



**PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP  
KUAT LENTUR BETON**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



**Oleh:**

**Arief Syahar A P**

**NIM 12510134019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2015**

## PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul **“Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Lentur Beton**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

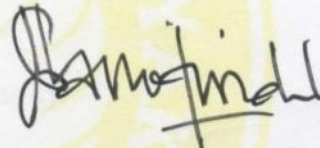
Diperiapkan dan Disusun oleh

NAMA : Arief Syahri A.P.  
NIM : 12510134019

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Yogyakarta, 7 Oktober 2015  
Dosen Pembimbing,



**Dr. Slamet Widodo, S.T., M. T.**  
NIP.19761103 200003 1 001

Yogyakarta, 19 Oktober 2015



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PROYEK AKHIR**

**PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Dipersiapkan dan Disusun oleh:

NAMA : Arief Syahar A P

NIM : 12510134019

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir

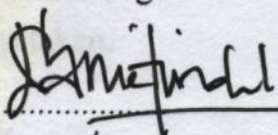
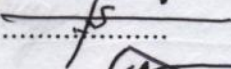
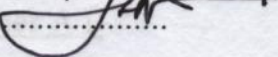
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Pada tanggal 19 Oktober 2015

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar

Ahli Madya

**Susunan Panitia Penguji:**

Jabatan	Nama Lengkap dan Gelar	Tanda Tangan
Ketua/Pembimbing	Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T.	
Penguji I	Drs. Agus Santoso, M.Pd.	
Penguji II	Drs. Pusoko Prapto, M.T.	

Yogyakarta, 19 Oktober 2015



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

**Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.**

NIP. 19560216 198603 1 003

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arief Syahar A P

NIM : 12510134019

Program Studi : D3 Teknik Sipil

Judul Proyek Akhir: **PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini adalah pekerjaan saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya, tidak berisi materi yang ditulis orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Negeri Yogyakarta atau di Perguruan Tinggi lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Oktober 2015

Yang menyatakan,



Arief Syahar A P

NIM. 12510134019

## **MOTTO**

*“Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan, melainkan oleh ketekunan”*

*(Samuel Johnson)*

*Sabar dalam mengatasi kesulitan dan bertindak bijaksana dalam mengatasi adalah sesuatu yang utama*

*(Anonim)*

*sesungguhnya allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.*

*(QS. Ar-Rad 13:11)*

## **PERSEMBAHAN**

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, Laporan Projek Akhir ini khusus  
dipersembahkan untuk:*

*Kedua orang tua saya yang turut memberi do'a, cinta kasih sayang yang tiada  
henti diberikan*

*Keluarga dan kerabat tercinta yang tiada hentinya memberikan motivasi dan  
bimbingan kepada saya*

# PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT LENTUR BETON

Arief Syahar A P

12510134019

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari cara perawatan beton dengan membandingkan hasil pengujian kuat lentur antara beton dengan perawatan konvensional (direndam) dan beton dengan perawatan di *compound*. Penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kinerja struktural dan peningkatan kualitas dari konstruksi perkerasan kaku jalan raya.

Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimental. Perawatan beton menggunakan dua metode yaitu perawatan beton dengan direndam dan perawatan beton dengan *curing compound*. Penelitian ini menggunakan 24 sampel benda uji balok dengan ukuran panjang 53, tinggi 10 cm lebar 10 cm, pengujian dilakukan berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini mengambil 3 sampel benda uji untuk setiap pengujian pada umur tertentu.

Dari hasil penelitian Kuat lentur beton pada perawatan menggunakan metode direndam berturut-turut pada umur 3 hari: 5,11 N/mm<sup>2</sup>, 7 hari: 5,74 N/mm<sup>2</sup>, 14 hari: 6,74 N/mm<sup>2</sup>, dan 28 hari: 6,13 N/mm<sup>2</sup>. Kuat lentur beton pada perawatan menggunakan metode *curing compound* berturut-turut 3 hari: 4,51 N/mm<sup>2</sup>, 7 hari: 4,94 N/mm<sup>2</sup>, 14 hari: 5,59 N/mm<sup>2</sup>, dan 28 hari: 5,61 N/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian menunjukkan kuat lentur beton cenderung lebih tinggi pada perawatan beton direndam bila dibandingkan dengan perawatan menggunakan *curing compound*.

**Kata kunci :** Kuat Lentur Beton, Perawatan Rendam, *Curing Compound*, *rigid pavement*.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang senantiasa memberikan syafaat bagi umatnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini .

Selama proses mengerjakan Proyek Akhir ini banyak pihak yang telah membantu dengan ikhlas. Sehingga pada kesempatan ini tak lupa penyusun mengucapkan terima kasih, atas segala bantuan dan dukungan baik moral maupun spiritual kepada:

1. Bunda Muryanti dan Ayahanda Yulianda, terimakasih atas doa, motivasi semangat hidup ini, yang selalu memberikan motivasi moril maupun materil.
2. Keluarga, dan kerabat yang selalu memberikan motivasi dan bimbingannya.
3. Bapak Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Proyek Akhir yang telah memberikan bimbingan dalam penyusun Proyek Akhir.
4. Bapak Faqih Ma'arif, M. Eng selaku dosen yang sangat berjasa dalam penelitian ini.
5. Bapak Agus Santoso, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta
6. Bapak Prof. Dr. Husaini Usman, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Dr. Mochamad Bruri Triyono, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
8. Bapak Sudarman, S.T. selaku teknisi Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Terimakasih atas segala bantuan dan bimbingannya selama pembuatan dan pengujian benda uji.
9. Bapak Djadi, dan bapak Tarno yang telah membantu pada saat pembuatan benda uji pada penelitian ini.
10. Yogo Edi, Aldian Iskandar, Rudi Susanto, Sarah Fernandia, Novia, dan Anton Wijaya selaku teman-teman satu tim dalam penelitian.

11. Teman-teman seperjuangan kelas C2 2012 Anton, Noor, Pinta, Ugra, Dani, Dian, Nisa, Helfian, Sulchan, Pras, Yogo, Hendra, Rudi, Isya serta teman-teman kelas C 2012 terimakasih atas bantuan tenaga, pikiran dan doa pada saat pembuatan hingga pengujian benda uji..
12. Terimakasih juga kepada kakak angkatan dan adik angkatan atas bantuan baik moral maupun material.
13. Kepada pihak-pihak yang membantu dalam penulisan Proyek Akhir.

Penyusun sadar bahwa dalam penulisan Proyek Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Proyek Akhir ini. Akhirnya, semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan kita semua. Amin.

Yogyakarta, 7 Oktober 2015

Penyusun

Arief Syahar A P

NIM. 12510134019

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	7
C. Batasan Masalah .....	8
D. Rumusan Masalah .....	8
E. Tujuan Penelitian .....	8
F. Manfaat Penelitian .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Beton dan Penyusunnya .....	10
1. Agregat .....	11
2. Semen portland .....	12
3. Air .....	15
4. Bahan Tambah .....	16
B. Cara Perawatan Beton .....	16
1. Perendaman .....	20
2. <i>Curing Compound</i> .....	20

C. Pengaruh Cara Perawatan Beton Berserat Baja .....	22
D. Sifat-sifat Beton .....	23
1. Sifat-sifat beton segar.....	23
2. Sifat-sifat beton setelah mengeras.....	24
E. Analisis struktur perkerasan kaku jalan raya .....	28
F. Kerangka Pikir .....	30

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Metode .....	31
B. Variabel penelitian .....	31
1. Variabel bebas.....	31
2. Variabel terikat.....	31
3. Variabel pengendali .....	31
C. Material .....	32
D. Peralatan .....	35
E. Prosedur Penelitian .....	46
1. Pengujian agregat .....	49
2. Uji <i>slump</i> .....	49
3. Pengujian kuat lentur.....	50
F. Analisis Data .....	53

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Deskripsi data hasil penelitian .....	54
1. Pengujian bahan .....	54
2. Hasil rancangan .....	55
3. Hasil pengujian kuat lentur beton .....	56
B. Pembahasan .....	61

**BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	64
B. Saran .....	64
C. Keterbatasan Penelitian .....	65

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	66
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	68
-----------------------	----

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur .....	2
Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus .....	54
Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	55
Tabel 4. Perbandingan Komposisi Bahan .....	55
Tabel 5. Hasil pengujian kuat lentur umur 3 hari.....	57
Tabel 6. Hasil pengujian kuat lentur umur 7 hari.....	57
Tabel 7. Hasil pengujian kuat lentur umur 14 hari.....	57
Tabel 8. Hasil pengujian kuat lentur umur 28 hari.....	58
Tabel 9. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur dengan perawatan direndam....	58
Tabel 10. Hasil pengujian kuat lentur umur 3 hari.....	58
Tabel 11. Hasil pengujian kuat lentur umur 7 hari.....	58
Tabel 12. Hasil pengujian kuat lentur umur 14 hari.....	59
Tabel 13. Hasil pengujian kuat lentur umur 28 hari.....	59
Tabel 14. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur dengan perawatan <i>curing compound</i> .....	59
Tabel 15. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton.....	60

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Perbedaan perkerasan kaku dengan perkerasan lentur .....	4
Gambar 2. Transfer beban roda ke pondasi pada struktur perkerasan kaku ....	6
Gambar 3. Hubungan antara kelembaban dengan kehilangan air .....	17
Gambar 4. Hubungan antara temperature udara dan beton dengan kehilangan air .....	18
Gambar 5. Hubungan antara kecepatan angin dengan kehilangan air .....	18
Gambar 6. Hubungan antara temperatur beton dengan kehilangan air .....	19
Gambar 7. Pengaruh temperatur pada kuat tekan pada berbagai umur.....	19
Gambar 8. Pengaruh keterlambatan pemakaian senyawa kimia untuk perawatan beton .....	22
Gambar 9. Pembebanan truk “T” 500 kN .....	29
Gambar 10. Pembebanan dan Deformasi Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer.....	29
Gambar 11. Deformasi dan Tegangan Normal ( $\sigma_x$ ) Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer .....	30
Gambar 12. Hubungan Antara Variabel.....	32
Gambar 13. Semen Portland tipe 1 Gresik.....	32
Gambar 14. Pasir Progo .....	33
Gambar 15. Kerikil batu pecah .....	33
Gambar 16. Air bersih.....	34
Gambar 17 Cairan kimia <i>plastiment</i> .....	34
Gambar 18. Oli.....	35
Gambar 19. <i>Antisold</i> .....	35
Gambar 20. Ayakan Pasir .....	36
Gambar 21. Timbangan 310 gram .....	36
Gambar 22. Timbangan 15 kg.....	37
Gambar 23. Timbangan 50 kg.....	37
Gambar 24. Gelas ukur .....	38

Gambar 25. Oven .....	38
Gambar 26. Jangka sorong .....	39
Gambar 27. Penggaris dan meteran .....	39
Gambar 28. Kuas.....	40
Gambar 29. Mangkuk logam.....	40
Gambar 30. Kompor listrik .....	41
Gambar 31. Tang.....	41
Gambar 32. Bak rendaman.....	42
Gambar 33. Selang .....	42
Gambar 34. Mesin pengaduk (molen).....	43
Gambar 35. Kerucut <i>abrams</i> .....	43
Gambar 36. Konik.....	44
Gambar 37. Cetok .....	44
Gambar 38. Pelat besi .....	45
Gambar 39. Cetakan beton balok .....	45
Gambar 40. Mesin uji kuat lentur .....	46
Gambar 41. Roll listrik.....	46
Gambar 42. Diagram alur penelitian.....	48
Gambar 43. Penimbangan agregat .....	49
Gambar 44. Pengujian <i>slump</i> .....	50
Gambar 45. Pengujian kuat lentur beton.....	51
Gambar 46. Metode pengujian kuat lentur beton.....	52
Gambar 47. Grafik Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Lentur Beton ..	59
Gambar 48. Grafik Prosentase Pengaruh Cara Perawatan Kuat Lentur Beton	61

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.Pemeriksaan Analisa Ayak Pasir (MKB).....	68
Lampiran 2.Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami.....	70
Lampiran 3.Pemeriksaan Berat Jenis Pasir SSD.....	72
Lampiran 4.Pemeriksaan Kadar Air Pasir Alami.....	74
Lampiran 5.Pemeriksaan Kadar Air Pasir SSD Rendaman.....	76
Lampiran 6. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AW pada umur 3 hari.....	78
Lampiran 7. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AW pada umur 7 hari.....	79
Lampiran 8. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AW pada umur 14 hari.....	80
Lampiran 9. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AW pada umur 28 hari.....	81
Lampiran 10. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AC pada umur 3 hari.....	82
Lampiran 11. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AC pada umur 7 hari.....	83
Lampiran 12. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AC pada umur 14 hari.....	84
Lampiran 13. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji AC pada umur 28 hari.....	85
Lampiran 14. Foto – foto Penelitian .....	86

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sejarah perkerasan jalan dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia itu sendiri yang selalu berhasrat mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Dengan demikian perkembangan jalan saling berkaitan dengan perkembangan umat manusia. Perkembangan teknik jalan seiring dengan berkembangnya teknologi yang ditemukan umat manusia.

