) adalah sebesar 384,507 kg/cm² dan untuk umur 28 harinya sebesar 487,702 kg/cm², sedangkan untuk daerah asal Soka (Kebumen) umur 7 hari nilai kuat desak rerata yang diperoleh adalah sebesar 425,502 kg/cm² dan pada umur 28 hari sebesar 503,958 kg/cm². Nilai-nilai kuat desak rerata ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kuat desak rerata yang dicapai dari variasi lainnya pada umur yang sama, hal ini disebabkan karena pada daerah Soka mutu pembakaran lebih tinggi dari daerah Godean (Tjokrodinuljo, 1995).

Nilai kuat desak rerata pada variasi-2 (V1) ini lebih tinggi dikarenakan jumlah pecahan gentengnya paling sedikit, sedangkan pemakaian pecahan genteng yang lebih banyak seperti variasi-5 (V4) diperoleh hasil lebih rendah. Hal ini dimungkinkan karena gradasi agregat pada variasi-5 (V4) bersifat tidak baik

sehingga pada variasi tersebut terjadi segregasi atau pemisahan butiran yang menyebabkan kuat desaknya menjadi rendah.

Namun walaupun nilai kuat desak rerata *paving block* yang memakai campuran pecahan genteng tertinggi diperoleh oleh variasi-2 (V1) yang penggunaan pecahan gentengnya sebanyak 20% dari berat total agregat kasarnya, variasi-variasi campuran *paving block* lainnya seperti V2 (40%), V3 (60%), V4 (80%) dan V5 (100%), tetap bisa dipergunakan karena kuat desak rerata *paving block* yang dihasilkan dari variasi-variasi tersebut masih diatas syarat yang diperbolehkan yaitu sebesar 25-55 MPa (Marais dan Lane, 1984).

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melaksanakan penelitian mengenai pengaruh variasi campuran kerikil dengan pecahan genteng terhadap kuat desak *paving block*, maka kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian *paving block* yang dibuat secara manual dengan menggunakan perbandingan campuran 1: 3 : 2,5 dan variasi pecahan genteng sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari berat total agregat kasarnya serta umur pengujian 7 dan 28 hari, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Kuat desak *paving block* yang memakai 100% kerikil (0% pecahan genteng) ternyata tetap lebih tinggi daripada *paving block* yang memakai campuran pecahan genteng.
2. *Paving block* yang mempunyai kuat desak tertinggi adalah *paving block* dengan variasi-2 (V1) dimana pecahan genteng yang dipakai sebanyak 20% dari berat total agregat kasarnya. Semakin bertambahnya jumlah pecahan

genteng yang dipakai seperti pada variasi-3, variasi-4, variasi-5 akan menyebabkan penurunan nilai kuat desak.

3. Pemakaian pecahan genteng yang terlalu banyak seperti pada variasi 60%, 80% dan 100% akan menyebabkan terjadinya gerimpil pada *paving block*.
4. *Paving block* yang menggunakan pecahan genteng yang berasal dari daerah Soka (Kebumen) ternyata memiliki kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan *paving block* yang menggunakan pecahan genteng yang berasal dari daerah Godean (Yogyakarta).
5. Pecahan genteng bisa digunakan untuk menggantikan kerikil sebagai campuran *paving block*.

7.2. Saran

Hasil penelitian yang penyusun hadapi, sebenarnya masih jauh dari hasil yang maksimal untuk penelitian *paving block*. Hal ini disebabkan karena terbatasnya waktu dan biaya. Kendala yang dihadapi oleh penyusun tadi hendaklah kiranya untuk waktu-waktu mendatang dapat diperbaiki oleh peneliti selanjutnya.

Adapun saran-saran yang dapat penyusun berikan bagi peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut ini.

1. Dengan variasi yang sama perlu diteliti juga mengenai kemampuan daya serap air pada *paving block*.
2. Menggunakan alternatif lain untuk material penyusun *paving block* misalnya semen yang dapat diganti dengan fly ash atau kapur.

3. Menambahkan campuran alternatif lain yang sekiranya akan lebih menambah kekuatan *paving block*, misalnya sabut kelapa (coconut fiber) ataupun ijuk (palm fiber).
4. Penelitian tentang keekonomisan bahan penyusun *paving block* serta sistem pembuatannya.
5. Perlu adanya penelitian tentang keausan dan kuat lentur *paving block*.
6. Selain digunakan sebagai agregat kasar pada *paving block*, perlu diteliti bila pecahan genteng tersebut digunakan sebagai pengganti pasir, misalnya dengan cara-menghaluskannya terlebih dahulu.
7. Perlu penelitian dengan menggunakan gradasi agregat yang lebih baik.
8. Penelitian *paving block* dengan menggunakan benda uji standar untuk memperoleh nilai kuat desak yang mendekati nilai sesungguhnya (kuat desak saat pengujian di laboratorium dan kuat desak saat pemakaian).

