



**PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN
(BAJA DAN *POLYPROPYLENE*)**

PROYEK AKHIR

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



Oleh:

RUDI SUSANTO

NIM 12510134031

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

2015

PERSETUJUAN

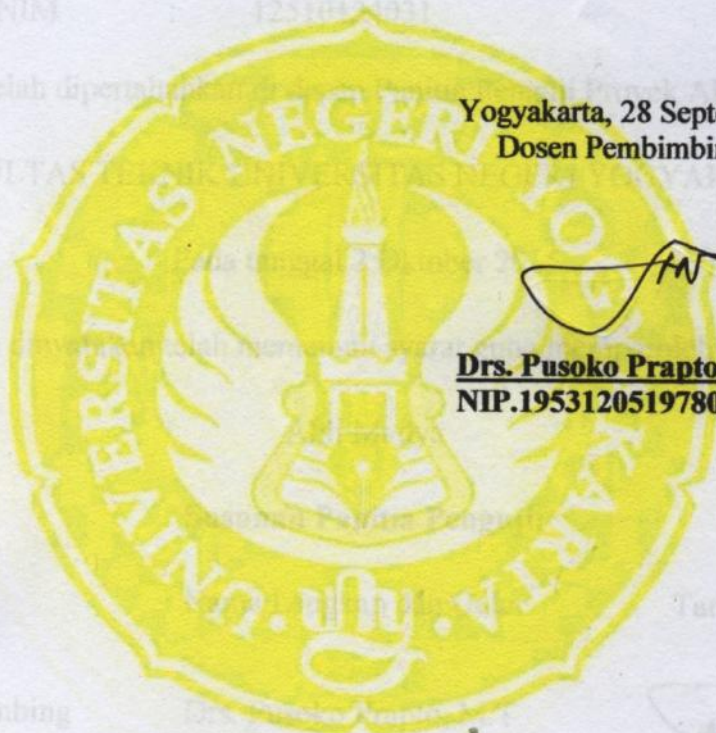
Proyek Akhir yang berjudul **“Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Berserat Campuran (Baja dan Polypropylene)”** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

(BAJA DAN POLYPROPYLENE)
Diperiapkan dan Disusun oleh:

NAMA : Rudi Susanto
NIM : 1251011931

Telah diperiksa

Yogyakarta, 28 September 2015
Dosen Pembimbing,



[Handwritten signature]

Drs. Pusoko Prapto, M. T.
NIP.19531205197803 1 002

Jabatan

Tanda Tangan

Ketua/Pembimbing

Drs.

Penguji I

Dr. Sianer Widodo, S.T., M.T.

Penguji II

Faqih Ma'arif, M. Eng

[Handwritten signatures]

Yogyakarta, 2 Oktober 2015



Dr. Niich Bruri Triyono, M.Pd.
NIP. 19560216 198603 1 003

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

**PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN
(BAJA DAN POLYPROPYLENE)**

Dipersiapkan dan Disusun oleh:

NAMA : Rudi Susanto

NIM : 12510134031

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Pada tanggal 2 Oktober 2015

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar

Ahli Madya

Susunan Panitia Penguji:

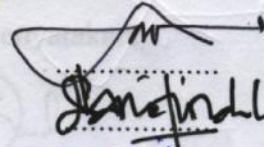
Jabatan

Nama Lengkap dan Gelar

Tanda Tangan

Ketua/Pembimbing

Drs. Pusoko Prapto, M.T.



Penguji I

Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T.



Penguji II

Faqih Ma'arif, M. Eng.

Yogyakarta, 2 Oktober 2015



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rudi Susanto

NIM : 12510134031

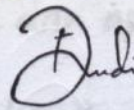
Program Studi : D3 Teknik Sipil

Judul Proyek Akhir : **PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN (BAJA DAN POLYPROPYLENE)**

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, 28 September 2015

Yang menyatakan,



Rudi Susanto

NIM. 12510134031

MOTTO

*“Tinggalkanlah kesenangan yang menghalangi pencapaian
kecemerlangan hidup yang di idamkan.*

*Dan berhati-hatilah karena beberapa kesenangan adalah
cara gembira menuju kegagalan”.*

(Febbyona Selly)

*Kejarlah yang bermanfaat bagimu, dan mintalah pertolongan
hanya kepada Allah.*

*Jangan mudah menyerah dan jangan mudah berkata “kalau
saja aku melakukan begini, pasti akan jadi begini.*

*Tapi katakanlah, Allah telah menakdirkan dan apa yang Dia
kehendaki pasti akan Dia lakukan”*

(Al-Hadist)

PERSEMBAHAN

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

Kedua orang tua saya yang turut memberi do'a, cinta kasih yang tulus dan tiada henti-hentinya di berikan

Saudara tercinta yang tiada hentinya selalu memberikan motivasi dan bimbingan kepada saya

Semua teman-teman jurusan PTSP FT UNY atas semangat, dukungan, dan motivasinya

**PENGARUH CARA PERAWATAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN
(BAJA DAN POLYPROPYLENE)**

Rudi Susanto

12510134031

ABSTRAK

Perkerasan kaku (jalan beton) di Indonesia masih termasuk baru, baik dalam hal pedoman perencanaan maupun pelaksanaannya, dibanding struktur *flexible pavement*. Perkerasan kaku (*rigid pavemen*) adalah lapisan beton, dimana lapisan tersebut berfungsi sebagai *base course* sekaligus sebagai *surface course*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari cara perawatan beton berserat campuran dengan membandingkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur antara beton dengan perawatan direndam dan beton dengan perawatan di *compound*.