Infrastruktur memegang peranan penting sebagai salah satu roda pergerak pertumbuhan ekonomi dan pembangunan. Keberadaan infrastruktur yang memadai sangat diperlukan. Sarana dan prasarana fisik, merupakan bagian yang sangat penting dalam system pelayanan masyarakat. Berbagai fasilitas fisik merupakan hal yang vital guna mendukung berbagai kegiatan.

Pembangunan infrastruktur dibidang transportasi merupakan kebutuhan muthlak yang harus dipenuhi di Indonesia. Jalan raya merupakan infrastruktur utama yang harus terus dipelihara dan ditingkatkan keberadaannya untuk menunjang terjaminnya transportasi barang dan jasa guna menjaga stabilitas tingkat pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan pengguna kendaraan otomotif di Indonesia mencapai 10% setiap tahunnya (Biro Pusat Statistik, 2013), seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat maka semakin berkembang juga teknologi otomotif yang mampu meningkatkan kapasitas angkut kendaraan komersial, dan tentunya meningkatnya beban layan pada konstruksi jalan raya secara signifikan. Hal ini tentunya menjadikan masalah utama dibidang transportasi yang harus ditanggulangi.

Penggunaan konstruksi perkerasan di Indonesia kebanyakan menggunakan konstruksi perkerasan lentur dibandingkan dengan

konstruksi perkerasan kaku, karena dianggap memiliki keunggulan ekonomis.

Berikut ini adalah perbedaan perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pemilihan konstruksi perkerasan.

Table 1. Perbedaan antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur.

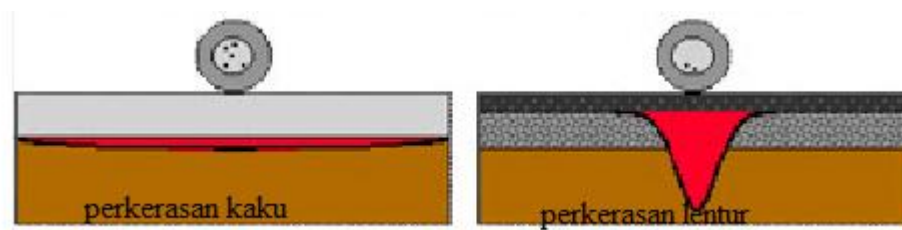
Perkerasan kaku	Perkerasan lentur
Perkerasan sederhana jika menggunakan “rencana standard”. Pada bagian sambungan, perlu pertimbangan – pertimbangan lebih teliti. Bermanfaat hanya pada jalan – jalan dengan tingkat ketajaman traffic yang tinggi.	Perencanaan sederhana bermanfaat terhadap jalan – jalan untuk semua tingkat jumlah traffic.
<i>Design “Job Mix”</i> lebih mudah untuk diteliti. Dapat digunakan teori “Elastis”. “ <i>Modulus Young</i> ” untuk tiap lapisan sangat berbeda.	<i>Quality control</i> untuk “ <i>Job Mix</i> ” agak rumit karena harus diteliti di laboratorium dan hasil Mix Hamparan.
“ <i>Air Void</i> ” di dalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan ( <i>joints</i> ) untuk memperkecil tegangan “termal”. Dapat lebih bertahan terhadap kondisi “drain” yang buruk. $\tau_L = 10 : 15 \text{ kg/cm}^2$ . Tegangan reaksi vertikal subbase $\tau_2 = 0,5 \text{ kg/cm}^2$ .	“ <i>Air Void</i> ” dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume aspal beton. Tidak diperlukan sambungan kecuali “ <i>longitudinal construction joints</i> ”. Sulit untuk bertahan terhadap “drain” yang buruk. $\tau_2 < 5 \text{ kg/cm}^2$ . $\tau_L < 5 \text{ kg/cm}^2$ . $\tau_2 = 5 \text{ kg/cm}^2$ .

<b>Perkerasan kaku</b>	<b>Perkerasan lentur</b>
Umur rencana dapat mencapai 15 – 40 tahun. Jika terjadi kerusakan (damage) maka kerusakan tersebut cepat dalam waktu singkat	Umur rencana relatif 5 : 10 tahun. Kerusakan tidak bersifat merambat.
“ <i>Serviceability Index</i> ” cukup baik, hanya jika “ <i>transverse joints</i> ” dikerjakan dan dipelihara dengan baik	“ <i>Serviceability Index</i> ” hanya baik disekitar saat selesai pelaksanaan.
Pada umumnya biaya konstruksi tinggi.	Pada umumnya hanya konstruksi rendah, tetapi hamper sama untuk konstruksi jalan dengan tingkat ketajaman <i>traffic</i> tinggi.
Pelaksanaan relatif sederhana kecuali sambungan – sambungan.	Pelaksanaan cukup rumit disebabkan “ <i>Quality Control</i> ” banyak terhadap sejumlah varian termasuk control temperatur.
Adalah penting untuk melaksanakan pemeliharaan terhadap sambungan – sambungan ( <i>joints</i> ) secara tetap.	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang 2 kali lebih besar dari pada “ <i>rigid pavement</i> ”.
Apabila lapisan permukaan akan di “ <i>overlay</i> ” maka mencegah terjadinya “retak refleksi” biasanya tebal perkerasan dibuat lebih besar 10 (sepuluh) cm. Agak sulit untuk menetapkan saat diperlukan “ <i>Overlay</i> ”.	“ <i>Overlay</i> ” dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan. Lebih mudah menentukan perkiraan saat “ <i>Overlay</i> ” harus dilakukan.

Perkerasan kaku	Perkerasan lentur
Kekuatan konstruksi perkerasan tegar ditentukan oleh kekuatan lapisan beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan).	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan tiap – tiap lapisan sehingga ditentukan oleh lapisan lapisan tersebut, dan kekuatan tanah dasar yang didapatkan.
Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan tegar adalah tebal lapisan beton (tidak termasuk pondasi).	Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang dapat diatas tanah dasar yang dipadatkan.

(Manu, Agus iqbal, 1995)

Perkerasan kaku mempunyai keunggulan dibandingkan perkerasan lentur yaitu pada pendistribusikan beban disalurkan ke *subgrade*. Karena memiliki kekakuan perkerasan kaku akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade* (tanah dasar), beton sendiri menjadi bagian utama yang menanggung beban struktural. Sedangkan pada perkerasan lentur karena dibuat menggunakan material yang kurang kaku, maka persebaran beban yang dilakukan tidak sebaik seperti pada beton. sehingga memerlukan ketebalan yang lebih besar.



Gambar 1. Perbedaan perkerasan kaku dengan perkerasan lentur  
(Azanurfauzi, 2010)

Berbagai proyek peningkatan jalan raya yang menggunakan struktur perkerasan kaku di berbagai ruas jalan, sering terlihat menunjukkan bahwa selama konstruksi berlangsung terjadi antrian kendaraan dan kemacetan yang diakibatkan proses konstruksi tersebut, seperti:

1. Pada pekerjaan konstruksi perkerasan kaku konvensional harus dilakukan tahapan penghamparan tulangan dan selanjutnya dapat dilakukan pengecoran beton.
2. Pada konstruksi perkerasan kaku yang dikerjakan menggunakan beton konvensional, setelah dilakukan pengecoran masih diperlukan masa perawatan beton sampai dicapai kuat tekan beton yang sesuai dengan rencanakan.

Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting* artinya setelah beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan, jika hal ini terjadi beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat.

Perawatan yang dilakukan tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur. Maka untuk menjaga agar proses hidrasi beton dapat berlangsung dengan sempurna diperlukan *curing* untuk menjaga kelembabannya. perawatan *curing compound* yaitu untuk mencegah berkurangnya kadar air pada beton, kelebihan dari *curing compound* ini selain berguna untuk perawatan pada daerah vertikal juga berguna untuk daerah yang mempunyai temperatur tinggi, karena bersifat memantulkan cahaya (Bayu, 2011).

Meskipun bukan yang paling efisien, perawatan yang paling praktis dan ekonomis bentuknya ialah menggunakan metode *compound*. Penyediaan bahan yang mudah diperoleh dan secara relatif juga tidak mahal, metode *compound* sangat praktis diterapkan untuk mencegah penguapan dari pelat datar, dengan anggapan bahwa penerapannya merata dan dilaksanakan segera setelah proses akhir selesai.

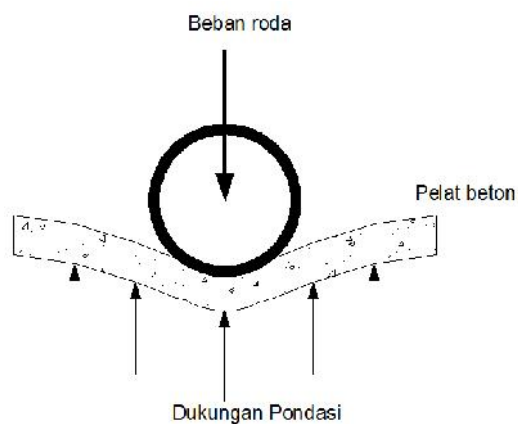
Perawatan terutama dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang terutama disebabkan oleh suhu. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu

yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik. Metode dan lama pelaksanaan curing tergantung dari:

1. Jenis atau tipe semen dan beton yang digunakan, termasuk bahan tambahan atau pengganti yang dipakai.
2. Jenis/tipe dan luasan elemen struktur yang dilaksanakan.
3. Kondisi cuaca, suhu dan kelembaban di area atau lokasi pekerjaan.
4. Penetapan nilai dan waktu yang digunakan untuk kuat tekan karakteristi beton (28 hari atau tergantung dari spesifikasi yang ditentukan oleh konsultan perencanaan/desain).

Atas dasar perbandingan tersebut, infrastruktur jalan raya mulai banyak ditingkatkan dengan menggunakan konstruksi perkerasan kaku, maka dilakukan berbagai penelitian mengenai perkerasan kaku, seperti halnya dengan perlakuan perawatan beton. Perawatan beton yang dimaksud adalah dengan cara direndam dan *curing compound*, dari hasil penelitian tersebut akan didapatkan perbandingan pengaruh perawatan setelah dilakukan pengujian kuat lentur beton.

Pelat beton mempunyai kuat lentur dan kekakuan yang tinggi, sehingga memungkinkan timbulnya aksi seperti balok yang dapat menyebarkan beban yang bekerja di atasnya ke area yang luas. Agar kinerja perkerasan maksimum, maka dukungan pondasi dari bawah pelat beton harus seragam (Hardiyatmo, H.C., 2007)



Gambar 2. Transfer beban roda ke pondasi pada struktur perkerasan kaku

Pertimbangan utama dalam perancangan perkerasan kaku adalah kekuatan struktur betonnya. Oleh karena itu, sedikit variasi kekuatan tanah dasar, hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan struktur perkerasan.

Lapisan jalan berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya terus ke tanah dasar. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari pelat beton sendiri. Sehingga kuat lentur beton menjadi hal yang penting pada konstruksi jalan. Maka dari itu penelitian ini ditekankan pada hasil kuat lentur beton.

Pendekatan dan pengembangan metode kuat ultimit didasarkan pada anggapan-anggapan sebagai berikut:

1. Bidang penampang rata sebelum terjadi lenturan, tetap rata setelah terjadi lenturan dan berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur balok. Oleh karena itu nilai regangan dalam komponen struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral.
2. Tegangan sebanding dengan regangan hanya sampai kira-kira beban sedang. Apabila beban meningkat sampai beban ultimit, tegangan yang timbul tidak sebanding lagi dengan regangannya berarti distribusi tegangan tekan tidak lagi linier. Bentuk balok tegangan tekan pada penampangnya berupa garis lengkung dimulai dari garis netral dan berakhir pada serat tepi tekan luar.
3. Dalam memperhitungkan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton tidak diperhitungkan dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan baja tarik (Perkasa45, 2012).

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang terkait adalah mengenai pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton, untuk itu perlu adanya penelitian mengenai kuat lentur beton, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Efek perbedaan cara perawatan terhadap susut beton.
2. Efek perbedaan cara perawatan terhadap kuat tekan.
3. Perbedaan cara perawatan terhadap kuat lentur beton.
4. Pengaruh cara perawatan terhadap porositas beton.
5. Pengaruh perawatan pada ketahanan beton terhadap zat agresif.
6. Pengaruh perawatan terhadap ketahanan aus beton.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, dalam penelitian ini untuk memfokuskan pembahasan diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan terhadap kuat lentur beton.
2. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, 28 hari.
3. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan panjang 53 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm.
4. Adukan pada komposisi dianggap homogen.
5. Reaksi kimia tidak dibahas.
6. Cara perawatan beton secara konvensional dan metode *curing compound*.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Berapa hasil kuat lentur pada perawatan beton dengan perawatan direndam pada umur 3, 7, 14, 28 hari ?
2. Berapa hasil kuat lentur pada perawatan beton dengan perawatan *Curing Compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari ?
3. Berapa perbedaan hasil pengujian kuat lentur beton dengan perawatan direndam dan *curing compound* ?

### **E. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan kuat lentur pada perawatan beton secara konvensional (direndam) pada umur 3, 7, 14, 28 hari.

2. Mengetahui perbandingan kuat lentur pada perawatan beton secara *Curing Compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari.
3. Membandingkan hasil pengujian kuat lentur dengan cara direndam dan *compound*.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Keutamaan yang ingin diperoleh melalui pelaksanaan penelitian pada tahapan ini adalah sebagai berikut:

1. Teoritis

Mengembangkan ilmu terkait dengan bidang studi teknologi beton yang secara fungsional dapat memperbaiki kinerja struktural, mempercepat masa konstruksi dan meningkatkan keawetan prasarana transportasi.

