

PANDUAN PEMBUATAN
PAVING EKSPERIMEN

(Dilengkapi Artikel Publikasi Paving)



TIM TEKNIK SIPIL UNNAR

Diterbitkan oleh



Narotama University Press



NAROTAMA University Press

Panduan Pembuatan Paving Eksperimen/
disusun oleh TIM TEKNIK SIPIL UNNAR
122 hal; xii ; editor, Seger S.S

Copyright © 2018 oleh TIM TEKNIK SIPIL UNNAR

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© All Rights Reserved

Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya
dalam bentuk apapun tanpa ijin tertulis dari Penerbit

© Cetakan Pertama November 2018

Ukuran Buku : A5 (14,8 x 21 cm)

Penyusun : Sri Wiwoho Mudjanarko, Nawir Rasidi
Machiky Mayestino, Sugiharti, Dadang
Supriyatno, Arthur Daniel Limantara,
Tubagus Purworusmiardi, Andrias Eko Adi
Sutrisno, Suprayitno, Firdaus Pratama Wiwoho

Editor : Seger S.S
Layout/Setting : Gatut Purwanto
Design Cover : Gatut Purwanto

ISBN : 978-602-6557-42-1

© HAK CIPTA DILINDUNGI UNDANG-UNDANG

Isi diluar tanggungjawab Penerbit

Diterbitkan oleh **Narotama University Press**
Jl. Arief Rachman Hakim No.51 Surabaya 60117
Telp: 031-5946404, 5995578 Fax: 031-5931213
Website: www.narotama.ac.id
Email: narotamapress@narotama.ac.id

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr, Wb

Dengan mengucapkan Hamdallah sebagai ucapan Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Nikmat-Nya, sehingga buku Paving dan Artikel Penelitian dapat diselesaikan.

Ide dasar penyusunan buku ***Panduan Pembuatan Paving Eksperimen*** (dilengkapi Artikel Publikasi Paving) adalah bagaimana membuat pembaca dapat mengetahui, membuat paving secara teknik sederhana dan bisa dilakukan secara mandiri.

Buku ini juga dibuat sebagai salah satu output Hibah Penelitian RistekDikti Tahun Anggaran ke II/2018 Skim Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) Universitas Naretama yang membahas tentang pembuatan

Paving. Pada tahun ke I/2017 telah terbit buku Panduan Pembuatan Paving.

Buku ini adalah bagian pengembangan edisi cetak Buku Panduan Pembuatan Paving. Referensi buku Panduan Pembuatan Paving Eksperimen (Dilengkapi Artikel Publikasi Paving) diambil dari berbagai sumber diantaranya hasil penelitian, buku, bimbingan skripsi, artikel publikasi dan sumber online lainnya.

Pada kesempatan yang baik ini tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Dekan Teknik Sipil dan Pimpinan LPPM Universitas Narotama yang telah memberikan kesempatan melakukan percetakan Buku Paving dan Artikel Penelitian di Percetakan Narotama Press hingga terbit.

Ucapan terima kasih kepada Pimpinan Politeknik Negeri Malang, Universitas Kadiri, dan Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) atas kerjasama dalam pelaksanaan penelitian Paving. Buat rekan tim peneliti Dr. Nawir Rasidi ST., MT. ,

Machiky Mayestino ST., MT., Ir. Sugiharti MT., Dr. Ir. Dadang Supriyatno MT., Tubagus Purworusmiardi S.Kom., MM., Mohd. Haziman Wan Ibrahim PhD, Firdaus Pratama Wiwoho, Mahasiswa S2 Teknik Sipil Universitas Narotama: Ir Arthur Daniel Limantara MSi, Andrias Eko Adi Sutrisno ST, Suprayitno ST. dan P. Robi ST dari CV Alamsah Jaya Malang selaku pemilik Industri Jaya Paving yang telah membantu melaksanakan penelitian secara bersama dan kompak sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan optimal.

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian dan bantuan biaya penelitian. Tak ketinggalan mahasiswa teknik sipil Universitas Narotama yang berperan serta dalam pembuatan paving dari awal desain sampai pembuatan di laboratorium khususnya mbak Sistu dan mas Irfan.

Tim Penulis berharap buku ini bermanfaat buat pembaca menambah pengetahuan di bidang teknik sipil khususnya pembuatan produk Paving dan sekaligus mohon koreksi membangun demi kesempurnaan buku ini di kemudian hari.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Nopember 2018

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
Bab 1 Paving	1
Bab 2 Macam Material dan <i>Curing</i>	7
Bab 3 Material Tambahan	45
Bab 4 Pembuatan Paving	77
Bab 5 Pengujian Paving	91
Bab 6 Desain Cetakan Paving	95
Bab 7 Artikel Penelitian	99
Bab 8 Kegiatan Paving	105

SANKSI PELANGGARAN PASAL 113

Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pekerjaan paving	2
Gambar 1.2. Hasil cetakan <i>paving block</i>	5
Gambar 1.3. Pelataran parkir	6
Gambar 2.1. Agregat halus/pasir	12
Gambar 2.2. Pasir silika	12
Gambar 2.3. Kerikil	14
Gambar 2.4. Macam semen	17
Gambar 2.5. Air	41
Gambar 3.1. Campuran <i>additive</i>	51
Gambar 3.2. <i>Curing spray</i>	72
Gambar 3.3. <i>Curing paving</i>	73
Gambar 3.4. <i>Curing</i> rendam	73
Gambar 4.1. Bambu	79
Gambar 4.2. Proses pemotongan bambu	79
Gambar 4.3. Pembuatan serat bambu dengan alat pemadat	80
Gambar 4.4. Bambu yang telah di tumbuk dengan alat pemadat ...	80
Gambar 4.5. Serat bambu yang diayak	81
Gambar 4.6. Bahan campuran serat bambu	84
Gambar 4.7. Bahan campuran kerikil pasir	84
Gambar 4.8. Bahan campuran pasir	85
Gambar 4.9. Bahan campuran semen	85
Gambar 4.10 Alat pemadat <i>paving block</i>	86
Gambar 4.11 Proses pembuatan <i>paving block</i>	86
Gambar 4.12 Hasil <i>paving block</i>	87
Gambar 4.13 Perendaman <i>paving block</i>	89
Gambar 5.1. Mesin uji tekan	92
Gambar 6.1. Desain Cetakan Paving	96
Gambar 6.2. Cetakan paving	96
Gambar 6.3. Cetakan paving	97

Gambar 6.4. Cetakan paving	97
Gambar 6.5. Cetakan paving	98
Gambar 7.1. Publikasi MATEC web of conferences (SCOPUS Index) ..	100
Gambar 7.2. Publikasi OJS Lentera (S6 SINTA)	101
Gambar 7.3. Publikasi AIP conference proceedings	102
Gambar 7.4. Publikasi First ke 1 Polsri Palembang	103
Gambar 8.1. Semen	105
Gambar 8.2. Pasir abu batu	106
Gambar 8.3. Pasir abu batu	106
Gambar 8.4. Fly ash	107
Gambar 8.5 Penuangan pasir ke mixer	107
Gambar 8.6 Penuangan Pasir ke Mixer	108
Gambar 8.7 Penuangan Semen ke dalam Mixer	108
Gambar 8.8 Penakaran fly ash	109
Gambar 8.9 Pemberian air ke dalam mixer	109
Gambar 8.10 Mixer paving	110
Gambar 8.11 Cetakan paving	110
Gambar 8.12 Cetakan paving	111
Gambar 8.13 Hasil benda uji paving	112
Gambar 8.14 Hasil paving diletakkan di palet multipleks	113
Gambar 8.15 Gerobak pengangkut paving	113
Gambar 8.16 Dongkrak hidrolik	114
Gambar 8.17 Paving dikeringkan	114
Gambar 8.18 Gudang proses produksi paving	115
Gambar 8.19 Timbangan	116
Gambar 8.20 Tabung ukur	117

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Syarat mutu <i>paving block</i>	4
Tabel 2.1. Batas-batas gradasi agregrat halus	10
Tabel 2.2. Zat warna dari warna yang dihasilkan	23
Tabel 2.3. Komposisi kimia semen portland	24
Tabel 2.4. Sfesifikasi fisika semen portland	25
Tabel 2.5. Jenis-jenis semen portland	26
Tabel 2.6. Jenis-jenis proses pembuatan semen	38
Tabel 3.1 Tipe-tipe dari <i>chemical admixture</i>	50
Tabel 3.2. Komposisi kimia pada <i>fly ash</i>	53
Tabel 3.3. Komposisi fisik pada <i>fly ash</i>	54
Tabel 3.4. Nilai muai dan susut pada bambu	55
Tabel 5.1. Pengujian <i>paving block</i>	91



Universitas Narotama Surabaya

BAB I

PAVING

1. Pendahuluan

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

Paving beton (*paving block*) dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya. Paving digunakan sebagai perkerasan permukaan jalan, baik jalan untuk keperluan parkir kendaraan, jalan raya, keperluan dekoratif taman dan untuk keperluan pelataran.



Gambar 1.1. Pekerjaan paving

Paving block dengan kualitas baik adalah mempunyai nilai kuat tekan tinggi (MPa) dan nilai absorpsi (persentase serapan air) yang rendah. Pembuatan paving block menggunakan pedoman mutu SNI03-0691-1996.

Saat ini telah banyak dilakukan pembuatan *paving block* dengan beragam material pembentuknya. (Suwito, Mudjanarko, & Koespiadi, 2017) melakukan penelitian dengan menggunakan campuran tanah pedel sebagai bahan pembuatan paving dengan hasil memenuhi SNI03-0691-1996.

2. Syarat mutu *Paving Block*

Menurut SNI-03-0691-1996, syarat mutu Paving beton (paving block) adalah sebagai berikut:

- a. Sifat tampak
Paving beton harus memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.
- b. Mempunyai Ukuran
Paving beton harus mempunyai ukuran tebal nominal 60 mm dengan toleransi +8%
- c. Sifat fisika Paving beton adalah apabila diuji tidak boleh cacat dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimal 1%

Pada **Tabel 1** dapat dilihat bahwa paving block mempunyai persyaratan kuat tekan, ketahanan aus dan penyerapan rata-rata maksimum dari standart SNI-03-0691-1996. Mutu kuat tekan A lebih tinggi dibandingkan mutu kuat tekan D.

Semakin kuat mutu tekan berarti paving block mampu menerima beban besar seperti tonase Truk.

Sedangkan apabila semakin ringan maka paving block bisa digunakan sebagai perkerasan dalam rumah atau taman.

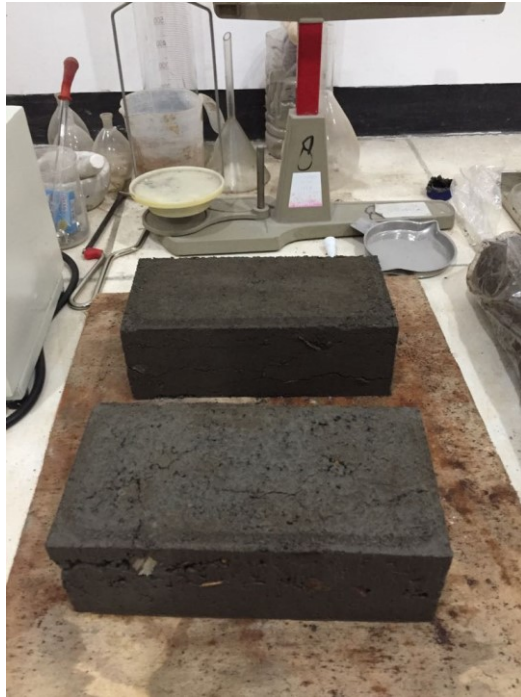
Tabel 1.1. Syarat mutu *paving block*

Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan rata-rata maksimal
	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

Klarifikasi Paving Block

Dari klarifikasi paving block ini didasarkan pada SNI-03-0691-1996, adalah:

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



Gambar 1.2. Hasil cetakan *paving block*

Keuntungan Penggunaan Paving Block

Adapun keuntungan dari *paving block* adalah sebagai berikut:

- a. Dalam pelaksanaan mudah, karena tidak memerlukan keahlian khusus serta tidak memerlukan alat berat dalam pemasangan.
- b. Dapat diproduksi secara masal.