Perawatan beton berserat campuran menggunakan dua metode yaitu perawatan beton dengan direndam dan perawatan beton dengan *curing compound*. Penelitian ini menggunakan 24 sampel benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, untuk uji tekan beton berturut turut pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian kuat lentur beton menggunakan 24 sampel benda uji balok dengan ukuran panjang 53 cm, tinggi 10 cm lebar 10 cm, pengujian dilakukan berturut-turut pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Penelitian ini mengambil 3 sampel benda uji untuk setiap jenis pengujian pada umur tertentu.

Dari hasil penelitian didapatkan kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah 23.67 N/mm², 23.58 N/mm², 20.94 N/mm², dan 18.86 N/mm². Kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah 5.77 N/mm², 6.52 N/mm², 3.70 N/mm², dan 4.32 N/mm². Kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah 26.03 N/mm², 21.32 N/mm², 26.97 N/mm², dan 21.22 N/mm². Kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah 6.22 N/mm², 6.09 N/mm², 4.57 N/mm², dan 6.77 N/mm².

Kata kunci: Kuat Tekan, Kuat Lentur, Perawatan Rendam, *Curing Compound*.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya yang membuat segalanya menjadi mungkin, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, semoga diakhir zaman kita mendapatkan syafaat dari beliau, amin.

Proyek Akhir merupakan salah satu sarana bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama mengikuti perkuliahan untuk mendapatkan satu pengetahuan baru dari hasil penelitian. Selama proses pengujian hingga penyusunan laporan, banyak pihak yang terkait yang telah membantu dengan ikhlas. Sehingga pada kesempatan ini tidak berlebihan kiranya penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang yang tiada hentinya selalu memberikan dukungan, motivasi dan nasihat. Terima kasih atas cinta, kasih sayang, do'a dan kesabaran yang telah ibu dan bapak berikan.
2. Bapak Drs.Pusoko Prpto, M.T. selaku dosen pembimbing Proyek Akhir.
3. Bapak Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T. selaku dosen yang telah membimbing selama penelitian.
4. Bapak Faqih Ma'arif, M. Eng. selaku dosen yang telah membimbing dalam penyusunan laporan proyek akhir.
5. Bapak Agus Santoso, M.Pd. selaku Ketua Jurusan pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan

6. Bapak Prof. Dr. Husaini Usman, M.Pd. selaku dosen Penasehat Akademik.
7. Bapak Dr. Moch. 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. Terima kasih atas segala bantuan dan bimbingannya selama pembuatan dan pengujian benda uji.
9. Anton, Sahar, Yogo, Aldian, Sasa dan Novi selaku satu tim penelitian yang telah membantu secara fisik dan moril selama penelitian.
10. Teman-teman angkatan 2012, terutama kelas C2. Terima kasih atas bantuan doa, pikiran dan tenaga pada saat pembuatan benda uji hingga pengujian benda uji sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Penyusun sadar bahwa dalam penulisan karya ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak, guna kesempurnaan dalam penulisan Proyek Akhir ini. Semoga Proyek Akhir ini dapat berguna untuk penyusun pribadi dan bagi siapa saja yang membacanya, Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 15 September 2015

Penulis,

Rudi Susanto
NIM. 12510134031

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Beton	9

1. Pengertian Beton	9
2. Keuntungan dan Kerugian Beton	10
B. Bahan Penyusun Beton	12
1. Semen Portland	12
2. Agregat	15
3. Air	17
C. Cara Perawatan Beton	20
1. Direndam	20
2. <i>Curring Compound</i>	21
D. Sifat-sifat Beton	21
1. Sifat-sifat Beton Segar	21
2. Sifat-sifat Beton Setelah Mengeras	23
E. Pengaruh Cara Perawatan Beton Berserat Campuran	28
F. Analisis Struktur Perkerasan Kaku Jalan Raya	30
G. Definisi Beton Berserat	32
H. Kerangka Berpikir	39
 BAB III METODE PENELITIAN	
A. Metode Penelitian	40
B. Variabel penelitian	40
1. Variabel Bebas	41
2. Variabel Terikat	41
3. Variabel Terkendali	41
C. Bahan Penelitian	42