2. Praktis

Mengembangkan metode konstruksi sebagai solusi alternatif untuk program percepatan pembangunan, peningkatan kualitas dan masa layan infrastruktur di Indonesia dengan melakukan penelitian terhadap cara perawatan beton dapat mengetahui pengaruh dari cara perawatan tersebut yaitu pada kuat tekan dan kuat lentur beton ketika dilakukan pengujian pada umur yang telah ditentukan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Beton dan Penyusunnya

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing kompone. Beton yang telah mengeras juga dapat dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara agregat kasar, yang diisi agregat halus, serta pori-pori antara agregat halus diisi oleh pasta semen (campuran air dengan semen). Selain itu pasta semen juga berfungsi sebagai perekat dalam proses pengerasan, sehingga terbentuklah suatu kesatuan yang padat dan juga tahan lama.

Beton pada dasarnya tersusun dari semen, agregat dan air. Jika diperlukan dapat juga diberi bahan tambah (*admixture*) untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton tersebut. Bahan penyusun beton mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengujian beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, nilai faktor air-semen, cara pengerjaan beton meliputi: pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan, serta umur beton.

Hasil perancangan beton (*mix design*) sangat penting untuk melihat berapa komposisi campuran beton, dan mendapatkan nilai kekuatan dari struktur yang telah direncanakan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan.

## 1. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya tinggi berkisar antara 60% - 70% dari berat campuran beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam ataupun agregat buatan, berat jenis agregat normal berkisar antara 2,5 sampai 2,7.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm, sedangkan ukurannya lebih dari 40 mm digunakan untuk pekerjaan jalan, tanggul penahan tanah, bendungan atau bronjong, dan lainnya. Ukuran agregat dalam prakteknya dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu:

- a. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.
- d. Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm, dinamakan "silt" atau tanah (Tjokrodimuljo, 1996).

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Untuk itu gradasi atau distribusi ukuran butir agregat perlu diperhatikan. Jika butiran agregat mempunyai ukuran seragam maka dapat membuat volume pori menjadi besar. Agregat dengan butiran bervariasi lebih sering digunakan dalam campuran beton. Karena untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran butir agregat.

Pada umumnya, campuran beton yang menggunakan agregat kasar berupa batu pecah (split) akan menghasilkan kualitas beton yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar alami (kerikil), karena batu pecah memiliki permukaan bersudut sehingga akan saling mengisi/mengunci saat dipadatkan. Selain itu, permukaan batu pecah juga lebih kasar sehingga kekuatan ikatan

antara pasta semen dan agregat pada bagian permukaan (*interface*) menjadi lebih baik.

## 2. Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Semen Portland adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Selain itu semen juga dapat didefinisikan yaitu bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambah (Wuryati S dan Candra Rahmadiyanto, 2001:1).

Fungsi utama semen adalah mengikat butiran agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga rongga udara diantara butiran agregat. Meski didalam komposisinya hanya 10% dari dalam beton, namun karena sebagai bahan pengikat maka peran semen sangat penting. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, di Indonesia dalam Kardiyono Tjokrodimulyono (1996) semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

### a. Jenis I

Semen Portland jenis umum (*normal portland cement*) yaitu jenis semen Portland yang penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus.

### b. Jenis II

Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified Portland cement*). Semen ini mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal.

c. Jenis III

Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (*high early strength Portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan.

d. Jenis IV

Semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat Portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah – rendahnya. Kekuatannya tumbuh lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan grafitasi tinggi.

e. Jenis V

Jenis semen tahan sulfat (*sulfat resisting Portland semen*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan bangunan yang terkena sulfat, seperti di tanah/air yang kadar alkalinya tinggi.

Waktu ikat semen terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen sampai kaku dan siap menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal sangat penting pada kontrol pekerjaan beton. Untuk kasus tertentu diperlukan waktu ikat awal lebih dari 2 jam agar waktu terjadiikatan awal lebih panjang. Waktu yang panjang ini diperlukan untuk transportasi, penuangan, pemadatan, dan proses penyelesaian.

Proses ikatan awal disertai perubahan temperature yang dimulai terjadi sejak ikatan awal dan mencapai puncaknya pada waktu berakhirnya ikatan akhir, waktu ikatan akan memendek karena naiknya temperature sebesar 30°C atau lebih, serta sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai oleh lingkungan sekitar. Waktu ikatan

akhir yaitu terbentuknya pasta semen hingga mengeras, dan tidak boleh lebih dari 8 jam.

Syarat-syarat standar nasional Indonesia pada semen portland

a. Semen portland pozolan (*PPC*)

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antar semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan. (SNI 15-0302-2004)

Jenis dan penggunaan semen Portland pozolan adalah sebagai berikut:

- 1) Jenis IF-U yaitu semen Portland pozolan yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- 2) Jenis IP-K yaitu semen Portland pozolan yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- 3) Jenis P-U yaitu semen Portland pozolan yang digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Jenis P-K yaitu semen Portland pozolan yang dapat digunakan untuk membuat beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

b. Semen portland komposit (*portland composite cement*)

Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik

lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnaceslag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit. (SNI 15-7064-2004)

c. Semen portland / *ordinary portland cement (OPC)*

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan caramenggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (SNI 15-2049-2004)

### 3. Air

Air diperlukan saat pembuatan beton sebagai pemicu proses kimia dari semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Umumnya air yang dapat diminum dapat sebagai campuran untuk beton. Air yang mengandung gula, minyak maupun bahan kimia dapat mempengaruhi kualitas beton, bahkan dapat merubah sifat beton itu sendiri.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang disebut sebagai Faktor Air Semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air pencampur yang digunakan harus sesuai dengan syarat sesuai dengan SNI-7974-2013.

Sebaiknya air yang digunakan untuk membuat beton antara lain:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung banyak lumpur, minyak dan bahan terapung lainnya.

- c. Tidak mengandung benda yang tersuspensi lebih dari 2 g/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang mudah larut dan merusak beton.
- e. Semua air yang mutunya meragukan sebaiknya diteliti terlebih dahulu.

#### **4. Bahan tambah**

Bahan tambah ialah bahan yang digunakan selain unsur pokok (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah untuk mengubah sifat beton. Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) adalah bahan kimia (berupa bubuk atau cairan) yang dicampur pada adukan beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996:47). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan tambah adalah kebutuhan air, kandungan air, konsistensi, *blending*, kehilangan air pada waktu beton segar, laju pengerasan, kekuatan tekan dan lentur ketahanan terhadap volume, susut pada saat pengeringan.

Pada penelitian ini bahan tambah hanya menggunakan *plastiment* yaitu sebagai penghambat waktu ikat beton. Penambahan *plastiment* karena *temperature* udara sewaktu pengecoran yang tinggi.

#### **B. Cara Perawatan Beton**

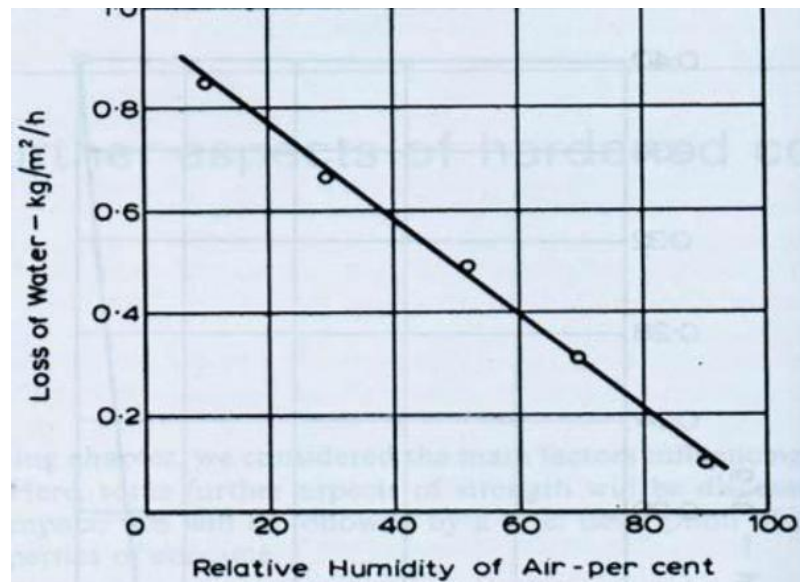
Beton harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dengan perawatan dipercepat (SNI 2847:2013, *Persyaratan beton Struktural Bangunan Gedung*). Perawatan beton dimaksudkan agar beton dapat mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sempurna serta memiliki tingkat kekedapan dan keawetan yang baik, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dimensi struktur (Mulyono, T., 2003). Perawatan dilakukan untuk mencegah terjadinya *temperature* beton atau

penguapan air yang berlebihan yang dapat menurunkan kemampuan beton yang dihasilkan. Apabila proses penguapan air terjadi secara berlebihan terutama pada waktu setelah *final setting* maka proses hidrasi dapat terganggu demikian juga untuk proses hidrasi selanjutnya.

Menurut A.M. Neville (2002), terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

1. Kelembaban relative

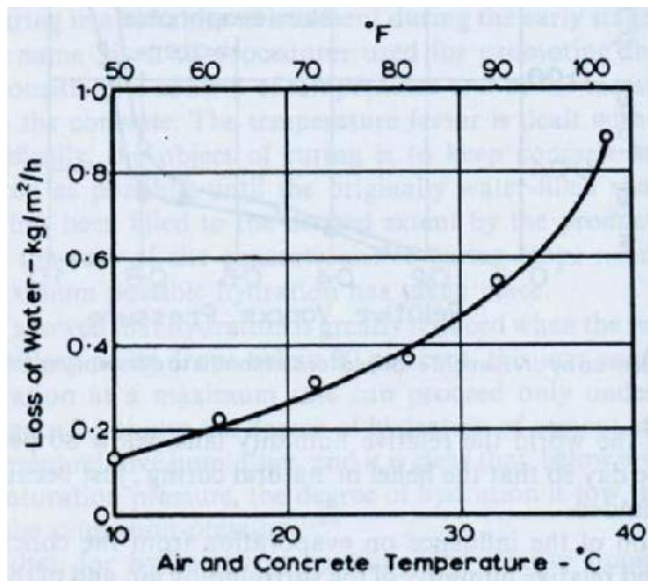
Semakin besar nilai kelembaban relative, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.



Gambar 3. hubungan antara kelembaban dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

2. Temperatur udara dan beton

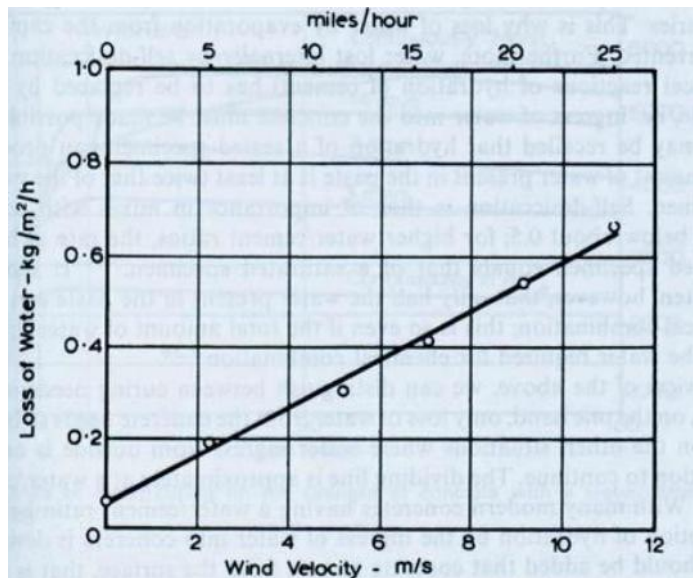
Temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.



Gambar 4. hubungan antara temperature udara dan beton dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

3. Kecepatan udara

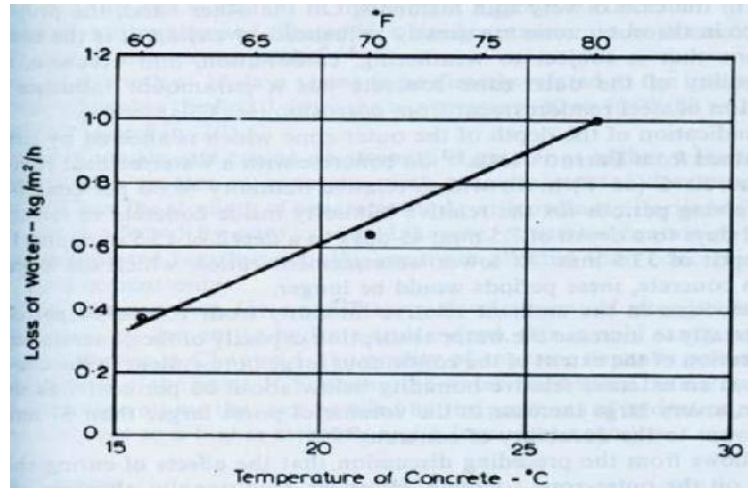
Proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.



