

SKRIPSI

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG SEBAGAI AGREGAT DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK

OLEH

YULIANA ELIVIN BUNGA DEY

01.26.031



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2006

1977/1978

STUDI PEMANFAATAN LINGKUNGAN KULTUR MASYARAKAT
SARAGAI AGREGAT DALAM PERMUKAAN
PANGKALAN

OLEH
YULIANA ELIAN BUNDA
1977/1978

KELOMPOK PENELITIAN KULTUR MASYARAKAT
KEMENTERIAN KEBUDAYAAN DAN KEMAHKAMATAN
KEMENTERIAN KEMAHKAMATAN
KEMENTERIAN KEMAHKAMATAN
KEMENTERIAN KEMAHKAMATAN
KEMENTERIAN KEMAHKAMATAN

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG SEBAGAI AGREGAT DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Oleh:

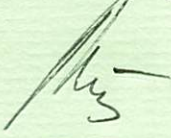
Yuliana Elivin Bunga Dey

01.26.031

Menyetujui:

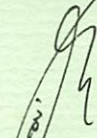
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Ir. Raphael Sotang
NIP.Y. 1018000028

Dosen Pembimbing II



Candra Dwi Ratna ST, MT
NIP. Y.1030000349

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



Sadiro ST, MT

NIP.Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG SEBAGAI AGREGAT DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Oleh:

Yuliana Elivin Bunga Dey

01.26.031

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 15 September 2006.

Mengetahui

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi



Ketua

Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP
NIP.Y. 103900214

Sekretaris

Sudiro ST, MT
NIP. Y.1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Ir. Ibnu Hidayat P.J. MT
NIP.Y. 131947534

Dosen Penguji II

Evy Hendriarianti ST, M.MT
NIP. P.1030300382

LEMBAR PERSEMBAHAN

"Pencobaan-pencobaan yang kamu alami ialah pencobaan-pencobaan biasa, yang tidak melebihi kekuatan manusia. Sebab ALLAH setia dan karena itu Ia tidak akan membiarkan kamu dicobai melampaui kekuatanmu. Pada waktu kamu dicobai Ia akan memberikan kepadamu jalan keluar, sehingga kamu dapat menanggungnya."

(I Korintus 10:13)

Thanks to the Lord Jesus Christ yang telah mengabulkan segala doa dan memberkati segala usaha Lilly dan terima kasih kepada Bunda Maria yang telah menjadi perantara dalam doa-doaku sehingga Lilly dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Buat dosen Teknik Lingkungan : Pak Sudiro, Ibu Evy, Pak Hery, Ibu Candra, Ibu Tuanny, Pak Hardianto, Pak Boyy, Pak Raphael, Ibu Anis terima kasih untuk semua ilmu yang telah diberikan buat kami.

Untuk Mas Mafud dan Mas Ridho terima kasih banyak buat bantuannya selama penelitian di Lab. Beton.

Skripsi ini Lilly persembahkan Untuk Keluargaku : Bapa dan Mama terima kasih banyak untuk semua doa dan dukungan yang telah diberikan buat Lilly selama ini. Buat saudara/i-ku : Kak Rully thanks ya untuk doa dan dukungan yang diberikan buat Lilly dikala Lilly cemas

dalam menyelesaikan skripsi, Lilly doakan biar cepat kak, cepat lulus juga. Buat Adik Rinny thanks doa dan dukungannya, belajar yang rajin (ingat cuma 4 tahun, SEMANGAT!!!) Kak Lilly doakan biar cepat lulus. Buat Adik Iron dan Nelly belajar yang rajin biar cepat lulus dari sekolah.

To My good Friends : Eva Triyuni thanks untuk semua kesabaranmu selama ini (terima kasih buat saran, support dan Jupiternya dalam penyelesaian skripsi ini), Evelyn thanks to doa dan support yang selalu siap membantu Lilly dalam segala kesusahan (Jangan menyerah, tinggal selangkah lagi, Lilly yakin Evelyn sanggup menghadapinya... SEMANGAT!!!) Lilly tunggu kedatanganmu di Maumere, supaya kita bersama-sama dapat membangun Mof City.....OK?, Santy thanks untuk semua bantuan dan kesabaranmu (Kapan balik ke Bju? jangan lama-lama di Malang, Ingat disana juga menghutuhkan figur sepertimu dalam membangun Bju City?, Nilla thanks untuk semua dukungan, akhirnya kita juga bisa menyelesaikan skripsi dan buat Manik, thanks untuk bantuan dan dukungannya. Akhirnya Lilly mengucapkan terima kasih buat persahabatan kita selama ini.

Buat teman-teman seperjuangan TL'01 CHAYOOOOO!!!, Untuk Eva Triyuni, Santy, Nilla, Manik, Ika, Indra, Noi, Ina, Devy, Putu, Wawan, Taufik, Kadek, Widi akhirnya kita lulus juga!!!.

TO Annie (Miss Pink, thanks buat doa & Support (Honda Supra fit, you are my best friends), Ka' Emil (Alias Mas Edmon thanks buat bantuan tenaganya dalam penyelesaian penelitian skripsi ini. Thea

(thanks ya sudah mau menemani Lilly pertama kali ke Kenjeran),
Tris/Tisu (thanks bantuannya, ingat belajar, Non !!!), Novy, Aris,
Yuyun (CHAYOOO !!!), Tini & Remy (TL'02), Paul (TL'05) thanks ya
buat bantuannya selama Lilly penelitian di Lab. Beton. Erlin da Cunha
thanks telah menemani Lilly ke KIMPRASWIL.

Untuk teman-teman sekost-an Sigura-Gura V/NO. 6 : Ance (thanks
buat semua bantuan baik tenaga, pikiran dan sebagai teman curhat
yang baik dalam memberikan solusi bagi permasalahanku selama ini,
Lilly doakan biar Ance cepat kelat skripsiya SEMANGAT...!!!), Lillis
(wah akhirnya bisa masak juga nih...., Eka (Teruskan perjuanganmu my
friend, tinggal selangkah lagi CHAYOOO...!!!), Yenny, Nining, Rara
(thanks ya motornya), Krisna (thanks bukunya), Eny, Antic, Rida,
Anung, Pipit, Putri, Mbak Ranta & Mbak Santy.

Buat teman-temannya Rinny : Mitha, Lillis, Nadiah & Ragil
(thanks bantuannya), Erna thank ya kameranya, yayan thanks ya
Marsel (gimana sudah jadi polisi ya ?), Yoris thanks bantuannya, Ka'
Aros (bagaimana apa sudah dapat pekerjaan ??? thanks ya
bantuanannya.

Untuk EX- penghuni Sigura-Gura V/No .6 : Ana , Mbak Riska ,
Yuly, Winda, Dewi & Mba Nunung (Akhirnya Aku mengikuti jejak
kalian, klo maen ke Malang jangan lupa mampir ke kost kita !!!).

Akhir kata thanks untuk semua yang telah membantu Lilly dalam
penyelesaian Skripsi ini., GBU ALL.

ABSTRAK

Kulit kerang merupakan salah satu limbah yang mengganggu lingkungan perkampungan nelayan di daerah Pantai Kenjeran Surabaya. Hingga saat ini pemanfaatan kulit kerang hanya untuk membuat hiasan, kancing baju, campuran kosmetik dan pakan ternak. Selain itu tumpukkan kulit kerang dapat merusak pemandangan pantai. Kulit kerang (jenis tohtok) mempunyai komposisi kimia yang sama dengan semen antara lain SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO dan SO_3 . Akan tetapi ada indikasi bahwa kulit kerang yang terdapat di daerah pantai Kenjeran Surabaya mengandung logam berat. Uji pendahuluan kadar logam berat dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat yang ada pada kulit kerang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemanfaatan limbah kulit kerang di daerah Pantai Kenjeran Surabaya yang mengandung logam berat dan membahayakan lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai agregat bahan pencampur *paving block* dengan variasi/komposisi kulit kerang.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan variasi/komposisi kulit kerang yang terbaik sehingga dapat menghasilkan kualitas *paving block* yang dapat diketahui dengan melakukan uji kelayakan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dan uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia.

Hasil penelitian seluruh uji kelayakan tersebut diperoleh *paving block* yang mempunyai kualitas baik untuk kuat tekan mutu D adalah komposisi semen : agregat (1:3) substitusi kulit kerang 60% dari berat agregat dan FAS 0,4. Komposisi tersebut mempunyai kuat tekan rata-rata 455,02 Kg/cm^2 , penyerapan air rata-rata 7,273 %, ketahanan aus rata-rata 41,981 % dan kadar leaching logam cadmium dalam *paving block* rata-rata 0,397 ppm yang dapat digunakan untuk pejalan kaki. Berdasarkan analisis pendahuluan nilai kandungan awal kulit kerang untuk logam Hg dan Pb masih berada dibawah baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia. Sedangkan nilai kandungan awal kulit kerang untuk logam Cd berada diatas baku mutu uji TCLP. Berdasarkan hal tersebut diatas uji leaching logam Hg dan Pb yang ada dalam *paving block* tidak dilakukan. Sedangkan uji leaching logam Cd dalam *paving block* masih berada dibawah baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar 1,0 ppm, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *paving block*.

Kata Kunci : *Paving block*, Substitusi kulit kerang, Agregat, FAS, Kuat tekan, *Leaching*.

ABSTRACT

Clamshell remains as one kind of waste disturbing the environment of fishermen residence at Kenjeran coast area of Surabaya. Recent clamshell only becomes prominent after its usage for ornament, cloth button, cosmetic mixture and livestock feed. Accumulated clamshell, however, adversely intrudes on coast scene. Clamshell (tohtok type) contains of chemical composition similar to cement, such as SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO and SO_3 . Clamshell clumped in Surabaya Kenjeran coast area, however, brings along heavy metal content. Preliminary testing on heavy metal content will be important to examine heavy metal pollution rate in clamshell. Research aims at understanding the use of clamshell waste distributed in Surabaya Kenjeran Coast, due to heavy metal content and its dangerous potential toward environment. The waste will be useful as the aggregate of paving block mixture substance involving clamshell variation/composition.

Research seems conducted to determine the best variation/composition of clamshell to establish paving block quality based on the reliability test as required in SNI 03-0691-1996 and TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) test prevailed in Indonesia.

Results of research from all reliability tests indicate that better paving block quality has been obtained for pressure strength grade D, including cement : aggregate (1:3) composition with substitution of 60% clamshell of aggregate weight and 0,4 water-cement ratio. The composition consist of the average pressure strength is 455,02 kg/cm^2 , the average of water absorption is 7,273 %, the average of timeworn resistance is 41,981% and the average of cadmium metals leaching value in paving block is 0,397 ppm that can used for the pedestrian of. Preliminary analysis shows that initial content value of clamshell for Hg and Pb metals still appears lower than standardized grade from TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) test prevailed in Indonesia. Initial content value of clamshell for Cd metal seems higher than standardized grade from TLCP test. These conditions lead to postponing leaching test toward Hg and Pb metals within paving block. Leaching test for Cd metal in paving block reaches about 1,0 ppm, still lower than standardized grade of TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) test prevailed in Indonesia. Therefore, this grade means that the material can be useful for paving block preparation.

Keywords : Paving block, Substitution of Clamshell, Aggregate, Water Cement Ratio, Pressure strength, Leaching.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Yesus Kristus yang telah mengabulkan doa dan memberkati segala usaha penyusun dan terima kasih kepada Bunda Maria yang telah menjadi perantara dalam doa-doaku sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat salah satu syarat guna memperoleh gelar Strata Satu (S-I) Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Selama penyelesaian Skripsi ini, penyusun memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak dan pada kesempatan ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Sudiro ST, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Anis Artiyani ST Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan.
3. Bapak Ir. Raphael Sotang Selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ibu Candra Dwi Ratna ST, MT Selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. Ibnu Hidayat. P. J, MT Selaku Dosen Penguji I
6. Ibu Evy Hendriarianti ST, M.MT Selaku Dosen Penguji II.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih untuk semua ilmu yang telah penyusun peroleh selama menjadi mahasiswi Jurusan Teknik Lingkungan.
8. Bapa dan Mama, terima kasih banyak untuk semua doa, kasih sayang dan dukungan yang telah diberikan buat Lilly.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik

Akhir kata penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, Maret 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

ABSTRAK i

ABSTRACT.....ii

KATA PENGANTAR.....iii

DAFTAR ISI.....iv

DAFTAR TABELviii

DAFTAR GAMBAR.....x

DAFTAR LAMPIRAN.....xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Permasalahan 1

1.3. Rumusan Masalah2

1.4. Tujuan Penelitian 2

1.5. Ruang Lingkup Penelitian 2

1.6. Hipotesis Penelitian4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Paving Block 5

2.1.1. Umum 5

2.1.2. Klasifikasi Paving Block 5

2.1.3. Kegunaan Paving Block 6

2.1.4. Keuntungan Penggunaan Paving Block 7

2.1.5. Syarat Mutu Paving Block..... 7

2.2. Bahan-Bahan Penyusun Paving Block 8

2.2.1. Umum 8

2.2.1.1. Semen	8
2.2.1.2. Semen Portland	10
2.2.1.3. Hidrasi Semen Portland	15
2.2.2. Agregat	18
2.2.3. Faktor Air Semen	20
2.2.4. Air	21
2.3. Curing (Perawatan)	22
2.4. Kulit Kerang	23
2.5. Logam Berat	25
2.5.1. Merkuri(Hg)	26
2.5.1.1.Umum	26
2.5.1.2.Bahaya dari Merkuri (Hg)	26
2.5.1.3.Tingkat Racun Yang dapat Ditimbulkan Logam Merkuri dalam Tubuh	27
2.5.2. Cadmium(Cd)	27
2.5.2.1.Umum	27
2.5.2.2.Bahaya dari Cadmium(Cd).	28
2.5.2.3.Tingkat Racun Yang dapat Ditimbulkan Logam Cadmium dalam Tubuh	28
2.5.3. Timbal(Pb)	28
2.5.3.1.Umum	28
2.5.3.2.Bahaya dari Timbal(Pb)	29
2.5.3.3.Tingkat Racun Yang dapat Ditimbulkan Logam Timbal dalam Tubuh	29
2.6. Metode Pengolahan Data	30
2.6.1. StatistikDeskriptif	30
2.6.2. Statistik Inferensi	32
2.6.3. Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian	36
3.2. Waktu Penelitian	36

3.3. Pelaksanaan Penelitian	36
3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	37
3.4.1. Perlakuan Pendahuluan.....	37
3.4.2. Analisa Pendahuluan.....	38
3.4.3. Persiapan Penelitian	38
3.4.4. Proses Pembuatan Paving Block.....	38
3.4.5. Uji Syarat Mutu Paving Block.....	41
3.5. Kerangka Penelitian.....	42

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	44
4.2. Data Hasil Penelitian Pembuatan Paving Block	44
4.2.1. Sifat Tampak Luar Paving Block.....	44
4.2.2. Uji Kuat Tekan Paving Block.....	45
4.2.3. Uji Penyerapan Air Paving Block.....	47
4.2.4. Uji Ketahanan Aus Paving Block	49
4.2.5. Uji Leaching Paving Block.....	50
4.3. Analisa Korelasi	52
4.3.1. Analisa Korelasi Kuat Tekan.....	52
4.3.2. Analisa Korelasi Penyerapan Air.....	53
4.3.3. Analisa Korelasi Ketahanan Aus	53
4.3.4. Analisa Korelasi Leaching Logam Cadmium.....	54
4.4. Analisa Regresi	55
4.4.1. Analisa Regresi Kuat Tekan	55
4.4.2. Analisa Regresi Penyerapan Air	57
4.4.3. Analisa Regresi Ketahanan Aus.....	60
4.4.4. Analisa Regresi Leaching Logam Cadmium	62
4.5. PEMBAHASAN	65
4.5.1. Kuat Tekan Paving Block	65
4.5.2. Penyerapan Air Paving Block.....	66
4.5.3. Ketahanan Aus Paving Block	67
4.5.4. Kadar Leaching Logam Cadmium Paving Block	68

4.6. Penentuan Komposisi Terbaik Dalam Paving Block.....	69
--	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran.....	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standart Mutu Sifat Fisika <i>Paving Block</i>	8
Tabel 2.2. Jenis Kelas dan Warna Semen.....	9
Tabel 2.3. Penggunaan dan Tipe Semen <i>Portland</i>	13
Tabel 2.4. Spesifikasi Kimia Semen Gersik Tipe I	14
Tabel 2.5. Nilai Faktor Air Semen Maksimum	20
Tabel 2.6. Uji Komposisi Fisik Kulit Kerang.....	24
Tabel 2.7. Uji Komposisi Kimia Kulit Kerang	24
Tabel 2.8. Koefisien Korelasi Guilford	33
Tabel 3.1. Variasi Komposisi Bahan Pembuat <i>Paving Block</i>	37
Tabel 4.1. Nilai Kandungan Awal Logam Dalam Kulit Kerang	44
Tabel 4.2. Tampak Luar Paving Block	45
Tabel 4.3. Hasil Uji Kuat Tekan Paving Block	46
Tabel 4.4. Hasil Uji Penyerapan Air Paving Block	48
Tabel 4.5. Hasil Uji Ketahanan Aus Paving Block.....	49
Tabel 4.6. Hasil Uji Leaching Logam Cadmium Paving Block	51
Tabel 4.7. Korelasi Antara Nilai Kuat Tekan Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada Paving Block.....	52
Tabel 4.8. Korelasi Antara Nilai Penyerapan Air Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada Paving Block.....	53
Tabel 4.9. Korelasi Antara Nilai Ketahanan Aus Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada Paving Block.....	53
Tabel 4.10. Korelasi Antara Nilai Leaching Logam Cadmium Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada Paving Block.....	54
Tabel 4.11. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Kuat Tekan Pada Paving Block	55
Tabel 4.12. Analisa Varian Nilai Kuat Tekan Pada Paving Block	55
Tabel 4.13. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Penyerapan Air Pada Paving Block.....	57
Tabel 4.14. Analisa Varian Nilai Penyerapan Air Pada Paving Block.....	58
Tabel 4.15. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Ketahanan Aus	

Pada Paving Block	60
Tabel 4.16. Analisa Varian Nilai Ketahanan Aus Pada Paving Block	60
Tabel 4.17. Koefisien Persamaan Regresi Nilai Leaching Logam Cadmium	
Pada Paving Block	62
Tabel 4.18. Analisa Varian Nilai Leaching Logam Cadmium	
Pada Paving Block	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Kontrol <i>Shewhart</i>	31
Gambar 3.1. Langkah Kerja Pembuatan Paving Block	39
Gambar 3.2. Paving Block yang Dihasilkan	40
Gambar 3.3 Kerangka Penelitian	43
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Komposisi Kulit Kerang dalam Agregat dengan Rata-Rata Kuat Tekan	47
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Komposisi Kulit Kerang dalam Agregat dengan Rata-Rata Penyerapan Air	48
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Komposisi Kulit Kerang dalam Agregat dengan Rata-Rata Ketahanan Aus	50
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Komposisi Kulit Kerang dalam Agregat dengan Rata-Rata Kadar Leaching Logam Cadmium	52
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Uji Kelayakan dan Komposisi Kulit Kerang dalam Agregat.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

**STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI) 03-0691-1996 &
BAKU MUTU UJI TCLP
HASIL ANALISA AWAL KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM
KULIT KERANG
HASIL UJI KELAYAKAN FISIK & KIMIA *PAVING BLOCK*
ANALISA STATISTIK HASIL MINITAB
DAFTAR TABEL F & T
PROSEDUR UJI KELAYAKAN *PAVING BLOCK*
LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI
DOKUMENTASI PENELITIAN**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu dampak negatif dari perkembangan pembangunan fisik yang pesat adalah terjadinya eksploitasi terhadap Sumber Daya Alam (SDA). SDA yang dimaksud adalah salah satu bahan baku pembuatan bahan bangunan yaitu pasir. Agar tidak mengganggu kesetimbangan alam, eksploitasi ini harus dibatasi antara lain dengan jalan menggunakan cara alternatif yang menguntungkan baik dari segi ekonomi maupun kelestarian lingkungan.

Salah satu cara alternatif untuk mengurangi eksploitasi terhadap SDA adalah dengan memanfaatkan limbah kulit kerang yang terdapat di daerah Pantai Kenjeran Surabaya sebagai bahan baku pembuatan *paving block*. Dari segi pemeliharaan kelestarian lingkungan, alternatif ini merupakan salah satu upaya untuk mereduksi limbah yang berasal dari kulit kerang yang berada di Daerah Pantai Kenjeran Surabaya. Disamping juga berusaha mengurangi tingkat pencemaran yang terjadi di lingkungan perkampungan nelayan.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit kerang pernah dilakukan oleh Estutie Maulanie & Boedi Wibowo (2004) yang memanfaatkan kulit kerang sebagai bahan pencampur dalam pembuatan bata beton berongga (batako).

Keberadaan kulit kerang semakin mengganggu lingkungan perkampungan nelayan karena pemanfaatan limbah kulit kerang masih sangat kurang. Selain itu tumpukan kulit kerang juga dapat merusak pemandangan pantai. Oleh karena itu diupayakan untuk mengurangi limbah kulit kerang tersebut dengan memanfaatkannya sebagai agregat dalam bahan pencampur *paving block*.

1.2. Permasalahan

Umumnya limbah kulit kerang yang terdapat di perkampungan nelayan belum secara optimal dimanfaatkan menjadi sesuatu yang lebih berguna dan tidak membahayakan lingkungan. Akhir-akhir ini banyak usaha yang memanfaatkan limbah kulit kerang menjadi sesuatu yang lebih berdayaguna, disamping juga

berusaha mengurangi tingkat pencemaran yang terjadi di lingkungan perkampungan nelayan. Oleh sebab itu dari permasalahan limbah kulit kerang yang ada di perkampungan nelayan daerah Pantai Kenjeran Surabaya akan dilakukan penelitian untuk mengetahui pemanfaatan kulit kerang sebagai agregat bahan pencampur *paving block*.

Paving block yang diinginkan adalah *paving block* yang ramah lingkungan dan memiliki kualitas yang memenuhi persyaratan mutu beton sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996.

1.3. Rumusan Masalah

Dari permasalahan diatas, dapat dituliskan rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Apakah limbah kulit kerang yang terdapat di daerah Pantai Kenjeran Surabaya yang mengandung logam berat dan membahayakan lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai agregat bahan pencampur *paving block* ?
2. Berapakah komposisi kulit kerang yang dapat menghasilkan *paving block* dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996 ?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pemanfaatan limbah kulit kerang di daerah Pantai Kenjeran Surabaya yang mengandung logam berat dan membahayakan lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai agregat bahan pencampur *paving block*.
2. Mengetahui alternatif komposisi kulit kerang yang terbaik sehingga dapat menghasilkan *paving block* dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Kulit kerang yang digunakan berasal dari limbah kulit kerang yang berada di daerah Pantai Kenjeran Surabaya.

2. Kulit kerang yang digunakan adalah kulit kerang yang telah mengalami proses pencucian, pengeringan, penghancuran dan penyaringan.
3. Kulit kerang sebelum digunakan sebagai agregat halus pada pembuatan *paving block* dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kandungan awal logam berat dalam kulit kerang. Kandungan logam berat dalam kulit kerang yang akan dianalisis adalah Merkuri (Hg), Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb).
4. Analisis kandungan awal logam Hg dalam kulit kerang dilakukan di Laboratorium Perum Jasa Tirta I sedangkan analisis kandungan awal logam Cd dan Pb dalam kulit kerang dilakukan di Laboratorium FMIPA Jurusan Kimia Brawijaya.
5. Semen yang digunakan adalah semen type I sebagai bahan pengikat *paving block*.
6. Pasir yang digunakan adalah pasir berkualitas baik yang tersedia di pasaran.
7. Menggunakan air dari PDAM.
8. Variasi limbah kulit kerang yang digunakan adalah (0%, 20%, 40%, 60%, dan 100%) terhadap berat agregat.
9. Faktor air semen (fas) yang digunakan adalah 0,4
10. Pembuatan *paving block* dilakukan di UD. Barokah Jl. Bauksit 56 Malang.
11. Uji kelayakan yang bersifat fisik pada *paving block* dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil ITN Malang. Sedangkan uji kelayakan yang bersifat kimia dilakukan di Laboratorium FMIPA Jurusan Kimia Brawijaya.
12. Uji kelayakan yang bersifat fisik pada *paving block* meliputi uji tampak luar, uji kuat tekan, uji penyerapan air, uji ketahanan aus, dan uji kelayakan yang bersifat kimia yaitu uji leaching untuk logam Cadmium (Cd).
13. Uji kelayakan yang bersifat kimia yaitu uji leaching untuk logam Hg dan Pb tidak dilakukan karena nilai kandungan awal logam Hg dan Pb dalam kulit kerang berada dibawah baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia.
14. Benda uji paving block dibuat dengan bentuk segiempat (*rectangular*) berukuran $21 \times 10,5 \times 6 \text{ cm}^3$.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam rumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta empirik yang dikumpulkan.