D. Peralatan	48
E. Prosedur Penelitian	61
1. Pengujian <i>Slump</i>	63
2. Pengujian Kuat Tekan Beton	65
3. Pengujian Kuat Lentur Beton.....	66
F. Analisis Data	68
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengujian	69
1. Pengujian Bahan	69
2. Hasil Rancangan	70
3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berserat Campuran	72
4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Berserat Campuran	76
B. Pembahasan	81
1. Pengujian Kuat Tekan	81
2. Pengujian Kuat Lentur	83
 BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	85
B. Saran	86
C. Keterbatasan Penelitian	86
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen bahan baku semen	13
Tabel 2. Sifat berbagai macam serat	34
Tabel 3. Tipikal sifat-sifat berbagai matrik	34
Tabel 4. Hasil pengujian agregat halus	69
Tabel 5. Hasil pengujian agregat kasar	70
Tabel 6. Perbandingan komposisi bahan atau berat beton tiap m ³	71
Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 3 hari	72
Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 7 hari	72
Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 14 hari ..	73
Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 28 hari	73
Tabel 11. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan direndam	73
Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 3 hari ..	74
Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 7 hari ..	74
Tabel 14. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 14 hari.	74
Tabel 15. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 28 hari .	74
Tabel 16. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan <i>curing compound</i>	75
Tabel 17. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan beton	75
Tabel 18. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 3 hari .	77
Tabel 19. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 7 hari .	77
Tabel 20. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 14 hari	77

Tabel 21. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 28 hari	78
Tabel 22. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan direndam	78
Tabel 23. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 3 hari ..	78
Tabel 24. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 7 hari ..	79
Tabel 25. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 14 hari	79
Tabel 26. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 28 hari	79
Tabel 27. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan <i>curing compound</i>	79
Tabel 28. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan	29
Gambar 2. Pembebanan truk “T” 500 KN	31
Gambar 3. Pembebanan dan deformasi perkerasan beton pada pembebanan semi trailer.....	31
Gambar 4. Deformasi dan tegangan normal (ϵ_{xx}) perkerasan beton pada pembebanan semi trailer	32
Gambar 5. Pengaruh jenis serat dan volume fraction terhadap panjang retak akibat susut beton	38
Gambar 6. Hubungan antar variabel	41
Gambar 7. Semen PPC tipe 1 gresik	42
Gambar 8. Pasir progo	43
Gambar 9. Kerikil batu pecah	43
Gambar 10. Air	44
Gambar 11. Serat baja <i>end-hooked</i>	44
Gambar 12. Serat <i>polypropylene</i>	45
Gambar 13. Cairan kimia <i>plastiment</i>	45
Gambar 14. Belerang	46
Gambar 15. Oli	47
Gambar 16. <i>Antisold</i>	47
Gambar 17. Ayakan pasir	48
Gambar 18. Timbangan dengan kapasitas 310 gram	48
Gambar 19. Timbangan dengan kapasitas 10 kg	49

Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 50 kg	49
Gambar 21. Gelas ukur	49
Gambar 22. Oven	50
Gambar 23. Jangka sorong	50
Gambar 24. Penggaris dan meteran	51
Gambar 25. Kuas.....	51
Gambar 26. Cawan	52
Gambar 27. Kompor listrik	52
Gambar 28. Sendok	53
Gambar 29. Tang jepit	53
Gambar 30. Alat <i>capping</i> silinder	54
Gambar 31. Bak rendam	55
Gambar 32. Selang	55
Gambar 33. Molen	56
Gambar 34. Kerucut <i>abrams</i>	57
Gambar 35. Konik	57
Gambar 36. Cetok	58
Gambar 37. Plat besi	58
Gambar 38. Cetakan silinder	59
Gambar 39. Cetakan balok	59
Gambar 40. Mesin uji tekan	60
Gambar 41. Mesin uji lentur	60
Gambar 42. Diagram alur penelitian	62

Gambar 43. Metode pengujian <i>slump</i>	65
Gambar 44. Metode pengujian kuat tekan beton	66
Gambar 45. Metode pengujian <i>three point bending</i>	67
Gambar 46. Grafik pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan beton	76
Gambar 47. Grafik prosentase pengaruh cara perawatan kuat tekan beton	76
Gambar 48. Grafik pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton	80
Gambar 49. Grafik prosentase pengaruh cara perawatan kuat lentur beton ...	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan modulus kehalusan butir (MKB)	93
Lampiran 2. Pemeriksaan berat jenis pasir alami	95
Lampiran 3. Pemeriksaan berat jenis pasir SSD	97
Lampiran 4. Pemeriksaan kadar air pasir alami	99
Lampiran 5. Pemeriksaan kadar air pasir SSD	101
Lampiran 6. Pengujian kuat tekan benda uji CW umur 3 hari	102
Lampiran 7. Pengujian kuat tekan benda uji CW umur 7 hari	103
Lampiran 8. Pengujian kuat tekan benda uji CW umur 14 hari	104
Lampiran 9. Pengujian kuat tekan benda uji CW umur 28 hari	105
Lampiran 10. Pengujian kuat tekan benda uji Cc umur 3 hari	106
Lampiran 11. Pengujian kuat tekan benda uji Cc umur 7 hari	107
Lampiran 12. Pengujian kuat tekan benda uji Cc umur 14 hari	108
Lampiran 13. Pengujian kuat tekan benda uji Cc umur 28 hari	109
Lampiran 14. Pengujian kuat lentur benda uji CW umur 3 hari	110
Lampiran 15. Pengujian kuat lentur benda uji CW umur 7 hari	111
Lampiran 16. Pengujian kuat lentur benda uji CW umur 14 hari	112
Lampiran 17. Pengujian kuat lentur benda uji CW umur 28 hari	113
Lampiran 18. Pengujian kuat lentur benda uji Cc umur 3 hari	114
Lampiran 19. Pengujian kuat lentur benda uji Cc umur 7 hari	115
Lampiran 20. Pengujian kuat lentur benda uji Cc umur 14 hari	116
Lampiran 21. Pengujian kuat lentur benda uji Cc umur 28 hari	117
Lampiran 22. Foto-foto penelitian	118

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Jalan raya merupakan infrastruktur di bidang 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 jumlah kendaraan yang mencapai lebih dari 10% setiap tahunnya (Biro Pusat Statistik, 2013) dan perkembangan teknologi otomotif yang mampu meningkatkan kapasitas angkut kendaraan komersial berakibat pada meningkatnya beban layan pada konstruksi jalan raya secara signifikan (Balitbang PU, 2005). Kondisi tersebut menjadi masalah utama di bidang transportasi yang perlu segera ditanggulangi.