Gambar 5. hubungan antara kecepatan angin dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

#### 4. Temperatur beton

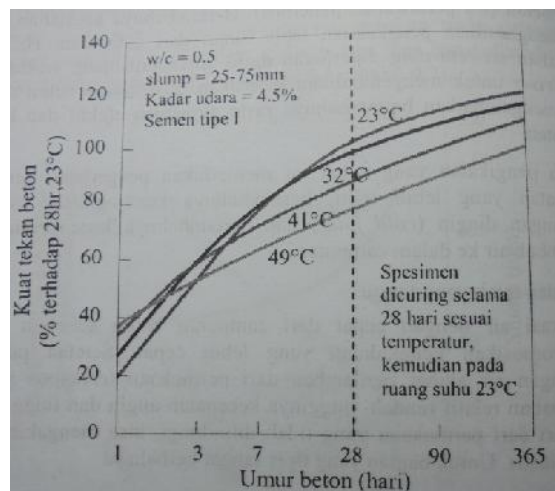
Perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air.



Gambar 6. hubungan antara temperatur beton dengan kehilangan air (Neville, A.M., 2002)

Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu direndam dan *curing compound*.

Kekuatan resultan dari temperature konstan pada setting dan perawatan pada temperature tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.



Gambar 7. Pengaruh temperatur pada kuat tekan pada berbagai umur (Nugraha, P., 2007)

Setiap campuran beton, sebelum mencapai kekuatan yang direncanakan tentunya akan mengalami proses hidrasi. Hal yang paling penting adalah menjaga kandungan air selama proses hidrasi berlangsung, sehingga pada awal pengerasan beton harus dijaga jangan sampai kehilangan kandungan airnya. Ada dua cara agar beton tidak kehilangan air pada masa awal pengerasan yaitu:

### **1. Perendaman**

Perawatan beton dengan direndam merupakan cara yang biasa dilakukan agar beton memiliki kelembaban yang tinggi dan pada saat pengujian menghasilkan kekuatan yang maksimal. Cara ini adalah cara yang baik untuk mencegah hilangnya kelembaban beton dan sangat efektif untuk mempertahankan suhu di dalam beton agar tetap seragam.

Berdasarkan SNI 2493-2011 tentang tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium, perawatan basah berarti bahwa benda uji yang akan diuji harus memiliki air bebas yang dijaga pada seluruh permukaan pada semua waktu. Kondisi ini dipenuhi dengan merendam dalam air jenuh kapur dan dapat dipenuhi dengan penyimpanan dalam ruang jenuh air sesuai dengan AASTHO M 201.

Temperatur merupakan faktor yang sangat penting dalam perkembangan kekuatan beton, suhu optimal agar terjadi reaksi hidrasi yang sempurna berkisar  $10^{\circ}$ - $23^{\circ}$ C, bahkan jika perawatan dilakukan dibawah suhu  $10^{\circ}$ C, maka tidak akan memberikan perkembangan kekuatan yang tinggi, bahkan jika perawatan dilakukan dititik beku maka tidak akan menghasilkan kekuatan sama sekali. (Denawi, 2009)

Metode ini sering dipakai di laboratorium sebagai metode standar untuk perawatan beton. Air yang digunakan haruslah air yang bebas dari bahan-bahan yang dapat merusak terhadap beton. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji beton di sebuah bak yang terisi dengan air bersih.

## 2. *Curing Compound*

Perawatan ini dilaksanakan dengan memberikan selaput tipis yang dibentuk dari bahan kimia yang biasa disebut dengan membran curing. Membran curing adalah selaput penghalang yang terbentuk dari cairan kimia yang berguna untuk menahan penguapan air dari beton. Metode ini sangat cocok digunakan pada perkerasan jalan di daerah yang sulit mendapatkan air. Kebanyakan metode ini diterapkan pada bangunan gedung karena lebih praktis untuk posisi perawatan vertical. Biasanya proses pemberian zat ini dapat dilakukan dengan cara mengoleskan dengan kuas ataupun disemprot setelah satu jam proses setting beton dan permukaan harus kering atau dapat dilap terlebih dahulu.

Sesuai dengan ASTM C.309, *curing compound* dapat diklarifikasikan menjadi:

### a. Tipe I

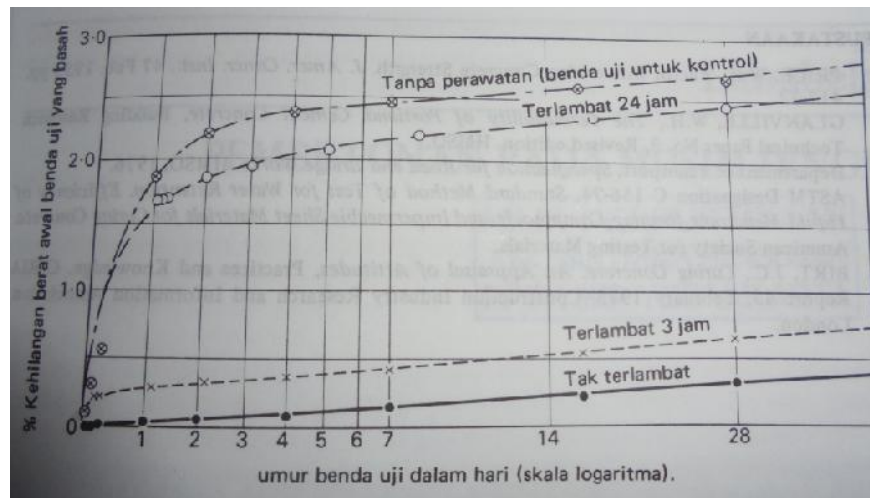
*Curing Compound* dengan *Fugitive Dye* (warna akan hilang selama beberapa minggu)

### b. Tipe II

*Curing Compound* dengan zat berwarna putih.

Terdapat beberapa merk sikament di pasaran, misalnya *Antisol Red* (tipe I), *Antisol White* (tipe II) dan *Antisol E* (termasuk tipe I, *non pigmented curing compound*) (Bayu, 2011)

Perawatan dengan menggunakan metode *curing compound* dapat bertahan dengan maksimal selama 4 minggu, setelah itu lapisan akan menjadi getas dan mulai terkelupas akibat pengaruh lain seperti sinar matahari. Hambatan terhadap penguapan air beton, dapat mengurangi pengaruh pendinginan dan hal ini dapat merugikan. Oleh karena itu sebaiknya juga memberikan perawatan dengan membasahinya, atau sekurang-kurangnya dilindungi terhadap sinar matahari.



Gambar 8. Pengaruh keterlambatan pemakaian senyawa kimia untuk perawatan beton (L.J. Murdock,1999)

Sebuah kerugian dari metode *curing compound* adalah zat kimia mungkin akan menghalangi ikatan yang baik antara beton yang telah mengeras dengan beton yang belum mengeras atau telah dihaluskan, pada pengecoran beton selanjutnya (L.J. Murdock,1999).

### C. Pengaruh Cara Perawatan Beton

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Membutuhkan perawatan yang baik agar dapat menghasilkan kekuatan yang maksimal pada beton. Pada penelitian ini ditekankan pada dua metode perawatan beton yaitu perawatan beton dengan direndam dan *curing compound*, dengan memperhatikan umur perawatan beton maka, dengan cara tersebut diharapkan dapat mengetahui pengaruh perawatan beton terhadap kekuatan yang dapat dihasilkan ketika dilakukan pengujian kuat lentur beton tersebut.

Perawatan beton sendiri merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan beton yang kedap air. Penguapan yang besar mendesak beton membentuk kapiler yang menyebabkan beton menjadi bersifat porosif (berpori). Semen atau beton yang kurang sempurna mengerasnya akibat kekurangan air akan banyak meninggalkan pori-pori pada agar-agarinya, karena volume agar-agar yang terjadi  $\pm 2.1$  kali sebesar volume kering semula (Samekto, W. dan Rahmadiyanto, C., 2001)

## **D. Sifat-sifat beton**

Sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai rencana semula dan sesuai konstruksi yang akan dikerjakan. Pada saat segar atau sesaat dicetak, beton bersifat plastis dan mudah untuk dibentuk. Sedangkan pada saat mengeras beton mempunyai kekuatan yang cukup untuk menerima beban.

### **1. Sifat-sifat beton segar**

#### **a. Mudah Dikerjakan (*Workability*)**

Kemudahan pengerjaan beton merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan. Walaupun suatu struktur beton dirancang untuk mendapatkan kualitas yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak bisa diterapkan ataupun sulit dikerjakan di lapangan tentunya hal tersebut menjadi percuma. Kemajuan dari teknologi saat ini telah membawa dampak yang nyata untuk mengatasi masalah tersebut.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat melalui nilai *slump* yang identik dengan keplastisan beton. Semakin tinggi keplastisannya, beton akan semakin mudah dikerjakan. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain:

- 1) Jumlah air pencampur, semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
- 2) Kandungan semen, semakin banyak semen berarti semakin banyak air yang dibutuhkan sehingga nilai keplastisan akan tinggi, jika nilai FAS tetap.
- 3) Gradasi campuran pasir dengan kerikil, tentunya jika sesuai dengan standar maka akan semakin mudah dikerjakan.
- 4) Bentuk butiran agregat kasar, bentuk bulat-bulat dari agregat akan semakin mudah untuk dikerjakan.
- 5) Butiran maksimum.
- 6) Cara pemadatan dan alat yang digunakannya.

#### **b. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)**

*Segregation* adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton. *Segregation* sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ketidak sempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Hal ini dapat berupa keropos, dan berpori, permukaan tampak bersisik dan juga tidak rata.

c. Pemisahan Air (*Bleeding*)

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan beton selepas dipadatkan. Hal ini disebabkan Air naik ke atas sambil membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang akhirnya setelah beton mengeras akan terlihat sebagai selaput. Lapisan ini dikenal sebagai *Laitance*. *Bleeding* biasanya terjadi pada campuran beton basah (kelebihan air) atau adukan beton dengan nilai slump tinggi. Proses pemadatan yang berlebihan juga akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

## 2. Sifat-sifat beton setelah mengeras

Beton keras dapat dikategorikan berkualitas baik jika mempunyai sifat-sifat kuat, awet, kedap air dan memiliki kemungkinan perubahan dimensi yang kecil. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban yang telah direncanakan, sehingga sifat yang utama dimiliki oleh beton adalah kekuatannya.

Ada berbagai alasan untuk melakukan pengujian beton keras:

- a. Pada tingkat dasar untuk mengamati hukum fisik tentang sifat beton. Mencari hubungan antara sifat fisik dan mekanik dari material beton dan sifat elastis dari kekuatan beton keras.
- b. Menentukan sifat mekanis dari beton jenis tertentu untuk penerapan khusus. Uji ini dilakukan dengan simulasi kondisi yang akan dialami oleh beton tersebut.
- c. Bila hukum fisik telah diketahui, perlu dilakukan evaluasi atas konstanta fisik, misalnya modulus elastisitas.

- d. Yang paling umum, informasi rutin atas kualitas beton, dinamakan pengujian kontrol kualitas. Kecepatan dan kemudahan pengujian dapat lebih penting daripada akurasi yang sangat tinggi.

(Paul Nugraha, 2007)

Ada beberapa pengujian terhadap beton keras yang sering dilakukan untuk mengetahui kekuatan beton, diantaranya yaitu:

a. Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah kemampuan dari beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Karena kuat tekan beton adalah salah satu kinerja utama dari beton maka sifat ini menjadi sifat yang terpenting didalam kualitas beton. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan pengujian menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk selinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 saat umur beton 28 hari.

Faktor air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Air yang terlalu banyak akan menempati ruang dimana pada waktu beton telah mengeras dan terjadi proses penguapan, ruang tersebut akan menjadikan pori. Selain faktor air semen besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain:

- 1) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- 2) Jenis dan lekuk-lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maupun kuat tarik yang lebih besar dari pada kerikil biasa.
- 3) Efisiensi dari perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan dilapangan dan pada pembuatan benda uji.

- 4) Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- 5) Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada 28 hari.

Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun. Nilai kuat tekan beton didapat melalui cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 15 cm. tinggi 30 cm) sampai hancur. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ( $f'c$ ) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya ditentukan waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 7 hari kuat beton mencapai 70 % dan pada umur 14 hari mencapai 85 % sampai 90 % dari kuat tekan beton umur 28 hari.

Pengujian beton dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton beton. Setiap pengujian pasti akan diketahui pula modulus elastisitas bahannya. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Disajikan dalam persamaan tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

Modulus elastisitas pada beton bervariasi. Ada beberapa hal yang mempengaruhi modulus elastisitas beton antara lain sebagai berikut ini:

- 1) Kelembaban

Beton dengan kandungan air yang lebih tinggi memiliki modulus elastisitas yang juga lebih tinggi daripada beton dengan spesifikasi yang sama.

2) Agregat

Nilai modulus dan proporsi volume agregat dalam campuran mempengaruhi modulus elastisitas beton. Semakin tinggi modulus agregat dan semakin besar proporsi agregat dalam beton, semakin tinggi pula modulus elastisitas beton tersebut.

3) Umur Beton

Modulus elastisitas beton meningkat seiring pertambahan umur beton seperti halnya kuat tekannya, namun modulus elastisitas meningkat lebih cepat daripada kekuatannya.