Ada dua bentuk hipotesa yaitu :

1. Hipotesis nol (H_0) yaitu menyatakan tidak adanya pengaruh substitusi limbah kulit kerang sebagai agregat pada pembuatan *paving block* terhadap uji kelayakan *paving block*.
2. Hipotesis alternatif (H_1) yaitu menyatakan adanya pengaruh substitusi limbah kulit kerang sebagai agregat pada pembuatan *paving block* terhadap uji kelayakan *paving block*.

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

Dimana :

μ = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

- 1 = Pengaruh substitusi kulit kerang pada *paving block* 0%
- 2 = Pengaruh substitusi kulit kerang pada *paving block* 20%
- 3 = Pengaruh substitusi kulit kerang pada *paving block* 40%
- 4 = Pengaruh substitusi kulit kerang pada *paving block* 60%
- 5 = Pengaruh substitusi kulit kerang pada *paving block* 100%

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Paving Block

2.1.1. Umum

Menurut SNI 03-0691-1996 Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* / bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan / tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tadi.

Bata beton dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat pewarna pada komposisinya dan digunakan untuk lantai baik di dalam maupun di luar bangunan. *Paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan tangan.

2.1.2. Klasifikasi Paving Block

Klasifikasi dari paving block didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna antara lain, yaitu :

A. Klasifikasi berdasarkan bentuknya

Ada beberapa macam bentuk dari *paving block* yang diproduksi namun secara garis besar bentuk *paving block* dapat dibedakan atas :

1. *Paving block* bentuk segi empat (*rectangular*)
2. *Paving block* bentuk segi banyak

Pemakaian dari bentuk *paving block* disesuaikan dengan keperluan. Untuk keperluan konstruksi perkerasan pada jalan dengan lalu lintas sedang sampai berat (misalnya : jalan raya, kawasan industri, jalan umum dan lainnya), karenanya penggunaan *paving block* segi empat lebih cocok.

Kuipers (1984) dalam penelitiannya berkesimpulan bahwa pemakaian bentuk segi empat untuk lalu lintas sedang dan berat lebih cocok karena sifat pengunciannya yang konstan serta mudah dicungkil apabila sewaktu-waktu akan diadakan perbaikan. Untuk keperluan konstruksi ringan (misalnya : trotoar plaza,

tempat parkir, jalan lingkungan) dapat dipakai bentuk segi empat maupun segi banyak.

B. Menurut ketebalan

Paving block yang diproduksi secara umum mempunyai ketebalan yaitu 60 mm, 80 mm dan 100 mm. Pemakaian dari masing-masing ketebalan *paving block* disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut :

1. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm
Diperuntukkan bagi beban lalu lintas ringan yang frekuensinya terbatas pada pejalan kaki dan kadang-kadang *sedan*.
2. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm
Diperuntukkan bagi beban lalu lintas sedang dengan frekuensi terbatas pada *pick up, truck* dan bus.
3. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm
Diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat antara lain *crane, loader* dan alat berat lainnya. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm sering digunakan untuk kawasan industri dan pelabuhan.

C. Menurut kekuatan

Kekuatan tekan *paving block* berkisar antara 250 kg/cm^2 sampai 450 kg/cm^2 tergantung dari penggunaan lapis pengerasan. Pada umumnya *paving block* yang sudah banyak diproduksi adalah yang mempunyai kuat tekan karakteristik antara 300 kg/cm^2 sampai dengan 350 kg/cm^2 (Shackle, 1990 dalam Widarti, 2004).

D. Menurut warna

Warna selain menampilkan keindahan juga digunakan sebagai pembatas seperti pada tempat parkir. Warna *paving block* yang ada dipasaran adalah merah, hitam dan abu-abu.

2.1.3. Kegunaan paving block

Paving block dapat digunakan untuk banyak aplikasi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan diantaranya adalah kebutuhan teknik arsitek dan kelayakan umum.

Menurut Alan A. Lilley, 1991 ada beberapa contoh kegunaan *paving block* diantaranya adalah :

- Paving Lapangan terbang
- Terminal bus dan pemberhentian
- Parkir mobil
- Lantai
- Pejalan kaki
- Pusat pertamanan
- Daerah perindustrian
- Rintangan jalan raya
- Tempat bermain
- Pencegah kecelakaan
- Dan lain-lain

2.1.4. Keuntungan penggunaan paving block

Penggunaan *paving block* mempunyai beberapa keuntungan (Shackle, 1990 dalam Widarti, 2004), antara lain :

- Dapat diproduksi secara masal untuk mendapatkan mutu tinggi diperlukan tekanan pada saat pencetakan.
- Dari segi pelaksanaan tidak memerlukan keahlian khusus. Pelaksanaan jalan dengan menggunakan pengerasan *paving block* yang jauh lebih mudah bila dibandingkan dengan bahan pengerasan lainnya.
- Tahan terhadap beban vertikal dan horizontal yang disebabkan oleh rem atau percepatan kendaraan berat.
- Pemeliharaannya mudah.

2.1.5 Syarat mutu paving block.

Ada beberapa syarat mutu *paving block* yaitu :

1. Sifat tampak

Paving block harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak mudah direpihkan dengan kekuatan tangan dan tidak terdapat retak-retak atau cacat.

2. Bentuk dan ukuran

Tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Sampai saat ini ada beberapa macam bentuk yaitu : kancangan, antik, bata, tiga berlian dan segi enam.

3. Sifat fisik.

Kekuatan fisik *paving block* meliputi antara lain kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan terhadap aus seperti terlihat dalam tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Standart mutu sifat fisika *paving block*

Mutu	Kuat tekan (Kg/cm ²)		Penyerapan air rata-rata maksimum
	Rata-rata	Minimum	(%)
A	400	350	3
B	200	170	6
C	150	125	8
D	100	85	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

Menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* diklasifikasikan dalam beberapa mutu :

- *Paving block* mutu A : digunakan untuk jalan raya
- *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelataran parkir
- *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Menurut buku petunjuk praktikum bahan dari Laboratorium bahan konstruksi ITN Malang syarat keausan untuk agregat maksimum 40%.

2.2. Bahan-Bahan Penyusun Paving Block

2.2.1 Semen

2.2.1.1 Umum

Semen dipakai sebagai petunjuk sekelompok bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton (Sagel, 1997). Hidrolis berarti :

- Semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa
- Semen produksi keras (batuan-semen) yang kedap air

Semen adalah suatu hasil produksi yang dibuat di pabrik semen. Pabrik-pabrik semen memproduksi bermacam-macam jenis semen dengan sifat-sifat dan karakteristik yang berlainan. Semen dibedakan dalam dua kelompok utama yaitu :

1. Semen dari bahan klinker (*Semen Portland*)

- *Semen Portland*
- *Semen Portland* abu terbang
- *Semen Portland* berkadat besi
- Semen tanur tinggi (*'Hoogovencemet'*)
- *Semen Portland* tras / *puzzolan*
- *Semen Portland* putih

2. Semen-semen lain

- Aluminium semen
- Semen bersulfat

Perbedaan diatas berdasarkan karakter dari reaksi pengerasan kimiawi. Semen-semen dari kelompok (1) yang satu dan yang lain tidak saling bereaksi (membentuk persenyawaan lain), semen kelompok (2) bila saling dicampur atau bercampur dengan kelompok (1) akan membentuk suatu persenyawaan baru. Ini berarti semen dari kelompok (2) tidak boleh dicampur. *Semen portland* abu terbang adalah semen yang umum dipakai di Indonesia.

Jenis-jenis semen dibedakan dalam 3 kelas yaitu :

Kelas A : Semen dengan kekuatan awal yang normal

Kelas B : Semen dengan kekuatan awal tinggi

Kelas C : Semen dengan kekuatan awal sangat tinggi

Untuk lebih jelasnya kelas warna jenis semen dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 . Jenis Kelas dan Warna Semen

JENIS SEMEN	KELAS			WARNA
	A	B	C	
<i>Semen Portland</i>	*	*	*	Abu-abu
<i>Semen Portland</i> abu terbang	*			Abu-abu
<i>Semen Portland</i> putih			*	Putih

Sumber : Sagel L., 1997

Keterangan : * = tersedia

Senyawa yang mempengaruhi pengerasan dalam semen adalah trikalsium silikat (C_3S) dan dikalsium silikat (C_2S) karena mempunyai sifat sebagai perekat. Sedangkan keberadaan trikalsium aluminat (C_3A) dalam semen *portland* harus serendah mungkin karena mudah dipengaruhi oleh senyawa-senyawa sulfat. Apabila senyawa dikalsium silikat (C_2S) dan senyawa trikalsium silikat (C_3S) bercampur dengan air akan membentuk agar-agar sebagai senyawa kalsium silikat hidrat dan membebaskan sebagian kapur. Terbebasnya kapur dapat kita ketahui karena setelah pengerasan benda yang mengandung semen *portland* akan mengandung kapur. Hal ini ditunjukkan dengan adanya endapan kapur dalam air perendaman (Samekto, 2001).

2.2.1.2.Semen Portland

Semen *Portland* (PC) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* yang terutama terdiri dari kalsium silikat hidrat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (SNI 03-4805-1998).

Bahan baku semen *portland* adalah campuran dari batu gamping yang mengandung CaO , tanah liat dan endapan yang mengandung SiO_2 dan S_2O_3 , pasir silika dan pasir besi dengan presentasi tertentu. Campuran tersebut kemudian digiling menjadi serbuk lalu di bakar dalam tanur dengan suhu $1350-1400^{\circ}C$. Setelah dibakar serbuk itu didinginkan secara mendadak dan hasilnya disebut terak (klinker). Terak terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis yang kemudian dilakukan penggilingan akhir dengan mencampur terak dengan gypsum sampai semen mencapai derajat kehalusan tertentu.

Komposisi kimia semen portland terutama terdiri dari Oksida Kapur (CaO) 60-68%, Oksida Silika (SiO_2) 19-25%, Oksida Alumina (Al_2O_3) 3-8%, Oksida Besi (Fe_2O_3) 1-5% serta unsur-unsur lain yang presentasinya kecil. Dimana komposisi senyawa-senyawa utama yang terbentuk pada waktu pendinginan dari klinker adalah :

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| a. $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S) | Tri-kalsium Silikat |
| b. $2CaO \cdot SiO_2$ (C_2S) | Dikalsium Silikat |
| c. $3CaO \cdot Al_2O_3$ (C_3A) | Tri-kalsium Aluminat |

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

Tertrakalsium Aluminoforit

Keempat senyawa diatas mempunyai perbandingan tertentu pada setiap produk semen, tergantung pada kualitas bahan bakunya. Standart kualitas semen menurut perumusan BOGUE adalah sebagai berikut :

C_3S : 58% - 69%

C_2S : 8% - 15%

C_3A : 2% - 12%

C_4AF : 6% - 14%

Keempat senyawa didalam komposisi semen tersebut mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. C_3S

Sifat C_3S hampir sama dengan sifat semen, yaitu bila ditambahkan air akan menjadi kaku dan beberapa jam saja pasta akan mengeras. C_3S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 58 kalori/gram setelah 3 hari.

2. C_2S

Pada penambahan air segera terjadi reaksi, yang menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan 12 kalori/gram setelah 3 hari. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan akhir hamper sama dengan C_3S . Tahan terhadap agresi kimia yang tinggi dan mengalami penyusutan kering yang relatif rendah.

3. C_3A

Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari. Perkembangan kekuatan terjadi pada 1 sampai 2 hari, tetapi sangat rendah. Menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas. Kurang tahannya terhadap agresi kimiawi, mengalami retak-retak perubahan volume.

4. C_4AF

Dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi 69% kalori/gram. Warna abu-abu pada semen disebabkan oleh C_4AF . Tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan

sifat semen lainnya. Bereaksi cepat dengan air tetapi tidak banyak menghasilkan panas dan kekuatan.

Disamping komponen-komponen utama, dalam semen terdapat pula bahan-bahan lain dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi mempengaruhi sifat-sifat antara lain :

1. Magnesia, MgO

Seperti pada saat mencampur kapur (CaO) dengan air, bilamana Oksida Magnesium tercampur dengan air, maka hal ini akan diikuti oleh penambahan volume. Dengan sendirinya penambahan volume ini akan dialami oleh beton yang menggunakan bahan-bahan tersebut disertai dengan retak-retak. Kadar MgO dibatasi sampai dengan 5%.

2. Sisa Asam Sulfat (*Sulphuric Anhydrate*), SO_3

SO_3 merupakan bahan yang sangat penting dalam semen Portland karena berfungsi sebagai pengatur waktu pengikat semen. SO_3 terdapat dalam gips CaSO_4 . Apabila kadar gips terlalu tinggi, maka selama berlangsungnya proses pengerasan akan timbul pengembangan gips. Oleh karena itu kadar SO_2 biasanya dibatasi antara 2,5% - 3%.

3. Alkali Na_2O dan K_2O

Na_2O dan K_2O selalu dijumpai dalam bahan-bahan baku untuk semen. Apabila bahan agregat yang akan digunakan untuk campuran beton mengandung silikat reaktif, maka akan timbul reaksi yang merugikan beton.

Menurut ASTM (*American Society for Testing and Material*) semen *portland* diklasifikasikan menjadi 5 tipe, yaitu tipe I, II, III, IV, V. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut ini :

Tabel 2.3. Penggunaan dan Tipe Semen *Portland*

Tipe ASTM	Penggunaan untuk	Karaterisrtik	Prosentase			
			C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Tipe I Standart	Bangunan beton biasa	-	53	24	8	8
Tipe I Modifikasi panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat sedang	Pembetonan massal dan biasa	-	47 mak 50	32	3	12
Tipe III Cepat mengeras, kecepatan awal tinggi	Pembetonan dimusim dingin	Mempunyai kadar C ₃ A dan C ₃ S yang tinggi	58	16	8	8
Tipe IV Panas hidrasi rendah	Pembetonan massal	Kadar rendah dari C ₃ A dan C ₃ S	26 mak 35	40 mak 57	2 mak 7	12
Tipe V Tahan terhadap sulfat	Air mengandung sulfat atau air laut	Kadar rendah dari C ₃ A dan C ₃ S	mak 50		mak 5	
Semen putih	Beton putih khusus	-	51	26	11	1

Sumber : ASTM C150-94 "Standard Spesifikation for Portland Cement

Tabel 2.4. Spesifikasi Kimia Semen Gresik Tipe I

No	Faktor	Semen Gresik	SII 0013-81	ASTM C 150-81
1	Test Kimia			
	a. SiO ₂ (min)	20.70		
	b. Al ₂ O (mak)	6.20		
	c. Fe ₂ O ₃ (mak)	3.24		
	d. CaO	64.16		
	e. MgO (mak)	1.30	5.0	6.0
	f. SO ₃ (mak)	1.98	3.5	3.5
	g. C ₃ S (mak)	57.70		
	h. C ₂ S (mak)	11.15		
	i. C ₃ A (mak)	10.95		
	j. C ₄ AF + 2C ₃ A (mak)	-		
	k. Hilang pijar	1.13	3	3
2	Test Fisis			
	a. Kehalusan			
	• Sisa diatas ayakan 0.09 mm (% mak)	2.2	10	
	• Blaine, cm ² /gr (min)	3582	2800	2800
	b. Waktu Pengikatan			
	• Dengan alat vicat awal, mnt, min	150	45	45
	akhir, jam, mak	5.40	8	8
	c. Kekekalan			
	• Pemuaian autoclave, % mak	0.039	0.8	0.8
	d. Kuat tekan			
	• 3 hr, Kg/cm ² , min	212	125	124
	• 7 hr, Kg/cm ² , min	298	200	193
	• 28hr, Kg/cm ² , min	407	-	-
	e. Panas Hidrasi			
	• Setelah 7 hr, Cal/g.mak	-	-	-
	• Setelah 28 hr, Cal/g.mak	-	-	-
	f. Pemuaian karena sulfat			
	• Setelah 14 hr, % mak	-	-	-
	g. Pengikatan Semu			
	• Penetrasi akhir (% min)	83.33	50	50

Sumber : Petunjuk Manual Semen Gresik Tipe I

Dalam penelitian ini digunakan semen *portland* tipe I yang berasal dari semen Gresik dengan spesifikasi terlihat pada Tabel 2.4 di atas.

2.2.1.3 Hidrasi Semen Portland

Bila air ditambahkan ke dalam semen *portland*, maka terjadilah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air yang dinamakan “hidrasi”. Reaksi hidrasi ini dipengaruhi oleh kehalusan semen, jumlah air, suhu dan sebagainya. Reaksi hidrasi tersebut menghasilkan senyawa-senyawa hidrat yang berbentuk kristal halus dan dikenal sebagai “*cement gell*”. Sebagian besar senyawa hidrat tersebut adalah :

- Kalsium Silikat Hidrat ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- Kalsium Aluminat Hidrat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Mengetahui zat-zat yang terbentuk dalam reaksi semen dengan air adalah amat penting, karena hal tersebut akan menentukan sifat-sifat mekanis dari semen yang mengeras. Demikian pula halnya, mengetahui panas yang dilepaskan bila semen bereaksi dengan air.

Air dibedakan menjadi dua masa berlainan , yaitu :

1. Masa pengikatan (*Setting time*)

Periode pengikatan adalah periode dimana terjadi peralihan keadaan plastis menjadi keras.

2. Masa Pengerasan (*Hardening*)

Periode pengerasan adalah periode dimana terjadi penambahan kekuatan setelah pengikatan itu selesai.

Pada pencampuran semen dengan air maka, senyawa-senyawa klinker segera terhidrasi. C_3A akan bereaksi paling cepat menghasilkan kalsium aluminat hidrat. Senyawa ini berbentuk gel yang bersifat cepat kaku, sehingga akan mengontrol sifat setting time. Tetapi kalsium aluminat hidrat akan bereaksi dengan gypsum yang segera membentuk *ettringite* yang akan membungkus permukaan kalsium aluminat hidrat dan C_3A sehingga reaksi hidrasi dari C_3A akan dihalangi yang berarti proses setting time akan dicegah. Namun demikian lapisan *ettringite* pembungkus tersebut karena suatu fenomena osmosis, akan pecah dan reaksi hidrasi C_3A akan terjadi lagi, tetapi akan segera pula terbentuk *ettringite* yang baru yang akan membungkus kalsium aluminat hidrat sampai semua gypsum habis terpakai. Proses ini akhirnya menghasilkan perpanjangan *setting*

time. Makin banyak *ettringite* yang terbentuk, maka *setting time* akan makin panjang, oleh karena itulah gypsum dikenal sebagai “*retarder*”. Dengan adanya gypsum, maka proses hidrasi disamping menghasilkan “*cement gell*” juga terbentuk *ettringite*. Proses terbentuknya *coating* pecah, reaksi kembali sampai terjadi initial set disebut “*Dormand Period*”.

Selama periode tersebut pasta masih dalam keadaan plastis (*workable*). Pada terjadinya reaksi hidrasi dari $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ menghasilkan $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ merupakan symbol Kalsium Silikat Hidrat (CSH) dengan volume lebih dari dua kali volume semen. CSH ini akan mengisi rongga dan membentuk titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Pada tahap berikutnya terjadi konsentrasi dari CSH dan konsentrasi dari titik-titik kontak yang akan mengalami mobilitas partikel-partikel semen, yang akhirnya pasta menjadi kaku dan *final setting* dicapai. Kemudian proses pengerasanpun mulai terjadi secara *steady*.

Kecepatan hidrasi semen portland tergantung dari beberapa faktor, antara lain :

1. Umur

Kecepatan hidrasi mencapai keadaan maksimum pada tahap awal. Kecepatan hidrasi menurun terhadap waktu, hal ini disebabkan makin terbentuknya lapisan CSH berupa kristal pada semen. Makin tebal lapisan, makin lambat kecepatan hidrasi.

2. Komposisi semen

Kecepatan hidrasi semen tergantung pada komposisi senyawa yang terkandung pada senyawa tersebut. Hal ini disebabkan karena kecepatan hidrasi setiap senyawa tersebut berbeda. Sebagai contoh, sebagian besar C_3A telah terhidrasi dalam waktu 24 jam. C_2S dengan air akan berjalan sehingga reaksi hidrasinya akan memakan waktu dalam orde mingguan bahkan bulanan. Hasil reaksi hidrasi antara C_3S dan C_2S adalah sama, akan tetapi jumlah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dihasilkan oleh hidrasi C_3S lebih banyak. Kristal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ luas permukaan spesifiknya lebih besar sehingga kecepatan hidrasi C_3S lebih cepat bila dibandingkan dengan hidrasi C_2S .

3. Kehalusan semen

Kecepatan hidrasi semen akan naik sebanding dengan kehalusan semen. Makin halus partikel semen, makin besar luas permukaan, makin besar air yang terserap dan makin cepat reaksi hidrasi berlangsung.

4. Perbandingan jumlah air semen

Apabila perbandingan jumlah air dan semen (FA/C) lebih rendah dari 0,4 maka proses hidrasi tidak akan berjalan secara penuh. Pada hidrasi tahap awal, makin rendah perbandingan jumlah air dan semen, makin turun kecepatan hidrasinya.

5. Temperatur

Pada hidrasi tahap awal, kecepatan hidrasi akan naik sebanding dengan kenaikan temperatur. Hal ini membuktikan bahwa dengan kenaikan temperatur tidak menyebabkan pasta semen kering, sebab apabila pasta kering, maka hidrasi menurun dan akhirnya berhenti.

6. *Admixture*

Seperti kita ketahui bahwa tambahan gypsum dapat memperlambat waktu pengerasan semen. Sedangkan penambahan bahan CaCl_2 dan NaCl dapat mempercepat waktu pengerasan yang biasa disebut "*accelerators*", atau *retarder*. *Retarder* dari bahan dasar gula paling banyak dipakai. Beberapa *admixture* dapat bertindak sebagai *retarder* atau *accelerator*. Penambahan CaCl_2 pada konsentrasi dibawah 1% akan berfungsi sebagai *retarder*, tetapi pada konsentrasi tinggi CaCl_2 akan bertindak sebagai *accelerator*.

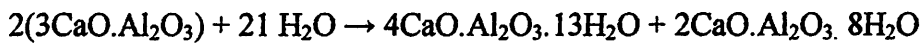
Dalam masa semen yang telah terhidrasi terkandung :

- Gel hasil hidrasi senyawa-senyawa semen dalam bentuk padat.
- Kristal-kristal kalsium hidroksida.
- Bagian semen yang tidak terhidrasi.
- Pori-pori gel yang sangat kecil yang terletak diantara lapisan gel dan selalu terisi air.
- Pori-pori kapiler yang lebih besar dan selalu terisi air.

Selama proses hidrasi pada semen portland, akan terbentuk Ca(OH)_2 . Timbulnya partikel Ca(OH)_2 pada pengerasan semen tidak dikehendaki karena:

1. Ca(OH)_2 tidak menyebabkan kekuatan semen, dan mudah sekali larut dalam asam.
2. Ca(OH)_2 juga menyebabkan bentuk-bentuk yang tidak semestinya pada permukaan beton, karena terjadinya *efflorescence* (pemekaran).