- c. Pemeliharaan mudah dan murah karena dapat dipasang kembali setelah dibongkar bila terjadi kerusakan di salah satu *paving block*.
- d. Tahan terhadap beban vertikal dan horisontal yang disebabkan oleh rem atau kecepatan kendaraan berat.
- e. Pada saat pengerjaan tidak menimbulkan kebisingan dan debu.
- f. Mempunyai nilai estetika yang unik terutama jika didesain dengan bentuk dan warna yang indah.



Gambar 1.3. Pelataran parkir

BAB 2

MACAM MATERIAL DAN CURING

2.1. Agregat Halus/Pasir

Agregat halus Agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15-5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau dari tepi laut.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu: pasir galian, pasir sungai dan pasir laut. Agregat halus (pasir) menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada Tabel 2.6.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus menurut Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah sebagai berikut ini:

- 1) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\pm 2,2$.
- 2) Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut ini. a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%. b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%.
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5% (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,06 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- 5) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder. Untuk itu, bila direndam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap daripada warna larutan pembanding. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini

dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.

- 6) Susunan besar butir agregat halus harus memenuhi modulus kehalusan antara 1,5–3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3 dan 4 (SKBI/BS.882) dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.
 - a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2% berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, harus maksimum 10% berat.
 - c) Sisa di atas ayakan 0,3 mm, harus maksimum 15% berat.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir dengan alkali harus negatif.

8. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
9. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang). Susunan besar butir agregat halus lebih penting daripada susunan besar butir agregat kasar, karena agregat halus bersama dengan semen dan air membentuk mortar yang akan melekatkan dan mengisi rongga-rongga antar butiran agregat kasar sehingga beton yang dihasilkan permukaannya menjadi rata.

Tabel 2.1. Batas-batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Butir yang Lewat Ayakan (%)			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Tjokrodimuljo, 2007)

Pemakaian agregat halus yang terlalu sedikit dapat mengakibatkan berbagai hal seperti berikut ini.

- 1) Terjadi segregasi, karena agregat kasar dengan mudah saling memisahkan diri akibat mortar yang tidak dapat mengisi rongga-rongga antarabutiran agregat kasar dengan baik.
- 2) Campuran akan kekurangan pasir, yang disebut *under sanded*.
- 3) Adukan beton akan menjadi sulit untuk dikerjakan sehingga dapat menimbulkan sarang kerikil.
- 4) Finishing akan menghasilkan beton dengan permukaan kasar.
- 5) Beton yang dihasilkan menjadi tidak awet.

Pemakaian agregat halus terlalu banyak maka akan mengakibatkan berbagai hal berikut ini:

- 1) Campuran menjadi tidak ekonomis.
- 2) Diperlukan banyak semen untuk mencapai kekuatan yang sama yang dihasilkan oleh campuran dengan perbandingan optimum antara agregat halus dan agregat kasar.



Gambar 2.1 : Agregat halus/pasir
(sumber: <http://wm-site.com/wp-content/uploads/2012/05/pasir-bangunan.jpg>)



Gambar 2.2. Pasir silika
(Sumber: http://202.67.224.132/pdimage/87/3899787_bangka40-800420-0177mm.jpg)

2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Walau hanya bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Cara membedakan jenis agregat yang sering dilakukan dengan didasarkan pada ukuran butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir halus disebut agregat halus. Dalam pelaksanaan dilapangan, umumnya agregat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) batu untuk ukuran butir lebih dari 40 mm,
- 2) kerikil untuk ukuran butir antar 5 mm–40 mm,
- 3) pasir untuk ukuran butir antar 0,15 mm–5 mm.

Untuk mendapatkan beton yang baik diperlukan agregat berkualitas baik pula. Agregat yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007):

- 1) butirnya tajam dan keras,
- 2) kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca,
- 3) tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar,
- 4) tidak mengandung zat organik dan zat reaktif terhadap alkali.

(Sumber: <http://e-journal.uajy.ac.id/3330/3/2TS13226.pdf>)



Gambar 2.3. Kerikil

(Gambar: http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/6452542_orig.jpg)

2.3. Jenis Gradasi Agregat

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu gradasi rapat, gradasi seragam dan gradasi timpang.

1) Gradasi Rapat (*Dense Graded/Well Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dinamakan bergradasi baik bila persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0,45}$$

Dimana :

P = persen lolos saringan dengan ukuran bukaan d mm.

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

- 2) Gradasi Seragam (*Uniform Graded*) Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
- 3) Gradasi Timpang/Senjang (*Poorly Graded/Gap Graded*) Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang dan 1 fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas. (Sumber:http://eprints.undip.ac.id/34022/6/1893_CHAPTER_II.pdf)

2.4. Jenis – Jenis Semen

1) *Portland Cement*

Semen portland adalah semen *hidraulis* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat *hidraulis*, bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah *gypsum*. *Klinker* adalah penamaan untuk gabungan komponen produk semen yang belum diberikan tambahan bahan lain untuk memperbaiki sifat dari semen.

Tipe – tipe semen portland:



Gambar 2.4. Macam semen
(Sumber: <https://adhitamasteel.files.wordpress.com/2013/02/semen1.jpg>)

2) Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Ordinary Portland Cement adalah semen portland yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hiderasi dan sebagainya. *Ordinary Portland Cement* mengandung 5 % MgO, dan 2,5–3 % SO₃. Sifat-sifat *Ordinary Portland Cement* berada diantara sifat-sifat *moderate heat* semen dan *high early strength portland cement*.

3) Tipe II (*Moderate Heat Portland Cement*)

Moderate Heat Portland Cement adalah semen portland yang dipakai untuk pemakaian konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hiderasi yang sedang, biasanya digunakan untuk daerah pelabuhan dan bangunan sekitar pantai. *Moderate Heat Portland Cement* terdiri dari 20 % SiO₂, 6 % Al₂O₃, 6 % Fe₂O₃, 6 % MgO, dan 8 % C₃A.

Semen tipe ini lebih banyak mengandung C₂S dan mengandung lebih sedikit C₃A dibandingkan dengan semen tipe I.

- 4) Tipe III (*High Early Strength Portland Cement*)
High Early Strength Portland Cement adalah semen portland yang digunakan keadaan-keadaan darurat dan musim dingin. Juga dipakai untuk produksi beton tekan. *High Early Strength Portland Cement* ini mempunyai kandungan C3S lebih tinggi dibandingkan dengan semen tipe lainnya sehingga lebih cepat mengeras dan cepat mengeluarkan kalor. *High Early Strength Portland Cement* tersusun atas 6 % MgO, 3,5–4,5 % Al₂O₃, 35 % C3S, 40 % C2S, dan 15 % C3A. Semen tipe ini sangat cocok digunakan untuk pembangunan gedung-gedung besar, pekerjaan-pekerjaan berbahaya, pondasi, pembetonan pada udara dingin, dan pada *prestressed coccretel*, yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi.
- 5) Tipe IV (*Low Heat Portland Cement*)
Low Heat Portland Cement adalah semen portland yang digunakan untuk bangunan dengan panas hiderasi rendah misalnya pada bangunan beton yang besar dan tebal, baik sekali untuk mencegah keretakan. *Low Heat Portland Cement* ini mempunyai kandungan C3S dan C3A lebih

rendah sehingga pengeluaran kalornya lebih rendah. *Low Heat Portland Cement* tersusun atas 6,5 % MgO, 2,3 % SO₃, dan 7 % C₃A. Semen ini biasa digunakan untuk pembuatan atau keperluan hidraulik engineering yang memerlukan panas hiderasi rendah.

- 6) Tipe V (*Shulphato Resistance Portland Cement*)
Shulphato Resistance Portland Cement adalah semen portland yang mempunyai kekuatan tinggi terhadap sulfur dan memiliki kandungan C₃A lebih rendah bila dibandingkan dengan tipe–tipe lainnya, sering digunakan untuk bangunan di daerah yang kandungan sulfatnya tinggi, misalnya: pelabuhan, terowongan, pengeboran di laut, dan bangunan pada musim panas. *Shulphato Resistance Portland Cement* tersusun atas 6 % MgO, 2,3 % SO₃, 5 % C₃A.
- 7) Semen Putih (White Cemen)
Semen Putih adalah semen yang dibuat dengan bahan baku batu kapur yang mengandung oksida besi dan oksida magnesia yang rendah (kurang dari 1%) sehingga dibutuhkan pengawasan

tambahan agar semen ini tidak terkontaminasi dengan Fe_2O_3 selama proses berlangsung. Pembakaran pada tanur putar menggunakan bahan bakar gas, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kontaminasi terhadap abu hasil pembakaran, juga terhadap oksida mangan sehingga warna dari semen putih tersebut tidak terpengaruh. Semen putih mengandung 24,2% SiO_2 , 4,2% Al_2O_3 , 0,39% Fe_2O_3 , 65,8% CaO , 1,1% MgO dan 0,02% Mn_2O_3 . Semen Putih digunakan untuk bangunan arsitektur dan dekorasi.

8) Semen Sumur Minyak (*Oil Well Cement*)

Semen Sumur Minyak adalah semen portland yang dicampur dengan bahan retarder khusus seperti *lignin*, *asam borat*, *casein*, gula, atau *organic hidroxid acid*. Semen Sumur Minyak mengandung 6% MgO , 3% SO_3 , 48–65% C_3S , 3% C_3A , 24% $\text{C}_4\text{AF} + 2\text{C}_3\text{A}$, dan 0,75% alkali (N_2O). Fungsi *retarder* disini adalah untuk mengurangi kecepatan pengerasan semen atau memperlambat waktu pengerasan semen, sehingga adukan dapat dipompakan ke dalam sumur minyak atau gas. Semen Sumur Minyak

digunakan antara lain untuk melindungi ruangan antara rangka sumur minyak dengan karang atau tanah sekelilingnya, sebagai rangka sumur minyak dari pengaruh air yang korosif.

9) Semen Masonry

Semen Masonry adalah semen *hidraulik* yang digunakan sebagai adukan konstruksi *masonry*, mengandung satu atau lebih *blast furnance slag cement* (semen kerak dapur tinggi), *semen portland pozzolan*, *semen alam atau kapur hidraulik* dan bahan penambahnya mengandung satu atau lebih bahan–bahan seperti: kapur padam, batu kapur, *chalk*, *calceous shell*, *talk*, *slag*, atau tanah liat yang dipersiapkan untuk keperluan ini. Sifat semen ini mempunyai penyerapan air yang baik, berdaya *plastissitas* yang tinggi dan kuat tekan yang rendah [Rudi Pringadi .ir, 1995]

10) Semen Berwarna

Sering dibutuhkan semen yang mempunyai warna yang sama dengan bahan atau material yang akan direkatkannya. Semen Berwarna dibuat dengan

menambahkan zat warna (*pigmen*) sebanyak 5 – 10% pada saat semen putih digiling. Zat warna yang ditambahkan harus tidak mempengaruhi selama penyimpanan atau selama pemakaian semen tersebut.