Perkerasan jalan raya ada dua, yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Perkerasan lentur ialah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang

direncanakan itu adalah yang optimal (Darlan, 2014). Sedangkan perkerasan kaku ialah suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (Reza, 2012).

Pada saat ini, perkerasan jalan raya di Indonesia masih didominasi dengan penggunaan konstruksi perkerasan lentur. Pemilihan perkerasan lentur lebih didasarkan pada pertimbangan bahwa perkerasan lentur akan membutuhkan biaya konstruksi yang lebih murah. Menurut Mulyono (2007) perbedaan karakteristik antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan tipe konstruksi jalan raya antara lain:

1. Asumsi bahwa biaya konstruksi perkerasan lentur yang dianggap lebih rendah sebenarnya hanya tepat digunakan pada konstruksi dengan tingkat beban lalu lintas rendah. Dalam kondisi beban lalu lintas yang tinggi maka biaya konstruksi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku relatif sama. Dengan semakin berkembangnya jumlah kendaraan dan semakin besarnya kapasitas angkut kendaraan maka penggunaan perkerasan kaku merupakan pilihan alternatif yang kompetitif jika ditinjau dari biaya konstruksi.
2. Perkerasan kaku memiliki masa layan yang lebih panjang. Umur rencana perkerasan lentur pada umumnya berkisar antara 5 (lima) sampai 10 (sepuluh) tahun sedangkan perkerasan kaku mencapai 20 (dua puluh) hingga 30 (tiga puluh) tahun.

3. Perkerasan lentur membutuhkan pemeliharaan rutin, sehingga biaya pemeliharaan perkerasan lentur lebih tinggi bahkan mencapai 2 (dua) kali lipat daripada biaya pemeliharaan perkerasan kaku.
4. Perkerasan lentur sulit untuk bertahan terhadap drainase yang buruk sedangkan perkerasan kaku memiliki ketahanan yang lebih baik. Pada kenyataannya, mayoritas drainase jalan di Indonesia relatif kurang baik sehingga dapat memperpendek masa layan perkerasan lentur.
5. Perkerasan lentur kurang sesuai digunakan pada daerah dengan jenis tanah lunak maupun ekspansif yang dapat mengakibatkan bergelombangnya (“keriting”) permukaan jalan.
6. *Quality control* perkerasan kaku lebih mudah jika dibandingkan dengan perkerasan lentur.

Menurut berbagai dasar di atas, semakin banyak infrastruktur jalan yang ditingkatkan dengan struktur perkerasan kaku, seperti jalan tol, dan bahkan diberbagai ruas jalan kabupaten sudah menggunakan perkerasan kaku. Sebenarnya perkerasan kaku sudah sangat lama dikenal di Indonesia, yang biasa dikenal masyarakat dengan nama jalan beton. Perkerasan tipe ini sudah sangat lama dikembangkan di Negara-negara maju seperti Amerika, Jepang, dan Jerman.

Pengamatan yang telah dilakukan pada berbagai proyek peningkatan jalan raya yang menggunakan struktur perkerasan kaku di berbagai ruas jalan tersebut menunjukkan bahwa selama masa konstruksi terjadi antrian kendaraan dan kemacetan yang diakibatkan oleh pengalihan sebagian jalur lalu lintas,

Kemacetan berupa antrian panjang kendaraan yang terjadi pada masa konstruksi pekerjaan konstruksi perkerasan kaku diakibatkan oleh:

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

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, dapat diketahui bahwa semakin lama proses pekerjaan pembetonan dan perawatan beton maka akan semakin lama pula terjadi kemacetan dan antrian kendaraan pada ruas jalan yang dikerjakan. Selain permasalahan di atas, sistem perkerasan kaku yang diterapkan di Indonesia masih perlu dioptimalkan. Optimasi tersebut masih dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa kondisi baja tulangan. Baja tulangan hanya dipasang satu lapis dengan posisi relatif di tengah ketebalan pelat sehingga tidak banyak memberikan kontribusi optimal pada kinerja struktural perkerasan kaku. Hal ini disebabkan karena dalam analisis struktur yang dilakukan dapat diketahui bahwa pada kasus perkerasan kaku maka akan terjadi tegangan tekan maupun tegangan tarik pada sisi atas maupun sisi bawah pelat beton.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengembangkan material beton khusus yang dapat memperbaiki kinerja struktural, meningkatkan keawetan sekaligus mempercepat masa konstruksi

perkerasan kaku. Pengembangan beton khusus ini diharapkan dapat memberikan sumbangan teknologi material konstruksi yang dapat menunjang pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Selanjutnya, pengembangan material konstruksi modern di atas perlu diikuti dengan kegiatan pembelajaran yang terkait dengan metode perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengendalian mutu yang merupakan tuntutan kompetensi utama bagi para pekerja sektor jasa konstruksi. Oleh karena itu, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) sebagai institusi pendidikan tinggi yang memiliki keunggulan di bidang pendidikan vokasi sangat berkepentingan untuk memberikan kontribusi solusi untuk memecahkan permasalahan di atas.