Komposisi semen portland yang ada 4 macam, yaitu C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF , masing-masing mempunyai reaksi kimia pada proses hidrasi yang berbeda-beda. Masing-masing diuraikan dibawah ini :



2.2.2. Agregat

Agregat adalah bahan pengisi atau *inert filter* yang digunakan bersama-sama semen untuk membuat beton atau sejenisnya (SNI 03-6820-2002).

Menurut besar butirnya, agregat dibagi kedalam dua jenis (SII 51-74) yaitu:

- Agregat halus atau biasa disebut pasir, yaitu agregat dalam besar butiran lebih kecil dari 4,75 mm. Agregat halus ini dapat berupa pasir alam ataupun pasir yang dibuat dengan jalan memecah batu (*crushed sand*).
- Agregat kasar yaitu agregat dengan besar butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar ini dapat berupa gravel atau kerikil ataupun dapat berupa batu pecah (*split*).

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik, agregat yang baik harus memenuhi beberapa persyaratan (Mulyono, 2004) yaitu :

- ❖ Agregat harus bersih dan tidak mengandung zat yang berbahaya terhadap beton, yaitu :
 - Partikel yang lebih kecil dari 200 mesh. Partikel ini berbahaya terhadap beton karena dengan adanya partikel tersebut dalam jumlah banyak akan menaikkan kadar air pengaduk untuk beton sehingga akan menurunkan

kekuatan dan adanya partikel yang banyak akan menghalangi ikatan antara pasta semen dengan agregat. Disamping itu adanya partikel tersebut akan menambah penyusutan dan akan menyebabkan beton retak-retak.

➤ **Zat organik**

Zat organik terutama asam-asam organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan akan menghambat pengerasan beton. Dengan tidak mencuci sering terlarutnya bahan organik yang ringan, atau larut dalam air, tetapi tidak menghilangkan bahan-bahan berat seperti partikel batubara, kecuali hal ini terjadi pada butiran halus. Bahan organik lainnya seperti bagian tanaman, humus, berisi asam-asam organik, menghambat hidrasi semen, oleh karena itu memperlambat pengerasan dan mengurangi kekuatan. Oleh karenanya disarankan bahwa pasir yang hendak dipakai diketahui karena dicurigai mengandung bahan organik harus diuji dengan cara perbandingan, dimana secara hati-hati proporsi adukan (1 semen : 3 pasir), yang satu dibuat dengan pasir yang masih menjadi pertanyaan yang lain dengan pasir yang sudah memenuhi persyaratan pada gradasi yang serupa.

➤ **Garam-garam khlorida**

Garam-garam khlorida sangat berbahaya bila terdapat dalam agregat untuk pembuatan beton terutama pada pembuatan beton bertulang atau beton pratekan karena akan menyebabkan korosi terhadap tulangan dan kabel-kabel pratekan.

➤ **Sulfat**

Garam sulfat berbahaya karena dapat bereaksi dengan senyawa trikalsium aluminat (C_3A) yang terdapat dalam semen dan membentuk senyawa yang volulennya lebih besar sehingga dalam jangka waktu yang relatif lama akan menyebabkan beton menjadi pecah.

❖ **Agregat harus keras**

Agregat harus keras yaitu agar dapat mendukung kekuatan adukan sehingga dapat menghasilkan beton yang kuat.

❖ **Agregat harus kekal**

Artinya agregat tidak boleh berubah bentuk, melapuk dan berubah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil atau larut dalam air pengaduk.

- ❖ Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali
Karena jika reaktif terhadap alkali akan bereaksi dengan alkali yang berada dalam semen sehingga beton dapat mengembang dan menjadi retak.

2.2.3. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan berat semen (Sagel, 1997) :

$$Fas = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$

Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit, sehingga jarak antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan lebih berikatan, karenanya kekuatan awal lebih berpengaruh dan akhirnya batuan-semen mencapai kepadatan tinggi.

Semen dapat mengikat air sekitar 40% dari beratnya; dengan kata lain air sebanyak 0,4 kali berat semen telah cukup untuk membentuk seluruh saluran semen berhidrasi. Air yang berlebih tinggal dalam pori-pori. Beton normal selalu bervolume pori-pori halus rata yang saling berhubungan, karena itu disebut pori-pori kapiler. Bila spesi beton ditambah ekstra air, maka sebenarnya hanya pori-porinya yang bertambah banyak. Akibatnya beton lebih berpori-pori dan kekuatan serta masa pakainya berkurang.

Untuk lebih detailnya, nilai faktor air semen maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.5. berikut ini :

Tabel 2.5. Nilai Faktor Air Semen Maksimum

Macam Beton	Nilai FAS Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60

b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

Sumber : Peraturan Beton Indonesia 1971.

2.2.4 Air

Air juga merupakan salah satu bagian yang menentukan dalam campuran atau pengolahan bahan bangunan. Air dapat menyebabkan campuran menjadi plastis yang memudahkan untuk pembuatan bentuk dan memberikan proses hidrasi pada senyawa kapur. Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, maka sangat diperlukan syarat tertentu. Air tawar yang dapat diminum, tanpa diragukan dapat dipakai. Air minum tidak selalu ada dan bila tidak ada disarankan untuk mengamati apakah air tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang merusak beton (Mulyono, 2004).

Hal-hal penting yang perlu diperhatikan tentang air adalah sebagai berikut :

- Air dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi kimia dengan semen (proses hidrasi) untuk menghasilkan daya rekat yang mengikat bahan beton secara komposit.
- Seringkali pori-pori agregat terisi air. Air yang terserap ini dianggap tidak ikut dalam proses hidrasi semen.
- Pergerakan air keluar masuk pori bias menyebabkan perubahan volume beton.
- Kehilangan air seselum settling time baik untuk proses hidrasi maupun karena penguapan akan cenderung menurunkan workabilitas (sifat mudah dikerjakan).

- Kejernihan, apabila ada beberapa kotoran yang terapung maka air tidak boleh dipakai.
- Kandungan bahan-bahan kimia yang dapat merusak, misalnya fosfat, mimyak asam, alkali, bahan-bahan organis atau garam-garam.
- Air untuk perawatan (curing) nilai keasaman tidak boleh pHnya > 6 , juga tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur.

2.3. Curing (Perawatan)

Curing adalah suatu prosedur atau cara perawatan untuk meningkatkan proses pengerasan *paving block* pada suhu atau kelembaban tertentu agar perkembangan peningkatan dari bahan penyusun semen berlangsung sempurna (W.H Taylor, 1997 dalm Widarti, 2004).

Curing adalah cara-cara yang digunakan untuk meningkatkan proses hidrasi semen, dimana di dalamnya termaksud pengaturan, perubahan suhu dan kelembaban (A. M Neville, 1981 dalam Widarti, 2004). *Curing* mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan kualitas *paving block*. Makin sempurna proses *curing* maka semakin bagus pula mutu *paving block* yang diperoleh. Kondisi perawatan yang baik dapat digunakan salah satu metode dibawah ini (Edward G. Nawy, 1990) :

1. *Paving block* dibasahi terus-menerus
2. *Paving block* direndam air
3. *Paving block* dilindungi dengan karung basah, plastik atau kertas perawatan tahan air.
4. Dengan menggunakan perawatan gabungan acuan membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari *paving block* basah.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam proses *curing* adalah kelembaban, temperatur dan waktu. Faktor kelembaban sangat berpengaruh pada proses hidrasi. Proses hidrasi akan berlangsung dengan baik pada keadaan jenuh air (*saturated*). Temperatur dan waktu berpengaruh pada kecepatan reaksi kimia yang terjadi pada *paving block*. Kecepatan peningkatan kekuatan pada *paving block* tidak hanya dipengaruhi oleh periode *curing* tetapi juga dipengaruhi oleh temperatur selama curing (M.L Gambir 1996 dalam Widarti 2004).

Proses *curing* yang baik adalah dengan mencegah terjadinya karbonisasi untuk stabilitas permukaan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mengurangi beberapa resiko karbonisasi adalah :

1. Menjaga kelembaban material dengan *curing* dan mencegah terjadinya siklus kering atau basah.
2. Menjaga dari karbonisasi dengan meminimalisasi masuknya CO₂ dari atmosfer. Contohnya dengan cepat-cepat mengisolasi sehingga karbondioksida tidak sempat masuk.
3. Memperbaiki konstruksi dan kontrol.
4. Memperbaiki prosedur *curing* dan operasinya.

Kekuatan awal dan keawetan dari pabrik semen *portland* tergantung dari proses *curing* yang baik. Phileo dalam Widarti menyatakan bahwa pemberhentian proses hidrasi semen akan berjalan sangat lambat jika kelembaban relatif dari udara lingkungan sekitar berkisar dibawah 90%. Tujuan dari sistem *curing* harus tetap dijaga dengan menjaga kelembabannya sehingga dapat memperoleh produk yang bermutu tinggi.

Kecepatan pembentukan kekuatan bergantung dari kestabilan temperatur dan sistem *curing* harus digunakan untuk menambah kecepatan ini. Hal tersebut pada umumnya tidak banyak memerlukan biaya (Alan A. Lilliey 1991).

2.4. Kulit Kerang

Hewan moluska khususnya dari jenis *gastropoda* yang di Indonesia dikenal sebagai siput, atau juga kerang-kerangan telah lama dikenal oleh masyarakat. Seperti di daerah pantai Kenjeran Surabaya yang mayoritas penduduknya bermata pencaharian sebagai nelayan, tidak sedikit juga nelayan-nelayan tersebut yang memang khusus mencari kerang. Pemanfaatan kerang oleh manusia selama ini hanyalah sebatas memanfaatkan dagingnya untuk diketahui memiliki nilai gizi yang tinggi karena proteinnya yang tinggi. Sementara cangkangnya atau kulitnya masih belum banyak dimanfaatkan sehingga banyak kulit kerang yang menumpuk. Kulit kerang merupakan salah satu limbah yang mengganggu lingkungan, dimana selama ini hanya memanfaatkan sebagai hiasan,

kancing baju dan campuran kosmetik. Sedangkan keberadaan kulit kerang semakin mengganggu lingkungan perkampungan nelayan.

Jenis kerang yang dihasilkan oleh para nelayan didaerah pantai Kenjeran ini diantaranya adalah jenis kerang tothok dan kerang manuk. Kedua jenis kerang tersebut merupakan kerang yang banyak disuplai untuk kebutuhan rumah makan seafood. Jenis kerang tothok atau biasa juga disebut kerang darah ini merupakan jenis kerang yang paling banyak dihasilkan dibanding dengan jenis kerang manuk karena memang agak sulit untuk didapatkan. Secara otomatis juga, kulit kerang yang paling banyak jumlahnya yang menumpuk dan menjadi limbah adalah jenis kulit kerang tothok. Kulit kerang tothok ini berwarna putih bagian dalamnya, akan tetapi bagian luarnya berwarna coklat dan berduri halus.

Tabel 2.6. Uji Komposisi Fisik Kulit Kerang

No	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis, gr/cc	1,38
2.	Berat Volume, gr/cc	1,42
3.	Resapan, %	2,84
4.	Kadar Lumpur, %	0,73

Sumber : Balitbang Industri Departemen Perindustrian (dalam Maulanie & Wibowo, 2004)

Tabel 2.7. Uji Komposisi Kimia Kulit Kerang

No	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Air	9,36%
2.	SiO ₂	8,65%
3.	Al ₂ O ₃	6,80 %
4.	MgO	4,10 %
5.	CaO	40,50 %
6.	Fe ₂ O ₃	3,15 %
7.	CO ₂	22,26 %
8.	SO ₃	4,10 %
9.	K ₂ O-Na ₂ O	1,08 %

Sumber : Balitbang Industri Departemen Perindustrian (dalam Maulanie & Wibowo, 2004)

2.5. Logam Berat

Kandungan logam berat yang ada dalam limbah kulit kerang yang terdapat di Pantai Kenjeran Surabaya menjadi perhatian khusus karena toksisitasnya terhadap lingkungan dan organisme hidup. Mercury (Hg), Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) yang ada dalam limbah kulit kerang yang terdapat di Pantai Kenjeran Surabaya merupakan kelompok logam berat yang berbahaya bila melampaui batas maksimum yang diperbolehkan. Bila melihat data dari jurnal penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa kandungan logam berat yang ada dalam tubuh penduduk yang tinggal disekitar pantai Kenjeran telah melebihi ambang batas. (Setyorini Daru, "Mewaspadaai Bahaya Merkuri di Sumber Air Kita", Konservasi Lahan Basah dan Lembaga Kajian Ekologi 2003). Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan logam berat dalam kulit kerang.

Pengelolaan limbah yang mengandung logam berat perlu dilakukan agar tidak mencemari lingkungan. Hal itu dimaksudkan untuk menekan dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh logam berat tersebut. Penelitian ini merupakan salah satu langkah untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat, yaitu solidifikasi dan stabilisasi. Solidifikasi dan stabilisasi adalah teknologi dimana limbah dicampur dan diikat dengan bahan-bahan lain yang dapat memadat. Tujuan proses ini adalah untuk mengkonversi limbah-limbah beracun menjadi massa yang secara fisik stabil, inert, memiliki kemampuan melindungi logam berat rendah, serta kekuatan fisik yang cukup untuk digunakan sebagai bahan reklamasi lahan atau untuk diletakkan di *secure landfill*.

Menurut US-EPA, 1986 dalam Susanti, 1993, solidifikasi merupakan modifikasi secara fisik, yaitu suatu teknik pengkapsulan limbah B3 dengan ciri mempunyai kekompakan struktur yang tinggi dalam bentuk padatan. Sedangkan stabilisasi merupakan proses kimia, yang membuat limbah menjadi immobil dan mereaksikannya secara kimia menjadi bentuk yang tidak terlarut (*insoluble compound*). Jadi dengan proses stabilisasi ini diharapkan kemampuan pelindian limbah B3 dapat diperkecil, sehingga akan mengurangi potensi bahaya dari limbah B3 tersebut. Pada proses solidifikasi limbah B3 dipadatkan dengan sejumlah bahan pengeras guna meningkatkan kekuatan fisik limbah serta mengurangi sifat kompresibilitas dan permeabilitasnya. Cara yang paling umum

adalah dengan menambahkan semen, yang terdiri dari beberapa komponen utama seperti kalsium, silikat dan aluminat. Karena pH larutan yang tinggi, logam berat akan terikat dalam bentuk garam-garam hidroksida dan karbonat yang tidak larut. Endapan tersebut akan terperangkap dalam struktur kristal semen yang kaku dan keras (LaGrega et al., 1994).

Menurut *US-EPA*, 1986 dalam Susanti, 1993, proses solidifikasi-stabilisasi saling berkaitan dan harus dilakukan secara bersama-sama, karena material yang dihasilkan dari proses tersebut harus stabil dan padat (solid). Pada penelitian ini logam berat yang akan diteliti adalah Hg, Cd dan Pb dengan pertimbangan kandungan logam berat tersebut paling besar kuantitasnya dalam tubuh penduduk yang tinggal disekitar pantai Kenjeran telah melebihi ambang batas.

2.5.1 Merkuri (Hg)

2.5.1.1.Umum

Logam Merkuri (Hg) dalam tabel periodik termaksud golongan II B, dengan nomor atom 80, nomor massa 200,59. Merkuri berwujud cair pada suhu kamar 25°C dengan titik beku paling rendah -39°C, masih berwujud cair pada suhu 396°C, merupakan logam yang paling mudah menguap.

2.5.1.2.Bahaya dari Merkuri

Merkuri (Hg) bersifat toksik pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Merkuri (Hg) termasuk salah satu pencemar yang sangat berbahaya, yang dapat menimbulkan efek kesehatan baik akut maupun kronik.

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan merkuri (Hg) dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya merkuri (Hg) ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur yaitu makanan, minuman, dan pernafasan. Pembuangan senyawa merkuri (Hg) organik dari dalam tubuh berkaitan erat dengan sistem urinaria.

Pengaruh utama yang ditimbulkan oleh merkuri (Hg) di dalam tubuh adalah menghalangi kerja enzim dan merusak selaput dinding (membran) sel. Metil Merkuri pada umumnya terakumulasi pada sistem syaraf pusat. Akumulasi paling tinggi ditemukan pada bagian *cortex* dan *cerebellum*, yaitu merupakan

bagian-bagian dari organ otak. Senyawa merkuri an-organik yang berasal dari senyawa alkil merkuri akan terakumulasi pada organ hati dan ginjal. Pada wanita hamil, yang terpapar oleh senyawa alkil merkuri dapat menyalurkan senyawa tersebut pada janin yang dikandungnya. Kontaminasi yang disebabkan oleh alkil merkuri ini dapat merusak otak janin, sehingga pada saat lahir bayi menjadi cacat dan wanita menyusui yang terpapar oleh senyawa metil merkuri dapat mengakibatkan air susu terkontaminasi oleh metil merkuri.

Keracunan akut yang disebabkan oleh keberadaan logam merkuri (Hg) dapat diketahui dengan mengamati gejala-gejala berupa : peradangan pada tekak (pharyngitis), rasa sakit pada bagian perut, mual-mual dan muntah, pembengkakan pada kelenjar ludah, radang pada ginjal dan hati.

Keracunan kronis oleh logam Hg, ada dua organ tubuh yang paling sering mengalami gangguan yaitu gangguan pada sistem pencernaan (radang gusi) dan sistem syaraf dapat terjadi dengan atau tanpa diikuti oleh gangguan pada lambung dan usus.

2.5.1.3.Tingkat Racun Yang dapat Ditimbulkan Hg dalam Tubuh

Untuk senyawa merkuri (II) khlorida (HgCl_2), bila toksikan kemasukkan sebesar 29 mg/kg dapat menyebabkan kematian. Senyawa merkuri (II) iodida (HgI_2) kematian baru terjadi bila konsentrasi senyawa yang masuk sebesar 357 mg/kg. Akan tetapi untuk senyawa merkuri organik, seperti $\text{Hg}(\text{CN})_2$ {merkuri (II) sianida} kematian dapat terjadi hanya dengan konsentrasi senyawa yang masuk sebesar 10 mg/kg. (Palar.Drs Heryando, "Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat", Rineka Cipta 1994).

2.5.2 Cadmium (Cd)

2.5.2.1.Umum

Cadmium (Cd) termasuk unsur dalam golongan IIB tabel periodik, dengan nomor atom 48, nomor massa 112,41. Cadmium (Cd) merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Logam Cadmium (Cd) mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Berdasarkan pada sifat fisiknya, Cadmium (Cd) merupakan logam yang lunak dan berwarna putih seperti putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta akan

cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap ammonia (NH_3) dan sulfur hidroksida (SO_2). Sedangkan berdasar pada sifat kimianya, logam Cadmium (Cd) didalam persenyawaan yang ditentukannya pada umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+.. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion OH^- , ion-ion Cd^{2+} akan mengalami proses pengendapan.

2.5.2.2. Bahaya dari Cadmium

Cadmium (Cd) bersifat toksik pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Cadmium (Cd) termasuk salah satu pencemar yang sangat berbahaya, yang dapat menimbulkan efek kesehatan baik akut maupun kronik.

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan Cadmium (Cd) dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Cd ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur yaitu makanan, minuman, dan pernafasan.

Akibat dari keracunan logam Cadmium (Cd), dapat menimbulkan penyakit paru-paru yang akut. Keracunan kronis pada sistem tubuh terjadi pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernapasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung. Keracunan kronis juga merusak kelenjar reproduksi, sistem pencernaan dan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang.

2.5.2.3. Tingkat Racun Yang dapat Ditimbulkan Cd dalam Tubuh

Keracunan akut yang disebabkan oleh uap Cadmium (Cd) dapat menimbulkan kematian bila konsentrasi yang mengakibatkan keracunan tersebut berkisar dari 2500 sampai 2900 mg/m^3 . (Palar.Drs Heryando, "Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat", Rineka Cipta 1994).

2.5.3. Timbal (Pb)

2.5.3.1. Umum

Logam Timbal (Pb) dalam tabel periodik termaksud golongan IVA, dengan nomor atom 82, nomor massa 207,19. Logam ini memiliki karakteristik lunak, mempunyai titik lebur rendah $327,5^\circ\text{C}$.

2.5.3.2. Bahaya dari Pb

Timbal (Pb) bersifat toksik pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Logam berat timbal (Pb) termasuk salah satu pencemar yang sangat berbahaya, yang dapat menimbulkan efek kesehatan baik akut maupun kronik.

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam timbal (Pb) dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya timbal (Pb) ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu makanan, minuman, dan udara yang terhirup. Namun jumlah timbal (Pb) yang masuk bersama makanan atau minuman masih mungkin ditolerir oleh lambung disebabkan asam lambung (HCl) mempunyai kemampuan untuk menyerap keberadaan logam Pb ini, pada kenyataannya timbal (Pb) lebih banyak dikeluarkan oleh tinja.

Pada jaringan atau organ tubuh, logam timbal (Pb) akan terakumulasi pada tulang, karena logam ini dalam bentuk ion (Pb^{2+}) mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} (kalsium) yang terdapat dalam jaringan tulang. Disamping itu pada wanita hamil logam timbal (Pb) dapat melewati plasenta dan kemudian akan ikut masuk dalam sistem peredaran darah janin dan selanjutnya bayi lahir, Pb akan dikeluarkan bersama air susu.

Senyawa timbal (Pb) organik umumnya masuk ke dalam tubuh melalui jalur pernafasan atau penetrasi melalui kulit. Penyerapan lewat kulit ini dapat terjadi disebabkan karena senyawa ini dapat larut dalam minyak dan lemak.

Organ-organ tubuh yang banyak menjadi sasaran dari peristiwa keracunan logam Pb adalah sistem syaraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung. Penyakit yang disebabkan oleh keberadaan logam timbal (Pb) dalam otak, antara lain : epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar, *delirium* (sejenis penyakit gula).

2.5.3.3. Tingkat Pb Normal Dalam Tubuh

Untuk dapat melakukan evaluasi terhadap keterpaparan oleh logam timbal (Pb), perlu diketahui batas normal dari konsentrasi kandungan timbal (Pb) dalam jaringan-jaringan dan cairan tubuh.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di Amerika Serikat, disimpulkan bahwa pemasukan timbal (Pb) sehari-hari ke dalam tubuh dan

digolongkan pada tingkat keterpaparan normal adalah dalam kisaran 330 µg per hari, dengan tingkat variasi antara 100 µg sampai dengan 2000 µg.

2.6. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (*Sumber: Achmad Z. S, 2005*).