Tabel 2.2. Zat warna dari warna yang dihasilkan

ZAT WARNA	WARNA YANG DIHASILKAN
Oksida – Oksida besi	Merah, kuning, Cokelat, dan Hitam
Mangan Dioksida	Cokelat, dan Hitam
Chromium Oksida	Hijau
Ultramarine Blue	Biru
Cobalt Blue	Biru
Carbon Blue	Hitam

11) Semen Cat

Semen Cat merupakan tepung semen dari semen portland yang digiling bersama –sama dengan zat warna, filter, dan water repellent agent. Sement cat biasanya dibuat waran putih yaitu dengan titanium oksida atau ZnS. Sebagai filter biasanya dipakai water repellent agent atau bahan silika, sedangkan sebagai accelerator dipakai CaCL_2 dan

sebagai water repellent agent dipakai kalsium atau aluminium stearat.

Tabel 2.3. Komposisi kimia semen portland

KOMPOSISI (%)	TIPE				
	I	II	III	IV	V
1. SiO ₂ minimal	-	20,0	-	-	-
2. Al ₂ O ₃ maksimal	-	6,0	-	-	-
3. Fe ₂ O ₃ maksimal	-	6,0	-	6,5	-
4. MgO maksimal	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5. SO ₃ maksimal bila C ₃ A<8 %	2,5	3,0	3,5	2,3	2,3
6. SO ₃ maksimal bila C ₃ A>8%	3,0	-	4,5	-	-
7. Hilang penyalaaan maksimal	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
8. Residu tak larut maksimal	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
9. C ₃ S maksimal	-	-	-	35,0	-
10. C ₂ S minimal	-	-	-	40,0	-
11. C ₃ A	-	8,0	15,0	7,0	5,0

(Sumber: Walter H. Duda, 1976)

Tabel 2.4. Sfesifikasi fisika semen portland

SPESIFIKASI	TIPE				
	I	II	III	IV	V
1. Kehalusan : a. Sisa diatas ayakan 0,09 mm maksimal % b. Dengan alat blaine, minimal (cm ² /gr)	0 800	0 800	0 800	0 800	0 800
2. Waktu pengikatan : a. Dengan alat vlost, awal minimal (menit) b. Dengan alat vlost, akhir minimal (menit) c. Dengan alat gillmore, awal minimal (menit) d. Dengan alat gillmore, akhir minimal (menit)	5 5 0 0	5 5 0 0	5 5 0 0	5 5 0 0	5 5 0 0
3. Pemuaiian dengan <i>autoclave</i> maksimal	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
4. Kuat tekan : a. Satu hari, minimal (kg/ cm ²) b. Tiga hari, minimal (kg/lcm ²) c. Tujuh hari, minimal (kg/cm ²) d. Dua puluh delapan hari, minimal (kg/cm ²)	- -25 0	- -0 75	25 50 -	- - -	- -50 10
5. Panas hiderasi : a. Tujuh hari, maksimal (cal/gr) b. Dua puluh delapan hari, maksimal (cal/gr)	- -	0 0	- -	0 0	-0 -
6. Pengikatan semu penetrasi akhir. (%)	0	0	0	0	0
7. Pemuaiian karena empat belas hari maks.	-	-	-	-	0,5

Tabel 2.5. Jenis-jenis semen portland

No. SNI	NAMA
SNI 15-0129-2004	Semen <i>portland putih</i>
SNI 15-0302-2004	Semen <i>portland pozolan / Portland Pozzolan Cement (PPC)</i>
SNI 15-2049-2004	Semen <i>portland / Ordinary Portland Cement (OPC)</i>
SNI 15-3500-2004	Semen <i>portland</i> campuran
SNI 15-3758-2004	Semen masonry
SNI 15-7064-2004	Semen <i>portland</i> komposit

Sumber : BSN (*Badan Setandar Nasional*)

12) Semen Non Portland

a. Semen Alam (Natural Cement)

Semen alam merupakan semen yang dihasilkan dari proses pembakaran batu kapur dan tanah liat pada suhu 850–1000°C kemudian tanah yang dihasilkan digiling menjadi semen halus.

b. Semen Alumina Tinggi (*High Alumina Cement*)

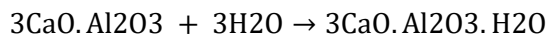
Semen Alumina Tinggi pada dasarnya adalah suatu semen kalsium aluminat yang dibuat dengan meleburkan campuran batu gamping, bauksit, dan bauksit ini biasanya mengandung

oksida besi, silika, magnesia, dan ketidakmurnian lainnya. Cirinya ialah bahwa kekuatan semen ini berkembang dengan cepat, dan ketahanannya terhadap air laut dan air yang mengandung sulfat lebih baik.

c. *Semen Portland Pozzolan.*

Semen Portland Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen akan tetapi dalam bentuk halusnya dan dengan adanya air, maka senyawa–senyawa tersebut akan bereaksi membentuk kalsium aluminat hidrat yang bersifat hidraulis.

Reaksi:



Bahan pozzolan tersusun atas 45–72 % SiO_2 , 10–18 % Al_2O_3 , 1–6 % Fe_2O_3 , 0,5–3 % MgO , 0,3–1,6 % SO_3 .

Semen portland pozzolan merupakan suatu bahan pengikat hidraulis yang dibuat dengan menggiling bersama–sama terak semen portland dan bahan yang mempunyai sifat

pozzolan, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dan bubuk bahan lain yang mempunyai sifat *pozzolan*. Bahan pozzolan yang ditambahkan besarnya antara 15–40 %.

d. Semen Sorel.

Semen Sorel adalah semen yang dibuat melalui reaksi eksotermik larutan magnesium klorida 20 % terhadap suatu ramuan magnesia yang didapatkan dari kalsinasi magnesit dan magnesia yang didapatkan dari larutan garam. Reaksi: $3MgO + MgCl_2 + 11 H_2O \rightarrow 3MgO.MgCl_2.11 H_2O$

Semen Sorel mempunyai sifat keras dan kuat, mudah terserang air dan sangat korosif. Penggunaannya terutama adalah semen lantai, dan sebagai dasar pelantai dasar seperti ubin dan terazu.

e. *Portland Blast Furnance Slag Cement*.

Portland Blast Furnance Slag Cement adalah semen yang dibuat dengan cara menggiling campuran *klinker* semen *portland* dengan

kerak dapur tinggi (*Blast Furnance Slag*) secara homogen. Kerak (*slag*) adalah bahan non metal hasil samping dari pabrik pengecoran besi dalam tanur (Dapur Tinggi) yang mengandung campuran antara kapur (CaCO_3) silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) . Sifat semen ini jika kehalusannya cukup, mempunyai kuat tekan yang sama dengan semen portland, betonnya lebih stabil dari beton semen *portland*, *permeabilitinya* rendah, pemuaian dan penyusutan dalam udara kering sama dengan semen portland.

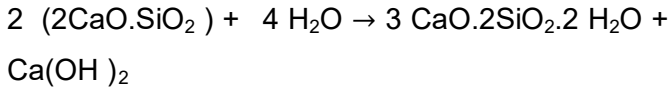
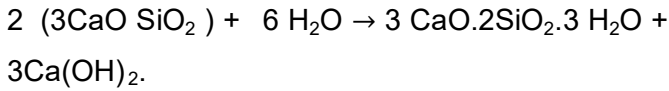
Sifat – Sifat Semen Portland

1) Hiderasi Semen.

Hiderasi semen adalah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air. Untuk mengetahui hiderasi semen, maka harus mengenal hiderasi dari senyawa – senyawa yang terkandung dalam semen (C_2S , C_3S , C_3A , C_4AF).

2) Hiderasi Kalsium Silikat (C_2S dan C_3S)

Kalsium silikat di dalam air akan terhidrolisa menjadi kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Dan kalsium silikat hidrat ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) pada suhu 30°C .



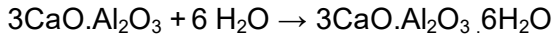
Kalsium silikat hidrat (CSH) adalah silikat di dalam kristal yang tidak sempurna, bentuknya padatan berongga yang sering di sebut *Tobermorite Gel*.

Adanya kalsium hidroksida akan membuat pasta semen bersifat basa kuat (pH=12,5) hal ini dapat menyebabkan pasta semen sensitif terhadap asam kuat tetapi dapat mencegah baja mengalami korosi.

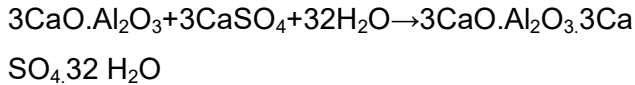
3) Hiderasi C₃A

Hiderasi C₃A dengan air yang berlebih pada suhu $\pm 30^\circ\text{C}$ akan menghasilkan kalsium alumina hidrat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) yang mana kristalnya berbentuk kubus, di dalam semen karena adanya *gypsum* maka hasil hiderasi C₃A sedikit berbeda. Mula-mula C₃A akan bereaksi dengan *gypsum* menghasilkan *sulfo aluminate* yang kristalnya berbentuk jarum dan biasa disebut *ettringite* namun pada akhirnya *gypsum* bereaksi semua, baru terbentuk kalsium *aluminate hidrat* (CAH)

- 4) Hiderasi C₃A tanpa gypsum (± 30 °C):

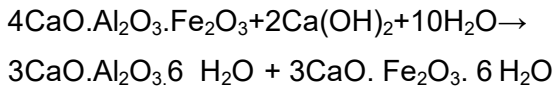


Hiderasi C₃A dengan gypsum (± 30 °C):



Penambahan *gypsum* pada semen dimaksudkan untuk menunda pengikatan, hal ini disebabkan karena terbentuknya lapisan *ettringite* pada permukaan–permukaan kristal C₃A sehingga dapat menunda hiderasi C₃A.

- 5) Hiderasi C₄AF (± 30 H₂O °C):



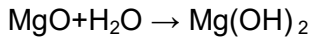
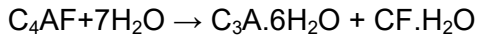
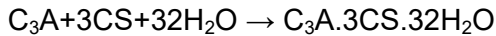
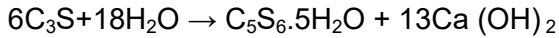
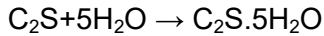
- 6) Setting Dan Hardening.

Setting dan *Hardening* adalah pengikatan dan pengerasan semen setelah terjadi reaksi hiderasi. Semen apabila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis dan dapat dibentuk (*Workable*) sampai beberapa waktu karakteristik dari pasta tidak berubah dan periode ini sering disebut *Dorman Period* (periode tidur).

Pada tahapan berikutnya pasta mulai menjadi kaku walaupun masih ada yang lemah, namun sudah tidak dapat dibentuk (*Unworkable*). Kondisi ini disebut *Initial Set*, sedangkan waktu yang diperlukan mulai dibentuk (ditambah air) sampai kondisi Initial Set disebut *Initial Setting Time* (waktu pengikatan awal). Tahapan berikutnya pasta melanjutkan kekuatannya sehingga didapat padatan yang utuh dan bias disebut *Hardened Cement Pasta*. Kondisi ini disebut *final set* sedangkan waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi ini disebut *Final Setting Time* (waktu pengikatan akhir). Proses pengerasan berjalan terus berjalan seiring dengan waktu akan diperoleh kekuatan proses ini dikenal dengan nama *hardening*.

Waktu pengikatan awal dan akhir dari semen dalam prakteknya sangat penting, sebab waktu pengikatan awal akan menentukan panjangnya waktu dimana campuran semen masih bersifat plastik. Waktu pengikatan awal minimum 45 menit sedangkan waktu pengikatan akhir maksimum 8 jam.

Reaksi pengerasan :



7) Panas Hiderasi

Panas Hiderasi adalah panas yang dilepaskan selama semen mengalami proses hiderasi. Jumlah panas hiderasi yang terjadi tergantung tipe semen, kehalusan semen, dan perbandingan antara air dengan semen.