DAFTAR PUSTAKA

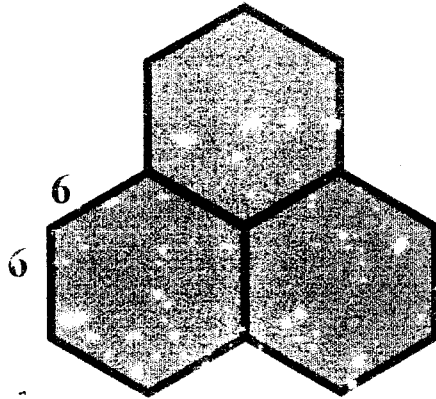
1. Barber, S. and G. Knapton, 1980, **THE EVALUTION AND DESIGN OF INTERLOCKING CONCRETE BLOCK PAVEMENT SUBJECTED TO ROAD TRAFFIC**, TECHNICAL REPORT RP/9/80, OCTOBER. National Institut for Transport and Road Research, Pretoria
2. Departemen Pekerjaan Umum DKI Jakarta, 1983, **TINJAUAN SINGKAT PERKERASAAN DENGAN MENGGUNAKAN INTERBLOCK**, Nopember 1983. DPU DKI Jakarta, urusan Laboratorium dan Pengukuran, seksi Laboratorium Jalan Jakarta.
3. Departemen Pekerjaan Umum, 1988, **PETUNJUK PEMASANGAN BLOCK TERKUNCI SKBI 5.4.26.1988**, DPU (Draft), Jakarta.
4. Departemen Pekerjaan Umum, 1990, **TATA CARA PEMASANGAN BLOCK BETON TERKUNCI UNTUK PERMUKAAN JALAN**, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
5. Dipohusodo, I., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
6. Hananto, B.S., 1989, **INTERLOCKING CONCRETE BLOCK SEBAGAI ALTERNATIF PERKERASAN DAN PENERAPANNYA**, PT. Conblock Indonesia, Jakarta.
7. Hendraningtyas, I. P. dan Sugiharto, 1999, **PENGARUH BENTUK PAVING BLOCK TERHADAP KUAT DESAK DAN DAYA SERAP AIR**, Tugas Akhir, Yogyakarta.
8. Houben, L. J. M., A. A. A. Molenaar, G. H. A. M. Fuchs, and H. O. Moll, 1984, **THE ANALYSIS AND DESIGN OF CONCRETE BLOCK PAVEMENTS**, Proceeding 2nd International Conference on Concrete Paving, Delft, pp 86-99.

9. Jatmiko, H. D., 1996, **PENGUJIAN KUAT DESAK PAVING BLOCK TERHADAP VARIASI CAMPURAN YANG DIPADATKAN SECARA MANUAL**, Tugas Akhir, Yogyakarta.
10. Kusuma, G. H., 1994, **DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG**, PT. Erlangga, Jakarta.
11. Marais, L. R. and J. W. Lane, 1984, **SPECIFICATIONS FOR SEGMENTAL CONCRETE BLOCK PAVING IN THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA**, Proceeding 2nd International Conference on Concrete Paving, Delft, pp 130-138.
12. Sasrowiyoto, S., 1984, **THE USE OF COCRETE BLOCK PAVEMENTS IN INDONESIA**, Master Thesis, Institut Teknologi Bandung (unpublished), Bandung.
13. Shacle, B., 1984, **THE ANALYSIS AND DESIGN OF CONCRETE BLOCK PAVEMENTS**, Proceeding 2nd International Conference on Concrete Block Paving, Delft, pp 139-146.
14. Sharp, K. G. dan P. J. Armstrong, 1985, **INTERLOCKING CONCRETE BLOCK PAVEMENTS**, Special report No. 31, Australian Road Research Board.
15. Sukarno, 1990, **TAKSIRAN PEMAKAIAN PERKERASAN CONBLOCK DI YOGYAKARTA DAN JAKARTA**, Jurusan teknik Sipil UII, Yogyakarta.
16. Tjokrodimulyo, K., 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