2.6.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan–dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi. Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif.

a. Mean / Rataan Sampel ($\bar{x}$)

Nilai-nilai data kuantitatif akan dinyatakan dengan $X_1, X_2, \dots, X_n$, apabila dalam kumpulan data itu terdapat n buah nilai. Simbul n juga akan dipakai untuk menyatakan ukuran sampel, yakni banyak data atau obyek yang diteliti dalam sampel. Sedangkan fungsi dari rata-rata sampel untuk menghitung rata-rata dari sebuah sampel yang diteliti. Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

dimana:

$\bar{x}$ = rata – rata hitung dari sampel

$\sum x$ = total jumlah sampel

n = banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (s)

Untuk mengukur data kuantitatif yang berpencair bisa menggunakan ukuran simpangan/ukuran dispersi. Ukuran ini kadang-kadang dinamakan pula ukuran variasi. Untuk menggambarkan bagaimana berpencairnya data kuantitatif. Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

dimana:

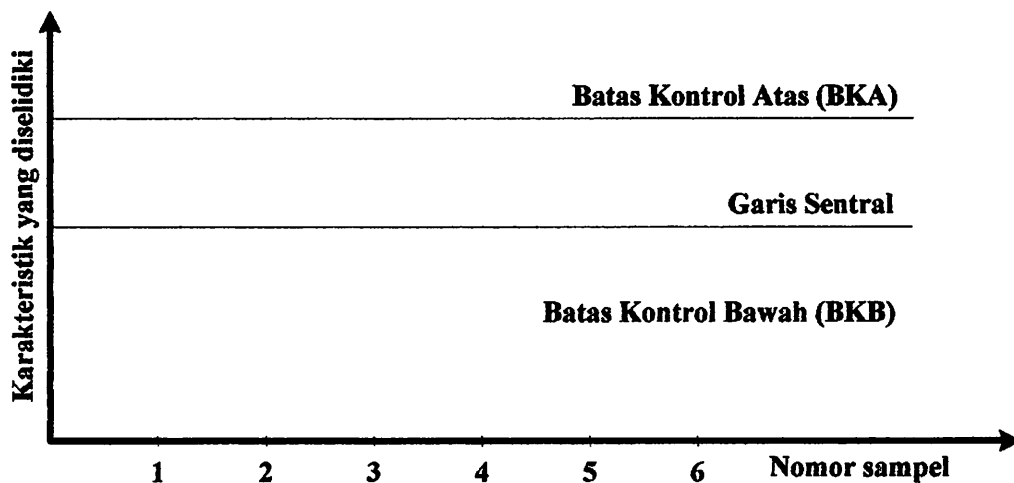
s = standart deviasi yang dicari

$\sum x$ = jumlah semua harga sampel

n = banyaknya sampel

c. Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata – ratanya. Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil – hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

dimana:

$\bar{x}$ = rata – rata harga sampel

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai $K = 2$

$\bar{s}$ = standart deviasi rata – rata

(Sumber : Sudjana, 2002)

2.6.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

a. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan terutama untuk data kuantitatif, dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi

kekuatan hubungan dan bentuk/arrah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup $(-1, 1)$. Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni:

- Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar, dan sebaliknya.
- Lihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini:

Tabel 2.8 Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat dan positif

(Sumber: Soleh, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan “1” memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat

dengan tepat/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Soleh, 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus:

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

dimana:

r = koefisien korelasi

x_i = variabel bebas

y_i = variabel terikat

n = jumlah data

(Sudjana, 2002)

b. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti didalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksikan kondisi masa yang akan datang. Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing-masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_z$$

dimana:

Y = variabel terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

X_1 = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu:

- a. Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.
- b. Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

c. Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata – rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata – rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

dimana:

S_B^2 = varians antar kelompok

S_W^2 = varians dalam kelompok

2.6.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan. Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat.

(Sumber: Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005),

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai bahan baku pembuatan *paving block* terbagi menjadi dua kegiatan utama, yaitu pembuatan *paving block* dan pengujian *paving block*.

Paving block dibuat di UD. Barokah di Jl. Bauksit 56 Malang. Sedangkan pengujian secara fisik dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil ITN dan pengujian secara kimia dilakukan di Laboratorium Perum Jasa Tirta I dan Laboratorium FMIPA Jurusan Kimia Brawijaya. Kegiatan tersebut meliputi pembuatan *paving block* dan pengujian *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung pada bulan April 2006 sampai dengan Juni 2006. Meliputi kegiatan pembuatan *paving block* dan uji kelayakan *paving block* sesuai dengan Standart Nasional Indonesia 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini mula-mula dibuat *paving block* dengan variasi 1 bagian semen, 3 bagian pasir, 0 bagian kulit kerang dan 0,4 FAS. Campuran ini dinamakan *paving block* dengan penambahan kulit kerang sebesar 0%. Kemudian dibuat *paving block* dengan variasi penambahan kulit kerang untuk menggantikan pasir di dalam campuran sebesar 20%, 40%, 60%, dan 100% dari bagian pasir yang digunakan.

Tabel 3.1. Variasi komposisi bahan pembuat *paving block*

No	Kode campuran	Perbandingan bahan yang digunakan			
		Semen	Pasir	Kulit Kerang	FAS
1	A (untuk variasi kulit kerang 0%)	1	3	0	0,4
2	B (untuk variasi kulit kerang 20%)	1	2,4	0,6	0,4
3	C (untuk variasi kulit kerang 40%)	1	1,8	1,2	0,4
4	D (untuk variasi kulit kerang 60%)	1	1,2	1,8	0,4
5	E (untuk variasi kulit kerang 100%)	1	0	3	0,4

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Dalam prosedur pelaksanaan penelitian terdiri dari perlakuan pendahuluan, analisa pendahuluan terhadap kandungan logam berat (Hg, Cd dan Pb) dalam kulit kerang, persiapan penelitian, pembuatan *paving block* dan pengujian *paving block*.

3.4.1. Perlakuan Pendahuluan

Kulit kerang yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit kerang jenis tothok yang diambil dari daerah pantai Kenjeran Surabaya. Sebelum sampel limbah kulit kerang digunakan sebagai bahan baku *paving block* diperlukan perlakuan pendahuluan untuk mempermudah pembuatan *paving block*. Adapun perlakuan pendahuluan terhadap sampel limbah kulit kerang adalah sebagai berikut :

- Kulit kerang sebelum digunakan dicuci terlebih dahulu untuk menghindari kemungkinan adanya kotoran dan partikel yang tidak homogen yang tercampur dalam tumpukan kulit kerang.
- Kulit kerang dikeringkan dengan bantuan cahaya matahari. Penjemuran dilakukan sampai kulit kerang benar-benar kering dengan indikasi kulit kerang sudah dapat dihancurkan dan dapat menjadi serbuk. Pada penelitian ini proses penjemuran memerlukan waktu 3 hari. Selain itu, pengeringan kulit kerang dilakukan agar mudah dalam proses penghalusan dan mudah menyatu dengan semen sehingga membuat homogenitas adonan mudah dilakukan.

- Kulit kerang dihancurkan terlebih dahulu kemudian diayak dengan saringan No. 4 hingga berukuran sama dengan pasir (4,75 mm).

3.4.2. Analisa Pendahuluan

Pada penelitian *paving block* dari kulit kerang ini, perlu dilakukan analisa pendahuluan untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam berat (Hg, Cd dan Pb) dalam kulit kerang yang akan digunakan sebagai agregrat halus. Adapun analisa yang dilakukan adalah : Untuk mengetahui kandungan logam Merkuri (Hg), Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dalam kulit kerang dilakukan analisa dengan menggunakan pereaksi HNO_3 pekat dan diukur konsentrasi logam berat tersebut dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spektrophotometri*).

Berdasarkan hasil analisis awal kandungan logam Hg, Cd dan Pb yang terdapat dalam kulit kerang diketahui logam Cadmium (Cd) telah melebihi baku mutu uji TLCP (*Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi*) yang berlaku di Indonesia sedangkan untuk logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) masih berada dibawah baku mutu uji TLCP (*Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi*) yang berlaku di Indonesia.

3.4.3. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang dilakukan meliputi persiapan alat dan bahan serta perlakuan pendahuluan terhadap sampel tersebut.

➤ Persiapan alat:

Alat untuk pembuatan *paving block* yang dibutuhkan adalah : Ayakan (No. 4) ukuran 4,75 mm, alat ukur (kaleng), cetok, mesin pencetak *paving block*.

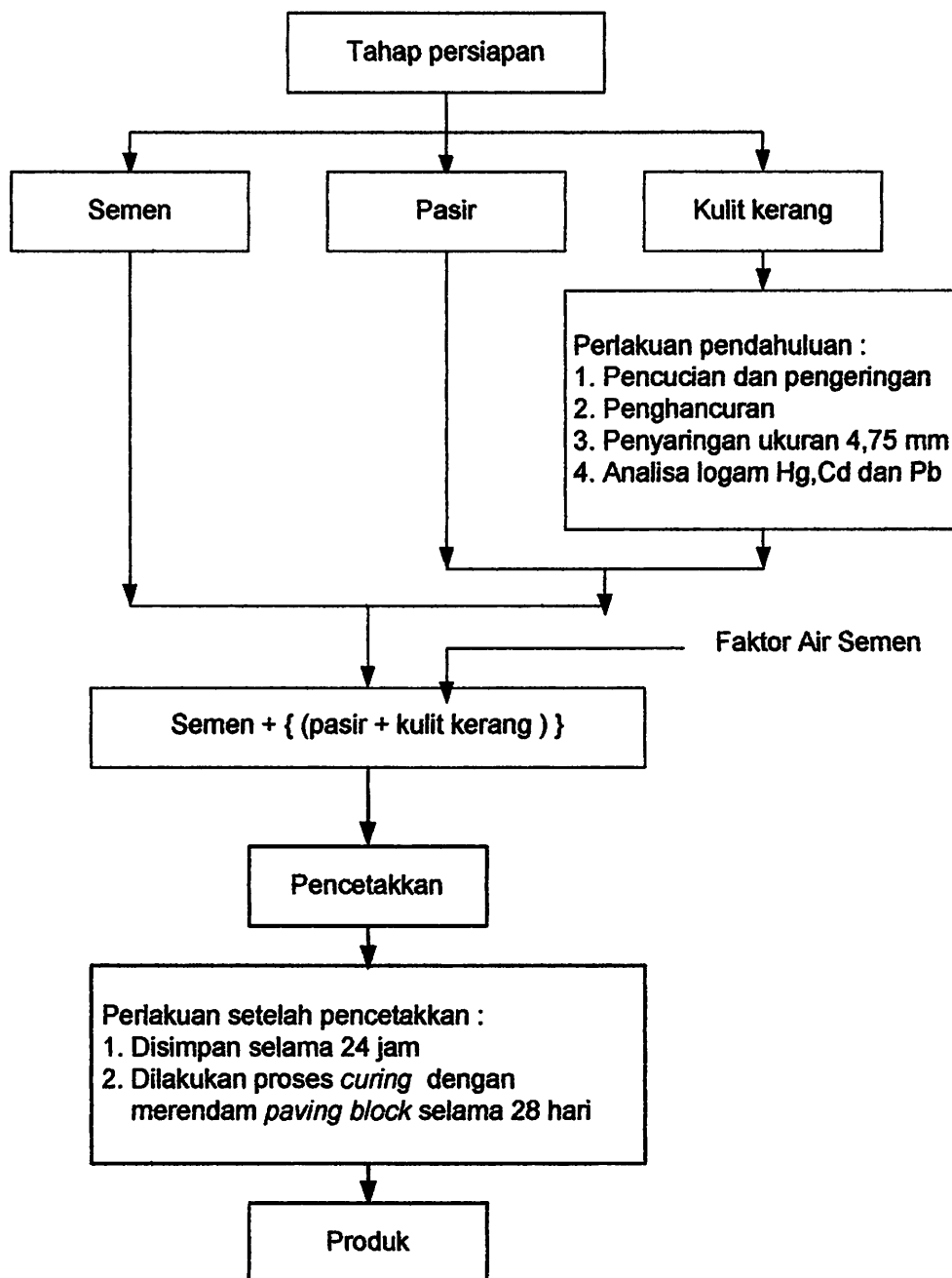
Peralatan yang digunakan untuk melakukan uji kelayakan diantaranya adalah alat uji kuat tekan, bak perendaman, oven, alat uji ketahanan aus dan timbangan.

➤ Persiapan bahan :

Bahan yang dibutuhkan meliputi : pasir, semen type I, kulit kerang dan air dari PDAM.

3.4.4. Proses Pembuatan *Paving Block*

Langkah kerja pembuatan *paving block*



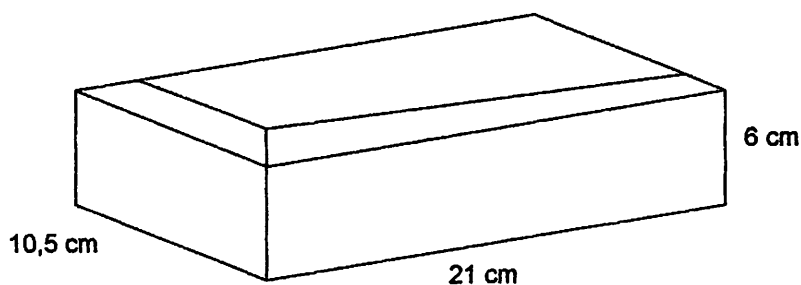
Gambar 3.1. Langkah kerja pembuatan *paving block*

Cara pembuatan *paving block* :

- Membuat adonan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan yaitu dengan perbandingan 1 semen : 3 agregat. Pembuatan adonan dilakukan dengan mencampurkan pasir dengan kulit kerang sebagai substitusi agregat terlebih dahulu, setelah tercampur dengan sempurna kemudian dicampur lagi dengan

semen dan diaduk lagi hingga tercampur secara merata kemudian baru ditambahkan fas yang telah ditentukan.

- Melakukan pencetakan dan pengepresan.
- Setelah *paving block* dicetak kemudian disimpan selama 24 jam didalam ruangan. Kemudian dilakukan proses *curing* (perawatan) selama 28 hari. Proses *curing* (perawatan) dilakukan dengan cara merendam *paving block* dalam air selama 28 hari, hal ini dilakukan karena *paving block* akan mencapai kekuatan maksimal pada 28 hari dan setelah masa tersebut kekuatannya akan bertambah tetapi tidak signifikan. Untuk setiap uji kelayakan masing-masing digunakan 3 benda uji dan kemudian diambil rata-ratanya. Dalam proses pembuatan *paving block* tersebut, pada saat *paving block* telah tercetak dan disimpan selama 24 jam masing-masing diberi kode tertentu sesuai dengan variasi komposisi bahan dalam *paving block*. Hal ini dilakukan agar dalam perlakuan uji kelayakan tidak tertukar antara komposisi yang satu dengan yang lainnya.
- Proses pengeringan *paving block* yang dilakukan akan mencapai kekuatan maksimal setelah 28 hari. Hal ini disebabkan karena kecepatan hidrasi semen mencapai maksimal pada waktu *paving block* berumur 28 hari. Pengeringan dilakukan tidak dibawah sinar matahari secara langsung, dalam hal ini dilakukan di dalam ruangan terbuka hanya terdiri dari atap dan tidak mempunyai dinding. Adapun untuk lebih jelasnya *paving block* yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. *Paving block* yang dihasilkan

3.4.5. Uji Syarat Mutu *Paving Block*

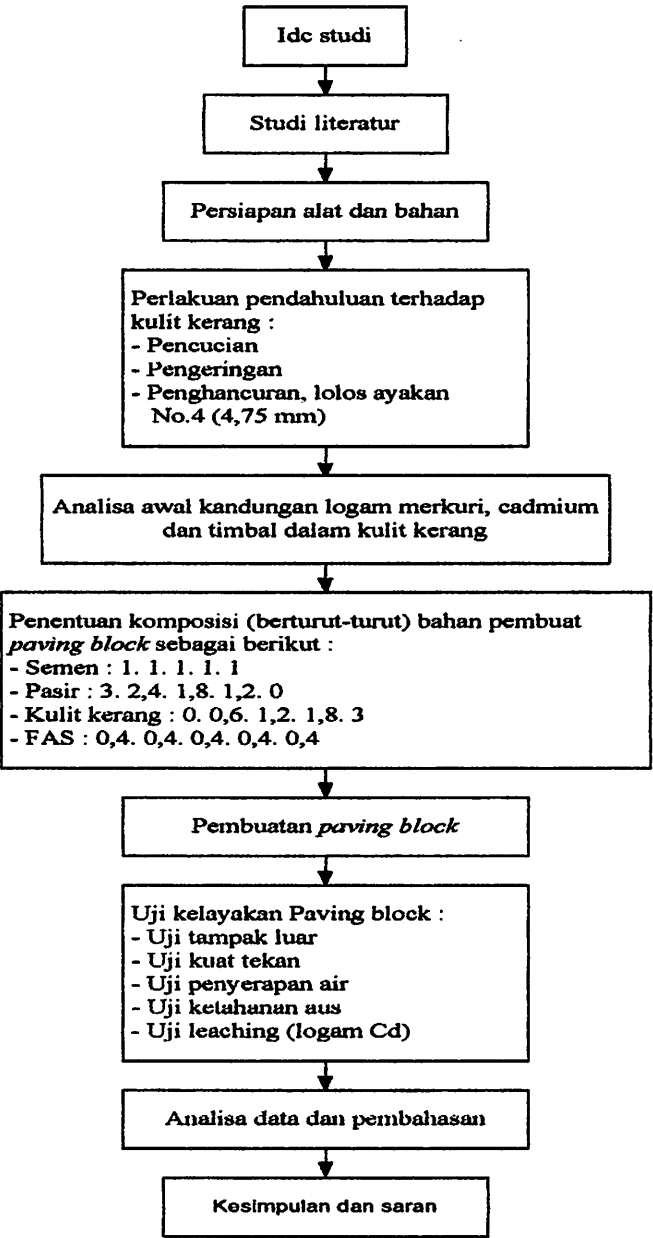
Uji syarat mutu *paving block* yang dilakukan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- Uji sifat tampak luar
Kualitas sifat tampak luar yang dilakukan meliputi : sifat permukaan (kerataan), retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya (mudah direpihkan dengan tangan atau tidak).
- Uji kuat tekan
Uji kuat tekan *paving block* dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dari tiap-tiap variasi yang digunakan. Pada penelitian ini uji kuat tekan dilakukan pada saat *paving block* berumur 28 hari. *Paving block* yang dibuat diharapkan dapat memenuhi kelas mutu A (digunakan untuk jalan raya). Prosedur kuat tekan dapat dilihat pada lampiran A. Uji kuat tekan ini dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine*.
- Uji penyerapan air
Uji penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menyerap air. *Paving block* bermutu bila kemampuan penyerapan airnya kecil. Uji ini dilakukan dengan cara merendam *paving block* di dalam air selama 24 jam, sehingga diketahui selisih berat sebelum dan sesudah direndam. Untuk lebih jelasnya prosedur uji penyerapan air dapat dilihat pada lampiran B.
- Uji ketahanan aus
Uji ketahanan aus ini bertujuan untuk menentukan *paving block* yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga berbentuk serpihan *paving block* yang berukuran lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½”) terhadap keausan menggunakan alat *Los Angelas*. Keausan dinyatakan dalam persen dan merupakan perbandingan dari berat selisih benda uji sebelum dan sesudah diberi perlakuan abrasi dengan berat benda uji semula. Prosedur uji ketahanan aus dapat dilihat pada lampiran C.
- Uji leaching
Uji pelindian terhadap asam dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan asam untuk melepaskan logam berat ke lingkungan dan mengetahui

kemampuan semen untuk mengikat logam berat. Logam berat yang diuji adalah logam berat Cadmium (Cd) karena kadar awal kandungan logam Cadmium (Cd) dalam kulit kerang telah melebihi baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia. Untuk penelitian ini digunakan metode ekstraksi leachate dari limbah padat, yang kemudian dilakukan analisa *Atomic Absorption Spectrofotometri (AAS)*.

3.5. Kerangka Penelitian

Untuk mengetahui tahapan penelitian, dibuat kerangka penelitian seperti berikut :



Gambar 3.3. Kerangka Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil analisis kimia kulit kerang menunjukkan bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam kulit kerang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *paving block*, diantaranya adalah SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO dan SO_3 karena memiliki komposisi kimia yang sama dengan semen.

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kandungan awal logam berat dalam kulit kerang. Kandungan logam berat yang akan dianalisis adalah Merkuri (Hg), Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Hasil analisis pendahuluan kandungan logam berat dalam kulit kerang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Kandungan Awal Logam Dalam Kulit Kerang

Parameter	Kadar	Baku Mutu Uji TLCP
Merkuri (Hg)	0,11 ppm	0,2 ppm
Cadmium (Cd)	1,15 ppm	1,0 ppm
Timbal (Pb)	1,86 ppm	5,0 ppm

Sumber: Hasil Penelitian

4.2. Data Hasil Penelitian Pembuatan *Paving Block*

4.2.1. Sifat Tampak Luar *Paving Block*

Sifat tampak luar *paving block* merupakan salah satu syarat mutu dari *paving block* sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pengamatan sifat tampak yang dilakukan meliputi :

- Sifat permukaan (kerataan)
- Retak-retak dan cacat
- Bagian sudut dan rusuknya (mudah direpihkan dengan tangan atau tidak)

Hasil pengamatan sifat tampak untuk *paving block*, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tampak Luar *Paving Block*

Komposisi <i>paving block</i>	Kerataan permukaan	Retak- retak/cacat	Mudah direpihkan
Semen (1) : Pasir (3) : Kulit kerang (0) : FAS (0,4)	√	-	-
Semen (1) : Pasir (2,4) : Kulit kerang (0,6) : FAS (0,4)	√	-	-
Semen (1) : Pasir (1,8) : Kulit kerang (1,2) : FAS (0,4)	√	-	-
Semen (1) : Pasir (1,2) : Kulit kerang (1,8) : FAS (0,4)	√	-	-
Semen (1) : Pasir (0) : Kulit kerang (3) : FAS (0,4)	√	-	-

Sumber: Hasil Penelitian

Keterangan : √ = memenuhi kerataan permukaan

- = tidak retak-retak/cacat dan tidak mudah direpihkan

Dari tabel 4.2. dapat dilihat bahwa semua *paving block* uji memenuhi syarat tampak luar. Syarat diatas terpenuhi dimungkinkan karena perbandingan antara semen dan agregat masih cukup baik sehingga semen masih dapat mengikat seluruh agregat, termaksud kulit kerang dimana penggunaan kulit kerang sebagai campuran agregat tidak membuat tampak luar *paving block* menjadi tidak rata karena kulit kerang yang disubstitusikan telah dihaluskan terlebih dahulu sehingga mempunyai ukuran yang sama dengan pasir lolos saringan No.4 dan menghasilkan penampakan *paving block* yang baik.

4.2.2. Uji Kuat Tekan *Paving Block*

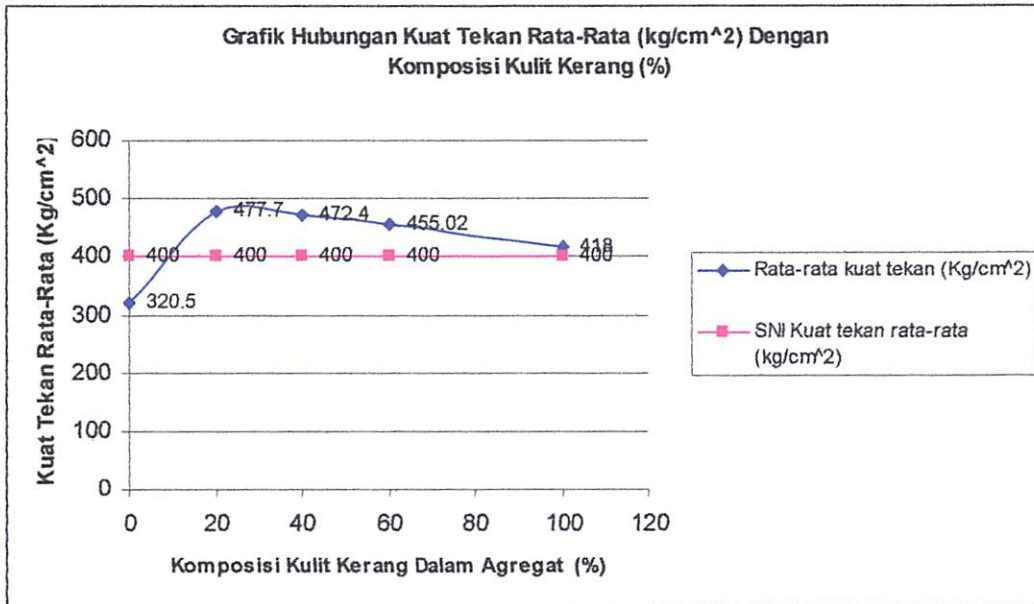
Uji kuat tekan *paving block* dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan *paving block* sebelum digunakan. Dilakukan pada saat *paving block* berumur 28 hari. Pada penelitian ini *paving block* dibuat dengan menambahkan kulit kerang untuk mengurangi jumlah agregat (pasir). Hal ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah kulit kerang. Prosentase kulit kerang yang digunakan dalam campuran adalah 0%, 20%, 40%, 60% dan 100% dari berat agregat. *Paving block* yang dibuat diharapkan dapat memenuhi kelas mutu A (dengan kuat tekan minimum 350 Kg/cm² dan rata-rata 400 Kg/cm² yang dapat digunakan untuk jalan raya), mutu B (dengan kuat tekan minimum 170 Kg/cm² dan rata-rata 200 Kg/cm² yang

dapat digunakan untuk pelataran parkir), mutu C (dengan kuat tekan minimum 125 Kg/cm² dan rata-rata 150 Kg/cm² yang dapat digunakan untuk pejalan kaki), dan mutu D (dengan kuat tekan minimum 85 Kg/cm² dan rata-rata 100 Kg/cm² yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lain).