Kekerasan awal Semen yang tinggi dan panas hiderasi yang besar kemungkinan terjadi retak-retak pada beton, hal ini disebabkan oleh *phosfor* yang timbul sukar dihilangkan sehingga terjadi pemuaihan pada proses pendinginan.

8) Penyusutan

Ada tiga macam penyusutan yang terjadi didalam semen:

- *Drying Shrinkage* (Penyusutan karena pengeringan)
- *Hidration Shrinkage* (Penyusutan karena hidrasi)
- *Carbonation Shrinkage* (Penyusutan karena karbonasi)

Yang paling berpengaruh terhadap permukaan beton adalah *Drying Shrinkage*, penyusutan ini terjadi karena penguapan selama proses *setting* dan *hardening*. Bila besaran kelembapannya dapat dijaga, maka keretakan beton dapat dihindari. Penyusutan ini dipengaruhi juga kadar C_3A yang terlalu tinggi.

9) Kelembaban

Kelembaban timbul karena semen menyerap uap air dan CO_2 dalam jumlah yang cukup banyak sehingga terjadi penggumpalan. Semen yang menggumpal kualitasnya akan menurun karena bertambahnya *loss on ignition* (LOI) dan menurunnya spesifik gravity sehingga kekuatan semen menurun, waktu pengikatan dan pengerasan makin lama, dan terjadinya *false set*.

10) *Loss On Ignation* (Hilang Pijar)

Loss on ignition dipersyaratkan untuk mencegah adanya mineral–mineral yang terurai pada saat pemijaran, dimana proses ini dapat menimbulkan kerusakan pada batu setelah beberapa tahun kemudian.

11) Spesifik Gravity

Spesifik Gravity dari semen merupakan informasi yang sangat penting dalam perancangan beton. Didalam pengontrolan kualitas *Spesifik Gravity* digunakan untuk mengetahui seberapa jauh kesempurnaan pembakaran *klinker*, juga apakah *klinker* tercampur dengan *impuritis*.

12) *False Set*

Proses yang terjadi bila adonan mengeras dalam waktu singkat. *False set* dapat dihidari dengan melindungi semen dari pengaruh udara luar, sehingga *alkali karbonat* tidak terbentuk didalam semen.

Teknologi Pembuatan Semen

1) Proses Basah

Pada proses ini, bahan baku dipecah kemudian dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampurkan dengan luluh tanah liat. Bubur halus dengan kadar air 25-40 % (*slurry*) dikalsinasikan dalam tungku panjang (*long rotary kiln*).

Keuntungan:

- *Umpan lebih homogen, semen yang diperoleh lebih baik*
- *Efisiensi penggilingan lebih tinggi dan tidak memerlukan suatu unit homogenizer*
- *Debu yang timbul relatif sedikit Kerugian:*
- *Bahan bakar yang digunakan lebih banyak, butuh air yang cukup banyak.*
- *Tanur yang digunakan terlalu panjang karena memerlukan zone dehidrasi yang lebih panjang untuk mengendalikan kadar air.*
- *Biaya produksi lebih mahal.*

2) Proses Semi Basah

Pada proses ini penyediaan umpan tanur hampir sama seperti proses basah. Hanya saja disini umpan tanur disaring lebih dahulu dengan filter press. Filter cake dengan kadar 15-25 % digunakan sebagai umpan tanur. Konsumsi panas pada proses ini sekitar 1000-1200 Kcal/Kg klinker. Proses ini jarang dipakai karena biaya produksi yang terlalu tinggi dan kurang menguntungkan.

3) Proses Semi kering

Proses ini dikenal sebagai *grate proses*, dimana merupakan transisi dari proses basah dan proses kering dalam pembentukan semen. Pada proses ini umpan tanur disemprot dengan air dengan alat yang disebut *granutor (pelletizer)* untuk diubah menjadi *granular* atau *nodule* dengan kandungan air 10 - 12 % dan ukurannya 10 - 12 mm seragam.

Proses ini menggunakan tungku tegak (*shaft kiln*) atau *long rotary kiln*. Konsumsi panas sekitar 1000 Kcal / Kg *klinker*.

4. Proses Kering

Pada proses ini bahan baku diolah (dihancurkan) di dalam *Raw Mill* dalam keadaan kering dan halus dan hasil penggilingan (tepung baku) dengan kadar air 0,5–1% dikalsinasikan dalam rotari kiln. Proses ini menggunakan panas sekitar 1500 – 1900 kcal/kg *klinker*

Keuntungan :

- *Tanur yang digunakan relatif pendek.*
- *Panas yang dibutuhkan rendah, sehingga bahan bakar yang dipakai relatif sedikit, dan membutuhkan air yang relatif sedikit pula.*

Kapasitas produksi lebih besar Kerugian :

- *Kadar air sangat mengganggu proses, karena material menempel pada alat.*
- *Campuran umpan kurang homogen.*
- *Banyak debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.*

Tabel 2.6. Jenis-jenis proses pembuatan semen

Nama Proses	Umpan Masuk	Tanur
	Nama Material	Kandungan Air (%)
1. Proses Basah	Slurry	25 – 40
2. Proses Semi Basah	Pellet atau Cake	15 – 25
3. Proses Semi Kering	Granular atau Nodule	10 – 12
4. Proses Kering	Tepung Baku	0,5 – 10

2.5 Air

Air merupakan bahan dasar pelarut di dalam proses yang dilakukan dunia konstruksi diantaranya pembuatan beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta sebagai bahan pelarut antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen untuk bereaksi dengan semen.

Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelarut. Penambahan air untuk pelarut tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan kekuatan beton menjadi berkurang, selain itu akan menimbulkan *bleeding*.

Hasil *bleeding* ini berupa lapisan air tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton. Fungsi air di dalam campuran beton adalah sebagai berikut ini:

- 1) Sebagai pelarut bagi agregat halus dan agregat kasar.
- 2) Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.

- 3) Penting untuk mencairkan bahan/material semen ke seluruh permukaan agregat.
- 4) Membasahi agregat, untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
- 5) Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

Pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini:

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

Air berpengaruh di dalam adukan beton sebagai berikut:

- 1) pembentukan pasta semen, yang berpengaruh pada sifat dapat dikerjakan (*workability*), kekuatan susut dan keawetan beton,

- 2) kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga dihasilkan kekerasan dan kekuatan selang beberapa waktu,
- 3) perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang sempurna,
- 4) untuk pekerjaan pembersihan alat-alat pengaduk beton setelah dipakai agar tidak cepat berkarat.



Gambar 2.5 Air

(Sumber: <http://www.moillusions.com/wp-content/uploads/3.bp.blogspot.com/albums/bb234/vurdlak8/illusions/pipe1.jpg>)



Universitas Narotama Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyadi Firdaus, Tri Wibowo S. Purnomo (2007), ***Proses Pembuatan Semen Pada PT. Holcim Indonesia Tbk.***, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Tirtayasa Cilegon – Banten
- Austin, George T, 1984. ***“Shreve`s Chemical Proses Industries”***, 5 th edition.Singapore.
- Bernasconi, G 1995. ***“Teknologi Kimia”***. Terjemahan Dr. Ir; Lienda Hanjojo, M Eng. Pt Prandnya Paramitha, Jakarta
- Duda, Walter H. 1984. ***“Cement Data Book”***, International process Engineering in the cement Industry, 2 nd Edition. Boverlag Gm Bh. Weis Baden anf Berum, Mc Donald and Evan. London
- Geankopolis C.J. 1983. ***“Trasport Process and Unit Operation”***. 2nd ed. Allyn And Bacon Inc, USA
- Perry, J.H, 1950, ***”Chemical Engineering Handbook“***,6th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York.

Richardho, Ivan. dan Hasudungan S. 2006. **“Proses Pembuatan Semen di Unit nr 4 pt. Holcim Indonesia tbk”**, Jurusan Teknik Kimia FT. UNTIRTA, Cilegon.

Websites:

<http://www.moillusions.com/wp-content/uploads/3.bp.blogspot.com/albums/bb234/vurdlak8/illusions/pipe1.jpg>

http://eprints.undip.ac.id/34022/6/1893_CHAPTER_II.pdf

http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/6452542_orig.jpg

<http://e-journal.uajy.ac.id/3330/3/2TS13226.pdf>

<http://wm-site.com/wp-content/uploads/2012/05/pasir-bangunan.jpg>

http://202.67.224.132/pdimage/87/3899787_bangka40-800420-0177mm.jpg

BAB 3

MATERIAL TAMBAHAN

1. *Additive Admixture*

Additive: Admixture bahan tambahan untuk menjadikan beton mudah diaplikasikan dan sekaligus meningkatkan mutu beton sesuai dengan desain yang diinginkan. Tujuan pemakaian *Admixture* dalam campuran beton adalah untuk meningkatkan:

- a. Penampilan (*Performance*)
- b. Mutu (*Quality*)
- c. Keawetan (*Durability*)
- d. Kemudahan pekerjaan (*Workability*)

Bahan Tambahan (*Admixture*) dibagi dalam beberapa kelompok diantaranya:

a. *Air Entraining Agent* (ASTM C260)

Yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama untuk daerah salju, juga harus memenuhi SNI 03 – 2496 – 1991.

b. *Admixture* Kimia (Bahan Tambahan Kimia), ASTM C49 dan BS 5075

Yaitu bahan tambahan cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (mempercepat atau memperlambat), mereduksi kebutuhan air, memudahkan pengerjaan beton (meningkatkan slump) dan sebagainya.

c. *Mineral Admixture* (Bahan Tambahan Mineral)

Bahan tambahan mineral ini merupakan bahan padat yang dihaluskan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar beton mudah dikerjakan dan kekuatan serta keawetannya meningkat.

Bahan-bahan tambahan mineral seperti:

- 1) Pozzolan
- 2) Slag
- 3) *Fly Ash* (Abu terbang)

- 4) Abu sekam
 - 5) Silika Fume
- d. Bahan tambahan lainnya (*Miscellaneous Admixture*) yang termasuk kategori bahan tambahan ini ialah semua bahan tambahan yang tidak termasuk kategori diatas, seperti:
- 1) Polymer
 - 2) Fiber Mash
 - 3) Bahan pencegah karatan
 - 4) Bahan tambahan yang dapat mengembang
 - 5) Bahan tambahan untuk perekat (*bonding admixture*)

Additive Admixture berjenis air *entraining* menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung udara sangat halus (berdiameter 1/100 – 2 mm) dalam beton, yang dapat memperbaiki sifat pengerjaannya (*workability*), oleh karena gelembung udara bersifat sebagai minyak pelumas dalam beton. *Bleeding* dapat dikurangi, sedangkan butiran yang besar tidak mudah terpisah dari adukannya. Hal ini menjadi sangat penting apabila beton itu harus diangkut melalui perjalanan yang panjang.

Apabila beton tidak banyak mengandung fraksi halus dalam campurannya, maka sifat pengerjaannya kurang baik, ini dapat diperbaiki dengan menggunakan air *entraining agent*. Pada umum-nya dibutuhkan 3 – 4% udara untuk memperbaiki sifat pengerjaan beton. Overdosis akan mengura-angi kekuatan tekan beton.

Sesuai dengan ASTM C 494-81 “*Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*”, definisi type dan jenis bahan tambahan kimia tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Type A : *Water Reducing Admixture*, adalah bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.

Type B : *Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi menghambat pengikatan beton.