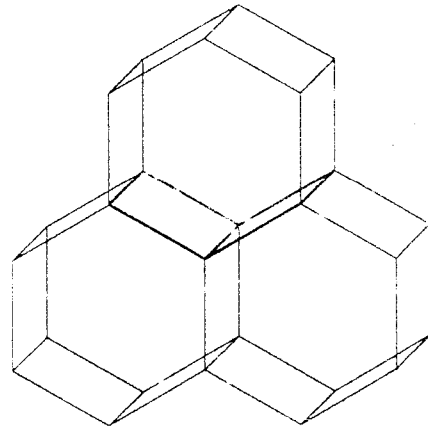
Bentuk Paving Block type Trihek (tiga berlian)

$$L_{total} = 280,80 \text{ Cm}^2$$

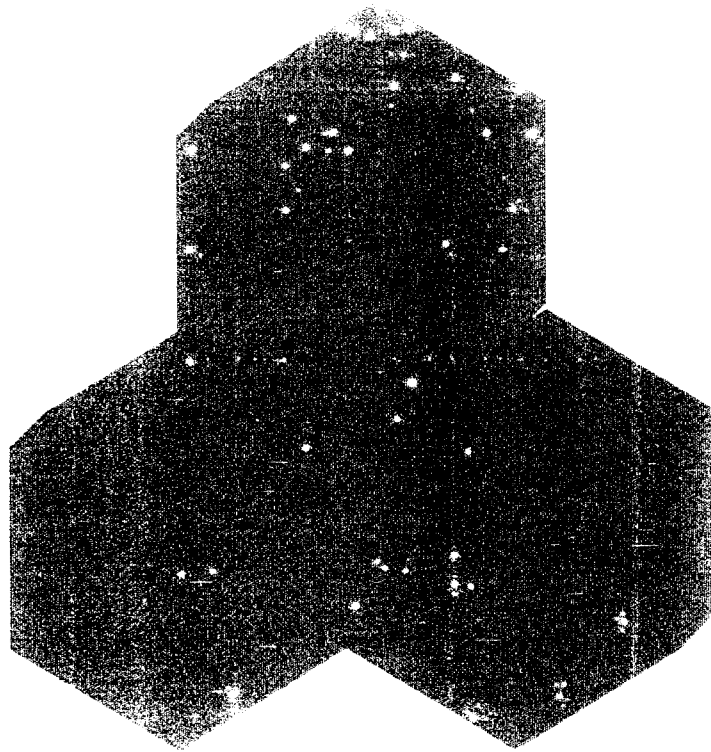
Tebal = 6 Cm



Tampilan Depan



Gambar Struktur



Persepektif



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kalkurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
Nama Benda uji : PASIR
Asal : PROGO
Keperluan : PENELITIAN T.A

Diperiksa oleh :
1) AZRIYAN 93-
2) ENDANG-H 93-346

Tanggal : 4 SEPT 00

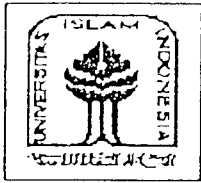
ALAT - ALAT :

- 1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan I (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4.80	0	0	-	-	-	-
2.40	97,0	100,5	4,546	4,709	4,546	4,709
1.20	208,0	290,5	13,496	13,613	17,952	18,206
0.60	501,5	570,0	27,249	26,710	45,201	44,916
0.30	620,5	617,5	29,077	28,936	74,278	73,852
0.15	453,5	441,0	21,251	20,666	95,529	94,517
SISA	93,5	114,5	4,381	5,366	-	-
Jumlah	2134,0	2134,0	100,000	100,000	237,416	236,200
Jumlah rata-rata					236,808	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{236,808}{100} = 2,368$$

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : AGREGAT HALUS
 Nama Benda uji : PASIR
 Asal : PLOEO
 Keperluan : RENELITIAN P.A

Diperiksa oleh :
 1) AZHAJAN 93 -
 2) ENDANG H 93 - 346

Tanggal : 4 SEPT 00

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	...400... Gram	...400... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	...500... Cc	...500... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	...650... Cc	...650... Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	2,667	2,667
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	2,667	

2,667
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR
 Nama Benda uji : KERIKIL
 Asal : PROSO
 Keperluan : RESEARCH T.A

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____
 Tanggal : 4 SEPT 00

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	.. 200... Gram	.. 200... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	.. 500... Cc	.. 500... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	.. 500... Cc	.. 500... Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	.. 2,50	.. 2,50
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN </div>	



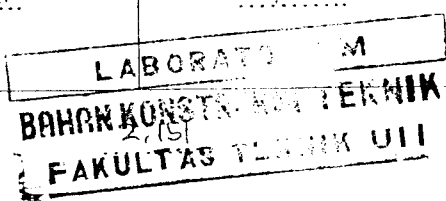
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : PECAHAN BENTENG "GODEAN" 1)
 Asal : GODEAN - YOGYAKARTA 2)
 Keperluan : RESELTIAN T.A Tanggal : 4 SEPT '00