4) *Mix Design* Beton

Jenis beton memberikan nilai E (modulus elastisitas) yang berbeda-beda pada umur dan kekuatan yang sama.

b. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat diberikan gambaran tentang sifat-sifat mekanis yang lain pada beton tersebut. Secara umum kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya yaitu pasta semen, rongga, agregat, dan *interface* antar pasta semen dengan agregat. Dalam pelaksanaannya faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah nilai faktor air semen, derajat kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan kualitas agregat yang meliputi gradasi, tekstur permukaan, bentuk, kekuatan, kekakuan, serta ukuran maksimum agregat.

Pengujian kuat lentur beton dilakukan menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran tinggi 10 cm, lebar 10 cm, dan panjang 53 cm. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan meliputi kondisi ujung benda uji, ukuran benda uji, rasio

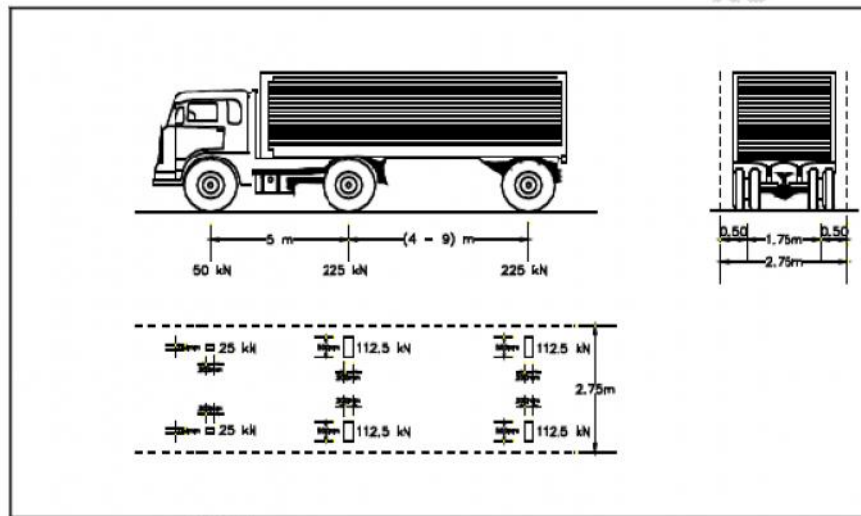
diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, rasio panjang terhadap diameter benda uji, kondisi kelembaban dan suhu benda uji, arah pembebanan terhadap pengecoran, laju penambahan beban pada *compression testing machine* serta bentuk geometri benda uji.

c. Kuat Tarik Beton

Uji kuat tarik dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silender direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton.

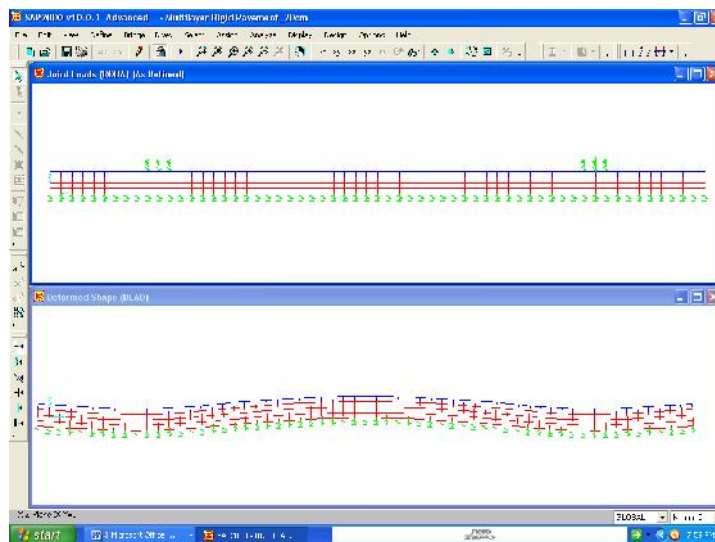
**E. Analisis Struktur Perkerasan Kaku Jalan Raya**

Struktur perkerasan kaku jalan raya dapat digolongkan dalam kategori struktur *slabs on ground*. Untuk memperoleh *road-map* penelitian yang sesuai dengan kondisi lapangan, maka telah dilakukan penelitian awal berupa analisis distribusi tegangan yang bekerja pada struktur *slabs on ground*. Penelitian awal ini dilakukan dengan metode elemen hingga yang menggunakan elemen segi empat memanfaatkan alat bantu *software Structural Analysis Program* (SAP 2000). Simulasi dilakukan berdasarkan standar pembebanan lalu lintas dalam RSNI T-02-2005, yang merupakan revisi dari SNI 03-1725-1989. Pembebanan yang digunakan adalah truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 9 berikut ini.

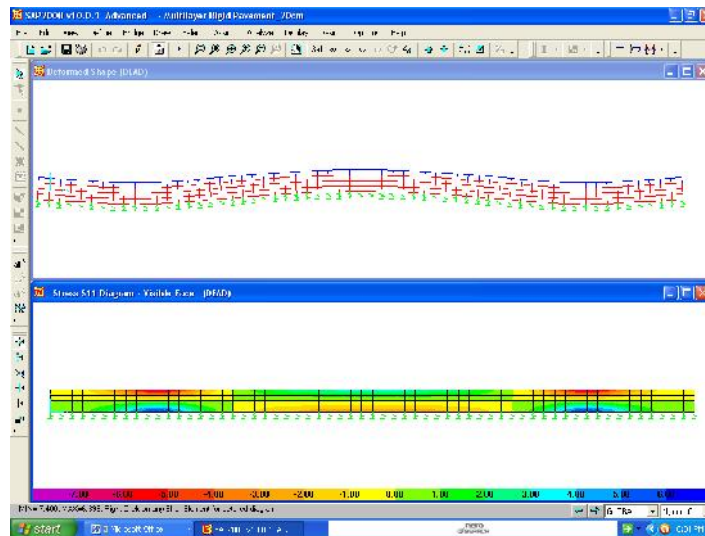


Gambar 9. Pembebanan truk “T” 500 kN(Slamet Widodo, 2014)

Hasil analisis yang telah dilakukan terhadap struktur perkerasan kaku dengan *software* SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 berikut:



Gambar 10. Pembebanan dan Deformasi Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer (Slamet Widodo, 2014)



Gambar 11. Deformasi dan Tegangan Normal ( $\sigma_{xx}$ ) Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer (Slamet Widodo, 2014)

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat diambil kesimpulan bahwa hasil analisis tegangan normal pada bidang  $x$  dalam arah sumbu  $x$  ( $\sigma_{xx}$ ) dapat diketahui bahwa terjadi tegangan tarik pada sisi atas (tepatnya di antara dua roda) maupun sisi bawah perkerasan (tepat berada di bawah roda). Kondisi ini menunjukkan bahwa beton memiliki potensi untuk diaplikasikan secara optimal pada struktur perkerasan kaku jalan.

## F. Kerangka Pikiran

Salah satu sifat yang cukup penting menentukan karakteristik beton adalah kuat lentur beton. Dengan metode perawatan direndam dan *curing compound* dapat menghasilkan efek yang mampu memberikan kuat lentur yang lebih tinggi pada beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh cara perawatan beton direndam dan perawatan beton dengan metode *curing compound*. Fungsi dari *curing compound* yaitu untuk mencegah kehilangan air pada beton dan melindungi beton pada penguapan air yang cepat pada tahap perawatan. Selanjutnya membandingkan hasil dari kedua cara perawatan tersebut dengan pengujian kuat lentur pada beton sehingga dapat diketahui efek dari perawatan beton.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Metode

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka pelaksanaan penelitian dengan metode eksperimental. Data–data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut, berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Struktur, jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

#### B. Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2006), variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan.

##### 1. Variabel bebas

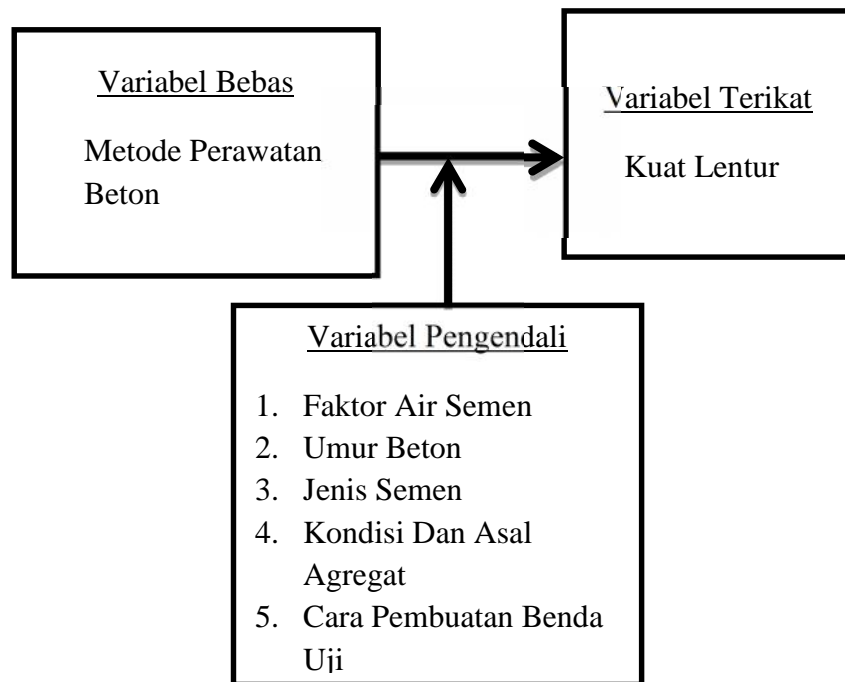
Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perawatan beton dengan cara direndam dan cara *curing compound*.

##### 2. Variable terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai dari kuat lentur.

##### 3. Variabel pengendali (variabel kontrol)

Variabel pengendali adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor yang dapat mempengaruhi kuat lentur beton dalam penelitian ini akan dikendalikan dengan berbagai perlakuan yang dibuat sama. Faktor-faktor tersebut antara lain faktor air semen, umur beton, jenis semen yang digunakan, asal dan kondisi agregat, cara pembuatan benda uji.



Gambar 12. Hubungan Antara Variabel

### C. Material

Material bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen dengan merek Gresik dengan berat tiap sak adalah 40 kg, dimana butiran halus tidak terdapat penggumpalan. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen ini termasuk jenis semen tipe 1, yaitu semen untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan syarat-syarat tertentu.



Gambar 13. Semen PPC tipe 1 merk Gresik

#### 2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan berupa agregat alami yang diambil dari sungai Progo Yogyakarta. Pasir sungai diperoleh langsung

dari dasar sungai, pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena adanya proses gesekan yang terjadi. Karena bentuknya yang bulat, maka daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik (Samekto, W. dan Rahmadiyanto, C., 2001).



Gambar 14. Pasir Progo

### 3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm.



Gambar 15. Kerikil batu pecah

### 4. Air

Pada penelitian ini digunakan air keran yang terdapat di Laboratorium Bahan Bangunan PTSP – FT UNY. Air yang digunakan juga terlihat sesuai dengan peraturan SNI 03 – 2847 – 2013 yaitu bersih, tidak berasa dan juga tidak berbau sehingga air ini layak digunakan sebagai campuran beton.



Gambar 16. Air bersih

#### 5. *Retarding Admixture*

*Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan yang terjadi pada beton. *Retarding Admixture* biasanya digunakan karena kondisi cuaca yang panas. Pada penelitian ini digunakan zat kimia berupa *plastiment*.



Gambar 17. Cairan kimia *plastiment*

#### 6. Oli

Dalam penelitian ini, oli digunakan sebagai bahan pendukung penelitian seperti belerang. Berdasarkan SNI 6369-2008 tentang pembuatan *capping* untuk benda uji selinder, oli digunakan sebagai pelumas pelat *capping* agar benda uji mudah untuk dilepas. Selain itu oli juga digunakan sebagai pelumas cetakan beton.



Gambar 18. Oli

7. *Antisold (curing compound)*

Bahan tambah ini digunakan untuk melapisi benda uji sebagai metode perawatan menggunakan *curing compound*.



Gambar 19. *Antisold*

**D. Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ayakan Pasir

Karena dalam penelitian ini menggunakan pasir alam tentunya tidak semua dari pasir yang digunakan sesuai dengan ukuran yang sesuai. Maka pasir atau agregat halus ini harus diayak terlebih dahulu agar antara pasir yang sesuai dengan yang tidak bisa terpisah.



Gambar 20. Ayakan Pasir

## 2. Timbangan

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat beton tentunya memiliki jumlah kebutuhan yang berbeda sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan. Maka perlulah bahan-bahan tersebut ditimbang agar sesuai.

Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan kapasitas 310 gram, 15 kg, dan 50 kg. Bahan yang ditimbang antara lain pasir dan kerikil. Selain itu timbangan dipakai juga untuk menimbang sewaktu pengujian agregat kasar dan halus.



Gambar 21. Timbangan 310 gram



Gambar 22. Timbangan 15 kg



Gambar 23. Timbangan 50 kg

### 3. Gelas Ukur

Untuk menakar bahan cair digunakan gelas ukur. Bahan yang diukur antara lain air, cairan *plastiment* dan bahan tambah *sika-viscocrete*. Dengan menggunakan gelas ukur kebutuhan yang diperlukan akan sesuai takaran yang telah direncanakan.