B. Identifikasi Masalah

Berasarkan masalah yang ada perlu dikaji identifikasi masalah tersebut, yaitu sebagai berikut:

1. Efek serat terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran
2. Efek perbedaan cara perawatan terhadap kuat tekan beton berserat campuran
3. Perbedaan cara perawatan terhadap kuat lentur beton berserat campuran
4. Pengaruh serat campuran terhadap kemudahan pengerjaan beton
5. Pengaruh cara perawatan terhadap porositas beton
6. Efek perawatan secara konvensional terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran

7. Efek pengaruh perawatan beton dengan *curing compound* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran.

C. Batasan Masalah

Beberapa masalah yang telah diidentifikasi perlu adanya batasan masalah dengan tujuan agar lebih terfokus pada pembahasan penelitian ini. Berikut batasan masalah yang akan dikaji, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran.
2. Serat yang digunakan adalah serat campuran (baja dan *polypropylene*)
3. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan panjang 53 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm.
5. Reaksi kimia tidak dibahas.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang dapat dijadikan sebagai pokok permasalahan pada penelitian ini sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa hasil kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari?

2. Berapa hasil kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari?
3. Berapa hasil kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari?
4. Berapa hasil kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari?

E. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tujuan yang akan dicapai. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran secara konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari
2. Mengetahui perbandingan kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran secara konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari
3. Mengetahui perbandingan kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran menggunakan *curing compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari
4. Mengetahui perbandingan kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran menggunakan *curing compound* pada umur 3, 7, 14, 28 hari.

F. Manfaat Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini akan didapat beberapa manfaat, yaitu 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 berserat baja 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

1. Pengertian Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai oleh masyarakat pada saat ini ialah beton normal. Beton normal merupakan beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah (Syaiful, 2011).

Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak atau hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (*workability*), factor air semen, dan zat-zat tambahan (*admixture*) bila diperlukan dalam pembuatannya.

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003).

Kuat tekan merupakan sifat penting yang ada pada beton, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya akan baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan 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.

2. Keuntungan dan Kerugian Beton

Beton semakin tahun semakin banyak digunakan baik di negara maju maupun negara berkembang, sebagai contoh pada tahun 1976 di Amerika Serikat produksi beton 100 juta per tahun, di Canada 11 juta per tahun, sedangkan di Indonesia pada tahun 1985 diproduksi 14 juta ton. Sampai saat ini produksi semen terus ditingkatkan mencapai 17250000 ton per tahun (Sutikno, 2003).

Menurut Sutikno (2003) beton mempunyai keuntungan dan kerugian, yaitu sebagai berikut:

a. Keuntungan menggunakan beton

- 1) Mudah dicetak, artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran berapapun tergantung dari keinginan.
- 2) Ekonomis, artinya bahan-bahan dasar dari bahan lokal kecuali *Portland cement*, hanya daerah-daerah tertentu yang sulit

mendapatkan pasir maupun kerikil. Dan cetakan dapat digunakan berulang-ulang sehingga secara ekonomis menjadi murah.

- 3) Awet dan tahan lama, artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat secara baik kuat tekannya sama dengan batu alam.
 - 4) Tahan api, artinya tahan terhadap kebakaran.
 - 5) Energi efisien, artinya beton kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat dikatakan mampu dibuat struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai hampir sama.
 - 6) Dapat dicor ditempat, artinya beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambung dengan beton baru (di *grouting*).
 - 7) Bentuknya indah, artinya dapat dibuat model sesuka hati menurut selera yang menghendaknya.
- b. Kerugian menggunakan beton
- 1) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.

- 2) Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton.
- 3) Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air dan air membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- 4) Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahan gempa.

B. Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen Portland atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida besi, dan oksida-oksida lain. Jika bubuk halus tersebut dicampur dengan air, dalam beberapa waktu dapat menjadi keras. Campuran semen dengan air tersebut dinamakan pasta semen. Jika pasta semen dicampur dengan pasir, dinamakan mortar semen (Wuryati dan Candra, 2001).

a. Bahan baku semen dan senyawa-senyawa semen

Susunan senyawa semen Portland secara kimia (dengan analisis kimia), akan terlihat jumlah oksida yang membentuk bahan semen. Semen dibuat dari bahan-bahan atau unsur-unsur yang mengandung oksida-oksida. Unsur-unsur tersebut tercantum pada table 1 dibawah ini.