Tabel 4.3. Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block*

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	340.130	320,5
2	A ₂	1	3	0	0,4	317.460	
3	A ₃	1	3	0	0,4	303.850	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	480.720	477,7
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	494.330	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	458.040	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	453.510	472,4
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	476.190	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	487.520	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	453.514	455,02
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	448.970	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	462.580	
13	E ₁	1	0	3	0,4	401.360	418,0
14	E ₂	1	0	3	0,4	412.690	
15	E ₃	1	0	3	0,4	439.900	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.1. Grafik hubungan komposisi kulit kerang dalam agregat dengan rata-rata kuat tekan

Berdasarkan tabel 4.3. dan gambar 4.1. menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 418 Kg/cm² terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%). Sedangkan nilai kuat tekan yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 477,7 Kg/cm² terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%).

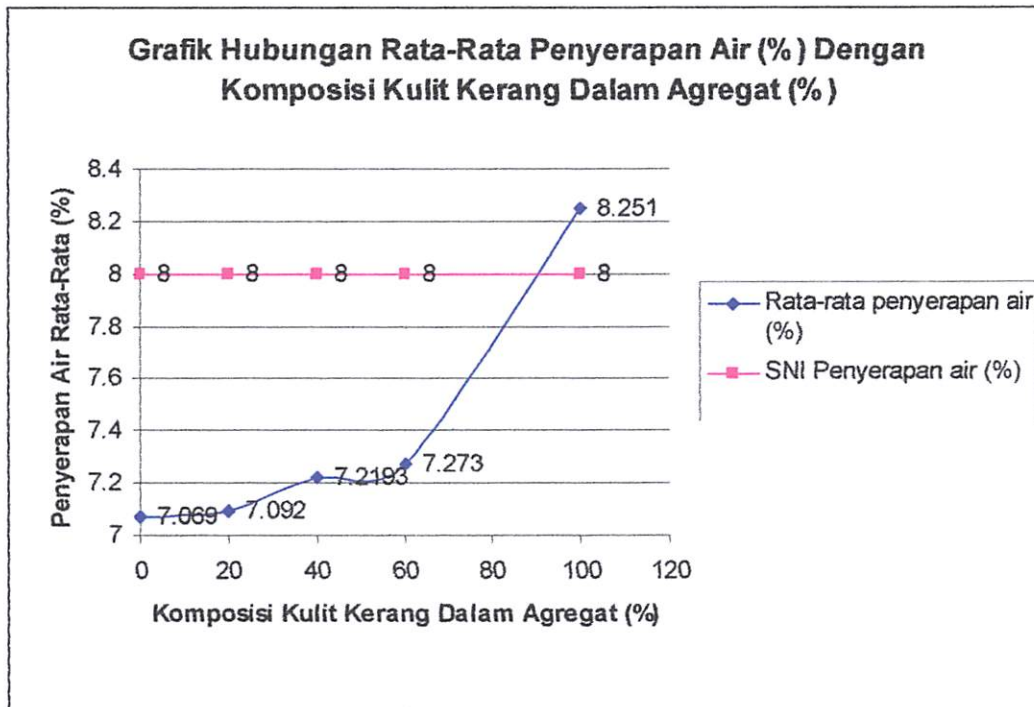
4.2.3. Uji Penyerapan Air *Paving Block*

Uji penyerapan air dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya serap *paving block* terhadap air. Semakin kecil daya serap *paving block* terhadap air, maka kualitas *paving block* tersebut semakin baik. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) daya serap air hanya memiliki toleransi 3% untuk kelas A, 6% untuk kelas B, 8% untuk kelas C dan 10% untuk kelas D. Uji penyerapan air *paving block* ini dilakukan dengan cara merendam *paving block* di dalam air selama 24 jam, sehingga diketahui selisih berat sebelum dan sesudah direndam.

Tabel 4.4. Hasil Uji Penyerapan Air *Paving Block*

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	7.057	7,069
2	A ₂	1	3	0	0,4	7.156	
3	A ₃	1	3	0	0,4	6.994	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	7.303	7,092
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	6.851	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	7.122	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	7.167	7,2193
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	7.253	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	7.238	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	7.514	7,273
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	7.062	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	7.243	
13	E ₁	1	0	3	0,4	9.093	8,251
14	E ₂	1	0	3	0,4	7.657	
15	E ₃	1	0	3	0,4	8.004	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.2. Grafik hubungan komposisi kulit kerang dalam agregat dengan rata-rata penyerapan air

Berdasarkan tabel 4.4. dan gambar 4.2. menunjukkan bahwa nilai rata-rata penyerapan air yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 7,092 % terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Sedangkan nilai penyerapan air yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 8,251 % terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%).

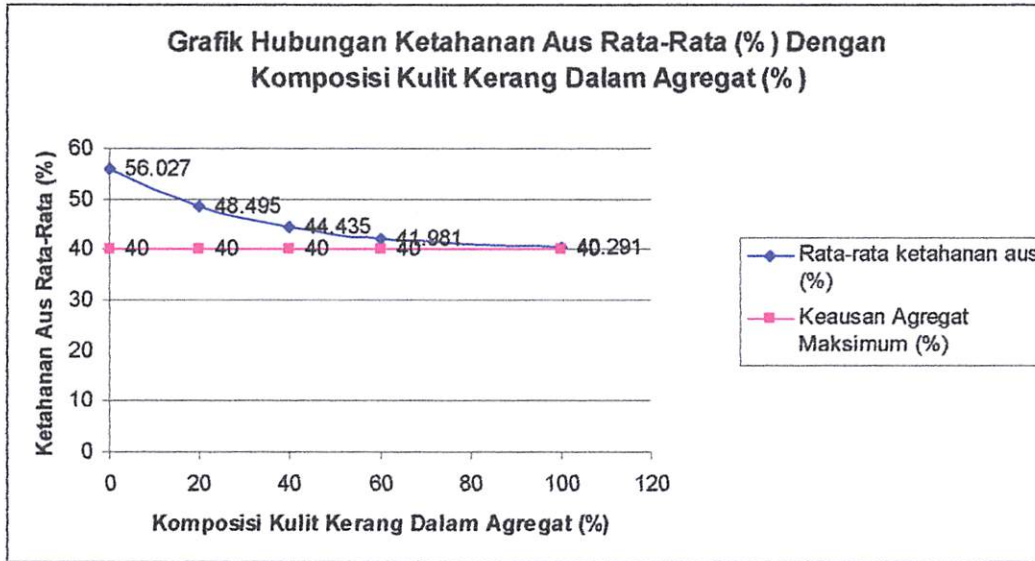
4.2.4.Uji Ketahanan Aus *Paving Block*

Uji ketahanan aus dilakukan untuk mengetahui selisih berat sebelum dan sesudah dilakukan percobaan keausan pada suatu benda uji dibandingkan dengan berat awal benda uji. Semakin kecil nilai keausan yang dimiliki oleh suatu benda uji, maka benda uji tersebut dikatakan tahan terhadap sifat aus. Menurut buku petunjuk praktikum bahan dari Laboratorium bahan konstruksi ITN Malang syarat keausan untuk agregat maksimum 40%.

Tabel 4.5. Hasil Uji Ketahanan Aus *Paving Block*

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Ketahanan Aus (%)	Ketahanan Aus Rata-rata (%)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	56.042	56,027
2	A ₂	1	3	0	0,4	56.248	
3	A ₃	1	3	0	0,4	55.792	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	49.842	48,495
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	46.834	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	48.810	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	44.878	44,435
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	45.352	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	43.076	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	42.248	41,981
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	40.926	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	42.770	
13	E ₁	1	0	3	0,4	40.258	40,291
14	E ₂	1	0	3	0,4	39.972	
15	E ₃	1	0	3	0,4	40.644	

Sumber: Hasil Penelitian.



Gambar 4.3. Grafik hubungan komposisi kulit kerang dalam agregat dengan rata-rata ketahanan aus

Berdasarkan tabel 4.5. dan gambar 4.3. menunjukkan bahwa nilai rata-rata ketahanan aus yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 40,291% terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%). Sedangkan nilai ketahanan aus yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 48,495% terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%).

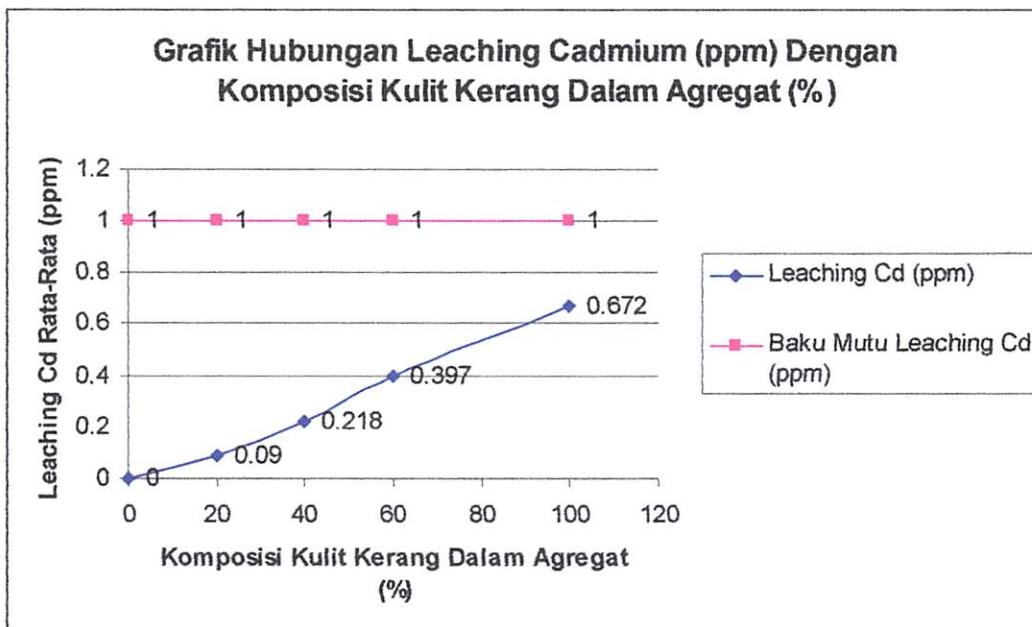
4.2.5. Uji Leaching *Paving Block*

Uji leaching dilakukan untuk mengetahui kadar logam berat Cadmium (Cd) dalam *paving block*. Uji pelindian terhadap asam dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan asam untuk melepaskan logam berat ke lingkungan dan mengetahui kemampuan semen untuk mengikat logam berat. Kadar logam Cadmium pada uji leaching dalam *paving block* berada dibawah baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar 1,0 ppm, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *paving block*.

Tabel 4.6. Hasil Uji Leaching Cadmium (Cd) Paving Block

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Kadar Leching Cadmium (ppm)	Kadar Leching Cadmium Rata-rata (ppm)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	0,0000	0,000
2	A ₂	1	3	0	0,4	0,0000	
3	A ₃	1	3	0	0,4	0,0000	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	0,0752	0,090
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	0,0960	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	0,0989	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	0,1821	0,218
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	0,2798	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	0,1921	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	0,4698	0,397
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	0,3317	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	0,3895	
13	E ₁	1	0	3	0,4	0,6694	0,672
14	E ₂	1	0	3	0,4	0,6652	
15	E ₃	1	0	3	0,4	0,6815	

Sumber: Hasil Penelitian.



Gambar 4.4. Grafik hubungan komposisi kulit kerang dalam agregat dengan rata-rata leaching logam Cadmium

Berdasarkan tabel 4.6. dan gambar 4.4. menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar leaching logam Cadmium yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 0,090 ppm terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Sedangkan nilai rata-rata kadar leaching logam Cadmium yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 0,672 ppm terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%).

4.3 Analisa Korelasi

4.3.1. Analisa Korelasi Kuat Tekan

Untuk mengetahui ada tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Korelasi antara Nilai Kuat Tekan Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada *Paving Block*

Kuat Tekan (Kg/cm²)	Komposisi Kulit Kerang	
	Pearson correlation	0,315
	P-Value	0,045

Dari tabel 4.7 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

Besar hubungan nilai kuat tekan dengan variasi/komposisi kulit kerang adalah 0,315. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada diantara 0,20 dengan 0,4 (Achmad Zanbar Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal ini berarti semakin banyak variasi/komposisi kulit kerang maka nilai kuat tekan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan nilai kuat tekan dengan variasi/komposisi kulit kerang, yang ditunjukkan dengan nilai 0,045 ($<0,05$) menunjukkan bahwa korelasinya nyata (signifikan).

4.3.2. Analisa Korelasi Penyerapan Air

Untuk mengetahui ada tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Korelasi antara Nilai Penyerapan Air Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada *Paving Block*

	Komposisi Kulit Kerang	
Penyerapan Air (%)	Pearson correlation	0,744
	P-Value	0,001

Dari tabel 4.8 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

Besar hubungan nilai penyerapan air dengan variasi/komposisi kulit kerang adalah 0,744. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada diantara 0,7 dengan 0,9 (Achmad Zanbar Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal ini berarti semakin banyak variasi/komposisi kulit kerang maka nilai penyerapan air akan semakin meningkat. Tingkat signifikan nilai penyerapan air dengan variasi/komposisi kulit kerang, yang ditunjukkan dengan nilai 0,001 ($<0,05$) menunjukkan bahwa korelasinya nyata (signifikan).

4.3.3. Analisa Korelasi Ketahanan Aus

Untuk mengetahui ada tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Korelasi antara Nilai Ketahanan Aus Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada *Paving Block*

	Komposisi Kulit Kerang	
Ketahanan Aus (%)	Pearson correlation	-0,900
	P-Value	0,000

Dari tabel 4.9 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

Besar hubungan nilai ketahanan aus dengan variasi/komposisi kulit kerang adalah -0,900. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada diantara 0,9 dengan 1 (Achmad Zanbar Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel bertolakbelakang hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi. Hal ini berarti semakin banyak variasi/komposisi kulit kerang maka nilai ketahanan aus akan semakin menurun. Tingkat signifikan nilai ketahanan aus dengan variasi/komposisi kulit kerang, yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$) menunjukkan bahwa korelasinya nyata (signifikan).

4.3.4. Analisa Korelasi Leaching Logam Cadmium

Untuk mengetahui ada tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Korelasi antara Nilai Leaching Logam Cadmium Dengan Komposisi Kulit Kerang Dalam Agregat Pada *Paving Block*

	Komposisi Kulit Kerang	
Leaching Logam Cadmium (ppm)	Pearson correlation	0,987
	P-Value	0,000

Dari tabel 4.10 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

Besar hubungan nilai leaching logam Cadmium dengan variasi/komposisi kulit kerang adalah 0,987. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada diantara 0,9 dengan 1 (Achmad Zanbar Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Hal ini berarti semakin banyak variasi/komposisi kulit kerang maka nilai leaching logam cadmium akan semakin meningkat. Tingkat signifikan nilai leaching logam cadmium dengan variasi/komposisi kulit kerang, yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$) menunjukkan bahwa korelasinya nyata (signifikan).

4.4. Analisa Regresi

4.4.1. Analisa Regresi Kuat Tekan

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

Tabel 4.11 Koefisien Persamaan Regresi Nilai Kuat Tekan Pada *Paving Block*

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	323,54	11,06	29,25	0,000
Kulit kerang	11,154	1,229	9,07	0,000
Kulit kerang ²	-0,22572	0,03327	-6,78	0,000
Kulit kerang ³	-0,0012370	0,0002229	5,55	0,000

S = 19,3701 R-Sq = 92,3% R-Sq (adj) = 90,1%

Tabel 4.12. Analisa Varian Nilai Kuat Tekan Pada *Paving Block*

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49188	16396	43,70	0,000
Residual Error	11	4127	375		
Total	14	53315			

a. Persamaan Regresi

$$Y = 323,54 + 11,154 \text{ Kulit kerang} - 0,22572 \text{ Kulit kerang}^2 - 0,0012370 \text{ Kulit kerang}^3$$

Dimana:

- Y = nilai kuat tekan (kg/cm²)
- Kulit kerang = variasi/komposisi kulit kerang (%)
- Kulit kerang² = variasi/komposisi kulit kerang² (%)
- Kulit kerang³ = variasi/komposisi kulit kerang³ (%)

Konstanta sebesar 323,54 menyatakan bahwa jika variasi/komposisi kulit kerang konstan maka nilai kuat tekan adalah 323,54 Kg/cm².

b. Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1). Berdasarkan nilai t

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Nilai t tabel adalah 2,160, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.11 adalah 9,07 (variasi/komposisi kulit kerang), dan - 6,78 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan 5,55 (variasi/komposisi kulit kerang³). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2). Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak.

Pada tabel 4.11 Nilai P adalah 0,000 (variasi/komposisi kulit kerang), 0,000 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan 0,000 (variasi/komposisi kulit kerang³) yang berarti probabilitas berada jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³ benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kuat tekan.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 92,3%, hal ini berarti 92,3% nilai kuat tekan dapat dijelaskan oleh variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang², dan variasi/komposisi kulit kerang³. Sedangkan sisanya 7,7% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Analisa Varian

Dari tabel 4.12. dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara nilai kuat tekan diantara kelompok komposisi kulit kerang. Hipotesis yang diberikan adalah :

H_0 = Kelima komposisi kulit kerang adalah identik

H_1 = Kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik

Penarikan kesimpulan berdasarkan:

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_0 ditolak.
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 diterima.

Berdasarkan tabel 4.12 nilai F_{hitung} sebesar 43,70 dan jika dilihat pada tabel distribusi F , nilai F_{tabel} adalah 3,59. Karena nilai F_{hitung} lebih besar dari pada F_{tabel} maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik/berbeda nyata.

4.4.2. Analisa Regresi Penyerapan Air

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

**Tabel 4.13 Koefisien Persamaan Regresi Nilai Penyerapan Air
Pada Paving Block**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7,0593	0,2008	35,15	0,000
Kulit kerang	0,00599	0,02232	2,27	0,033
Kulit kerang ²	-0,0001728	0,0006041	-2,29	0,043
Kulit kerang ³	0,00000232	0,00000405	2,57	0,047

$S = 0,351688$

$R-Sq = 68,2\%$

$R-Sq (adj) = 59,5\%$

**Tabel 4.14. Analisa Varian Nilai Penyerapan Air
Pada Paving Block**

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2,9153	0,9718	7,86	0,004
Residual Error	11	1,3605	0,1237		
Total	14	4,2758			

a. Persamaan Regresi

$$Y = 7,0593 + 0,00599 \text{ Kulit kerang} - 0,0001728 \text{ Kulit kerang}^2 + 0,00000232 \text{ Kulit kerang}^3$$

Dimana:

Y = nilai penyerapan air (%)

Kulit kerang = variasi/komposisi kulit kerang (%)

Kulit kerang² = variasi/komposisi kulit kerang² (%)

Kulit kerang³ = variasi/komposisi kulit kerang³ (%)

Konstanta sebesar 7,0593 menyatakan bahwa jika variasi/komposisi kulit kerang konstan maka nilai penyerapan air adalah 7,0593 %.

b. Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1). Berdasarkan nilai t

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Nilai t tabel adalah 2,160, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.13 adalah 2,27 (variasi/komposisi kulit kerang), -2,29 (variasi/komposisi kulit kerang²), dan 2,57 (variasi/komposisi kulit kerang³). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2). Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Pada tabel 4.13 Nilai P adalah 0,033 (variasi/komposisi kulit kerang), 0,043 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan 0,047 (variasi/komposisi kulit kerang³) yang berarti probabilitas berada jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³ benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap nilai penyerapan air.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 68,2%, hal ini berarti 68,2% nilai penyerapan air dapat dijelaskan oleh variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³. Sedangkan sisanya 31,8% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Analisa Varian

Dari tabel 4.14. dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara nilai penyerapan air diantara kelompok komposisi kulit kerang. Hipotesis yang diberikan adalah :

H_0 = Kelima komposisi kulit kerang adalah identik

H_1 = Kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik

Penarikan kesimpulan berdasarkan:

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_0 ditolak.
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 diterima.

Berdasarkan tabel 4.14 nilai F_{hitung} sebesar 7,48 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F_{tabel} adalah 3,59. Karena nilai F_{hitung} lebih besar dari pada F_{tabel} maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,004, maka H_0 ditolak. Artinya kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik/berbeda nyata.

4.4.3. Analisa Regresi Ketahanan Aus

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

Tabel 4.15 Koefisien Persamaan Regresi Nilai Ketahanan Aus Pada Paving Block

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	55,9957	0,5400	10,70	0,000
Kulit kerang	-0,46065	0,06000	-7,68	0,000
Kulit kerang ²	0,004963	0,001624	3,06	0,011
Kulit kerang ³	-0,00001928	0,00001088	-2,77	0,004

S = 0,945525

R-Sq = 98,0%

R-Sq (adj) = 97,4%

Tabel 4.16. Analisa Varian Nilai Ketahanan Aus Pada Paving Block

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	472,83	157,61	176,30	0,000
Residual Error	11	9,83	0,89		
Total	14	482,67			

a. Persamaan Regresi

$$Y = 55,9957 - 0,46065 \text{ Kulit kerang} + 0,004963 \text{ Kulit kerang}^2 - 0,00001928 \text{ Kulit kerang}^3$$

Dimana:

Y = nilai ketahanan aus (%)

Kulit kerang = variasi/komposisi kulit kerang (%)

Kulit kerang² = variasi/komposisi kulit kerang² (%)

Kulit kerang³ = variasi/komposisi kulit kerang³ (%)

Konstanta sebesar 55,9957 menyatakan bahwa jika variasi/komposisi kulit kerang konstan maka nilai ketahanan aus adalah 55,9957% .

b. Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1). Berdasarkan nilai t

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Nilai t tabel adalah 2,160, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.15 adalah -7,68 (variasi/komposisi kulit kerang), 3,06 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan (variasi/komposisi kulit kerang³). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2). Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima.
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak.

Pada tabel 4.15 Nilai P adalah 0,000 (variasi/komposisi kulit kerang), 0,011 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan 0,004 (variasi/komposisi kulit kerang³) yang berarti probabilitas berada jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³ benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketahanan aus.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 98,0%, hal ini berarti 98,0% nilai ketahanan aus dapat dijelaskan oleh variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³. Sedangkan sisanya 2% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Analisa Varian

Dari tabel 4.16. dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara nilai ketahanan aus diantara kelompok komposisi kulit kerang. Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Kelima komposisi kulit kerang adalah identik
- H_1 = Kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik

Penarikan kesimpulan berdasarkan:

- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, H_0 ditolak.
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, H_0 diterima.

Berdasarkan tabel 4.16 nilai F_{hitung} sebesar 176,30 dan jika dilihat pada tabel distribusi F , nilai F_{tabel} adalah 3,59. Karena nilai F_{hitung} lebih besar dari pada F_{tabel} maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik/berbeda nyata.