Type C : *Accelerating Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

- Type D : *Water Reducing and Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
- Type E : *Water Reducing and Accelerating Admixture*, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.
- Type F : *Water Reducing and High Range Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
- Type G : *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak

12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

Tabel 3.1 Tipe-tipe dari *chemical admixture*

No	Tipe	Nama	Fungsi
1	Tipe A	<i>Water reducing (WR)</i>	Mengurangi penggunaan air
2	Tipe B	<i>Set Retarding (SR)</i>	Memperlambat proses pengerasan beton
3	Tipe C	<i>Set Accelerating (SA)</i>	Mempercepat pengerasan beton
4	Tipe D	WR + SR	Mengurangi penggunaan air dan mengurangi penggunaan air
5	Tipe E	WR + SA	Mengurangi penggunaan air dan mempercepat pengerasan beton
6	Tipe F	<i>High Range Water Reducing (HRWR)</i>	Mengurangi air dalam jumlah banyak
7	Tipe G	HRWR + SR	Mengurangi air dalam jumlah banyak dan memperlambat proses pengerasan beton

Sumber: *ASTMC 494-80*

Salah satu solusi yang dapat meningkatkan mutu beton dengan menggunakan jenis semen PCC. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament NN yang berfungsi dapat mengurangi pemakaian air hingga 20% dan dapat meningkatkan 40% kuat tekan beton, karena dapat mengurangi pemakaian air pada campuran beton dan meningkatkan Slump beton sampai 8 inch (208 mm) atau lebih. “Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen”.

Sikament LN berfungsi sebagai campuran adukan beton untuk mengurangi keropos, memudahkan pengecoran dan mempercepat pengerasan beton (kekuatan awal beton) dengan pengurangan air sampai 15% cara penggunaan:

- 1) Dosis sikamen LN : 250-300 ml per zak semen, dengan syarat harus mengurangi pemakaian air sampai 15% dari penggunaan air pada beton normal.



Gambar 3.1. Campuran additive

(Sumber: <http://3.imimg.com/data3/CC/QD/MY-946837/waterproofing-admixture-250x250.jpg>)

- 2) Campurkan Sikament LN dengan air secukupnya, tuangkan kedalam mixer (mollen) dan putar mixer (mollen) sampai beton tercampur dengan baik
- 3) Beton siap dituangkan/dicor
Konsumsi : 1 kemasan (900 ml) untuk +/- 3-4 zak
semen Kemasan : 20 lt

2. Fly Ash

Fly ash merupakan sisa pembakaran batu-bara yang berbentuk partikel halus amorf, merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran.

Dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu: *fly ash* dan *bottom ash*. Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10-20% *bottom ash*, sedang sisanya sekitar 80-90 % berupa *fly ash* yang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udarah melalui cerobong asap.

Fly ash dihasilkan dari Abu/sisa pembakaran batubara yang menghasilkan residu yang disebut dengan fly ash. Berdasarkan *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* (ISSN: 2319-8753) *Fly ash* dianggap sebagai amorf dan campuran mineral Ferro-aluminosilikat.

Namun, komposisi utama dari *fly ash* tergantung pada faktor-faktor geografis yang berkaitan dengan kondisi pembakaran batubara dan jenis abu tersebut. Konstituen utama Fly ash ialah oksida, Si, Al, Fe, dan Mg yang merupakan sekitar 95-99% dari total konstituen *fly ash*.

Berikut ini komposisi kimia dan sifat fisik yang diberikan pada tabel berikut di bawah ini:

Tabel 3.2. Komposisi kimia pada *fly ash*

ISI	PERSENTASE MASSA
Kalsium oksida CaO	0,37-27,68
Silikon dioksida SiO ₂	27,88-59,40
Aluminium oksida Al ₂ O ₃	5,23-33,99
Besi oksida Fe ₂ O ₃	1,21-29,63
Magnesium oksida MgO	0,42-8,79
Sulphur trioksida SO ₃	0,04-4,71
Sodium karbonat Na ₂ O	0,20-6,90
Kalium oksida K ₂ O	0,64-6,68
Titanium oksida TiO ₂	0,24-1,73
alkali & tak dikenal lainnya	4,0-6,0
Loss on ignition	0,21-28,37

Sumber: I.Nawaz. (2013).

Tabel 3.3. Komposisi fisik pada *fly ash*

Parameter	Fly ash
Massa jenis	2,17 g/cm ³
Berat massa	1,26 g/cm ³
Kadar air	2%
Bentuk partikel	Bulat/tidak rata
Warna	Abu-abu
pH	6,0-10,0
Berat jenis	1,66-2,55
Distribusi ukuran air	lumpur berpasir sampai lempung berdebu
Rembesan	45%-55%
Daya ikat air	45%-60%
konduktivitaslistrik(dS/m)	0,15-0,45

3. Curing

Curing (perawatan) pada beton memainkan peran penting pada pengembangan kekuatan dan daya tahan beton, proses *curing* dilaksanakan segera setelah proses pencetakan selesai. Proses *curing* ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam beton maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu.

Proses *curing* pada beton bertujuan memberikan kelembaban yang cukup pada proses hidrasi lanjutan dan pengembangan kekuatan, stabilitas volume, ketahanan terhadap pembekuan dan pencairan serta

abrasi. Lamanya proses curing tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

- 1) Jenis semen yang digunakan
- 2) Proporsi dari campuran
- 3) Ukuran dan bentuk daripada beton
- 4) Kondisi cuaca disekitarnya
- 5) Kondisi cuaca setelahnya

Beton di tanah (misalnya trotoar, tempat parkir, jalanan, lantai, pelapis saluran) dan beton struktur (misalnya deck jembatan, dermaga, kolom, balok, lempengan) membutuhkan waktu curing minimal tujuh hari dengan suhu sekitar 5°C diatas suhu sekitarnya.

Institut Beton Amerika ACI (*American Concrete Institute*) merekomendasikan jangka waktu minimum *curing*, proses *curing* dilakukan minimum hingga mencapai kekuatan 70% dari kekuatan yang direncanakan.

70% kekuatan dapat dicapai dengan cepat apabila curing dilakukan pada temperatur yang tinggi dan atau dengan penggunaan bahan kimia tambahan yang digunakan untuk mempercepat perkembangan kuat tekan.

Komite Institut Beton Amerika merekomendasikan waktu minimum curing sebagai berikut:

- 1) ASTM C 150 semen tipe I, waktu minimum curing 7 hari
- 2) ASTM C 150 semen tipe II, waktu minimum curing 10 hari
- 3) ASTM C 150 semen tipe III, waktu minimum curing 3 hari
- 4) ASTM C 150 semen tipe IV atau V minimum curing 14 hari
- 5) ASTM C 595, C 845, C 1157 waktu curing bervariasi

Berikut adalah grafik pengaruh **waktu** curing terhadap perkembangan kuat tekan dan grafik pengaruh **temperatur** curing terhadap perkembangan kuat tekan

Temperatur curing yang tinggi dapat membantu perkembangan kekuatan tekan awal beton tetapi dapat menurunkan kekuatan pada umur 28 hari.

A. Akibat Beton Tidak Terawat

Penguapan mengakibatkan kehilangan air, sehingga proses hidrasi terhenti, dengan konsekuensi:

- Berkurangnya peningkatan kekuatan.
- Penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, mengakibatkan timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan beton retak.

B. Pengaruh Curing terhadap Kekuatan Beton

Dapat dinyatakan bahwa perkembangan yang baik dari kekuatan beton tidak hanya dipengaruhi keseluruhan semen terhidrasi, dan ini terbukti dalam praktik di lapangan. Kualitas beton juga tergantung kepada gel/space ratio dari pasta semen.

Jika sekiranya ruang yang terisi air dalam beton segar lebih besar dari volume yang dapat diisi oleh produksi dari hidrasi, hidrasi yang lebih banyak akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dan permeabilitas yang lebih rendah (Neville, 1982).

Oleh sebab itu kehilangan air dari beton harus diproteksi, dan selanjutnya kehilangan air secara internal oleh pengeringan sendiri harus digantikan oleh air dari luar. Yaitu pemasukan air ke dalam beton harus difasilitasi sebaik mungkin, sehingga proses hidrasi yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton sangat terbantu oleh pengadaan airnya.

Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan proses hidrasi itu sendiri. Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan (Neville, 1982 dan Soroka, 1979).

Dapat ditambahkan juga, bahwa penguapan dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang mungkin menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini.

Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu. Hal ini termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan beberapa selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang-ulang.

Sehari setelah pengecoran merupakan saat yang terpenting untuk periode sesudahnya. Oleh sebab itu diperlukan perawatan dengan air sehingga untuk jangka panjang, kualitas beton, baik kekuatan maupun kekedapan airnya, dapat lebih baik. Perawatan dengan cara membasahi menghasilkan beton yang terbaik. Semakin erat pendekatan kondisi perawatan, semakin kuat beton yang dihasilkan. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 3 (Murdock dan Brook, 1999).

Dalam menafsirkan hasil pengujian laboratorium, harus diperhitungkan bahwa bahan yang diuji umumnya kecil. Oleh karenanya sifat-sifat bahan ini sangat dipengaruhi oleh perubahan dari lapisan permukaannya. Karena umumnya lapisan permukaan mudah terpengaruh oleh kondisi perawatan. Hal ini dibuktikan oleh kerusakan tampang melintang yang tebal jauh lebih kecil daripada yang ditunjukkan oleh contoh bahan uji yang lebih kecil.

Penggenangan atau penyiraman secara terus menerus tidak selalu merupakan suatu cara yang praktis, dan akan lebih baik bila disokong dengan penerapan cara-cara lain. Proteksi terhadap penguap-

an air segera setelah pengecoran yaitu menyelimuti permukaan beton dengan lembaran polythene atau kertas bangunan merupakan cara yang paling efektif pada langkah-langkah berikutnya. Tetapi, karena kurang baiknya daya insulasi bahan-bahan ini, mungkin diperlukan tambahan perlindungan untuk mengurangi pengaruh panas sinar matahari.

Secara alternatif, hessian (sejenis karung goni) yang basah dapat ditutupkan langsung pada permukaan, segera setelah beton cukup keras agar hessian tidak menyebabkan kerusakan atau melekat pada permukaan beton. Pasir basah, pada lapisan setebal 50 mm juga dapat digunakan untuk merawat permukaan horizontal yang luas.

Baik hessian basah ataupun pasir basah jarang dikerjakan dengan baik, penyiraman atau pembasahan beton pada interval waktu tertentu siang dan malam hari sering terlupakan. Menggunakan pasir basah mempunyai kelemahan karena akan menambah biaya sehubungan dibutuhkannya tenaga kerja tambahan untuk menempatkan dan mengambil kembali pasir itu (Lubis, 1986 dan 1995).

Permukaan lantai akan mengering lebih cepat sehubungan dengan ketebalannya yang lebih tipis. Oleh karena itu harus diadakan sarana yang memadai untuk mencegah kekeringan dengan menyelimuti dengan kertas atau lembaran polythene yang kedap air. Lapisan tipis untuk perawatan beton, yang harus diterapkan sementara beton masih basah umumnya diterima sebagai suatu sarana yang memuaskan untuk perawatan beton. Meskipun bukan yang paling efisien, perawatan yang paling praktis dan ekonomis bentuknya ialah penggunaan senyawa kimia untuk perawatan beton dengan penyiraman terutama pada permukaan horizontal yang luas.