Tabel 1. Komponen bahan baku semen (Wuryati dan Candra, 2001)

Jenis Bahan	Persen (%)
Batu kapur (CaO)	60-65
Pasir silikat (SiO ₂)	17-25
Tanah liat (Al ₂ O ₃)	3-8
Bijih besi (Fe ₂ O ₃)	0.5-6
Magnesia (MgO)	0.5-4
Sulfur (SO ₃) 1-2	
Soda (Na ₂ O + K ₂ O)	0.5-1

b. Pengaruh semen terhadap air

Ketika semen diberi air, air akan berangsur-angsur mengadakan persenyawaan dengan senyawa-senyawa semen. Sebagian dari senyawa semen akan larut membentuk senyawa dengan air, yaitu membentuk gel (agar-agar). Agar-agar ini akan mengendap menyelubungi butir-butir semen yang lain. Bila jumlah airnya cukup banyak, pembentukan agar-agar ini pun dapat berlanjut. Akan tetapi,

hal ini tergantung pula pada besarnya butiran semen yang ada. Oleh karena itu semen yang butirannya semakin halus, kan semakin cepat mengadakan senyawa dengan air.

Suatu semen yang baru saja bercampur dengan air (pasta semen), merupakan suatu massa plastis yang terdiri dari butiran semen dan air. Setelah pasta semen mulai mengeras, tampaknya bervolume tetap. Hasil pengerasan ini terdiri dari hidrat senyawa-senyawa semen yang ada, yang berupa agar-agar, kristal-kristal, kapur padam, sedikit senyawa lain, dan butiran semen yang tidak bersenyawa dengan air.

Sisa air yang tidak bersenyawa dengan semen mengisi pori-pori antara benda tadi, yang disebut pori-pori kapiler, didalam agar-agar itu sendiri terdapat pori-pori agar-agar yang berisi air. Air yang ada didalam agar-agar inidapat melanjutkan hidrasi bagi butir semen yang belum bersenyawa bila jumlah air dari luar berkurang. Persenyawaan air dengan semen tidak terjadi dalam waktu yang singkat. Derajat pengerasan ini terutama dipengaruhi oleh susunan senyawa semen, kehalusan dari butiran semen, jumlah air yang dicampurkan, dan jumlah air yang ada disekitar butir semen.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran pembuatan mortar dan beton. Agregat aduk dan beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai pengisi atau pengkurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disebut adukan beton (Wuryati dan Candra, 2001).

Ditinjau dari besarnya butiran, maka agregat dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4.8 mm. agregat halus dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1) Pasir galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah, atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pasir jenis ini pada umumnya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan. Namun, karena pasir ini diperoleh dengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering harus dicuci dulu sebelum digunakan.

2) Pasir sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi. Karena butirannya halus, maka baik untuk plesteran tembok. Namun karena bentuknya yang bulat daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3) Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dari udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

b. Agregat kasar

Agregat kasar dibedakan atas 2 macam, yaitu kerikil (dari batu alam) dan kricak (dari batuan yang dipecah). Menurut asalnya krikil dapat dibedakan atas; krikil galian, krikil sungai dan krikil pantai. Krikil galian biasanya mengandung zat-zat seperti tanah liat, debu, pasir dan zat-zat organik.

Krikil sungai dan krikil pantai biasanya bebas dari zat-zat yang tercampur, permukaannya licin dan bentuknya lebih bulat. Hal ini disebabkan karena pengaruh air. Butir-butir krikil alam yang kasar akan menjamin pengikatan adukan lebih baik. Batu pecah (kricak) adalah agregat kasar yang diperoleh dari batu alam yang dipecah, berukuran 5-70 mm. Panggilingan atau pemecahan biasanya dilakukan dengan mesin pemecah batu (Jaw breaker atau crusher).

Menurut ukurannya, krikil/kricak dapat dibedakan atas:

- 1) Ukuran butir: 5 - 10 mm disebut krikil/kricak halus.
- 2) Ukuran butir: 10-20 mm disebut krikil/kricak sedang.
- 3) Ukuran butir: 20-40 mm disebut krikil/kricak kasar.
- 4) Ukuran butir: 40-70 mm disebut krikil/kricak kasar sekali.
- 5) Ukuran butir >70 mm digunakan untuk konstruksi beton siklop (*cycloped concrete*).

Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Sebagai bahan adukan beton, maka agregat kasar harus diperiksa secara lapangan.

3. Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat

semen. Tetapi pada kenyataannya, di lapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0.35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0.40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton sendiri akan menurun (Tjokrodimuljo, 2007)

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Tri Mulyono, 2003).

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 30% dari berat semen. Dengan menambah banyak lebih air harus dibatasi sebab penggunaan air

yang terlalu banyak dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton (Laintarawan dkk, 2009).

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Hukum kadar air konstan mengatakan: “Kadar air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu hamper konstan tanpa tergantung pada jumlah semen, untuk kombinasi agregat halus dan kasar tertentu”. Hukum ini tidak sepenuhnya berlaku untuk seluruh kisaran (*range*), namun cukup praktis untuk penyesuaian perencanaan dan koreksi (Nugraha dan Antoni, 2007).

Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor dibawah ini:

- a. Apabila diameter agregat membesar, maka kebutuhan air menurun. Begitu pula jumlah mortar yang diperlukan menjadi lebih sedikit.
- b. Kebutuhan air menurun apabila agregat berbentuk bulat.
- c. Kebutuhan air menurun untuk kelacakan yang sama bila gradasi baik.
- d. Makin banyak kotoran (*silt*, tanah liat dan lumpur) kebutuhan air meningkat.
- e. Kebutuhan air menurun jika agregat halus lebih sedikit dari agregat kasar, begitu sebaliknya.