4.4.4. Analisa Regresi Leaching Logam Cadmium

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

Tabel 4.17 Koefisien Persamaan Regresi Nilai Leaching Logam Cadmium Pada *Paving Block*

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00156	0,02192	0,07	0,945
Kulit kerang	0,002106	0,002436	2,86	0,046
Kulit kerang ²	0,000011516	0,00006594	2,75	0,019
Kulit kerang ³	-0,00000069	0,00000044	-2,57	0,026

S = 0,0383886 R-Sq = 98,1% R-Sq (adj) = 97,6%

**Tabel 4.18. Analisa Varian Nilai Leaching Logam Cadmium
Pada Paving Block**

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	0,85657	0,28552	193,75	0,000
Residual Error	11	0,01621	0,00147		
Total	14	0,87278			

a. Persamaan Regresi

$$Y = 0,00156 + 0,002106 \text{ Kulit kerang} + 0,000011516 \text{ Kulit kerang}^2 - 0,00000069 \text{ Kulit kerang}^3$$

Dimana:

- Y = nilai leaching logam cadmium (ppm)
- Kulit kerang = variasi/komposisi kulit kerang (%)
- Kulit kerang² = variasi/komposisi kulit kerang² (%)
- Kulit kerang³ = variasi/komposisi kulit kerang³ (%)

Konstanta sebesar 0,00156 menyatakan bahwa jika variasi/komposisi kulit kerang konstan maka nilai leaching logam cadmium adalah 0,00156 ppm..

b. Uji signifikan koefisien regresi

Hipotesis:

- H₀ = koefisien regresi tidak signifikan
- H₁ = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1). Berdasarkan nilai t

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H₀ diterima dan H₁ ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H₀ ditolak dan H₁ diterima. Nilai t tabel adalah 2,160, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.17 adalah 2,86 (variasi/komposisi kulit kerang), 2,75 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan -2,57 (variasi/komposisi kulit kerang³). Semua nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

2). Berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Pada tabel 4.17 Nilai P adalah 0,046 (variasi/komposisi kulit kerang), 0,019 (variasi/komposisi kulit kerang²) dan 0,026 (variasi/komposisi kulit kerang³) yang berarti probabilitas berada jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi/komposisi kulit kerang benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap nilai leaching logam cadmium.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 98,1 %, hal ini berarti 98,1% nilai leaching logam cadmium dapat dijelaskan oleh variasi/komposisi kulit kerang, variasi/komposisi kulit kerang² dan variasi/komposisi kulit kerang³. Sedangkan sisanya 1,9% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Analisa varian

Dari tabel 4.18. dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara nilai leaching logam cadmium diantara kelompok komposisi kulit kerang. Hipotesis yang diberikan adalah :

H_0 = Kelima komposisi kulit kerang adalah identik

H_1 = Kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik

Penarikan kesimpulan berdasarkan:

- Jika F hitung $> F$ tabel, H_0 ditolak.
- Jika F hitung $< F$ tabel, H_0 diterima.

Berdasarkan tabel 4.16 nilai F hitung sebesar 193,75 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,59. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,000, maka H_0 ditolak. Artinya kelima komposisi kulit kerang adalah tidak identik/berbeda nyata.

4.5. PEMBAHASAN

4.5.1. Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan tabel 4.3 nilai rata-rata kuat tekan tertinggi yang menggunakan substitusi kulit kerang sebesar $477,7 \text{ Kg/cm}^2$ terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Sedangkan nilai kuat tekan yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 418 Kg/cm^2 terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Dari penelitian ini dapat diamati bahwa dengan jumlah semen yang sama dan jumlah agregat yang berbeda menghasilkan kuat tekan yang berbeda pula. Pada percobaan ini agregat yang dimaksud adalah perbandingan antara pasir dengan kulit kerang. Kulit kerang disini dimaksudkan untuk mengurangi jumlah pasir sehingga pemanfaatan kulit kerang dapat dilakukan. Dengan perbedaan prosentase kulit kerang yang dicampurkan terlihat bahwa semakin banyak kulit kerang yang disubstitusikan mempengaruhi kualitas kuat tekan *paving block*, bahkan pada substitusi kulit kerang dengan prosentase tertentu yaitu pada penambahan antara 20%, 40%, 60% dan 100% dapat menghasilkan *paving block* dengan kualitas kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan *paving block* yang tidak dicampur dengan kulit kerang (0%). Hal ini terjadi karena kulit kerang mengandung unsur-unsur yang cukup mendukung sebagai pembuatan bahan dasar *paving block* dan hanya sedikit mengandung unsur organik yang dapat merapuhkan *paving block*. Kandungan terbesar dari kulit kerang seperti yang terlihat pada hasil uji karakteristik kimia kulit kerang adalah kandungan Oksida Kapur (CaO) sebesar 40,50% sehingga hal tersebut dapat meningkatkan daya ikat semen dengan agregat pada penambahan kulit kerang dengan jumlah tertentu (Budiriani, 2005), dimana dalam penelitian ini adalah pada penambahan kulit kerang sebanyak 20%-100%. Pada penambahan kulit kerang sebesar 20% menghasilkan nilai kuat tekan yang optimal. Sedangkan pada penambahan kulit kerang sebesar 40%-100% nilai kuat tekannya semakin menurun akan tetapi tidak begitu signifikan nilai penurunannya. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena pada penambahan kulit kerang yang semakin banyak, maka semakin besar pula kandungan kapur didalamnya dimana kapur disini memiliki daya ulet yang cukup besar dan memiliki sifat memperlambat pengerasan (Budiriani, 2005), disamping itu juga kandungan kapur yang semakin

banyak dapat menyebabkan kekuatan dan ketahanan *paving block* berkurang (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001) sehingga pada umur yang sama pada perlakuan uji kelayakan dengan penambahan kulit kerang yang semakin banyak pula menyebabkan hasil kuat tekan yang rendah atau bisa dikatakan belum maksimal. (Maulanie & Wibowo, 2005)

Nilai kuat tekan *paving block* dipengaruhi oleh variasi/komposisi kulit kerang. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi penurunan nilai kuat tekan adalah lamanya waktu *curing* (perawatan) yang dilakukan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa perubahan mutu kelas kuat tekan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) terjadi dari pembuatan *paving block* dengan mensubstitusikan kulit kerang sebanyak 20% -100% dari berat agregat menghasilkan *paving block* dengan mutu kelas A.

4.5.2. Penyerapan Air *Paving Block*

Berdasarkan tabel 4.4 nilai rata-rata penyerapan air yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 8,251% terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%). Sedangkan nilai penyerapan air yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 7,092% terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Uji penyerapan air ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya serap *paving block* terhadap air. Dari penelitian ini dapat diamati bahwa daya serap air semakin besar sebanding dengan substitusi kulit kerang yang diberikan. Hal tersebut disebabkan karena di dalam *paving block* masih banyak terbentuk rongga sehingga dengan mudah dimasuki oleh air dan hal ini menyebabkan mutu *paving block* semakin kurang baik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 03-0691-1996. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa daya serap air *paving block* dengan substitusi kulit kerang 20%, 40%, 60% masuk dalam kelas C dan untuk *paving block* dengan substitusi kulit kerang 100% masuk dalam kelas D. Untuk daya serap air *paving block* dengan substitusi kulit kerang yang memiliki daya serap paling kecil adalah *paving block* dengan substitusi 20% dari berat agregat dan yang paling besar pada 100% dari berat agregat, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar unsur kulit kerang yang disubstitusikan maka semakin besar pula

air yang dapat terserap. Pada *paving block* komposisi bahan dengan substitusi kulit kerang sebanyak 100% dari berat agregat, daya serapnya paling besar dikarenakan partikel yang ada pada kulit kerang memiliki ukuran yang besar sehingga air dapat terserap lebih banyak oleh kulit kerang yang menyebabkan turunnya kualitas *paving block*. Penggunaan FAS yang semakin besar menyebabkan semakin banyak pula air yang digunakan untuk campuran dalam pembuatan *paving block*. Hal ini mengakibatkan terjadinya kelebihan air dalam proses hidrasi, dimana air yang digunakan akan menguap sehingga terbentuk rongga dalam *paving block* yang menyebabkan air mudah menyerap dalam rongga-rongga tersebut dan menyebabkan daya serapnya tinggi sehingga dapat menurunkan kekuatan *paving block*.

Nilai penyerapan air *paving block* dipengaruhi oleh variasi/komposisi kulit kerang. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi peningkatan nilai penyerapan air adalah lamanya waktu *curing* (perawatan) yang dilakukan.

4.5.3. Ketahanan Aus *Paving Block*

Berdasarkan tabel 4.5 nilai rata-rata ketahanan aus yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 48,435% terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Sedangkan nilai ketahanan aus terendah sebesar 40,291 terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%). Dari penelitian ini diketahui bahwa substitusi kulit kerang pada bahan campuran pembuatan *paving block* sebagai pengganti pasir dapat menurunkan nilai keausan. Penurunan nilai keausan dapat dilihat dari campuran *paving block* tanpa kulit kerang yang mempunyai nilai keausan sebesar 56,027%, sedangkan campuran *paving block* substitusi kulit kerang sebesar 20%-100% yang mempunyai nilai keausan lebih kecil dari 56,027%. Semakin kecil nilai keausan yang dimiliki oleh benda uji, maka benda uji tersebut dikatakan tahan terhadap sifat aus. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kulit kerang dapat memperkuat *paving block* untuk menahan aus. Penurunan nilai keausan ini disebabkan karena rongga dalam *paving block* memerlukan butiran kulit kerang yang kecil, yang dapat masuk ke dalam rongga tersebut sampai pada kadar yang dibutuhkan untuk mengisi kesenjangan antar agregat (Leiden, 2002).

Nilai ketahanan aus *paving block* dipengaruhi oleh variasi/komposisi kulit kerang. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi peningkatan nilai ketahanan aus adalah lamanya waktu *curing* (perawatan) yang dilakukan.

Menurut buku pedoman praktikum bahan dari Laboratorium bahan konstruksi ITN Malang nilai keausan untuk agregat maksimum 40%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemberian variasi/komposisi kulit kerang (20%-100%) masih belum dapat menahan keausan. Hal ini disebabkan oleh terlalu lamanya waktu *curing* (perawatan) pada *paving block*.

4.5.4. Kadar Leaching Logam Cadmium *Paving Block*

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar awal logam Cadmium pada kulit kerang adalah 1,15 ppm, setelah dilakukan pembuatan *paving block* dengan menggunakan kulit kerang sebagai agregat terbukti dapat meningkatkan kadar logam Cadmium secara berkala seiring dengan semakin tingginya variasi/komposisi kulit kerang yang diberikan.

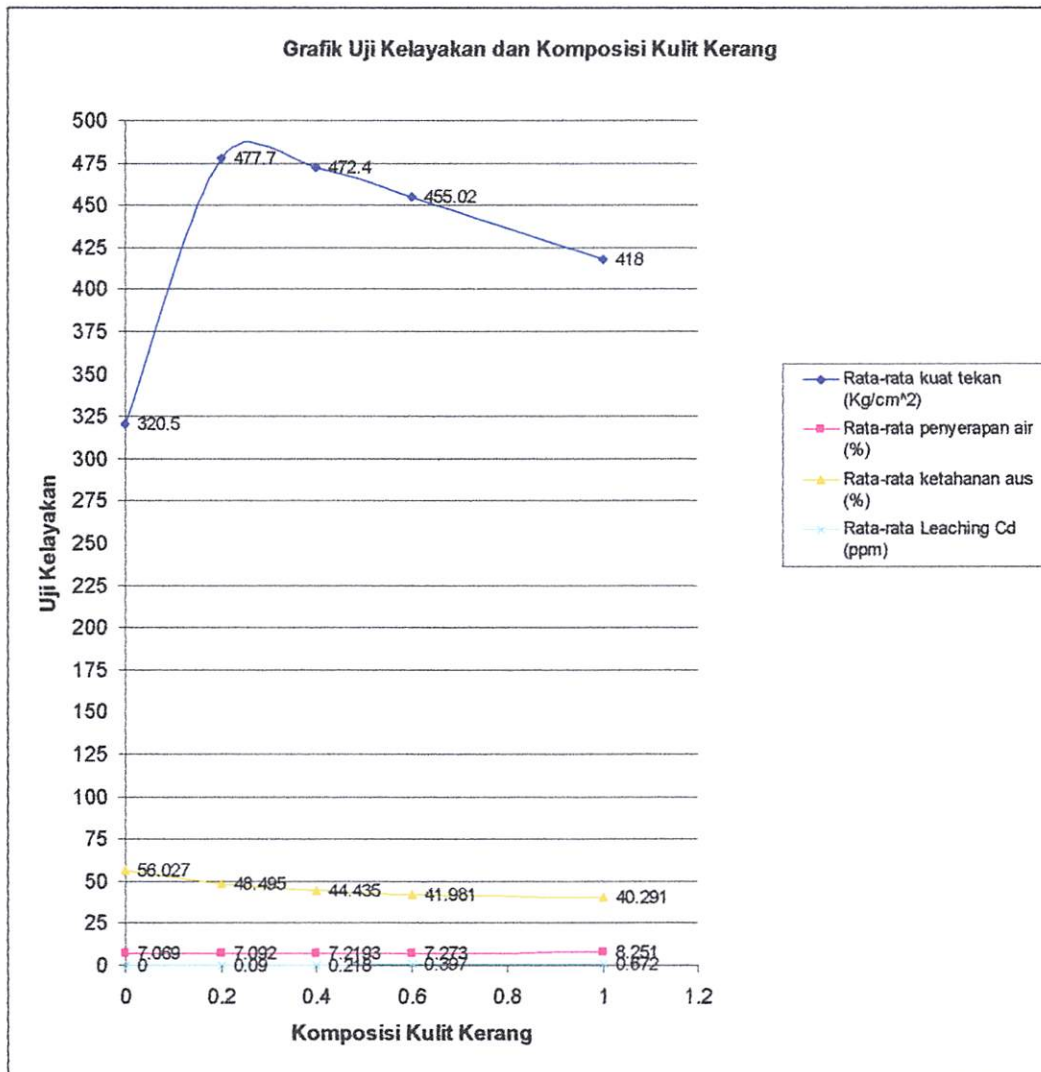
Berdasarkan tabel 4.6 nilai rata-rata kadar leaching logam Cadmium yang menggunakan substitusi kulit kerang tertinggi sebesar 0,672 ppm terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 100%). Sedangkan nilai rata-rata kadar leaching logam Cadmium yang menggunakan substitusi kulit kerang terendah sebesar 0,090 ppm terdapat pada perlakuan (komposisi kulit kerang dalam agregat 20%). Dari penelitian ini diketahui bahwa setelah digunakan sebagai agregat dalam pembuatan *paving block* sebagai pengganti pasir dan dilakukan uji pelindian (leaching) terhadap *paving block*, logam Cadmium mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pasta semen yang digunakan dalam pembuatan *paving block* mempunyai kemampuan untuk mengikat logam berat (Cadmium) (Ure, 1995 dalam Evitasari 2000).

Nilai kadar leaching logam cadmium *paving block* dipengaruhi oleh variasi/komposisi kulit kerang. Sedangkan faktor lain yang mempengaruhi peningkatan nilai kadar leaching logam cadmium adalah pH.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa nilai pelindian logam Cadmium pada *paving block* dengan substitusi kulit kerang sebesar 20%-100% masih berada dibawah baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic

Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar 1,0 ppm.

4.6. Penentuan Komposisi Terbaik Dalam *Paving Block*



Gambar 4.5. Grafik hubungan uji kelayakan dan komposisi kulit kerang dalam agregat

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa dari kelima variasi/komposisi kulit kerang dalam agregat yang digunakan dalam pembuatan *paving block* yang diambil berdasarkan penentuan komposisi terbaik dan berdasarkan pertimbangan reduksi limbah yang dilakukan komposisi kulit kerang 60% yang dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996 dan Uji TCLP (Toxicity

Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia, dimana masing-masing uji kelayakan memiliki kuat tekan rata-rata 455,02 Kg/cm² (masuk dalam mutu A), penyerapan air rata-rata 7,273 % (masuk dalam mutu D), ketahanan aus rata-rata 41,981 % (Menurut buku pedoman praktikum bahan dari Laboratorium bahan konstruksi ITN Malang nilai keausan maksimum untuk agregat 40%), dan untuk kadar leaching logam cadmium rata-rata dalam *paving block* 0,397 ppm (masih berada dibawah 1,0 ppm). Dari hasil penelitian yang diperoleh *paving block* dengan komposisi kulit kerang 60% dalam agregat dapat digunakan untuk pejalan kaki.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Limbah kulit kerang yang terdapat di daerah Pantai Kenjeran Surabaya yang mengandung logam berat dan tidak membahayakan lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai agregat bahan pencampur *paving block*.
2. Komposisi kulit kerang yang dapat menghasilkan *paving block* dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996 adalah :
Komposisi mutu D dengan substitusi kulit kerang 60% dari berat agregat yang memiliki kuat tekan 455,02 Kg/cm², penyerapan air 7,273 %, ketahanan aus 41,981 % dan kadar leaching logam cadmium dalam *paving block* 0,397 ppm yang dapat digunakan untuk pejalan kaki.
3. Kadar logam Cadmium pada uji leaching dalam *paving block* berada dibawah baku mutu uji TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang berlaku di Indonesia yaitu sebesar 1,0 ppm, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *paving block*.

5.2. Saran

Beberapa saran dalam penelitian ini diantaranya adalah :

1. Perlu dilakukan variasi dalam metode *curing* (perawatan) untuk mengetahui pengaruh *curing* (perawatan) terhadap mutu *paving block*.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian pemanfaatan limbah kulit kerang untuk penggunaan lain selain *paving block*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2005). **Buku Petunjuk Praktikum Bahan**. Laboratorium Bahan Konstruksi. FTSP ITN Malang.
- Anonim, (1971). **Peraturan Beton Bertulang Indonesia**. Direktorat Penyelidikan Masalah Bahan Bangunan. Dirjen Cipta Karya. DPU
- Anonim, (1996). **SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-0691-1996 : Bata Beton (*Paving Block*)**. Dewan Standarisasi Nasional.
- Hasby, Eddy (1999). **Pantai Kenjeran pun Tercemar Merkuri**. Kompas yang diakses 24-Februari-2006.
- Irawan, Nur dan Astuti, Septin Puji (2006). **Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. ANDI Yogyakarta
- Karimah, Aniyatul. Abdul Gani Agus. dan Asnawati (2002). **Profil Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Cangkang Kupang Beras (*Tellina versicolor*)**. Jurnal Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember
- Leiden, Evi Triana (2002). **Uji Pemanfaatan Sampah Organik Di Kotamadya Malang Sebagai Substitusi Bahan Alternatif Pembuatan *Paving Block***. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP - ITN Malang.
- Maulanie, E. dan Wibowo, B (2004), **Bata Beton Berongga dengan Campuran Kulit Kerang**. Jurnal Seminar Nasional Rekayasa Perencanaan II 2004. Program Studi D-III Teknik Sipil. FTSP – ITS Surabaya.
- Oka, I Gede D (2005). **Pemanfaatan Limbah Lumpur Industri Pengolahan Baja Sebagai Pengganti Parsial Pasir Untuk Bahan Bangunan**. Master Theses from JBPTITBTL. Bandung.
- Palar, Heryando (2004). **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Penerbit Rineka Cipta.
- Sagel, R. Kole, P. dan Kusuma, G (1997). **Pedoman Pengerjaan Beton**. Penerbit Erlangga Jakarta.
- Samekto, W (2001). **Teknologi Beton**. Kanisius Yogyakarta.

- Sari, Evita (2000). **Studi Pemanfaatan Abu Incenerator TPA Keputih Sebagai Bahan Campuran Semen Untuk Mengikat Logam Berat Cu dengan Proses Solidifikasi-Stabilisasi**. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP - ITS Surabaya
- Setyo, Daru Rini (2001). **Mangrove Jenis Api – Api (Avicennia Marina) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir**. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. Surabaya.
- Soleh, Achmad Zanbar (2005). **Ilmu Statistika**. Penerbit Rekayasa Sains Bandung.
- Widarti, E (2004). **Uji Kelayakan Pembuatan Paving Block dari Lumpur Saluran Alami**. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP - ITS Surabaya
- Yarnest (2003). **Aplikasi Statistik**. Penerbit Dioma Malang
- Yuniarti, Elvira (1998). **Uji Kelayakan Hasil Solidifikasi Logam Berat Cr Sebagai Paving Block**. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP - ITS Surabaya.

LAMPIRAN

**STANDAR NASIONAL
INDONESIA (SNI)
03-0691-1996 &
BAKU MUTU UJI TLCP**

370.9/0.3

903

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 03-0691-1996

ICS 91.100.30



Bata beton (*Paving block*)

Daftar isi

Halaman

1	Ruang lingkup	1
2	Acuan	1
3	Definisi	1
4	Klasifikasi	1
5	Syarat mutu	1
6	Cara pengambilan contoh	
7	Cara uji	
8	Syarat lulus uji	
9	Syarat penandaan	



Bata beton (*Paving block*)

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi acuan, definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji dan syarat penandaan bata beton.

2 Acuan

SNI 03 - 0691 - 1989, *Bata beton untuk lantai*.

3 Definisi

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

4 Klasifikasi

- Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan
- Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir
- Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

5 Syarat mutu

5.1 Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

5.2 Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

5.3 Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 1.

Tabel 1
Sifat-sifat fisika

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks.
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

5.4 Ketahanan terhadap natrium sulfat

Bata beton apabila diuji dengan cara seperti pada butir 6.6 tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

6 Cara pengambilan contoh

6.1 Pengambilan contoh

Contoh harus terdiri dari satuan yang utuh. Pengambilan harus dilakukan oleh pembeli atau badan yang diberi kuasa olehnya.

Contoh harus mencerminkan jumlah seluruh satuan dari kelompok dan diambil secara acak.

Contoh diambil dari beberapa tempat di dalam kelompoknya dan di dalam semua keadaan.

6.2 Jumlah contoh

Untuk partai sampai dengan 500.000 buah bata beton, dari setiap kelompok 50.000 buah diambil contoh rata-rata sebanyak 20 buah. Untuk parti lebih dari 500.000 buah, dari setiap kelompok 100.000 buah diambil contoh sebanyak 5 buah.

7 Cara uji

7.1 Sifat tampak

Semua hal tersebut pada butir 4.1 diperiksa dengan pengamatan yang teliti. Bata disusun di atas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya.

7.2 Ukuran

Digunakan peralatan kaliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm. Pengukuran tebal dilakukan terhadap tiga tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata.

Pengujian dilakukan terhadap 10 buah contoh uji.

7.3 Kuat tekan

7.3.1 Ambil 10 buah contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya disesuaikan dengan ukuran contoh uji.

7.3.2 Contoh uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban di dalam pemakaiannya.

7.3.3 Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = beban tekan, N

L = luas bidang tekan mm²

Kuat tekan rata-rata dari contoh bata beton dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji.

7.4 Ketahanan aus

7.4.1 Ambil lima buah contoh uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).

7.4.2 Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20 mm (untuk penentuan berat jenis).

7.4.3 Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis dikerjakan sesuai dengan SNI 03 - 0028 - 1987, *Cara uji ubin semen*.

7.5 Penyerapan air

7.5.1 Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah.

7.5.2 Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama kurang lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105°C sampai beratnya pada dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu.

7.5.3 Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} = 100\%$$

Ketengan :

A = berat bata beton basah

B = berat bata beton kering

7.6 Ketahanan terhadap natrium sulfat

7.6.1 Peralatan

- a) Larutan jenuh garam natrium sulfat yang jernih dengan berat jenis antara 1,151 - 1,174.
- b) Bejana tempat merendam contoh dalam larutan natrium sulfat

7.6.2 Prosedur

- a) Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dikeringkan dalam dapur pengering pada suhu $(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksikator.
- b) Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris.
- c) Selanjutnya masukkan benda uji ke dalam dapur pengering pada suhu $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 2 jam, kemudian dinginkan sampai suhu kamar.
- d) Ulangi perendaman dan pengeringan ini sampai 5 kali berturut-turut.
- e) Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa sisa garam sulfat yang tertinggal.

- f) Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan BaCl_2 .
- g) Untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih $40 - 50^\circ\text{C}$.
- h) Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap ($\pm 2-4$ jam), didinginkan dalam eksikator, kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian 0,1 gram.
- i) Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi/nampak adanya retakan, gugusan atas cacat-cacat lainnya.
- j) Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata :
 - baik/tidak cacat, bila tidak nampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
 - cacat/retak-retak, bila nampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain
- k) Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat nyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 di antara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedang benda ujinya baik (tidak cacat) nyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan menjadi cacat.