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	.. 200.. Gram	.. 200.. Gram
Gelas ukur + Air (V1)	.. 500.. Cc	.. 500.. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	.. 593.. Cc	.. 593.. Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	.. 2,151	.. 2,151
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA		



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

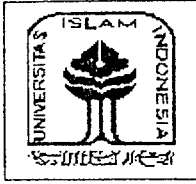
Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : PECAHAN BENTENG "SOKA" 1)
 Asal : SOKA - KEBUMEN 2)
 Keperluan : PEMELIHAN T.A Tanggal : 4 SEPT 60

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	.. 200.. Gram	.. 200.. Gram
Gelas ukur + Air (V1)	.. 500.. Cc	.. 500.. Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	.. 590.. Cc	.. 590.. Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	.. 2,22..	.. 2,22..
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	.. 2,22..	

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR
 Nama Benda uji : KEMIKIL
 Asal : PROEO
 Keperluan : PENELITIAN T.A

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

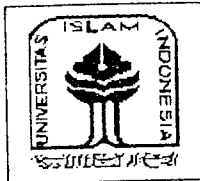
Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok / cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,4535 Kg	5,4535 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	12,780 Kg	12,830 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1381,993	1391,425
Berat Volume Agregat Rata - rata	1386,709	

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Yogyakarta



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

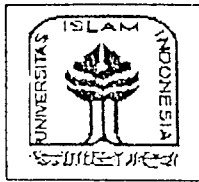
Jenis Benda Uji	: <u>AGREGAT KASAR</u>	Diperiksa oleh :
Nama Benda uji	: <u>PECAHAN BENTENG "SOKA"</u>	1) _____
Asal	: <u>SOKA - KEBUMEN</u>	2) _____
Keperluan	: <u> PENELITIAN T A</u>	Tanggal : _____

ALAT – ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 50 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,4535 Kg	5,4535 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	10,490 Kg	10,452 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	950,032	942,864
Berat Volume Agregat Rata - rata	946,448	

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : AGREGAT KASAR Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : PECAHAN BENTENG "GODEAN" 1) _____
 Asal : GODEAN - YOGYAKARTA 2) _____
 Keperluan : PENELITIAN T-A Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,4535 Kg	5,4535 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	10,2151 Kg	10,2082 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$	$5,3014 \times 10^{-3} M^3$
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	898,178	896,676
Berat Volume Agregat Rata - rata	897,427	

LABORATORIUM
 Yogyakarta
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia.

Hasil Pengujian Desak Paving Block
Umur benda uji 7 Hari, L total = 280,80 cm², L desak = 235,80 cm²
Daerah asal Godcan – Yogyakarta.

Variasi	No.	Berat (Kg)	Waktu (menit)	Beban desak (KN)	Kuat desak (Kg/cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/cm ²)
V0 = 0 %	1	3,708	3 : 55	1160	491,942	513,854
	2	3,733	4 : 05	1210	513,147	
	3	3,777	4 : 15	1265	536,472	
V1 = 20 %	1	3,582	3 : 05	910	385,920	384,507
	2	3,511	2 : 41	790	335,030	
	3	3,585	3 : 33	1020	432,570	
V2 = 40 %	1	3,464	2 : 17	670	284,139	289,794
	2	3,45	2 : 07	635	269,296	
	3	3,516	2 : 31	745	315,946	
V3 = 60 %	1	3,453	1 : 58	580	245,971	236,722
	2	3,412	1 : 50	535	226,887	
	3	3,420	2 : 35	560	237,489	
V4 = 80 %	1	3,340	1 : 50	545	231,128	231,128
	2	3,310	1 : 44	520	220,526	
	3	3,358	1 : 55	570	241,730	
V5 = 100 %	1	3,300	2 : 07	620	262,955	265,762
	2	3,280	2 : 09	630	267,176	
	3	3,260	2 : 07	630	267,176	

Yogyakarta, 13 September 2000
Mengetahui

LABORATORIUM Kepala Lab BKT FTSP-UJI

BAHAN KONSTRUKSI TETAPAN

FAKULTAS TEKNIK

(IR. ILMAN NOOR, MSCE)