Gambar 24. Gelas ukur

#### 4. Oven

Oven ini digunakan untuk pengujian agregat. Agregat perlu diuji agar berat jenis agregat dapat diketahui. Oven sendiri digunakan untuk mengeringkan agregat sampai kering oven atau tidak mengandung air sama sekali.



Gambar 25. Oven

#### 5. Jangka Sorong

Jangka sorong berfungsi untuk mengetahui ukuran dari suatu benda dengan ketelitian yang lebih akurat. Jangka sorong sangat efektif untuk mengukur bahan uji yang berbentuk selinder yaitu diameter selinder dan tinggi selinder.



Gambar 26. Jangka sorong

#### 6. Penggaris dan Meteran

Penggaris digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur nilai slump, penggaris ini memiliki panjang 30 cm – 40 cm. sedangkan untuk meteran digunakan untuk mengukur panjang, tinggi, dan ketebalan benda uji yang berbentuk balok.



Gambar 27. Penggaris dan meteran

#### 7. Kuas

Kuas ini berfungsi untuk mengoleskan oli ke bekestig beton dan cetakan selinder agar mudah dilepas setelah mengeras. Selain itu kuas digunakan untuk mengoleskan bahan kimia pada benda uji untuk perawatan dengan metode *curing compound*.



Gambar 28. Kuas

#### 8. Mangkuk Logam

Untuk mencairkan belerang perlu menggunakan bahan yang terbuat dari logam atau bahan yang tidak bereaksi dengan belerang cair. Dalam penelitian ini menggunakan mangkuk berbahan logam sebagai wadah belerang ketika dipanaskan.



Gambar 29. Mangkuk logam

#### 9. Kompor Listrik

*Capping* untuk benda uji perlu dilakukan agar permukaan benda uji menjadi lebih rata agar sewaktu pengujian kuat tekan dapat tertekan dengan sempurna. Pada proses *capping* perlu melelehkan belerang agar mencair. Proses pelelehan belerang membutuhkan kompor sebagai sumber panas, dalam pengujian digunakan kompor listrik.



Gambar 30. Kompor listrik

#### 10. Tang (penjepit)

Untuk memotong bendrat yang digunakan untuk mengikat benda uji balok agar bentuk cetakan tidak berubah.



Gambar 31. Tang

#### 11. Bak Rendaman

Proses perawatan benda uji dengan metode direndam perlu menggunakan bak perendam untuk merendam benda uji tersebut. Pada dasarnya bak perendam harus mampu merendam seluruh permukaan benda uji agar perawatannya maksimal.



Gambar 32. Bak rendaman

#### 12. Selang

Selang digunakan untuk mengisi bak perendam, selain itu dalam pengujian ini selang juga digunakan untuk membersihkan molen dan peralatan lain.



Gambar 33. Selang

#### 13. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

Mesin pengaduk digunakan untuk mencampur semua bahan (mortar) pembuat beton. Mesin ini digerakan dengan tenaga disel atau listrik. Menggunakan alat ini agar campuran mortar lebih *homogen*.



Gambar 34. Mesin pengaduk (molen)

#### 14. Kerucut *Abrams*

Berdasarkan SNI 1972-2008 mengenai cara uji slump beton, alat ini harus terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutar (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15mm. alat ini memiliki diameter 203 mm bagian dasar dan 102 mm bagian atas. Dalam pengujian slump juga dibutuhkan batang penusuk yang terbuat dari baja yang lurus dengan diameter 16 mm dan panjang sekitar 600 mm, gunakan untuk menumbuk adukan beton sewaktu dicetakan (kerucut *Abrams*).



Gambar 35. Kerucut *abrams*

#### 15. Konik

Kerucut berpancung ini digunakan untuk pengujian SSD dari agregat halus. Konik yang digunakan terbuat dari besi.



Gambar 36. Konik

#### 16. Cetok

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton kedalam cetakan benda uji.



Gambar 37. Cetok

#### 17. Pelat Besi

Pelat ini digunakan sebagai alas dasar pengujian *slump*. Sebagai alat dasar tentunya plat besi harus rata agar nilai pengujian slump bisa maksimal. Plat ini harus mempunyai ruang yang cukup untuk menampung adukan beton setelah pengujian *slump* dilakukan.



Gambar 38. Pelat besi

#### 18. Cetakan Beton Balok

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kuat lentur yaitu cetakan dengan bentuk balok, dengan panjang 530 mm tinggi 100 mm dan lebar 100 mm. Cetakan ini terbuat dari kayu yang dibuat di Bengkel Kayu jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.



Gambar 39. Cetakan beton balok

#### 19. Mesin Uji Lentur

Selain pengujian kuat tekan metode *destructive test* juga dilakukan pada uji kuat lentur beton. Mesin yang digunakan adalah *Universal Testing Machine*, dengan kapasitas 10 ton.



Gambar 40. Mesin uji kuat lentur

## 20. Roll Listrik

Roll listrik digunakan untuk mengambil sumber listrik dari dalam lab, dan digunakan pada saat pembakaran belerang dengan menggunakan kompor listrik.



Gambar 41. Roll listrik

## E. Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat satu dengan yang lainnya dan membandingkan hasilnya. Data-data yang digunakan lebih lanjut berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang telah dilakukan.

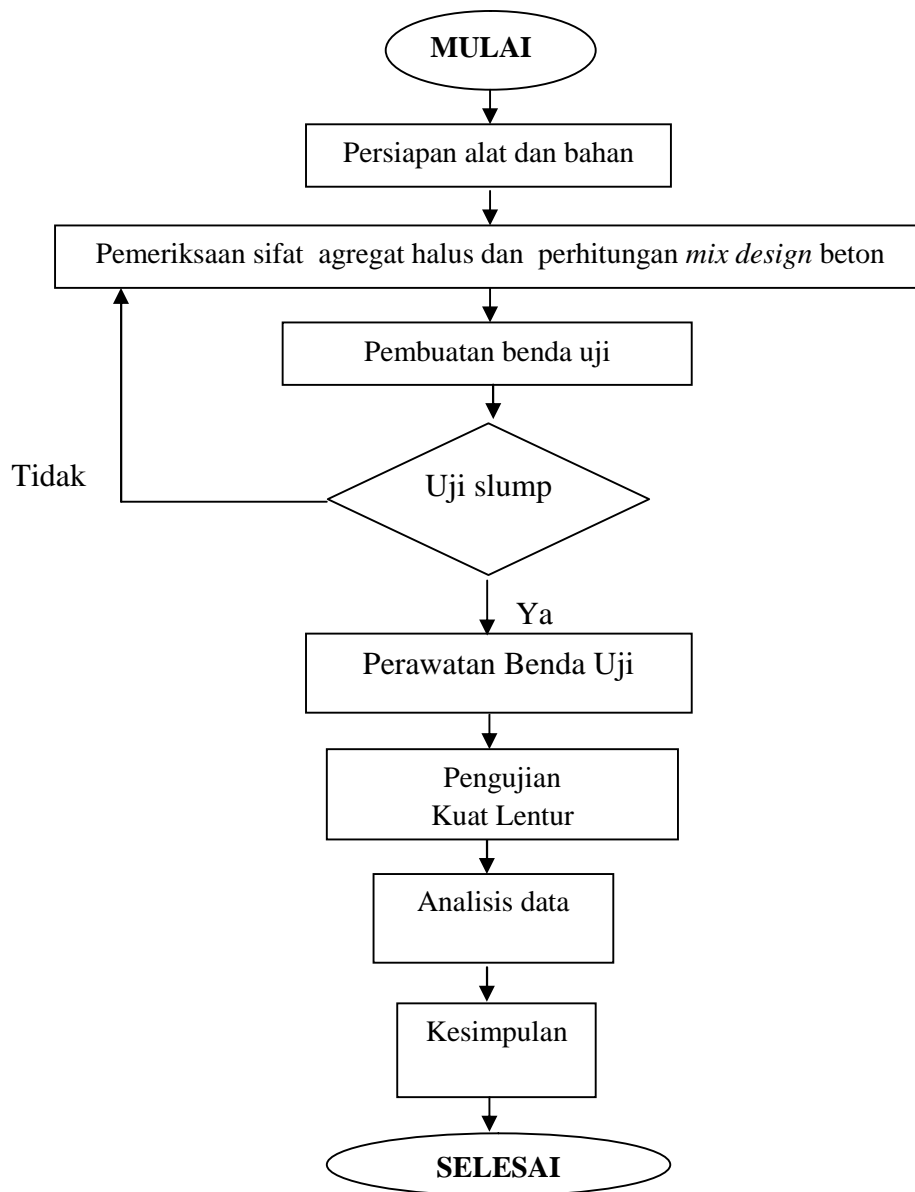
Penelitian yang dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil kuat lentur terhadap pemberian metode perawatan yang berbeda. Perawatan yang dilakukan yaitu dengan perawatan direndam dan *curing compound*.

Pengujian dilakukan pada usia benda uji 3, 7, 14, 28 hari, dengan 3 benda uji yang dilakukan sebagai sampel untuk uji lentur.

Pengujian dengan kuat lentur dilakukan menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 53 cm, tinggi 10 cm dan lebar 10 cm. Total benda uji yang dibutuhkan 24 buah untuk uji tekan dan 24 untuk uji lentur.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

- Tahap I : Pemeriksaan sifat bahan agregat kasar dan agregat halus.
- Tahap II : Perhitungan rencana campuran (*mix design*).
- Tahap III : Pembuatan benda uji
- Tahap IV : Perawatan benda uji direndam dan *curing compound*.
- Tahap V : Pengujian benda uji, uji kuat lentur.
- Tahap VI : Analisis dan interpretasi data hasil dari pengujian.



Gambar 42. Diagram alur penelitian

Langkah-langkah pengujian berikut ini guna mendapatkan data yang valid, dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

#### 1. Pengujian agregat

Agregat perlu diuji guna mendapatkan proposi dan kualitas dari bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji. Agregat yang diuji yaitu agregat halus yang berasal dari sungai progo dan agregat kasar dari sungai krasak.



Gambar 43. Penimbangan agregat

#### 2. Uji slump

*Slump test* adalah pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Pengujian ini digunakan untuk mendapatkan nilai yang dengan acuan nilai slump yang ditetapkan untuk perkerasan jalan sendiri sebesar  $5$  sampai  $7,5 \pm 2$  cm. Menurut (Nugraha. P., 2007) uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila kadar air adalah konstan dan kadar lengas agregat juga konstan maka *slump test* berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji ini tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku.

Adapun ketentuan dari pengujian slump menurut SNI 1972-2008 seperti pada cetakan. Cetakan yang terbuat selain dari bahan logam diperbolehkan bila persyaratan berikut dipenuhi. Cetakan harus memenuhi persyaratan yaitu ukuran harus cukup kaku untuk menjaga ukuran yang telah ditetapkan dan toleransi selama penggunaan, tahan

terhadap gaya tumbuk dan harus tidak menyerap air. Cetakan harus diuji coba untuk mendapatkan hasil-hasil yang dapat dibandingkan dengan hasil-hasil yang diperoleh jika menggunakan cetakan logam sesuai persyaratan. Uji banding harus dilakukan oleh laboratorium yang independen atas nama pembuat cetakan. Uji banding harus terdiri minimum 10 sampel pada masing-masing dari tiga nilai slump yang berbeda dengan rentang dari 50 mm sampai 125 mm. Tidak boleh ada hasil-hasil uji slump individual yang berbeda lebih dari 15 mm dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan cetakan logam. Hasil uji rata-rata dari masing-masing pengujian slump yang diperoleh dengan menggunakan cetakan material alternatif tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dari hasil uji rata-rata yang diperoleh dengan cetakan logam. Bila ada perubahan material atau metode pembuatan, pengujian untuk uji banding harus diulangi.



Gambar 44. Pengujian *slump*

### 3. Pengujian kuat lentur beton

Metode pengujian kuat lentur beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode titik pusat pembebanan yang mengacu pada (SNI 03-4154-1996). Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, dan 28hari, benda uji yang digunakan berupa balok dengan ukuran panjang

53 cm, tinggi 10cm dan lebar 10 cm sebanyak 3 benda uji tiap data yang dibutuhkan. Kecepatan pembebanan harus kontinu tanpa menimbulkan efek kejutan.



Gambar 45. Pengujian kuat lentur beton

Pada penelitian kuat lentur ini dilakukan dua metode cara perawatan beton yaitu dengan cara direndam dan *curing compound*, dengan benda uji berbentuk balok.

Menurut SNI 03-4154-1996 balok uji harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut ini:

- a. Semua bidang permukaan harus rata dan bebas dari cacat goresan, lubang-lubang dan lekukan-lekukan.
- b. Bidang-bidang samping harus tegak lurus terhadap bidang atas dan bidang bawahnya.
- c. Sesuai dengan SNI 03-2493-1991 tentang Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium yang berlaku untuk balok uji lentur dengan panjang balok empat kali lebar balok, tinggi balok lebih besar dari lebar balok untuk lebar balok 150 mm.

Pengujian kuat lentur beton ini dilakukan ketika umur beton 3, 7, 14, 28 hari, langkah – langkah pengujian adalah:

- a. Balok beton diangkat dari rendaman, kemudian diangin-anginkan atau dapat juga dilap agar benda uji dalam keadaan kering

permukaan. Untuk pengujian dengan *curing compound* bahan uji tinggal diambil dari tempat penyimpanan.