8 Syarat lulus uji

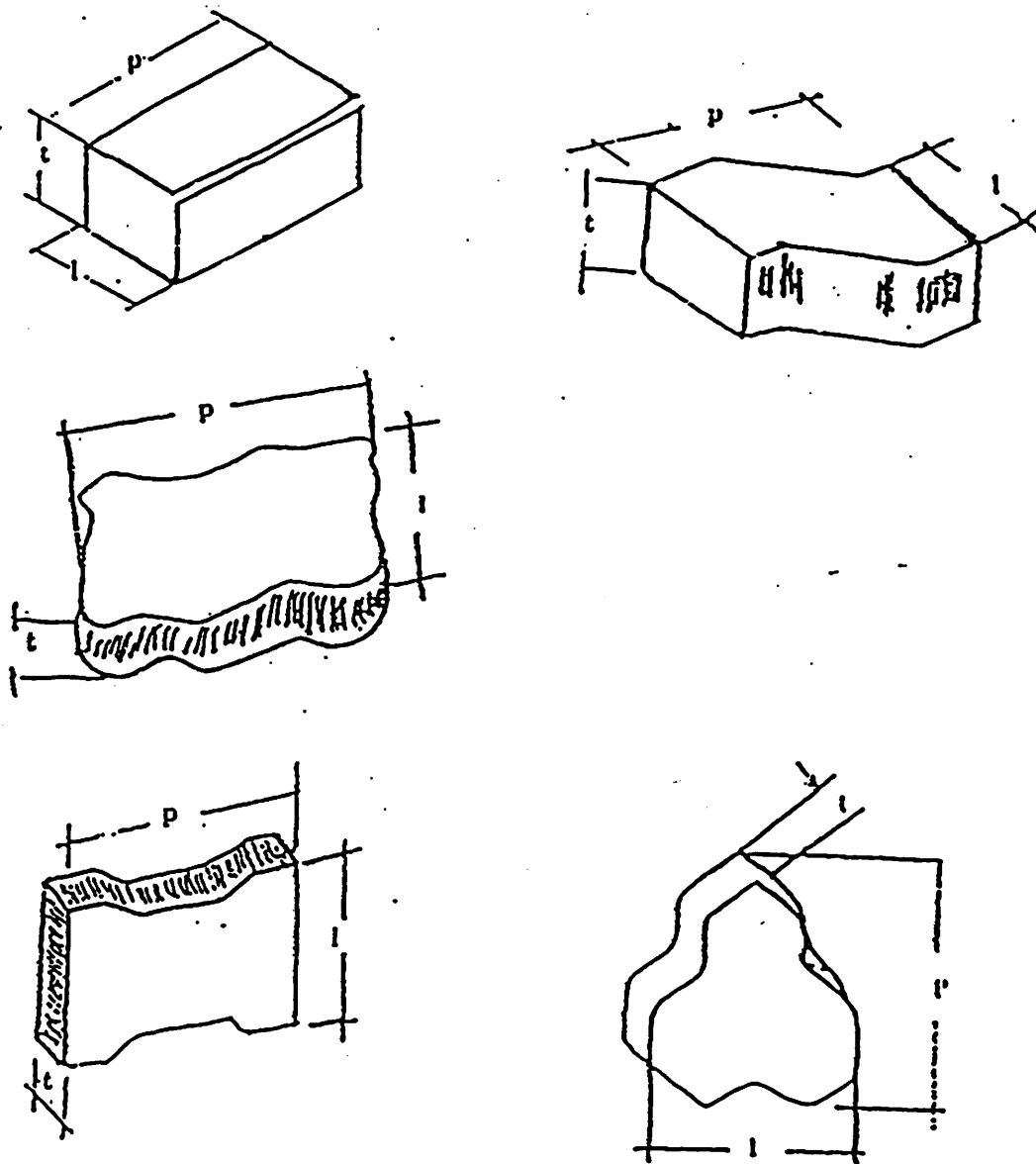
8.1 Kelompok dinyatakan lulus uji, apabila contoh yang diambil dari kelompok tersebut memenuhi ketentuan butir 4.

8.2 Apabila sebagian syarat tidak dipenuhi, dapat dilakukan uji ulang dengan contoh uji sebanyak dua kali jumlah contoh semula dan diambil dari kelompok yang sama.

8.3 Apabila pada hasil uji ulang semua syarat dipenuhi kelompok dinyatakan lulus uji. Kelompok dinyatakan tidak lulus uji kalau salah satu syarat mutu tidak dipenuhi pada uji ulang.

9 Syarat penandaan

Klasifikasi dan kode pabrik harus tertera pada setiap bata beton.



Gambar contoh bentuk bata beton

Keterangan :

P = Panjang

T = Tebal

L = Lebar

Tabel Baku Mutu Uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure / Hasil Ekstraksi Lindi)

Parameter	Konsentrasi dalam ekstraksi limbah (mg/L)
Aldrin + Dieldrin	0,07
Arsen	5,0
Barium	100,0
Benzene	0,5
Boron	500
Cadmium	1,0
Carbon tetrachloride	0,5
Chlordane	0,03
Chlorobenzene	100,0
Chloroform	6,0
Chromium	5,0
Copper	10,0
o-Cresol	200,0
m-Cresol	200,0
p-Cresol	200,0
Total Cresol	200,0
Cyanide (free)	20,0
2,4-D	10,0
1,4-Dichlorobenzene	7,5
1,2-Dichloroethane	0,5
1,1-Dichloroethylene	0,7
2,4-Dinitrotoluene	0,13
Endrin	0,02
Fruorides	150,0
Heptachlor + Heptachlor epoxide	0,008
Hexachlorobenzene	0,13
Hexachlorobutadiene	0,5
Hexachloroethane	3,0
Lead	5,0
Lindane	0,4
Mercury	0,2
Methoxychlor	10,0
Methyl ethy ketone	200,0
Methyl Parathion	0,7
Nitrate + Nitrite	1000,0
Nitrite	100,0
Nitrobenzene	2,0
Nitrotriacetic acid	5,0
Pentachlorophenol	100,0
Pyridine	5,0
Parathion	3,5
Plumbum	5,0
PCBs	0,3
Selenium	1,0
Silver	5,0
Tetrachloroethylene	0,7
Toxaphene	0,5
Trichloroethylene	0,5
Trihalomethanes	35,0
2,4,5-Trichlorophenol	400,0
2,4,6-Trichlorophenol	2,0
2,4,6-TP (Silvex)	1,0
Vynil chloride	0,2
Zinc	50,0

Sumber : Peraturan tentang Pengelolaan Limbah B3 (KLH 1988)

**HASIL ANALISA AWAL
KANDUNGAN LOGAM
BERAT DALAM
KULIT KERANG**

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 227 S/LKA MLG/VI/06

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Yuliana
Name

Alamat : Jl. Bendungan Sigura gura 5/6 Malang
Address

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 07/AJ/VI/2006/15
Sample Code

Jenis Contoh Uji : Sampel buatan
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Kenjeran Surabaya
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 01 Juni 2006 Jam 13:39 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : Keruh
Sample Condition (s)

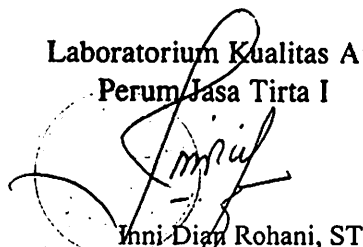
HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Endclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 15 Juni 2006
Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I



Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

atan :
tuh uji diatas dibuat oleh Yuliana
a tanggal 01 Juni 2006

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 272 S/LKA MLG/IX/05

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext.07/AJ/VI/2006/15
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 19 Juni 2006
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	Merkuri (Hg)	ppm	0,1100	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Kesimpulan : -
Conclusion



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.005 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Yuliana Elivin Bunga Dey
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura V/6 Malang.
Telepon : (0341) 577843
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : **Kulit Kerang**
Wujud : Padatan
Warna : Putih Keabu-abuan
Bau : Berbau

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian Laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 27 Maret 2006

7. Data hasil analisa :

Nama Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Kulit Kerang	Cd	1,15	ppm	HNO ₃	AAS

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 11 April 2006

Kalab. Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.



Farid Rahman, S. Si, M. Si.



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.018 / RT.6 / T.5 / R.0 / TT. 1508010 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Yuliana Elivin Bunga Dey
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura V/6 Malang.
Telepon : (0341) 577843
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : **Kulit Kerang**
Wujud : Padatan
Warna : Putih Keabu-abuan
Bau : Berbau

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian Laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 19 Juni 2006

7. Data hasil analisa :

Nama Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Kulit Kerang	Pb	1,86	ppm	HNO ₃	AAS

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 24 Juni 2006

Kalab. Lingkungan



M. Farid Rahman, S. Si, M. Si.
NIP. 132 158 726

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 131 616 317

PAVING BLOCK

FISIKA & KIMIA

HASIL UJI KUALITAS



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya

Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006

Jenis Contoh : Paving Block

Tanggal Selesai : 19-06-2006

Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D.

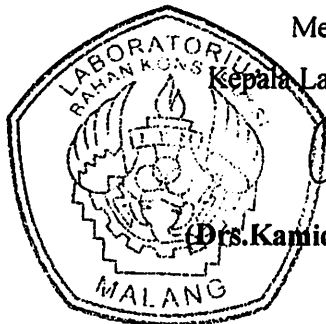
Diperiksa Oleh : Mahfud

UJI KUAT TEKAN PAVING BLOCK (KULIT KERANG)

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	340.130	320,5
2	A ₂	1	3	0	0,4	317.460	
3	A ₃	1	3	0	0,4	303.850	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	480.720	477,7
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	494.330	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	458.040	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	453.510	472,4
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	476.190	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	487.520	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	453.514	455,02
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	448.970	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	462.580	
13	E ₁	1	0	3	0,4	401.360	418,0
14	E ₂	1	0	3	0,4	412.690	
15	E ₃	1	0	3	0,4	439.900	

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya

Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006

Jenis Contoh : Paving Block

Tanggal Selesai : 19-06-2006

Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D.

Diperiksa Oleh : Mahfud

UJI PENYERAPAN AIR PAVING BLOCK (KULIT KERANG)

No	Kode	Semen	Agregat		FAS	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
			Pasir	Kulit Kerang			
1	A ₁	1	3	0	0,4	7.057	7,069
2	A ₂	1	3	0	0,4	7.156	
3	A ₃	1	3	0	0,4	6.994	
4	B ₁	1	2,4	0,6	0,4	7.303	7,092
5	B ₂	1	2,4	0,6	0,4	6.851	
6	B ₃	1	2,4	0,6	0,4	7.122	
7	C ₁	1	1,8	1,2	0,4	7.167	7,2193
8	C ₂	1	1,8	1,2	0,4	7.253	
9	C ₃	1	1,8	1,2	0,4	7.238	
10	D ₁	1	1,2	1,8	0,4	7.514	7,273
11	D ₂	1	1,2	1,8	0,4	7.062	
12	D ₃	1	1,2	1,8	0,4	7.243	
13	E ₁	1	0	3	0,4	9.093	8,251
14	E ₂	1	0	3	0,4	7.657	
15	E ₃	1	0	3	0,4	8.004	

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (A1) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	7.10		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		85.40		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		253.10		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		309.30		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		959.70		
Berat tertahan No.12			583.30		
Jumlah Berat		5000	2197.9		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2197.9		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	56.042		%

Laboran

(Mahfud)

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block A₁ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 3 : 0 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (A2) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	6.70		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		41.60		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		140.40		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		230.40		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		337.60		
Berat tertahan No.12			732.10		
Jumlah Berat		5000	2178.6		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2178.6		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	56.248		%

Laboran :

(Mahfud)

Keterangan :

Komposisi Paving Block A₂ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 3 : 0 : 0,4

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (A3) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

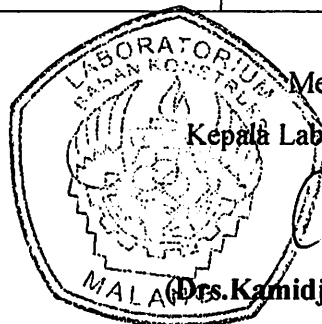
PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	6.70		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		90.50		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		272.60		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		300.00		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		920.20		
Berat tertahan No.12			620.40		
Jumlah Berat		5000	2210.4		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2210.4		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	56.792		%

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block A₃ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 3 : 0 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (B1) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	90.64		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		170.16		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		274.54		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		317.37		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		852.41		
Berat tertahan No.12			802.78		
Jumlah Berat		5000	2507.9		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2507.9		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	49.842		%

Laboran.

(Mahfud)

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block B₁ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 2,4 : 0,6 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (B2) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	104.45		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		196.34		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		291.64		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		400.32		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		858.00		
Berat tertahan No.12			807.55		
Jumlah Berat		5000	2658.3		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2658.3		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	46.834		%

Laboran

(Mahfud)

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block B₂ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 2,4 : 0,6 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (B3) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

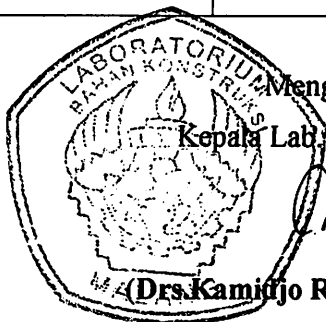
PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	96.64		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		180.16		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		284.54		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		330.37		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		859.21		
Berat tertahan No.12			808.58		
Jumlah Berat		5000	2559.5		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2559.5		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-h}{a} \times 100\%$	48.810		%

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block B₃ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 2,4 : 0,6 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya

Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006

Jenis Contoh : Paving Block (C1)

Tanggal Selesai : 19-06-2006

Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D.

Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	120.75		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		212.64		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		275.34		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		416.62		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		874.30		
Berat tertahan No.12			856.45		
Jumlah Berat		5000	2756.1		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2756.1		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	44.878		%

Laboran

(Mahfud)

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block C₁ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS

1 : 1,8 : 1,2 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (C2) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	116.80		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		208.69		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		271.39		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		412.67		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		870.35		
Berat tertahan No.12			852.50		
Jumlah Berat		5000	2732.4		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2732.4		gram
	$Keausan = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	45.352		%

Laboran

(Mahfud)

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block C₂ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS

1 : 1,8 : 1,2 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (C3) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

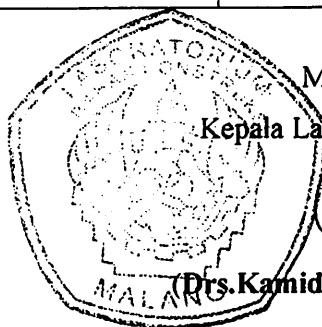
PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	135.77		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		227.66		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		290.36		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		431.64		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		889.32		
Berat tertahan No.12			871.45		
Jumlah Berat		5000	2846.2		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2846.2		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	43.076		%

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block C₃ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 1,8 : 1,2 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (D1) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	142.67		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		234.56		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		297.26		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		438.54		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		896.22		
Berat tertahan No.12			878.35		
Jumlah Berat		5000	2887.6		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2887.6		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	42.248		%

Laboran:

(Mahfud)

Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block D₁ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 1,2 : 1,8 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

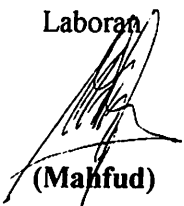
Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

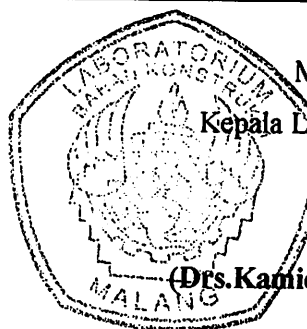
Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (D2) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

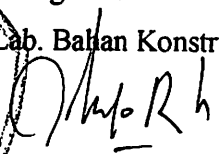
Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	153.67		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		245.56		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		308.26		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		449.54		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		907.22		
Berat tertahan No.12			889.45		
Jumlah Berat		5000	2953.7		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2953.7		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	40.926		%

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui
Kepala Lab. Bahan Konstruksi


(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block D₂ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 1,2 : 1,8 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya

Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006

Jenis Contoh : Paving Block (D3)

Tanggal Selesai : 19-06-2006

Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D.

Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	138.32		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		230.21		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		292.91		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		434.19		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		891.87		
Berat tertahan No.12			874.00		
Jumlah Berat		5000	2861.5		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2861.5		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	42.770		%

Laboran:

(Mahfud)

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block D₃ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 1,2 : 1,8 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya

Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006

Jenis Contoh : Paving Block (E1)

Tanggal Selesai : 19-06-2006

Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D.

Diperiksa Oleh : Mahfud

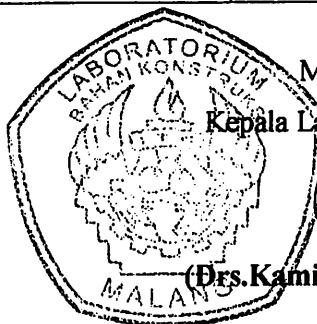
PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	159.23		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		251.12		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		313.82		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		455.10		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		912.78		
Berat tertahan No.12			895.05		
Jumlah Berat		5000	2987.1		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2987.1		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	40.258		%

Laboran

(Mahfud)



Mengetahui

Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs.Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block E₁ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 0 : 3 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

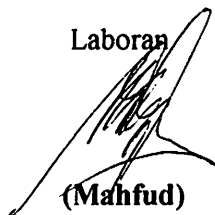
Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

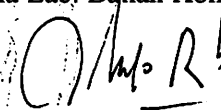
Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (E2) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	161.61		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		253.50		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		316.22		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		457.48		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		915.16		
Berat tertahan No.12			897.43		
Jumlah Berat		5000	3001.4		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	3001.4		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	39.972		%

Laboran

(Mahfud)

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan Konstruksi

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

Keterangan :

Komposisi Paving Block E2 = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 0 : 3 : 0,4



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Bend. Sigura-gura No.2 Telp.(0341)551951-551431 Malang

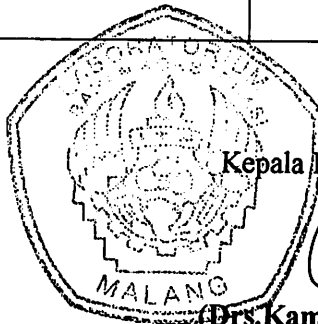
Sumber Contoh : Kenjeran Surabaya Tanggal Pengerjaan : 22-05-2006
Jenis Contoh : Paving Block (E3) Tanggal Selesai : 19-06-2006
Dikerjakan oleh : Yuliana Elivin B.D. Diperiksa Oleh : Mahfud

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)
AASHTO T 96-77

Gradasi pemeriksaan		B (Fraksi 10-20mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat Sesudah	Berat sebelum	Berat Sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500	156.02		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		247.91		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")		310.61		
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		451.89		
4.75 mm (No.4)	2.38 mm (No.8)		909.57		
Berat tertahan No.12			891.80		
Jumlah Berat		5000	2967.8		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan s/d saringan No.12	2967.8		gram
	$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$	40.644		%

Laboran



Mengetahui
Kepala Lab. Bahan Konstruksi

Keterangan : (Mahfud)

Komposisi Paving Block E₃ = Semen : Pasir : Kulit Kerang : FAS
1 : 0 : 3 : 0,4

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT)

LAMPIRAN**HASIL UJI KUAT TEKAN**

No	Kode	Berat <i>Paving Block</i> (gr)	Beban Hancur (Kg)	Luas Bidang Tekan (cm ²)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)
1	A ₁	3090.4	75000	220.5	340.130	320,5
2	A ₂	3130.8	70000	220.5	317.460	
3	A ₃	3052.5	67000	220.5	303.850	
4	B ₁	3191.4	106000	220.5	480.720	477,7
5	B ₂	3414.0	109000	220.5	494.330	
6	B ₃	3199.3	101000	220.5	458.040	
7	C ₁	3155.7	100000	220.5	453.510	472,4
8	C ₂	3221.4	105000	220.5	476.190	
9	C ₃	3144.5	107000	220.5	487.520	
10	D ₁	3143.3	100000	220.5	453.514	455,02
11	D ₂	3269.1	99000	220.5	448.970	
12	D ₃	3179.2	102000	220.5	462.580	
13	E ₁	3162.4	88500	220.5	401.360	418,0
14	E ₂	3167.3	91000	220.5	412.690	
15	E ₃	3309.3	97000	220.5	439.900	

LAMPIRAN**HASIL UJI PENYERAPAN AIR**

No	Kode	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
1	A ₁	3321.9	3102.9	7.057	7,069
2	A ₂	3265.8	3047.7	7.156	
3	A ₃	3400.7	3178.4	6.994	
4	B ₁	3238.3	3017.9	7.303	7,092
5	B ₂	3251.6	3043.1	6.851	
6	B ₃	3259.1	3042.4	7.122	
7	C ₁	3184.7	2971.7	7.167	7,2193
8	C ₂	3213.2	2995.9	7.253	
9	C ₃	3376.4	3148.5	7.238	
10	D ₁	3482.3	3238.9	7.514	7,273
11	D ₂	3303.4	3085.5	7.062	
12	D ₃	3196.4	2980.5	7.243	
13	E ₁	3171.9	2907.5	9.093	8,251
14	E ₂	3093.1	2873.1	7.657	
15	E ₃	3114.3	2883.5	8.004	

LAMPIRAN**HASIL UJI KETAHANAN AUS**

No	Kode	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)	Keausan (%)	Keausan Rata-rata (%)
1	A ₁	5000	2197.9	56.042	56.02
2	A ₂	5000	2178.6	56.248	
3	A ₃	5000	2210.4	55.792	
4	B ₁	5000	2507.9	49.842	48.49
5	B ₂	5000	2658.3	46.834	
6	B ₃	5000	2559.5	48.810	
7	C ₁	5000	2756.1	44.878	44.35
8	C ₂	5000	2732.4	45.352	
9	C ₃	5000	2846.2	43.076	
10	D ₁	5000	2887.6	42.248	41.98
11	D ₂	5000	2953.7	40.926	
12	D ₃	5000	2861.5	42.770	
13	E ₁	5000	2987.1	10.258	40.29
14	E ₂	5000	3001.4	39.972	
15	E ₃	5000	2967.8	40.644	



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
Jl. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.015 / RT.6 / T.5 / R.0 / TT. 150809 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Yuliana Elivin Bunga Dey
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura V/6 Malang.
Telepon : (0341) 577843
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : **Bata Beton (Paving Block)**
Wujud : Pecahan Padatan
Warna : Abu-abu
Bau : -

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian Laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 5 Juni 2006

7. Data hasil analisa :

Kode Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
A1	Cd	0,0000	ppm	HNO ₃	AAS
A2	Cd	0,0000	ppm	HNO ₃	AAS
A3	Cd	0,0000	ppm	HNO ₃	AAS
B1	Cd	0,0752	ppm	HNO ₃	AAS
B2	Cd	0,0960	ppm	HNO ₃	AAS
B3	Cd	0,0989	ppm	HNO ₃	AAS
C1	Cd	0,1821	ppm	HNO ₃	AAS
C2	Cd	0,2798	ppm	HNO ₃	AAS
C3	Cd	0,1921	ppm	HNO ₃	AAS
D1	Cd	0,4698	ppm	HNO ₃	AAS
D2	Cd	0,3317	ppm	HNO ₃	AAS
D3	Cd	0,3895	ppm	HNO ₃	AAS
E1	Cd	0,6694	ppm	HNO ₃	AAS
E2	Cd	0,6652	ppm	HNO ₃	AAS
E3	Cd	0,6815	ppm	HNO ₃	AAS

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Farid Rahman, S. Si, M. Si.

NIP. 132 158 726

Malang, 20 Juni 2006

Kalab. Lingkungan

A large, stylized handwritten signature in black ink, which appears to be 'Bambang Ismuyanto'.