C. Sistem Perawatan Beton

- a. Cara–cara perawatan beton yang umum digunakan
 - *Lapisan pasir yang dibasahi dengan tebal tidak kurang dari 5 cm ditaruh diatas permukaan beton yang sedang kita rawat.*
 - *Permukaan beton ditutup dengan karung yang dibasahi terus menerus.*

- Dengan mempergunakan lapisan curing compound.
- Digenangi air diatas pelat beton, dengan terlebih dahulu membuat tonjolan tanah liat sekeliling daerah yang akan digenangi.
- Ditutup dengan membrane kedap air seperti politherene atau kertas berlapis ter
- Perawatan dengan uap biasanya untuk beton pracetak.

b. Perawatan Beton dengan Air

- Menggunakan semprotan terus menerus (untuk menahan erosi semprotan air, gunakan karung goni lembab dibawah semprotan air),
- Air yang mengalir atau kolam
- Penyelimutan dengan pasir, goni atau bahan penyerap lainnya yang lembab secara terus menerus.

c. Perawatan Beton dengan Pembasahan

- Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur

yang terlalu panas, dan gangguan mekanis.

- *Perawatan harus segera dimulai setelah beton mulai mengeras (sebelum terjadi retak susut basah), diselimuti dengan bahan yang dapat menyerap air (dalam keadaan basah) paling sedikit selama 7 hari.*
- *Untuk yang mengandung fly Ash minimal 10 hari*
- *Semua bahan perawatan/lembaran bahan penyerap air harus menempel pada permukaan beton yang dirawat.*
- *Bilamana acuan kayu tidak dibongkar, maka acuan harus dalam kondisi basah sampai acuan dibongkar, untuk mencegah terbukanya sambungan-sambungan dan pengeringan beton.*
- *Permukaan beton yang langsung digunakan sebagai lapis aus harus dirawat setelah permukaannya mulai mengeras (sebelum terjadi retak susut basah) dengan*

ditutupi oleh lapisan pasir lembab setebal 50 mm paling sedikit 21 hari.

- *Beton semen yang mempunyai sifat kekuatan awal yang tinggi, harus dibasahi sampai kuat tekannya mencapai 70% dari kekuatan rancangan beton umur 28 hari.*

d. Perawatan Beton dengan Uap

- *Beton yang dirawat dengan uap untuk mendapatkan kekuatan awal yang tinggi, tidak diperkenankan menggunakan bahan tambahan kecuali atas persetujuan direksi pekerjaan*
- *Perawatan dengan uap harus dikerjakan secara menerus sampai waktu dimana beton telah mencapai 70% dari kekuatan rancangan beton berumur 28 hari.*
- *Tekanan uap pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi tekanan atmosfer*
- *Temperatur pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi 38°C selama beton dalam proses pengikatan*

awal (minimal 2 jam setelah pengecoran selesai), kemudian temperatur dinaikan berangsur-angsur sampai mencapai 65°C dengan kenaikan temperatur maksimum 14°C perjam secara bertahap.

- *Perbedaan temperatur pada dua tempat didalam ruangan uap tidak boleh melebihi 5,5°C*
- *Penurunan temperatur selama pendinginan secara bertahap dan tidak boleh lebih dari 11°C per jam*
- *Perbedaan temperatur beton pada saat dikeluarkan dari ruang penguapan tidak boleh lebih dari 11°C dibanding udara luar*
- *Selama perawatan dengan uap, ruangan harus selalu jenuh dengan uap air.*
- *Semua bagian struktural yang mendapat perawatan dengan uap harus dibasahi selama 4 hari sesudah selesai perawatan dengan uap tersebut.*
- *Pipa uap harus diatur atau beton harus dilindungi agar tidak terkena langsung semburan uap, yang akan menyebabkan*

perbedaan temperatur pada bagian-bagian beton.

e. Perawatan Beton dengan Lembaran Kedap Air

- *Lembaran plastik tipis atau kertas kedap air*
- *Menahan penguapan air pencampur beton*
- *Melindungi beton dari kerusakan selama pelaksanaan*
- *Hindari plastik berwarna gelap selama cuaca panas, kecuali untuk bagian dalam*
- *Beton harus basah pada saat lembaran kedap air dipasang dan secara berkala dibasahi.*

f. Perawatan beton yang dipercepat (*accelerated curing*):

Dengan kondisi *curing* normal, beton mengeras secara perlahan. *Curing* harus dipertahankan minimal 14 hari untuk mendapatkan kekuatan akhir yang mendekati kekuatan beton yang dirawat 28 hari. Dengan mengerasnya pasta beton, akan terbentuk penampang beton sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Lamanya pencapaian kekuatan beton yang direncanakan supaya dapat memikul beban menyebabkan pembongkaran bekisting dapat dilaksanakan setelah umur beton mencapai empat minggu (28 hari).

Pencapaian kekuatan beton dalam waktu yang lebih singkat dapat dilakukan dengan menambah bahan tambahan untuk mempercepat pengerasan atau dengan menaikkan temperatur saat curing. Mempersingkat waktu curing untuk mendapatkan kekuatan umur normal beton 28 hari mempunyai beberapa keuntungan:

- *Pembangunan dapat dipercepat.*
- *Penggunaan cetakan atau bekisting dapat digunakan secara berulang-ulang dengan frekuensi yang tinggi, sehingga dapat menghemat biaya bekisting.*
- *Dapat mengurangi gudang penyimpanan beton yang telah mengeras, terutama pada produksi beton pracetak.*
- *Mempercepat produksi beton dan mempercepat pengantaran ke lapangan.*

Selain keuntungan di atas, cara curing ini memerlukan biaya yang cukup besar, sehingga perlu dipertimbangan dari segi ekonomisnya. Metode mempercepat perawatan beton dapat dilakukan dengan perawatan dengan uap panas.

Ada 2 jenis perawatan dengan uap panas:

- 1) Perawatan dengan uap panas tekanan rendah.

Pemeliharaan dengan cara ini adalah untuk mempercepat waktu pemeliharaan yang dapat dilakukan pada tekanan atmosfer dan temperatur di bawah 100°C dan dimaksudkan untuk menghasilkan siklus pekerjaan yang pendek pada industri komponen beton (beton prefab/pracetak).

- 2) Perawatan dengan uap panas tekanan tinggi.

Metode ini sangat berbeda dengan metode pemeliharaan dengan uap ber-

tekanan rendah dan bertekanan atmosfer. Metode ini digunakan bila diperlukan pekerjaan beton yang memerlukan persyaratan berikut:

- *Diperlukan kekuatan awal tinggi dan kekuatan 28 hari dapat dicapai dalam waktu 24 jam.*
- *Diperlukan keawetan yang tinggi dengan ketahanan terhadap serangan sulfat atau bahan kimia lainnya, juga terhadap pengaruh pembekuan (cold storage) atau temperatur yang tinggi.*
- *Diperlukan beton dengan susut dan rangkai rendah.*

Kedua jenis perawatan tersebut memerlukan biaya dan waktu perawatan yang tidak sama. Waktu perawatan dengan tekanan tinggi lebih cepat dari waktu perawatan dengan tekanan rendah.

g. Senyawa kimia untuk perawatan beton:

Senyawa kimia untuk perawatan dengan membentuk lapisan tipis adalah suatu cairan yang disemprotkan pada permukaan beton

untuk menghambat penguapan air dari beton. Sebuah jenis penyemprot kebun yang dapat dipegang dengan tangan sesuai untuk pekerjaan ini.

Hampir semua bahan-bahan kimia untuk perawatan beton yang tersedia di pasaran dan terbukti memuaskan pemakaiannya terdiri dari larutan sejenis damar. Setelah digunakan, larutan itu menguap dan meninggalkan permukaan beton.

Lapisan resin (sejenis damar) tersebut tinggal dengan sempurna sekitar empat minggu. Selanjutnya lapisan ini menjadi getas dan mulai mengelupas akibat pengaruh sinar matahari dan cuaca. Pengujian di laboratorium dan pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa cara ini telah memberikan perawatan pada beton yang setara dengan membasahinya secara terus menerus selama 14 hari. Penggunaan *curing compound* biasanya dilakukan untuk permukaan beton yang vertikal dan terkena sinar matahari seperti kolom, balok dan dinding beton.

h. Pemeliharaan dengan sistem listrik:

Pemeliharaan dengan uap bila digunakan untuk komponen yang besar di lapangan tidak praktis untuk diterapkan. Untuk tujuan ini, sejumlah cara dengan sistem listrik telah dikembangkan oleh berbagai perusahaan. Namun metode ini kurang banyak digunakan di lapangan pekerjaan. Metode ini menggunakan resistor yang berfungsi menyalurkan arus listrik. Yang berfungsi sebagai resistor itu adalah campuran beton itu sendiri, tulangan atau benda-benda yang terdapat di dalam penampang beton.

Didalam pelaksanaannya ditemui kesukaran yang membuatnya hampir tidak mungkin untuk menyalurkan arus listrik pada keseluruhan bahan di lapangan. Hal ini disebabkan terbatasnya panjang penulangan dan besarnya penampang yang harus dialiri, dan hal yang sama juga terlihat bila menggunakan batang tulangan prategang sebagai resistor. Dari hasil pengamatan, kabel prategang lebih sesuai bila digunakan sebagai resistor. Oleh

karena itu pemeliharaan elektrik memberikan hasil yang memuaskan bila menggunakan berkas kabel prategang (Neville, 1982).’
(<http://autosshare88.blogspot.com/2013/03/perawatan-pada-beton.html>)



Gambar 3.2 Curing spray

(Sumber:http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/7680268_orig.jpg)



Gambar 3.3 *Curing paving*



Gambar 3.4 *Curing rendam*



Universitas Narotama Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- ... , . , BAB V Bahan Tambahan (Admixture) Dan Persyaratannya, ITS
- American Standard Test Materials (ASTM). 1994. Annual Books of ASTM Standard. Philadelphia: ASTM.
- Irfan Istighfar, . , Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Semen Pcc Dan Semen Tipe 1 Terhadap Pemakaian Sikament NN, Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
- Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta.
- PT. Sika Indonesia. 2011. KnowHow From Site to Shelf Data Teknis : PT Sika Indonesia



Universitas Narotama Surabaya

BAB 4

PEMBUATAN PAVING

Pada bab ini diterangkan beberapa langkah pembuatan, material dan peralatan yang digunakan dalam pembuatan paving.

4.1. Waktu pelaksanaan

Waktu pelaksanaan pengujian akan dilakukan setelah paving block jadi dengan pengujian pada 7, 14 dan 28 hari

4.2 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan untuk test lentur, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Mesin uji tekan

Mesin uji tekan yang digunakan adalah mesin yang dapat menghasilkan beban dengan kecepat-

an kontinu dalam satu kali gerakan tanpa menimbulkan efek kejutan dan mempunyai ketelitian pembacaan maksimum.

2. Timbangan

Timbangan dipergunakan untuk mengukur bahan susunan adukan paving block, dengan merk "SF-400"

3. Gelas ukur

Gelas ukur dipergunakan untuk kita mengukur dan mengetahui banyaknya air yang digunakan pada pembuatan paving block

4. Cetakan paving

Cetakan paving bukan cetakan paving yang didapatkan Sebuah toko yang menjual cetakan paving tersebut

4.3. Pembuatan Serat bambu

Prosedur pembuatan serat bambu

1. Tahap persiapan, limbah bambu didapatkan dari sekitar yang tidak terpakai. Selanjutnya bambu dipotong (panjang 1-1,5cm, tipis sekitar 5 mm).



Gambar 4.1 Bambu

Potongan bambu selanjutnya dipukul menggunakan palu hingga serat bambu mulai terpisah dari bambu



Gambar 4.2 Proses pemotongan bambu



Gambar 4.3 Proses pembuatan serat bambu dengan alat pematik

2. Setelah terbentuk serat bambu maka pada proses selanjutnya pemisahan hingga menjadi serat bambu yang diinginkan



Gambar 4.4 Bambu yang telah ditumbuk dengan alat pematik

3. Selanjutnya pemisahan serat bambu dan serbuk bambu dengan cara diayak.



Gambar 4.5 Serat bambu yang diayak

4.4 Pembuatan benda Uji

Persiapan ini mencakup persiapan cetakan paving dan bahan-bahan baku yang dibutuhkan. Untuk produksi paving *block* akan dilakukan dengan pembuatan benda uji sebanyak 6 buah paving *block* diantaranya 3 paving menggunakan kerikil pasir dan 3 lainnya menggunakan serat bamboo dan kerikil pasir.