- b. Menimbang dan mencatat berat sampel beton, dan diamati apakah terdapat cacat pada benda uji sebagai bahan laporan.
- c. Pengujian kuat lentur dilakukan menggunakan mesin kuat lentur beton.
- d. Meletakkan benda uji kedalam alat uji, lalu menghidupkan mesin uji kemudian alat uji akan menekan beton.
- e. Mencatat hasil uji kuat lentur untuk setiap benda uji.
- f. Menghitung kuat lentur benda uji menggunakan rumus

$$\sigma_{MR} = \frac{\frac{3}{2} \cdot P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Dimana

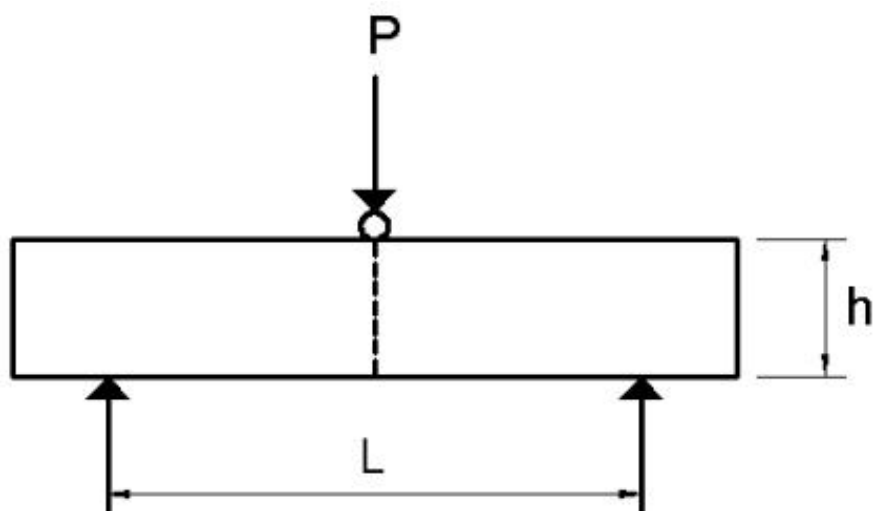
$\sigma_{MR}$  : kuat lentur ( $\text{Kg/cm}^2$ ) atau ( $\text{N/mm}^2$ )

P : Gaya tekan (Kg)

L : Panjang bentang antara 2 tumpuan (cm)

b : Lebar balok (cm)

h : Tinggi balok (cm)



Gambar 46. Metode pengujian kuat lentur beton

Lentur disebabkan oleh momen, akibat lenturan maka sebagian penampang menerima tekan, sebagian lagi menerima tarik. Peralihan daerah tekan dengan daerah tarik tersebut disebut garis netral (Daerah dengan regangan dan tegangan sama dengan nol). Kekurangan tarik beton sangat kecil sehingga bagian penampang beton yang menarik tarik kekuatannya diabaikan dan tugasnya akan diganti oleh baja tulangan.

#### **F. Analisis Data**

Data yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah Kuat lentur beton. Kemudian data tersebut dianalisis dan disajikan secara deskriptifkuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengetahui adanya pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Deskripsi Data Hasil Pengujian

Pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, dari pengujian tersebut menghasilkan data-data yang selanjutnya akan dianalisis. Adapun data yang diperoleh dari pengujian, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Pengujian Bahan

Pengujian dilakukan agar kondisi bahan dapat diketahui. Bahan material yang diuji adalah agregat halus dan agregat kasar.

###### a. Agregat Halus

Pengujian ini untuk mengetahui berat jenis agregat alami, berat jenis agregat SSD, bobot isi agregat, kadar air agregat alami, kadar air agregat SSD, agregat halus ini masuk dalam zone 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat jenis alami	2,59 gr/ml
2	Berat jenis SSD	2,63 gr/ml
3	Bobot isi agregat	1,615 gr/cm <sup>3</sup>
4	Kadar air alami	2,839 %
5	Kadar air SSD	1,163 %
6	Kadar lumpur	0,83 %

###### b. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar sama dengan pengujian terhadap agregat halus, seperti berat jenis agregat alami, berat jenis agregat SSD, bobot isi agregat, kadar air agregat alami, kadar air agregat SSD.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar.

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat jenis alami	2,66 gr/ml
2	Berat jenis SSD	2,76 gr/ml
3	Bobot isi agregat	1,42 gr/cm <sup>3</sup>
4	Kadar air alami	2,481 %
5	Kadar air SSD	1,827 %
6	Kadar lumpur	1,26 %

## 2. Hasil Rancangan

Pengujian direncanakan beton memiliki kekuatan 30 Mpa. Komposisi dari beton terdiri dari semen, pasir, dan air. Untuk menentukan proporsi campuran bahan yang sesuai dari target maka dapat ditentukan sebagai berikut:

### a. Perbandingan Berat Tiap m<sup>3</sup>

Pada proses pengecoran dalam penelitian ini perhitungan per m<sup>3</sup> = 2350 Kg/m<sup>3</sup>. Perbandingan komposisi bahan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan Komposisi Bahan.

Bahan material	Kebutuhan (0,75 m <sup>3</sup> ) 1 adukan (12 silinder & 12 balok	Pemakaian bahan (1/2 adukan)	Pembulatan (Realisasi pemakaian)
Air	205 (kg)	15,375 (kg)	15,4 (kg)
Semen	466 (kg)	34,95 (kg)	35 (kg)
Kerikil	957 (kg)	71,775 (kg)	72 (kg)
Pasir	722,9 (kg)	54,15 (kg)	54 (kg)

### b. Kebutuhan Bahan Yang Dibutuhkan Untuk Satu Balok

Perhitungan bahan pada tiap silinder dan juga untuk balok dilakukan agar pemakain bahan efektif dari kebutuhanyang diperlukan. Untuk mengetahui kebutuhan bahan pada setiap

silinder dan balok yang diukur dengan perhitungan per balok(1 balok) maka digunakan perhitungan sebagai berikut:

Volume Balok

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok} & : 0,53 \text{ m} \\ \text{Tinggi Balok} & : 0,10 \text{ m} \\ \text{Lebar Balok} & : 0,10 \text{ m} \\ \text{Volume} & = p \times l \times t \\ & = 0,53 \times 0,10 \times 0,10 \\ & = 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Material Setiap 1 Bahan Uji

Karena yaitu  $0,0053\text{m}^3$ . Kebutuhan material 1 balok dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Rumus = Kebutuhan bahan per  $\text{m}^3$  x Volume

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air per } \text{m}^3 & = 205 \times 0.0053 \\ & = 1.0865 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan semen} & = 466 \times 0.0053 \\ & = 2.4698 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan kerikil} & = 957 \times 0.0053 \\ & = 5.0721 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Pasir} & = 722 \times 0.0053 \\ & = 3.8266 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 3. Pengujian Kuat Lentur Beton

Pada penelitian kuat lentur ini dilakukan dua metode cara perawatan beton yaitu dengan cara direndam dan *curing compound*, dengan benda uji berbentuk balok.

.Pengujian kuat lentur beton ini dilakukan ketika umur beton 3, 7, 14, 28 hari. Dimana dapat digunakan rumus perhitungan sebagai berikut

$$\sigma_{MR} = \frac{\frac{3}{2} \cdot P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Dimana

$\sigma_{MR}$  : kuat lentur ( $\text{Kg/cm}^2$ ) atau ( $\text{N/mm}^2$ )

P : Gaya tekan (Kg)

L : Panjang bentang antara 2 tumpuan (cm)

b : Lebar balok (cm)

h : Tinggi balok (cm)

Data hasil pengujian kuat tekan berbentuk silinder adalah sebagai berikut.

a. Hasil pengujian dengan perawatan direndam.

Tabel 5. hasil pengujian kuat lentur umur 3 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur ( $\text{N/mm}^2$ )
			1	2	3			
1	AW 2	9,22	11,00	11,01	10,99	10,5	40,00	4,56
2	AW 6	9,28	10,50	10,51	10,49	10,00	40,10	5,31
3	AW 11	9,95	10,50	10,51	10,49	10,20	40,00	5,46

Tabel 6. hasil pengujian kuat lentur umur 7 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur ( $\text{N/mm}^2$ )
			1	2	3			
1	AW 7	11,07	10,10	9,80	10,20	10,61	40,20	5,91
2	AW 8	10,74	10,40	10,65	10,25	10,28	40,33	5,88
3	AW 9	9,65	10,55	10,90	10,20	10,07	40,27	5,44

Tabel 7. hasil pengujian kuat lentur umur 14 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur ( $\text{N/mm}^2$ )
			1	2	3			
1	AW 4	11,37	10,20	10,25	10,11	10,10	40,10	6,58
2	AW 5	12,15	10,40	10,17	10,25	10,20	40,00	6,82
3	AW 10	12,33	10,50	10,37	10,39	10,20	40,10	6,84

Tabel 8. hasil pengujian kuat lentur umur 28 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
			1	2	3			
1	AW 1	12,01	10,30	10,42	10,26	10,57	39,85	6,21
2	AW 3	12,23	10,40	10,69	10,47	10,53	39,95	6,27
3	AW 12	10,35	10,58	10,55	10,20	10,07	40,30	5,9

Tabel 9. hasil pengujian rata - rata kuat lentur

No	Umur Beton	Beban (KN)	Kuat Lentur (N/ mm <sup>2</sup> )
1	3 Hari	9,48	5,11
2	7 Hari	10,48	5,74
3	14 Hari	11,95	6,74
4	28 Hari	11,53	6,13

b. Hasil pengujian dengan *curing compound*.

Tabel 10. hasil pengujian kuat lentur umur 3 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
			1	2	3			
1	AC 2	8,07	10,11	10,91	10,06	10,39	40,10	4,34
2	AC 3	9,35	10,14	10,23	10,16	10,67	40,33	4,87
3	AC 4	8,08	10,31	10,51	10,13	10,45	40,20	4,32

Tabel 11. hasil pengujian kuat lentur umur 7 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
			1	2	3			
1	AC 6	7,66	10,00	9,85	9,90	10,18	40,28	4,50
2	AC 9	9,53	9,80	9,85	10,00	10,36	40,08	5,40
3	AC 10	8,95	10,10	10,30	10,25	10,38	40,35	4,91

Tabel 12. hasil pengujian kuat lentur umur 14 hari

No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
			1	2	3			
1	AC 1	9,92	10,09	9,91	9,89	10,12	40,1	5,84
2	AC 5	9,45	10,25	10,51	10,39	10,50	40,00	4,95
3	AC 12	10,32	10,36	10,55	10,41	9,98	40,10	5,96

Tabel 13. hasil pengujian kuat lentur umur 28 hari

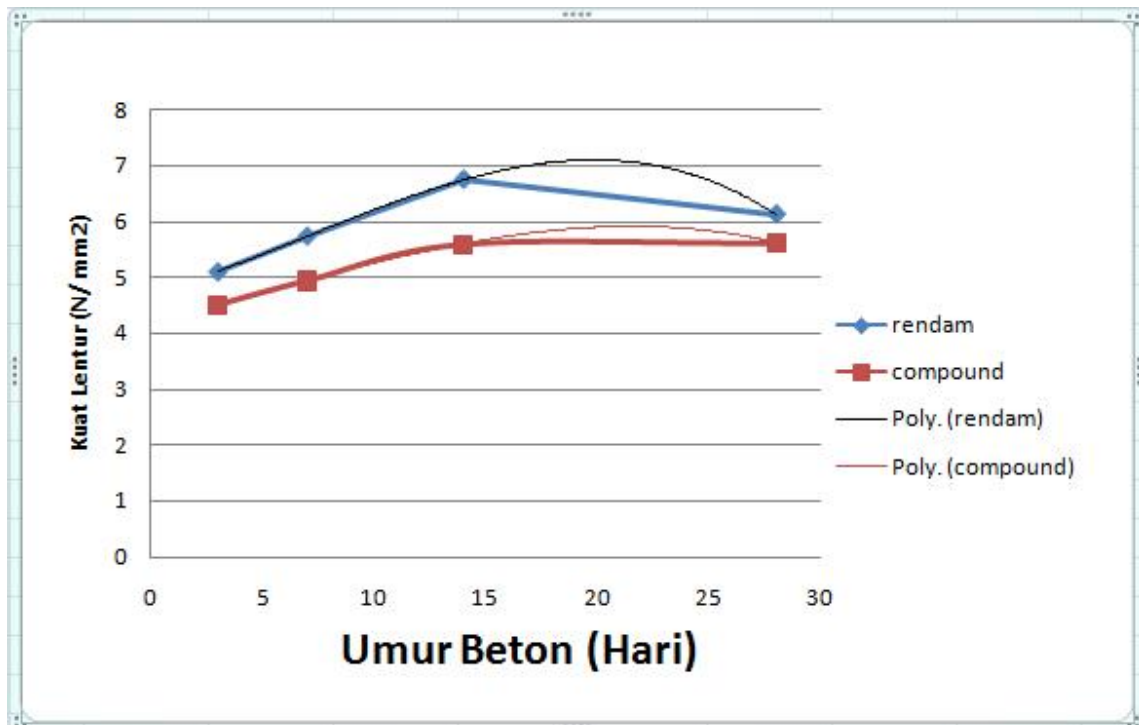
No	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
			1	2	3			
1	AC 7	9,34	9,53	9,61	9,64	10,27	40,30	5,58
2	AC 8	9,68	10,12	10,02	10,13	10,32	40,30	5,44
3	AC 11	10,67	10,29	10,25	9,64	10,47	40,10	5,82