Air yang mengandung kotoran cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahan beton. Kandungan kurang dari 1000 ppm (*parts per million*) masih diperbolehkan meskipun konsentrasi lebih dari

200 ppm sebaiknya dihindari. Karena kotoran dapat menyebabkan beberapa pengaruh sebagai berikut:

- a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- b. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- c. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- d. Bercak-bercak pada permukaan beton.

C. Cara Perawatan Beton

Perawatan beton akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Pada pengujian ini digunakan dua cara perawatan, yaitu direndam dan *curing compound*.

1. Direndam

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. Suhu air yang digunakan tidak boleh lebih dari (27°C), untuk menghindari keretakan akibat perbedaan suhu. 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.

D. Sifat-Sifat Beton

1. Sifat-sifat Beton Segar

a. Mudah dikerjakan (*Workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan maupun sifat bahan itu secara bersama sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan beton untuk dikerjakan antara lain:

- 1) Jumlah air yang dipakai dalam campuran beton, makin banyak air makin mudah beton segar untuk dikerjakan.
- 2) Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan beton, karena diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* yang tetap.
- 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil, apabila mengikuti gradasi campuran yang disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- 4) Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- 5) Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga mempengaruhi terhadap tingkat kemudahan pengerjaan.
- 6) Cara pemadatan adukan beton, bila dilakukan dengan alat getar maka diperoleh tingkat kelecakan (*keenceran*) yang berbeda.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan *slump*. Makin besar nilai *slump* berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan. Pada umumnya nilai *slump* berkisar antara 5 sampai 12.5 cm.

b. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)

Pemisahan kerikil cenderung butir-butir kerikil memisahkan diri dari campuran adukan beton disebut *segregation*. Campuran beton yang kelebihan air dapat menyebabkan segregasi, dimana terjadi pengendapan partikel yang berat ke dasar beton segar dan partikel-partikel yang lebih ringan akan menuju ke permukaan beton segar. Hal-hal tersebut akan mengakibatkan beberapa keadaan pada beton yaitu terdapat lubang-lubang udara, beton menjadi tidak homogen, dan permeabilitas serta keawetan berkurang.

c. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Bleeding merupakan kecenderungan campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini disebabkan ketidakmampuan bahan solid dalam campuran untuk menahan seluruh air campuran ketika bahan itu bergerak ke bawah. Air naik ke atas sambil membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang akhirnya setelah beton mengeras akan tampak sebagai selaput. Lapisan ini dikenal sebagai *Litance*. *Bleeding* biasanya terjadi pada campuran beton basah (kelebihan air) atau adukan beton dengan nilai slump tinggi.

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.

a. Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton.

Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan (*Wang dan Salmon, 1990*). Beton relatif kuat menahan tekan. Keruntuhan beton sebagian disebabkan karena rusaknya ikatan pasta dan agregat. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain:

- 1) Faktor air semen, hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, tetapi kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah. Hal ini karena jika faktor air

semen semakin rendah maka beton semakin sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen yang optimal yang menghasilkan kuat tekan yang maksimal.

- 2) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- 6) 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 kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder beton. Setiap pengujian kuat tekan 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.

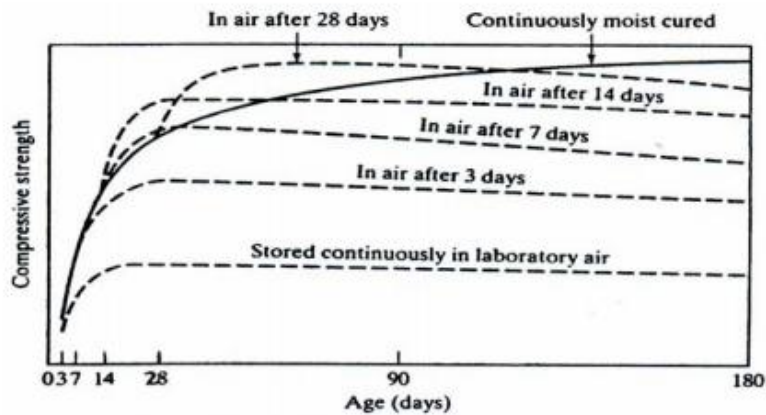
E. Pengaruh Cara Perawatan Beton Berserat Campuran

Beton berserat adalah Beton bertulang serat (*fibre reinforced concrete*) yang dibuat dari bahan campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat (*fibre*) yang tersebar secara acak. Dan membutuhkan perawatan yang baik agar dapat menghasilkan kekuatan yang maksimal pada beton. Pada penelitian ini ditekankan pada dua metode perawatan beton berserat campuran 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 tekan dan kuat lentur beton berserat campuran 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 ± 2.1 kali sebesar volume kering semula (Wuryati dan Candra, 2001).

Sebagaimana yang telah dijelaskan di atas bahwa perawatan sangat mempengaruhi kekuatan beton. Berkurangnya kekuatan beton yang tidak mendapatkan perawatan secara baik disebabkan karena adanya retak susut, daya lekatan agregat yang lemah dan pori-pori yang berlebih sehingga beton menjadi tidak *massiv*.