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP 131 616 317

ANALISA STATISTIK
HASIL MINITAB

9/19/2006 7:25:53 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Descriptive Statistics: Kuat Tekan (Kg/cm^2)

Variable	Kulit kerang	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Maximum
Kuat Tekan (Kg/c	0.0	0	320.5	10.6	18.3	303.9	340.1
	0.6	0	477.7	10.6	18.3	458.0	494.3
	1.2	0	472.4	10.0	17.3	453.5	487.5
	1.8	0	455.02	4.00	6.93	448.97	462.58
	3.0	0	418.0	11.4	19.8	401.4	439.9

Correlations: Kuat Tekan (Kg/cm^2), Kulit kerang

Pearson correlation of Kuat Tekan (Kg/cm^2) and Kulit kerang = 0.315
P-Value = 0.045

Polynomial Regression Analysis: Kuat Tekan (Kg/cm^2) versus Kulit kerang

The regression equation is

$$\text{Kuat Tekan (Kg/cm}^2\text{)} = 323.5 + 11.15 \text{ Kulit kerang} - 0.2257 \text{ Kulit kerang}^2 + 0.001237 \text{ Kulit kerang}^3$$

S = 19.3701 R-Sq = 92.3% R-Sq(adj) = 90.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49187.8	16395.9	43.70	0.000
Error	11	4127.2	375.2		
Total	14	53315.0			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	5293.3	1.43	0.253
Quadratic	1	32336.3	24.74	0.000
Cubic	1	11558.2	30.81	0.000

Regression Analysis: Kuat Tekan (versus Kulit kerang, Kulit kerang, ...

The regression equation is

$$\text{Kuat Tekan (Kg/cm}^2\text{)} = 324 + 11.2 \text{ Kulit kerang} - 0.226 \text{ Kulit kerang}^2 + 0.00124 \text{ Kulit kerang}^3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	323.54	11.06	29.25	0.000
Kulit kerang	11.154	1.229	9.07	0.000
Kulit kerang^2	-0.22572	0.03327	-6.78	0.000
Kulit kerang^3	0.0012370	0.0002229	5.55	0.000

S = 19.3701 R-Sq = 92.3% R-Sq(adj) = 90.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49188	16396	43.70	0.000
Residual Error	11	4127	375		
Lack of Fit	1	1303	1303	4.61	0.057
Pure Error	10	2825	282		
Total	14	53315			

Source	DF	Seq SS
Kulit kerang	1	5293
Kulit kerang^2	1	32336
Kulit kerang^3	1	11558

Descriptive Statistics: Penyerapan Air (%)

Variable	Kulit kerang	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Maximum
Penyerapan Air (	0.0	0	7.0690	0.0471	0.0817	6.9940	7.1560
	0.6	0	7.092	0.131	0.227	6.851	7.303
	1.2	0	7.2193	0.0265	0.0459	7.1670	7.2530
	1.8	0	7.273	0.131	0.227	7.062	7.514
	3.0	0	8.251	0.433	0.749	7.657	9.093

Correlations: Penyerapan Air (%), Kulit kerang

Pearson correlation of Penyerapan Air (%) and Kulit kerang = 0.744
P-Value = 0.001

Polynomial Regression Analysis: Penyerapan Air (%) versus Kulit kerang

The regression equation is

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = 7.059 + 0.00599 \text{ Kulit kerang} - 0.000173 \text{ Kulit kerang}^2 + 0.000002 \text{ Kulit kerang}^3$$

S = 0.351688 R-Sq = 68.2% R-Sq(adj) = 59.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2.91528	0.971759	7.86	0.004
Error	11	1.36053	0.123684		
Total	14	4.27581			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	2.36544	16.10	0.001
Quadratic	1	0.50921	4.36	0.059
Cubic	1	0.04063	0.33	0.578

Regression Analysis: Penyerapan A versus Kulit kerang, Kulit kerang, ...

The regression equation is

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = 7.06 + 0.0060 \text{ Kulit kerang} - 0.000173 \text{ Kulit kerang}^2 + 0.000002 \text{ Kulit kerang}^3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7.0593	0.2008	35.15	0.000
Kulit kerang	0.00599	0.02232	2.27	0.033
Kulit kerang^2	-0.0001728	0.0006041	-2.29	0.043
Kulit kerang^3	0.00000232	0.00000405	2.57	0.047

S = 0.351688 R-Sq = 68.2% R-Sq(adj) = 59.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2.9153	0.9718	7.86	0.004
Residual Error	11	1.3605	0.1237		
Lack of Fit	1	0.0132	0.0132	0.10	0.761
Pure Error	10	1.3474	0.1347		
Total	14	4.2758			

Source	DF	Seq SS
Kulit kerang	1	2.3654
Kulit kerang^2	1	0.5092
Kulit kerang^3	1	0.0406

Unusual Observations

Obs	Kulit kerang	Penyerapan Air (%)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	100	9.0930	8.2489	0.2029	0.8441	2.94R
14	100	7.6570	8.2489	0.2029	-0.5919	-2.06R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Descriptive Statistics: Ketahanan Aus (%)

Variable	Kulit kerang	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Maximum
Ketahanan Aus (%)	0.0	0	56.027	0.132	0.228	55.792	56.248
	0.6	0	48.495	0.882	1.528	46.834	49.842
	1.2	0	44.435	0.693	1.201	43.076	45.352
	1.8	0	41.981	0.549	0.950	40.926	42.770
	3.0	0	40.291	0.195	0.337	39.972	40.644

Correlations: Ketahanan Aus (%), Kulit kerang

Pearson correlation of Ketahanan Aus (%) and Kulit kerang = -0.900
P-Value = 0.000

Polynomial Regression Analysis: Ketahanan Aus (%) versus Kulit kerang

The regression equation is

$$\text{Ketahanan Aus (\%)} = 56.00 - 0.4606 \text{ Kulit kerang} + 0.004963 \text{ Kulit kerang}^2 - 0.000019 \text{ Kulit kerang}^3$$

S = 0.945525 R-Sq = 98.0% R-Sq(adj) = 97.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	472.835	157.612	176.30	0.000
Error	11	9.834	0.894		
Total	14	482.669			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	391.377	55.73	0.000
Quadratic	1	78.649	74.65	0.000
Cubic	1	2.808	3.14	0.004

Regression Analysis: Ketahanan Au versus Kulit kerang, Kulit kerang, ...

The regression equation is

$$\text{Ketahanan Aus (\%)} = 56.0 - 0.461 \text{ Kulit kerang} + 0.00496 \text{ Kulit kerang}^2 - 0.000019 \text{ Kulit kerang}^3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	55.9957	0.5400	103.70	0.000
Kulit kerang	-0.46065	0.06000	-7.68	0.000
Kulit kerang^2	0.004963	0.001624	3.06	0.011
Kulit kerang^3	-0.00001928	0.00001088	-2.77	0.004

S = 0.945525 R-Sq = 98.0% R-Sq(adj) = 97.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	472.83	157.61	176.30	0.000
Residual Error	11	9.83	0.89		
Lack of Fit	1	0.14	0.14	0.14	0.713
Pure Error	10	9.70	0.97		
Total	14	482.67			

Source	DF	Seq SS
Kulit kerang	1	391.38
Kulit kerang^2	1	78.65
Kulit kerang^3	1	2.81

Unusual Observations

Obs	Kulit		Ketahanan		Fit	SE Fit	Residual	St Resid
	kerang	Aus (%)						
5	20	46.834	48.614	0.456	-1.780	-2.15R		

R denotes an observation with a large standardized residual.

Descriptive Statistics: Leaching (ppm)

Variable	Kulit		N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum
Leaching (ppm)	kerang						
	0.0		0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	0.6		0	0.09005	0.00747	0.01294	0.07521
	1.2		0	0.2180	0.0310	0.0537	0.1822
	1.8		0	0.3971	0.0400	0.0694	0.3318
	3.0		0	0.67206	0.00489	0.00846	0.66521

Variable	Kulit		Maximum
Leaching (ppm)	kerang		
	0.0		0.000000000
	0.6		0.09894
	1.2		0.2798
	1.8		0.4699
	3.0		0.68152

Correlations: Leaching (ppm), Kulit kerang

Pearson correlation of Leaching (ppm) and Kulit kerang = 0.987
P-Value = 0.000

Polynomial Regression Analysis: Leaching (ppm) versus Kulit kerang

The regression equation is
Leaching (ppm) = 0.00156 + 0.002106 Kulit kerang + 0.000115 Kulit kerang**2
- 0.000001 Kulit kerang**3

s = 0.0383886 R-Sq = 98.1% R-Sq(adj) = 97.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	0.856572	0.285524	193.75	0.000
Error	11	0.016211	0.001474		
Total	14	0.872782			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	0.850005	485.13	0.000
Quadratic	1	0.002956	1.79	0.206
Cubic	1	0.003611	2.45	0.146

Regression Analysis: Leaching (pp versus Kulit kerang, Kulit kerang, ...

The regression equation is
Leaching (ppm) = 0.0016 + 0.00211 Kulit kerang + 0.000115 Kulit kerang^2
- 0.000001 Kulit kerang^3

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.00156	0.02192	0.07	0.945
Kulit kerang	0.002106	0.002436	2.86	0.046
Kulit kerang^2	0.00011516	0.00006594	2.75	0.019
Kulit kerang^3	-0.00000069	0.00000044	-2.57	0.026

S = 0.0383886 R-Sq = 98.1% R-Sq(adj) = 97.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	0.85657	0.28552	193.75	0.000
Residual Error	11	0.01621	0.00147		
Lack of Fit	1	0.00034	0.00034	0.21	0.655
Pure Error	10	0.01587	0.00159		
Total	14	0.87278			

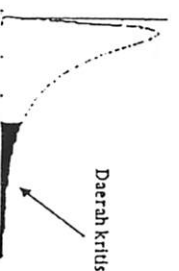
Source	DF	Seq SS
Kulit kerang	1	0.85000
Kulit kerang^2	1	0.00296
Kulit kerang^3	1	0.00361

Unusual Observations

Obs	Kulit kerang	Leaching (ppm)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	60	0.46988	0.39319	0.02062	0.07669	2.37R

R denotes an observation with a large standardized residual.

DAFTAR TABEL
F & T

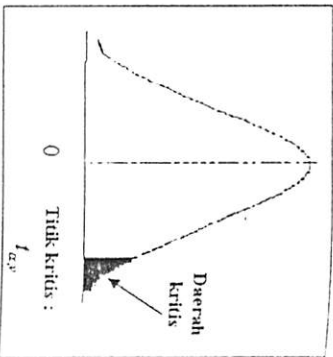


4. Tabel Distribusi Fisher (F)

untuk $\alpha = 0.05$

v_2	v_1																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	60	120	150	200
1	161.45	199.20	215.11	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	242.98	243.90	244.69	245.36	245.95	246.02	246.26	246.10	247.20	247.20	247.47	247.68
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43	19.45	19.46	19.46	19.48	19.49	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.66	8.63	8.61	8.57	8.55	8.54	8.54
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.80	5.77	5.73	5.69	5.66	5.65	5.65
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.56	4.52	4.50	4.43	4.40	4.39	4.39
6	5.99	5.14	4.76	4.52	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.87	3.83	3.81	3.74	3.70	3.70	3.69
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.44	3.40	3.38	3.30	3.27	3.26	3.25
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.15	3.11	3.08	3.01	2.97	2.96	2.95
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.94	2.89	2.86	2.79	2.75	2.74	2.73
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.77	2.73	2.70	2.62	2.58	2.57	2.56
11	4.82	3.96	3.57	3.34	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.65	2.60	2.57	2.49	2.45	2.44	2.43
12	4.73	3.87	3.48	3.25	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.54	2.50	2.47	2.38	2.34	2.33	2.32
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.46	2.41	2.38	2.30	2.25	2.24	2.23
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.39	2.34	2.31	2.22	2.18	2.17	2.16
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.43	2.40	2.33	2.28	2.25	2.16	2.11	2.10	2.10
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.13	2.07	2.04	1.95	1.90	1.89	1.88
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.17	2.14	2.11	2.09	2.01	1.96	1.92	1.83	1.77	1.76	1.75
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.93	1.88	1.84	1.74	1.68	1.67	1.66
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.75	1.69	1.65	1.55	1.47	1.45	1.44
120	3.93	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75	1.66	1.60	1.55	1.43	1.35	1.33	1.32
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73	1.64	1.58	1.54	1.41	1.33	1.31	1.30
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.63	1.56	1.52	1.39	1.30	1.28	1.27

2. Tabel Distribusi Student's (t)



v	α					
	0.1	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005
27	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750
inf	1.282	1.645	1.96	2.144	2.326	2.576

v	α					
	0.1	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	15.894	31.821	63.656
2	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779

**PROSEDUR UJI
KELAYAKAN
PAVING BLOCK**

LAMPIRAN A

PROSEDUR UJI KUAT TEKAN

A.1. Peralatan

- Mesin tes kuat tekan
- Timbangan

A.2. Urutan Tes

- Timbang dan catatlah berat benda uji.
- Letakkan benda uji pada mesin tes kuat tekan secara setris.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² per detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban di dalam pemakaiannya.
- Lakukan langkah-langkah diatas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

A.3. Perhitungan

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

P = Beban hancur (Kg)]

A = Luas bidang tekan (cm²)

LAMPIRAN B

PROSEDUR UJI PENYERAPAN AIR

B.1. Peralatan

- Bak perendam
- Timbangan
- Oven

B.2. Urutan Tes

- Rendam benda uji dalam air hingga jenuh (24 jam).
- Setelah 24 jam, timbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD = *Saturated Surface Dry*)
- Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu 100-105°C selama 24 jam.
- Timbang benda uji setelah 24 jam di oven.

B.3. Perhitungan

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(A - B)}{B} \times 100\%$$

Dimana :

A = Berat *paving block* basah (Kg)

B = Berat *paving block* kering oven (Kg)

LAMPIRAN C

PROSEDUR UJI KETAHANAN AUS

C.1. Peralatan

- Mesin abrasi Los Angeles
- Timbangan
- Saringan
- Palu

C.2. Urutan Tes

- Pecahkan benda uji dengan palu menjadi bagian-bagian kecil.
- Pisahkan pecahan-pecahan benda uji ke dalam masing-masing fraksi yakni lolos 25,40 mm s/d tertahan 19 mm sebanyak 2500 gr, dan lolos 19 mm s/d 12,50 mm sebanyak 2500 gr. Kemudian gabungkan kedua fraksi tersebut.
- Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam Mesin Los Angeles dan mesin diputar sebanyak 500 ± 1 putaran.
- Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan yang lolos 19 mm s/d yang tertahan pada saringan 1,7 mm (No.12), butiran yang lebih besar dari 1,7mm ditimbang dengan ketelitian 5 gram.

C.3. Perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

Dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan di saringan yang lolos 19 mm s/d yang tertahan pada saringan 1,7 mm (No.12) (gram)

LEMBAR
ASISTENSI
SKRIPSI



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

JL. BEND. SIGURA – GURA NO. 2

MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG SEBAGAI

AGREGAT DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey

Nim : 01 26 031

Jurusan : Teknik Lingkungan

Pembimbing : Ir. Raphael Sctang

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	5/6 - '06	- Langkah: Rumusan masalah dan Ready hypothesis - Pada Tinjauan Pustaka: Kekuatan paving block Nyatakan bahan sumbernya - Berikan penjelasan / uraian tentang logam berat pada kulit kerang. - Tugask akhir dari nchs. Sebelumnya hanya sebagai bahan penunjang untuk penulisan skripsi. - Lanjutkan	Rsy '06 6
2	4/7 - '06	- Perbaiki judul Tabel Uji Komposisi kimia Kulit Kerang. - Penekanan pada ber-kualitas baik - Lanjutkan	Rsy '06 7



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. BEND. SIGURA – GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey
Nim : 01 26 031
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Ir. Raphael Sotang.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
3	18/7-'06	- Perbaiki susunan kalimat sehingga pernyataan yg. disampaikan dalam tulisan ini menjadi jelas. - lampirkan	RS 18/7 '06
4	24/7-'06	- Cek kembali komposisi komposisi kulit kesang dg. pasir. 2,4 — 0,6 1,8 — 1,2 1,6 — 1,4. dengan hasil pengujian Lab. dilampirkan - Analisa Statistik untuk uji hipotesis & Susun kembali.	RS 24/7 '06



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. BEND. SIGURA – GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey
Nim : 01 26 031
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Ir. Raphael Sotang.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
5	9/8-06	- Perbaiki pernyataan tentang posibilitas - Perbaiki kalimat pada Bab Kesimpulan 12 h - Buat Daftar Pustaka - Ace untuk Seminar hasil penelitian	RS 9/8
6	12/8-06	- Susun Laporan TA ini yang benar dan lengkap - Ace persiapan untuk Seminar hasil	RS 12/8



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. BEND. SIGURA – GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI
STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG SEBAGAI
AGREGAT DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey
Nim : 01 26 031
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Candra Dwi Ratna W ST, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1.	29-5-06	Bab I → linier lagi ruang lingkup Bab II → penulisan bus. afing, u/ uji leaching tambahan & merkuri	
2	28-6-06	Bab I dan bab II - Acc lanjutan	
3	3-7-06	Bab III → tambahan & Acom % perbandingan berat komposisi. langkah kerja pembuatan Paving block	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. BEND. SIGURA -- GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey
Nim : 01 26 031
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Candra Dwi Ratna W ST, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		Bab IV → Perbaiki penulisan pembahasan gambar 4.1 di tambah. Lanjutkan.	
	14-7-2006	Bab III → ACC Bab IV → retibi pembahasan penambahan agregat, lanjutkan	
	24-7-2006	Penulisan Bab V - Tulis Bab V. Bab V. Lanjutkan. - Lanjutkan pembahasan - Lanjutkan pembahasan	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. BEND. SIGURA – GURA NO. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Yuliana Elivin Bunga Dey
Nim : 01 26 031
Jurusan : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Candra Dwi Ratna W ST, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	4-8-06	Perbaiki kesimpulan, point 3. perbaiki catatan statistik	
	14-8-06	- Abstrak - Pendahuluan - No gambar - Anova → Kesimpulan - Daftar pustaka di periksa kembali	
	15-8-06	Acc seminar	

DOKUMENTASI PENELITIAN



(1)



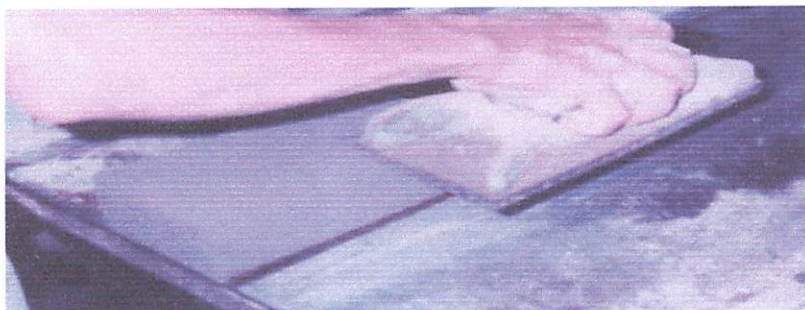
(2)



(3)



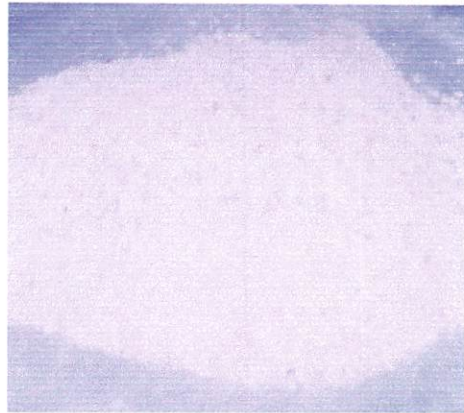
(4)



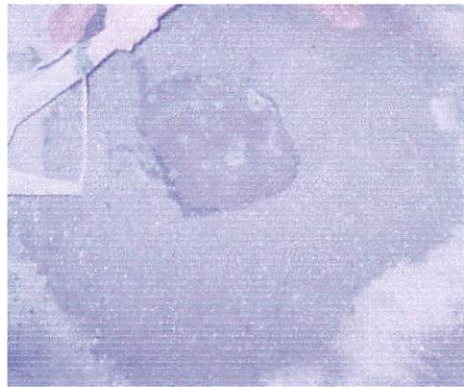
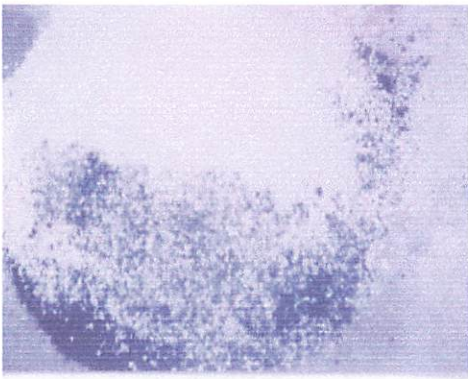
Gambar. Proses Pembuatan *Paving Block*



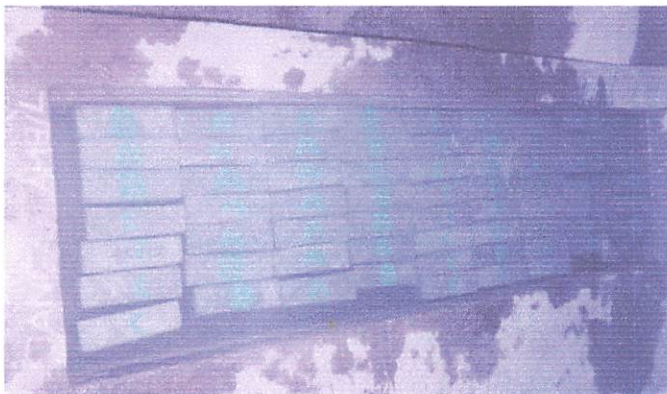
Gambar. Penjemuran Kulit Kerang



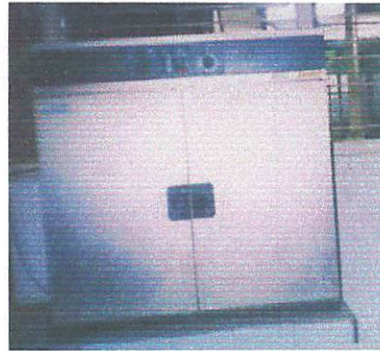
Gambar. Kulit Kerang yang Lolos Saringan No. 4 (4,75 mm)



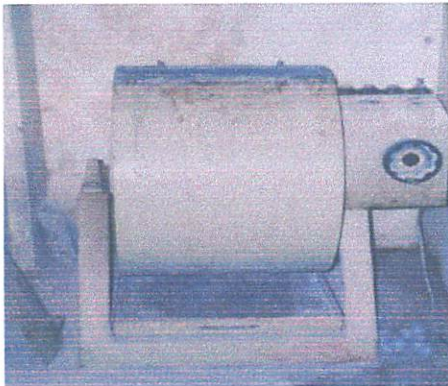
Gambar. Proses Pencampuran Bahan *Paving Block*



Gambar. Proses Curing *Paving Block*



Gambar. Uji Penyerapan Air



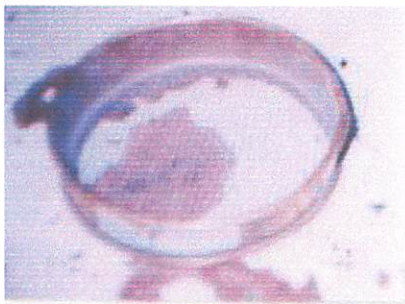
Gambar. Mesin Los Angeles



Gambar. *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*



Gambar. Mesin Pencetak *Paving Block*



Gambar. Mesin Pencetak *Paving Block*



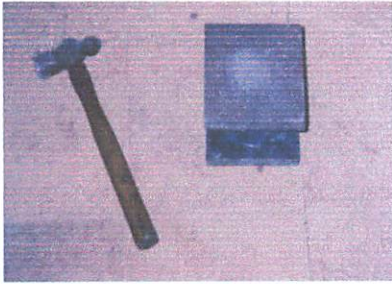
Gambar. Kaleng (Alat Ukur Bahan)



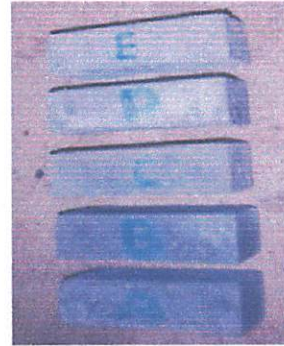
Gambar. Timbangan



Gambar. Timbangan



Gambar. Palu



Gambar. *Paving Block*