Pada tahapan pertama dilakukan pemotongan dan pembilahan pada bambu dengan ukuran yang telah di

tentukan. Setelah pemotongan dan pembilahan dilakukan bambu akan palu lalu di tumbuk dengan alat pemadat untuk menghasilkan serat bambu. Alat cetakan paving *block* berukuran 21 x 10,5 x 6 cm terbuat dari plat besi yang bertujuan untuk mendapatkan benda uji dengan hasil yang baik dan presisi.

Berikut akan dibuat paving dengan 2 variasi dan terdiri dari 3 buah paving *block* menggunakan *kerikil pasir* dan 3 buah paving *block* menggunakan *kerikil pasir* dan Serat bmbu

1. Benda uji dengan menggunakan *kerikil pasir* (KP)
 - Kerikil 130gr (10%) + Pasir 1300gr (59,5%) + Semen 433gr (30%) + Air 200ml (0,05%)
2. Benda uji menggunakan *kerikil pasir* dan serat bambu (KS)
 - Kerikil 200gr (20%) + Seratbambu 50gr (0.5%) + Pasir 1133gr (11.3%) + Semen 666gr (66.6%) + Air 200ml (1.9%)

Keterangan:

KP : *Kerikil pasir*

KS : Kerikil pasir dan Serat Bambu

3.5.1 Prosedur pembuatan benda uji

Prosedur pembuatan benda uji

1. Cetakan dibersihkan dari kotoran lalu dilumasi dengan dengan sedikit oli
2. Menyiapkan *serat bambu* dan *kerikil pasir* yang sesuai takaran
3. Membuat campuran pasir dan semen, hingga menjadi campuran yang yang siap digunakan dan campuran tidak boleh terlalu basah
4. Mencampurkan campuran dengan *kerikil pasir* lalu diaduk hingga merata
5. Mencampurkan campuran dengan *kerikil pasir* dan serat bambu lalu diaduk
6. Setelah merata campuran dimasukkan kedalam cetakan paving, lalu dipadatkan
7. Setelah padat cetakan diangkat lalu paving block akan tercipta, perlu diketahui bahwa campuran tidak boleh terlalu lama berada dalam cetakan
8. Setelah itu hasil cetakan diberi nomor guna memudahkan pengujian saat benda uji telah siap

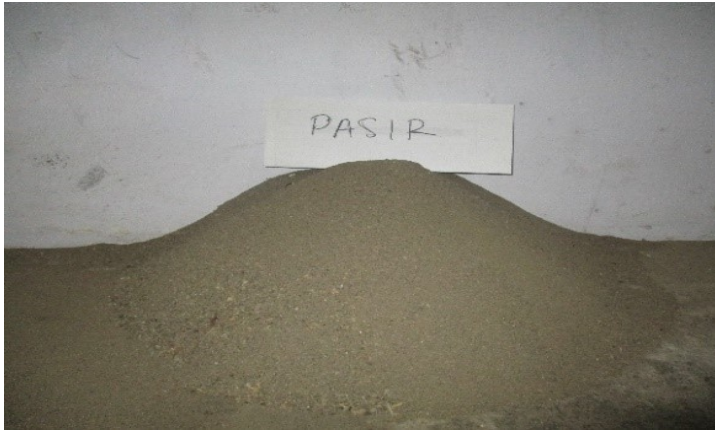
Proses pembuatan paving dilakukan secara manual bersamaan dengan penakaran *kerikil pasir* dan *serat bambu*.



Gambar 4.6 Bahan campuran serat bambu



Gambar 4.7 Bahan campuran kerikil pasir



Gambar 4.8 Bahan campuran pasir



Gambar 4.9 Bahan campuran semen



Gambar 4.10 Alat pematat *paving block*



Gambar 4.11 Proses pembuatan *paving block*



Gambar 4.12 Hasil *paving block*

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang cara pengujian pengujian paving block harus memenuhi ketentuan-ketentuan berikut ini.

1. Ukuran

Ukuran menggunakan peralatan kaliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm pengukuran tebal dilakukan terhadap tiga tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata pengujian terhadap 10 sampel uji

2. Kuat tekan

Contoh uji yang telah disiapkan, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur

kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dengan waktu 1 hingga 2 menit arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya. Kuat tekan dihitung dengan rumus berikut ini

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan :

P = beban tekan, N

L = luas bidang tekan mm²

3. Penyerapan air

Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100 \dots \dots \dots (4.2)$$

Keterangan :

A = berat bata beton biasa

L = berat bata beton kering

4.6 Perawatan benda uji

Setelah benda uji telah jadi, benda uji akan di tempatkan pada tempat yang teduh sampai pada umur yang ditentukan dengan setiap hari paving *block*

direndam dalam air selama 15 menit sampai benda uji berumur 12, 19 dan 26 hari untuk dilakukan pengujian pada umur 14, 21 dan 28 hari



Gambar 4.13 Perendaman *paving block*



Universitas Narotama Surabaya

BAB V

PENGUJIAN PAVING

5. 1 Tahap Pengujian paving block

Pada penelitian kali ini benda uji hanya diuji kuat tekannya. Berikut tahap pengujian antara lain :

1. Pengujian kuat tekan

Tabel 5.1 Pengujian *paving block*

No	Benda uji	Pengujian	Jumlah
1	Paving	Kuat Tekan 14 hari	6 benda uji
2	Paving	Kuat Tekan 21 hari	6 benda uji
3	Paving	Kuat Tekan 28 hari	6 benda uji

a. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan seperti Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Mesin Uji Tekan

Dengan kapasitas beban maksimal 300TF dan dilakukan pengujian sesuai, untuk menghitung nilai kuat tekandengan rumus:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana : P = Kuat tekan (kg/cm²)
 F = Beban tekan (kg)
 A = Luas area (cm²)

Pengujian ini dilakukan pada masing-masing paving block yang telah jadi dan diukur panjang, lebar, tinggi dan beratnya. Kemudian letakkan benda uji pada mesin tekan secara simetris.

Lalu jalankan mesin tekan dengan penambahan beban lalu lakukan pembebanan hingga benda uji hancur kemudian mencatat beban maksimum yang telah diketahui selama pengujian benda uji.



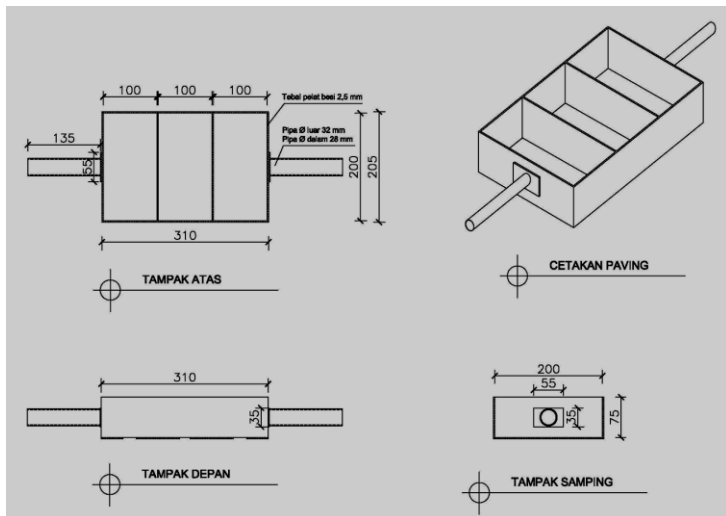
Universitas Narotama Surabaya

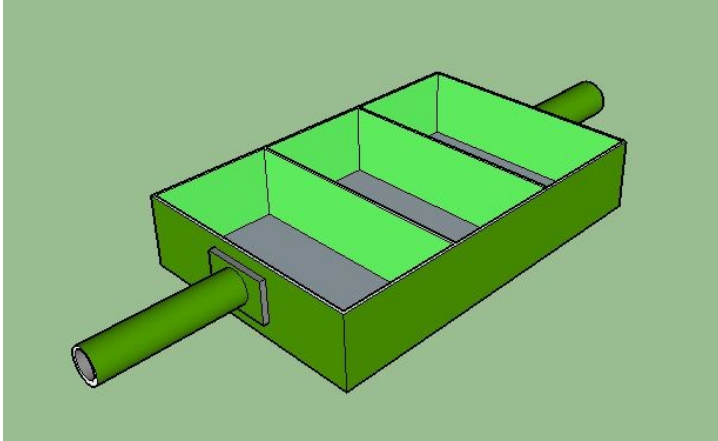
BAB VI

DESAIN CETAKAN PAVING

6. 1 Tahap Pengujian paving block

Pada bagaian bawah terlihat gambar desain cetakan paving yang digunakan pada salah contoh benda ujiu paving:





Gambar 6.1 Desain cetakan paving



Gambar 6.2 Cetakan paving



Gambar 6.3 Cetakan paving



Gambar 6.4 Cetakan paving



Gambar 6.5 Cetakan paving

BAB VII

ARTIKEL PENELITIAN

Artikel penelitian dibawah ini merupakan hasil penelitian paving dan dipublikasikan dalam jurnal/proseding nasional maupun internasional diantaranya seperti terlihat pada gambar :

Bamboo Waste as Part of The Aggregate Pavement The Way Green Infrastructure in The Future

Mudjanarko Sri Wiwoho^{1,*}, Mayestino Machicky¹, Rasidi Nawir², Indrawan¹, and Setiawan Ikhsan M.¹

¹Civil Engineering, Civil Department, Narotama University, Arief Rachman Hakim No. 51, Surabaya, 60117, Indonesia

²Civil Engineering, Civil Department, Polinema, Soekarno Hatta No. 9, Malang, 65141 Indonesia

Abstract. Paving block pavement is already widely used in Indonesia. Materials made of concrete paving blocks are easy to make and easy to implement. Currently the manufacture of paving blocks SNI 03-0691-1996 refers to a method that consists of a mixture of cement, sand/gravel, water. Our research uses bamboo pieces of waste material as a substitute for gravel. Comparison of the composition of the bamboo pieces that are used to dry conditions weighing 10 kg, 20 kg and 30 kg. Based on compressive strength testing performed at the age of 7, 14 and 28 days can be known ability paving block receives compressive strength. The research using bamboo fiber material at 28 days had compressive strength 171 kg/cm², 190 kg/cm², and 199 kg/cm². While using bamboo fiber material and fly ash at 28 days have compressive strength 231 kg / cm², 176 kg/cm², 252 kg/cm². Test results meet the quality of type C, D and the use of bamboo waste as aggregate paving can support green infrastructure in the future.

1 Introduction

Infrastructure is one of the most important things in the development effort and one of them is the use of paving material on the sidewalk. The availability of good infrastructure is very helpful for the implementation of economic development goals. The construction of sidewalks is one of the infrastructure to support community activities on foot. The sidewalks are still considered one eye in the development priorities as they are considered as supporting infrastructure and complementary roads. While the priority of development prioritizes the development of motor vehicle modes so that the infrastructure for pedestrians is forgotten. Though the sidewalk is an important pedestrian foot.