Tabel 14. hasil pengujian rata - rata kuat lentur

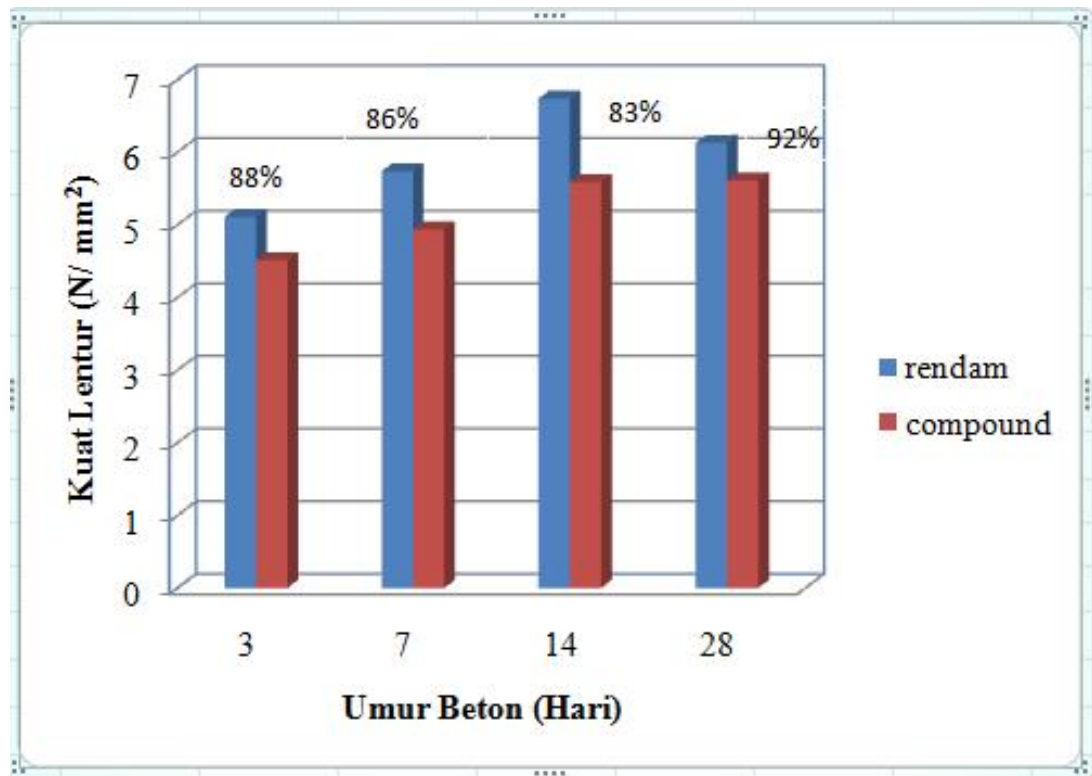
No	Umur Beton	Beban (KN)	Kuat Lentur (N/ mm <sup>2</sup> )
1	3 Hari	8,50	4,51
2	7 Hari	8,71	4,94
3	14 Hari	9,89	5,59
4	28 Hari	9,89	5,61

Tabel 15. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton

No	Umur Beton	Kuat Lentur Beton (KN)	
		Direndam	<i>Curing Compound</i>
1	3 Hari	5,11	4,51
2	7 Hari	5,74	4,94
3	14 Hari	6,74	5,59
4	28 Hari	6,13	5,61



Gambar 47. Grafik Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Lentur Beton



Gambar 48. Grafik Prosentase Pengaruh Cara Perawatan Kuat Lentur Beton

## B. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa perbandingan kuat lentur beton pada umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari dengan perawatan direndam dan *curing compound* juga lebih besar pada beton yang dirawat direndam didalam air. Perbedaan prosentase kuat lentur beton antara perawatan yang direndam dan *compound* didapatkan saat beton umur 3, 7, 14, 28 berturut turut adalah 12%, 14%, 17%, dan 9%.

Kemungkinan yang terjadi adalah pada *curing compound* terjadi kehilangan air karena tingginya temperatur di tempat penyimpanan benda uji sehingga mengakibatkan penguapan, hal ini akan mempengaruhi proses hidrasi. Karena proses hidrasi butir-butir semen sangat lambat maka diperlukan air supaya proses hidrasi menjadi lebih maksimal. Perawatan dengan metode *curing compound* ini tidak diberi air sewaktu proses perawatan, hanya saja memberikan selaput tipis pada permukaan beton

yang terbuat dari bahan kimia. Hal ini mengakibatkan timbulnya retak-retakan pada beton, retakan ini sangat kecil dan terjadi didalam beton yang berukuran *micro*(sangat kecil), sehingga mempengaruhi kuat lentur beton.

Pada dasarnya perawatan menggunakan metode *curing compound* dimaksudkan untuk menjaga kebutuhan air didalam beton saat proses hidrasi, tetapi kemungkinan yang terjadi lapisan tipis yang diberikan tidak bertahan melindungi beton karena lapisan tersebut tidak bertahan lama pada saat perawatan, sehingga penguapan tidak dapat lagi dicegah dan mengakibatkan kekuatan beton berkurang.

Perawatan dengan metode direndam lebih tinggi kuat lenturnya. Perawatan dengan metode direndam mempunyai temperatur yang *relative* stabil, sehingga proses hidrasi dapat terjadi secara maksimal. Semua permukaan beton dan juga bagian dalam beton memiliki temperatur yang sama dan kemungkinan terjadi penguapan sangat kecil, hal ini mengakibatkan nilai kuat lentur menjadi tinggi dibandingkan dengan perawatan dengan metode *curing compound*.

Pengujian-pengujian yang telah banyak dilakukan menunjukkan bahwa retak-retak rambut akan tertutup oleh beton itu sendiri pada suasana basah. Keadaan yang sebenarnya adalah terbukanya semen yang belum dihidrasi pada waktu terjadi retak, dan dengan adanya air dapat mengalami hidrasi dan mengeras (L.J. Murdock,1999). Hal ini membuat perawatan direndam memiliki kuat tekan beton dan kuat lentur beton lebih tinggi.

Temperatur sangatlah berpengaruh terhadap perawatan beton. Temperatur yang tinggi menambah kecepatan hidrasi semen. Hal ini mengakibatkan pengaruh yang saling berlawanan pada kekuatan beton keras, yaitu pada kekuatan awal dan kekuatan akhir pada usia 28 hari. Kecepatan hidrasi yang lebih tinggi setelah setting mengakibatkan kekuatan yang lebih tinggi pada usia dini di bawah kondisi panas-lembab.

Pada pengujian kuat lentur beton dengan metode secara konvensional (direndam) terjadi penurunan kekuatan diumur 28 hari, ada berbagai kemungkinan yang menyebabkan hal tersebut terjadi diantaranya:

1. Pada saat perawatan

Benda uji tidak terendam keseluruhan dan mengakibatkan proses hidrasi beton menjadi kurang maksimal. Hal ini terjadi dikarenakan tempat perendaman yang terbatas ukurannya.

Bagian benda uji yang tidak terendam sepenuhnya terjadi penguapan udara yang disebabkan perubahan temperatur yang tinggi, hal ini mengakibatkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton, dan penguapan dapat menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang mungkin dapat menyebabkan retak-retakan.

2. Benda uji dalam kondisi basah saat dilakukan pengujian

Sebelum melakukan pengujian, benda uji sebaiknya diangin-anginkan terlebih dahulu untuk mengeringkan permukaannya. Selain diangin-anginkan benda uji dapat juga dilap menggunakan kain kering, karena jika masih dalam kondisi basah akan menjadikan permukaan benda uji lembab dan mempengaruhi kekuatan lentur beton.

Berdasarkan SNI 2493-2011 tentang tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium, jumlah pengeringan yang relatif sedikit dari permukaan benda uji lentur akan menyebabkan tegangan tarik pada serat ekstrim yang akan mengurangi secara berarti kuat lentur yang seharusnya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dengan memperhatikan perbandingan pengaruh metode perawatan dengan metode direndam dan metode *curing compound*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kuat lentur beton pada perawatan menggunakan metode direndam berturut-turut 3 hari: 5,11 N/mm<sup>2</sup>, 7 hari: 5,74 N/mm<sup>2</sup>, 14 hari: 6,74 N/mm<sup>2</sup>, dan 28 hari: 6,13 N/mm<sup>2</sup>.
2. Kuat lentur beton pada perawatan menggunakan metode *curing compound* berturut-turut 3 hari: 4,51 N/mm<sup>2</sup>, 7 hari: 4,94 N/mm<sup>2</sup>, 14 hari: 5,59 N/mm<sup>2</sup>, dan 28 hari: 5,61 N/mm<sup>2</sup>.
3. Perawatan dengan metode direndam mempunyai nilai uji kuat lentur beton lebih tinggi dibandingkan dengan metode *curing compound*. Perawatan dengan *curing compound* memiliki kuat lentur berkisar 83% sampai 91% dari kuat lentur beton yang direndam.

#### B. Saran

Dalam penelitian ini adapun saran berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini *curing compound* hanya diaplikasikan sekali saja yaitu setelah pembukaan cetakan. Hasil penelitian ini menunjukkan perlunya aplikasi *curing compound* secara berulang.
2. Pada saat proses pengadukan diusahakan ditempat yang tidak langsung terkena sinar matahari, untuk menghindari kehilangan air akibat penguapan awal.
3. Pada saat perawatan dengan metode direndam diusahakan benda uji tenggelam atau terendam seluruhnya.
4. Perawatan sebaiknya dilakukan di tempat yang tertutup oleh cahaya matahari.

5. Pengolesan untuk metode *curing compound* diusahakan rata dan tidak ada yang terlewatkan, untuk menghindari penguapan.
6. Membasahi cetakan beton sebelum dipakai agar kebutuhan air tidak hilang karena terserap oleh cetakan.
7. Pada proses penimbangan bahan benda uji harus teliti untuk menjaga komposisi dan sesuai dengan hasil *mix-design*.
8. Pencampuran bahan pokok dan bahan tambah harus benar-benar tercampur sampai homogen agar dapat menghasilkan kekuatan dan manfaat dari bahan tambah secara maksimal.

### **C. Keterbatasan Penelitian**

Dalam penelitian ini terdapat permasalahan yang terjadi, sehingga proses penelitian kurang maksimal. Keterbatasan masalah diantaranya:

1. Pengadukan mortar menggunakan molen yang dilakukan disaat terik matahari tanpa adanya pelindung terhadap panas sinar matahari, sehingga membuat air lebih cepat menguap.
2. Pada saat penuangan mortar dari molen, digunakan beberapa penampung (plat besi) karena volume adukan beton yang lebih banyak, mengakibatkan mortar (adukan beton) yang dituang tidak tercampur dengan rata.
3. Keterbatasan bak untuk merendam benda uji, mengakibatkan sebagian beton tidak terendam secara maksimal.
4. Mundurnya jadwal perawatan beton yang telah siap untuk dirawat karena libur, sehingga hasil perawatan kurang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. (2008). *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Azanurfauzi. (2010). *Dunia sipil*. Diakses melalui <http://www.azanurfauzi.blogspot.com/> 30 September 2015.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani terpusat langsung*, SNI 03-4154-1996. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Semen Portland*, SNI 15-2049-2004. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Semen Portland komposit*, SNI 15-7064-2004. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara uji slump beton* , SNI 1972-2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, SNI 2493-2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Persyaratan beton Struktural Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2013. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602-06, IDT)*, SNI 7974 - 2013. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Balitbang PU Kementerian Pekerjaan Umum, (2005), *RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bayu, Krisfinanto, (2011). *Metode Perawatan Beton*. diakses melalui <http://bayugembell.blogspot.com/2011/04/metode-perawatan-beton-curing.html> 1 September 2015.

- Biro Pusat Statistik, (2013), *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2011*, Biro Pusat Statistik, Diakses dari [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=17&notab=12](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=17&notab=12) tanggal 27 Mei 2015.
- Denawi, Usman (2009). *Mengapa beton perlu disiram air / direndam*. Diakses melalui <http://www.struktur-rumah.com/2009/01/mengapa-beton-perlu-disiram-airdirendam.html> 27 Agustus 2015
- Departemen Pekerja Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Pedoman Beton 1989. SKBI.1.4.53.1989. Draft Konsensus, Jakarta: DPU.LPMB, 1989.
- Hardiyatmo, H.C. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- L.J. Murdock, & K. M. Brook. (1999). *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga
- Manu, Agus Iqbal. (1995). *Perkerasan Kaku (Rigid pavement)*. Jakarta: Departemen Pekerja Umum.
- Tri, Mulyono. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Paul, Nugraha & Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Paryanto, dkk. *Pedoman Proyek Akhir D3*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Perkasa45, (2012). *Materi kuat lentur sederhana*. Diakses melalui <http://www.slideshare.net/perkasa45/materi-kuliah-beton-sederhana>. 16 september 2015.
- Samekto, Wuryati, dan Rahmadiyanto, Candra. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius
- Slamet Widodo. (2008). *Struktur Beton 1 (Berdasarkan SNI-03-2847-2002)*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.