Hasil Pengujian Desak Paving Block

Umur benda uji 7 Hari, L total = 280,80 cm², L desak = 235,8 cm²

Daerah asal Soka - Kebumen

Variasi	No.	Berat (Kg)	Waktu (menit)	Beban desak (KN)	Kuat desak (Kg / cm ²)	Kuat desak rerata (Kg / cm ²)
V0 = 0 %	1	3,708	3 : 55	1160	491,942	513,854
	2	3,733	4 : 05	1210	513,147	
	3	3,777	4 : 15	1265	536,472	
V1 = 20 %	1	3,564	3 : 05	1035	438,931	425,502
	2	3,576	2 : 41	1070	453,774	
	3	3,583	3 : 33	905	383,800	
V2 = 40 %	1	3,459	2 : 39	780	330,789	349,166
	2	3,512	2 : 50	855	362,595	
	3	3,510	2 : 49	835	354,114	
V3 = 60 %	1	3,429	2 : 21	630	267,176	286,966
	2	3,449	2 : 30	730	309,584	
	3	3,423	2 : 32	670	284,139	
V4 = 80 %	1	3,365	2 : 25	735	311,705	283,432
	2	3,354	2 : 18	670	284,139	
	3	3,323	2 : 05	600	254,453	
V5 = 100 %	1	3,372	2 : 42	810	343,512	316,653
	2	3,311	2 : 16	665	282,019	
	3	3,355	2 : 35	765	324,428	

Yogyakarta, 13 September 2000

Mengetahui

LABORATORIUM

LAB BKT FTSP-UJI

BAHWA KONSTRUKSI

FAKULTAS

(IR. ILMAN NOOR, MSCE)

Hasil Pengujian Desak Paving Block
Umur benda uji 28 Hari, L total = 280,80 cm², L desak = 235,8 cm²
Daerah asal Soka - Kebumen

Variasi	No.	Berat (Kg)	Waktu (menit)	Beban desak (kN)	Kuat desak (Kg/cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/cm ²)
V0 = 0 %	1	3,755	4 : 10	1290	547,074	565,451
	2	3,775	4 : 49	1320	559,796	
	3	3,772	5 : 05	1390	589,483	
V1 = 20 %	1	3,580	4 : 04	1205	511,026	503,958
	2	3,590	3 : 55	1180	500,424	
	3	3,576	3 : 58	1180	500,424	
V2 = 40 %	1	3,480	3 : 13	970	411,366	412,779
	2	3,460	2 : 58	870	368,957	
	3	3,568	3 : 40	1080	458,015	
V3 = 60 %	1	3,490	3 : 17	955	405,004	385,920
	2	3,432	3 : 08	900	381,679	
	3	3,423	2 : 58	875	371,077	
V4 = 80 %	1	3,346	2 : 50	845	358,355	359,062
	2	3,355	2 : 49	850	360,475	
	3	3,404	2 : 46	845	358,355	
V5 = 100 %	1	3,370	3 : 33	920	390,161	392,988
	2	3,316	3 : 50	950	402,884	
	3	3,380	3 : 25	910	385,920	

Yogyakarta, 10 Oktober 2000
 Mengetahui

Kepala Lab. BKT FTSP-UJI

LABORATORIUM

BAGIAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UJI
 (HR. TILMAN NOOR, MSCE)

Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia.

Hasil Pengujian Desak Paving Block

Umur benda uji 28 Hari, L total = 280,80 cm², L desak = 235,8 cm²
Daerah asal Godean – Yogyakarta.

Variasi	No.	Berat (Kg)	Waktu (menit)	Reban desak (KN)	Kuat desak (Kg/cm ²)	Kuat desak rerata (Kg/cm ²)
V ₀ = 0 %	1	3,755	4 : 10	1290	547,074	565,451
	2	3,775	4 : 49	1320	559,796	
	3	3,772	5 : 05	1390	589,483	
V ₁ = 20 %	1	3,554	3 : 33	1160	491,942	487,702
	2	3,611	3 : 45	1170	496,183	
	3	3,573	3 : 10	1120	474,979	
V ₂ = 40 %	1	3,490	3 : 18	965	409,245	400,764
	2	3,507	3 : 35	1060	449,534	
	3	3,460	2 : 43	810	343,512	
V ₃ = 60 %	1	3,375	2 : 43	825	349,873	366,836
	2	3,447	3 : 15	945	400,763	
	3	3,472	2 : 40	825	349,873	
V ₄ = 80 %	1	3,365	2 : 33	815	345,632	355,527
	2	3,322	2 : 45	820	347,752	
	3	3,329	2 : 56	880	373,198	
V ₅ = 100 %	1	3,280	3 : 12	950	402,884	380,973
	2	3,260	2 : 55	865	366,836	
	3	3,250	3 : 39	880	373,198	

Yogyakarta, 10 Oktober 2000
Mengetahui

Kepala Lab BKT FTSP-UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK
REKAMAN NOOR, MSCE