The role of the government is related to the provision of access and means for pedestrian protection from the activity of street vendors as it may disrupt the safe, comfortable and humane user community. The integration of pedestrian paths with the layout of the building, the accessibility between environments, and the transportation system in order to manifest well in the development stage for the future. These things

* Corresponding author: sri.wiwoho@narotama.ac.id

Gambar 7.1 Publikasi MATEC Web of Conferences (SCOPUS Index)

(Sumber: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/52/mateconf_eacef2017_03013/mateconf_eacef2017_03013.html)

Engineering Technology Of Bamboo Material And Additive Foam Concrete As Mixed Material Testing On Paving Production

Sri Wiwoho Mudjanarko¹, Machicky Mayestino², Nawir Rasidi³,
Firdaus Pratama Wiwoho⁴

^{1,2}Universitas Narotama Surabaya

³Polinema Malang

⁴Institute Teknologi Sepuluh November (ITS) of Surabaya

[*sri.wiwoho@narotama.ac.id](mailto:sri.wiwoho@narotama.ac.id)

Diterima : 10 Juli 2017	Direview : 15 Agustus 2017	Diterbitkan : 20 September 2017
----------------------------	-------------------------------	------------------------------------

Abstract: The growth of road infrastructure conducted by the Indonesian Government led by President Jokowi is growing rapidly. The rapid growth indirectly affects the needs of environmental roads in the suburbs of Indonesia, especially the city of Surabaya. Road environment around the village of Surabaya has been developed using paving pavement. Paving is a relatively cheap pavement and easy to implement. Problems that exist during the development is the existence of the remaining buildings that have not been used optimally. Building materials that can be recycled are bamboo poles. This research uses the remainder of the bamboo as a replacement for the mixture of paving making as well as added additive foam concrete. This research uses standard of making paving of quality SNI 03-0691-1996. The mixture used the percentage comparison of 15% : 25% : 35% cement. The process of mixing the material is done manually by paving press test periodically 7 days, 14 days and 28 days. From the results of this study is expected to obtain minimal results can be used for pavement parks and pedestrians.

Keywords: Engineering Technology, Bamboo, Foam Concrete, Paving, SNI 03-0691-1996

JURNAL LENTERA : Kajian Keagamaan, Keilmuan dan Teknologi

Volume 3, Nomor 2, September 2017

ISSN : 1693-6922 (Print) ISSN : 2540-7767 (Online)

Gambar 7.2 Publikasi OJS Lentera (S6 SINTA)

(Sumber: <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=524678&val=10717&title=Engineering%20Technology%20Of%20Bamboo%20Material%20And%20Additive%20Foam%20Concrete%20As%20Mixed%20Material%20Testing%20On%20Paving%20Production>)

Optimization of Standard Mix Design of Porous Paving Coconut Fiber and Shell for the Parking Area

A. D. Limantara^{1,a)}, S. Winarto¹, E. Gardjito¹, B. Subiyanto¹, D. Raharjo¹,
A. Santoso¹, H. L. Sudarmanto¹ and S. W. Mudjanarko^{2,b)}

¹Department of Civil Engineering, Kadiri University, Selomangleng 1, Kediri, Indonesia.

²Department of Civil Engineering, Narotama University, Arief Rachman Hakim 51, Surabaya, Indonesia.

^{a)}arthur.daniel@unik-kediri.ac.id

^{b)}sri.wwoho@narotama.ac.id

Abstract. The pavement in the parking area is usually concrete paving with class B quality with a flat surface appearance, no cracks, and defects, minimum thickness of 60 mm with a tolerance of $\pm 8\%$. The condition of parking area infrastructure which in the rainy season occurred water puddles which is a common problem that arises this is due to high rainfall is also not able to absorb rainwater runoff into the soil. The use of natural materials for pavement construction is a must in supporting the achievement of green roads. This paper aims to obtain the most optimal mixture of standard design strengths using coconut fibers and coconut shell as a coarse aggregate with a ratio of 10%, 20%, 30%, 50%, 100% and the parameters used in this study are a compressive strength, permeability, and porosity resulting from the test object. The research methodology used refers to ACI 522.1-08, ACI 522R-10, ASTM C33-78, 2010, SNI 03-0691-1996, and SNI 03-2847-2002. Based on data processing of laboratory test results obtained from this study, the optimum value of the combination of 21% has a compressive strength of 17.1 MPa, permeability 0.5 cm/sec, and 23% porosity.

INTRODUCTION

Growth in the number of motor vehicles in Indonesia from 2014 to 2015 is 6.29%, where the number of cars in 2015 is 121.390 million units. Java Island itself ranks first in the number of vehicles that is equal to 51.24% or 62.20 million units of vehicles. This makes big cities like Jakarta and Surabaya have problems providing enough parking space. [1]

The pavement in the parking area is usually a concrete paving with the requirements of the quality of concrete brick must meet the class B quality (17.0 MPa) which is intended for a parking lot with flat looking surface properties, no cracks, and defects, the minimum thickness of 60 mm with tolerance $\pm 8\%$. [2]

But now many conditions of parking area infrastructure that in the rainy season is not adequate as many puddle which is a common problem that occurs in almost all major cities in Indonesia is due to high rainfall is also due to the closed land that is not able to absorb rainwater runoff to in the soil as shown in figure 1. This puddle over time can lead to damage to paving the parking area.

The solution is to create environmentally friendly porous paving concrete, which not only functions as infrastructure but also serves as a water catchment area. For material selected using the equipment for standard mix design combine fiber waste and coconut shell that can be obtained quickly and many environments around us (Figure 2).

Advances in Civil Engineering and Science Technology
AIP Conf. Proc. 2020, 020029-1-020029-7; <https://doi.org/10.1063/1.5062655>
Published by AIP Publishing, 978-0-7354-1738-0/530.00

020029-1

Gambar 7.3 Publikasi AIP Conference Proceedings ,Volume 2020,
Issue 1, 10.1063/1.5062655 (SCOPUS Index)

(Sumber: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5062655>)

DESAIN PERKERASAN JALAN RAMAH LINGKUNGAN MENGUNAKAN *PERVIOUS CONCRETE* UNTUK JALAN SETAPAK DAN AREA PARKIR

Bangkit Tegar Taruna Anoraga¹⁾, Sri Wiwoho Mudjanarko²⁾, Fredy Kurniawan³⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Universitas Narotama
email: btegar.tegar@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Universitas Narotama, Surabaya
email: sri.wiwoho@narotama.ac.id

³⁾ Teknik Sipil, Universitas Narotama, Surabaya
email: kurniawan.phd@gmail.com

Abstrak - *Pervious concrete* merupakan campuran beton dengan mengurangi atau menghilangkan agregat halus dalam dasarnya. Menurut ACI 522 R-10 *Pervious concrete* memiliki rongga udara antara 15–25%, drain rate 81-703 ltr/mnt/m², dan nilai kuat tekan maksimal 28 Mpa, sehingga dengan *Pervious concrete* dapat berfungsi sebagai area resapan air dan perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi *Pervious concrete* yang tepat dalam bentuk paving yang dicetak melalui Mesin Paving type *Vibro-Press*, dan diharapkan memenuhi standar SNI-03-0691-1996 untuk Paving kelas B (Area Parkir), kelas C, (Pejalan kaki), dan kelas D (Jalan Taman) Metode penelitian menggunakan perbandingan berat antara Semen, Batuuan, Pasir, dan Air. Adapun proporsi yang digunakan yaitu Kode A1 (1Semen:3Batuuan:0.23Pasir), Kode A2 (1Semen:3Batuuan:0.50Pasir), Kode B1 (1Semen:4Batuuan:0.25Pasir), Kode B2 (1Semen:4Batuuan:0.50Pasir), Kode C1 (1Semen:3Batuuan:0.25Pasir), dan Kode C2 (1Semen:3Batuuan:0.50Pasir). Untuk faktor kenyamanan pengguna jalan, maka desain paving dibuat 2 lapisan, dimana lapisan bawah (75% bagian) menggunakan Batu Pecah 3/10, dan lapisan atas (25% bagian) menggunakan Batu Alam, rata-rata kuat tekan 28 hari *Pervious concrete* dengan kode B1 105,11 kg/cm² dan B2 100,30 kg/cm² memenuhi standari paving kelas D dengan batas rata-rata kuat tekan 100 kg/cm² untuk jalan taman. Dan memiliki nilai porositas / drain rate sebesar 247,37 dan 226,76 ltr/mnt/m².

Kata kunci: *Pervious concrete*, Paving, Drain rate

Gambar 7.4 Publikasi First ke 1 Polsri Palembang

(Sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/2561/>)



Universitas Narotama Surabaya

BAB VIII

KEGIATAN PAVING

Kegiatan pembuatan paving dengan menggunakan Mesin Proses Paving Hidrolik seperti terlihat di gambar di bawah ini:



Gambar 8.1 Semen



Gambar 8.2 Pasir abu batu



Gambar 8.3 Pasir abu batu



Gambar 8.4 Fly ash



Gambar 8.5 Penuangan pasir ke mixer



Gambar 8.6 Penuangan pasir ke mixer



Gambar 8.7 Penuangan semen ke dalam mixer



Gambar 8.8 Penakaran fly ash



Gambar 8.9 Pemberian air ke dalam mixer



Gambar 8.10 Mixer paving



Gambar 8.11 Cetakan paving



Gambar 8.12 Cetakan paving



Gambar 8.13 Hasil benda uji paving



Gambar 8.14 Hasil paving diletakkan di palet multipleks



Gambar 8.15 Gerobak pengangkut paving



Gambar 8.16 Dongkrak hidrolis



Gambar 8.17 Paving dikeringkan



Gambar 8.18 Gudang proses produksi paving



Gambar 8.19 Timbangan



Gambar 8.20 Tabung ukur



Universitas Narotama Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- Bonilla, S, Guarnetti, R. L, Almeida, C. M. V. B, & Giannetti, B. F. Sustainability Assessment of A Giant Bamboo Plantation in Brazil: Exploring The Influence of Labour, Time and Space. *Journal of Cleaner Production*. (2010). , 18(1), 83-91.
- Heinz Frick, 2004, *Konstruksi Arsitektur 7 Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu*, Penerbit kanisius
- Mohd, T. B. M, Bhat, I. U. H, Mohmod, A. L, & Aditiawaiti, P. Abdul Khalil H.P.S., *Thermal and FT-IR Characterization of Gigantochloa Levis and Gigantochloa Scortechinii Bamboo, a Naturally Occuring Polymeric Composite*. *Journal of Polymer and the Environment*. (2012).
- Mudjanarko Sri Wiwoho, Rasidi Nawir, Mayestino Machicky (2017), *Panduan Pembuatan Paving*, Narotama Press. ISBN 9 7 8 - 6 0 2 - 6 5 5 7 - 2 6 - 1

- Mudjanarko Sri Wiwoho, Mayestino Machicky, Rasidi Nawir, Indrawan, Setiawan Ikhsan M., (2017), *Bamboo Waste as Part of The Aggregate Pavement The Way Green Infrastructure in The Future*, EACEF 2017, Hanyang University, South Korea
- S. Siti Suhaily, H.P.S. Abdul Khalil, W.O. Wan Nadirah and M. Jawaid, *Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications*, Chapter 19, <http://dx.doi.org/10.5772/56057>
- Suwito, U., Mudjanarko, S. W., & Koespiadi. (2017). Analisis Uji Tekan Pemasangan Paving Block Dengan Menggunakan Tanah Pedel (p. 2017). Jember. Retrieved from <http://kontsi2017.teknik.unej.ac.id/>
- Tegar, B., Anoraga, T., Mudjanarko, S. W., dan Kurniawan, F. (2015). Desain Perkerasan Jalan Ramah Lingkungan Menggunakan Pervious Concrete Untuk Jalan Setapak Dan Area Parkir.

Website:

https://inhabitat.com/files/img_1744-bamboo-excess.jpg

SNI 03-0691-1996, <http://puskim.pu.go.id/wp-content/uploads/2017/07/SNI-03-0691-1996.pdf>

www.crmca.com



Universitas Narotama Surabaya