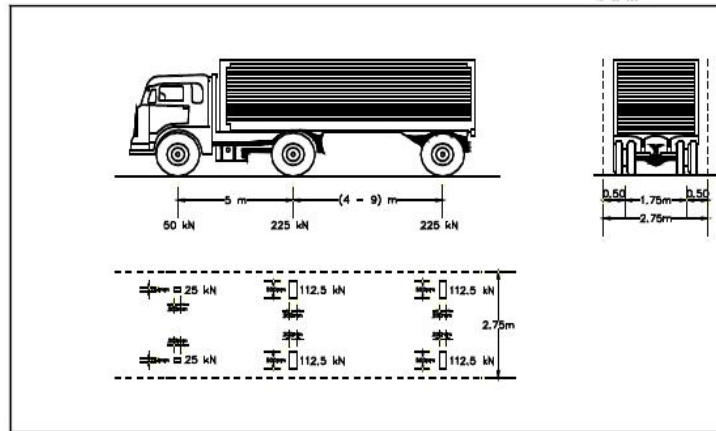
Gambar 1. Kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan (Neville, 2002)

Gambar di atas menjelaskan mengenai kuat tekan beton dalam berbagai perlakuan. Terlihat jelas bahwa untuk beton yang tidak mendapatkan perawatan memiliki kuat tekan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton yang mendapatkan perawatan. Prosedur untuk perlindungan dan perawatan beton harus diperketat jika kuat tekan beton yang dirawat di lapangan menghasilkan nilai $f'c$

yang kurang dari 85 % kuat tekan beton pembanding yang dirawat di laboratorium. Batasan 85 % tersebut tidak berlaku jika kuat tekan beton yang dirawat di lapangan menghasilkan nilai melebihi f'_c sebesar minimal 3,5 MPa (SNI 03 – 2847 – 2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung).

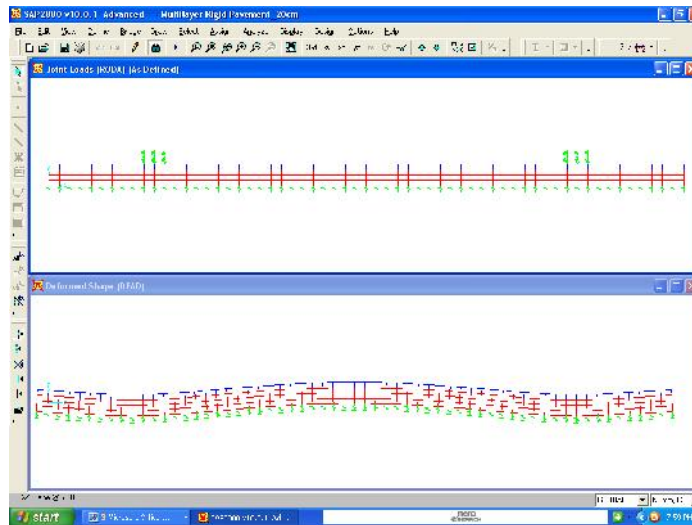
F. Analisis Struktur Perkerasan Kaku Jalan Raya

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 1 di bawah ini.

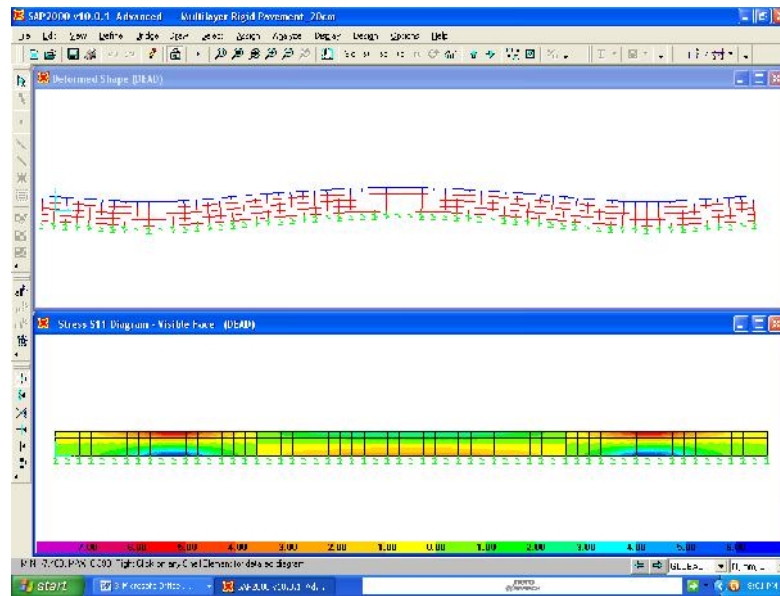


Gambar 2. Pembebanan truk "T" 500 KN (Slamet, 2014)

Hasil analisis yang telah dilakukan terhadap struktur perkerasan kaku dengan *software* SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Pembebanan dan deformasi perkerasan beton pada pembebanan semi trailer (Slamet, 2014)



Gambar 4. Deformasi dan tegangan normal (σ_{xx}) perkerasan beton pada pembebanan semi trailer (Slamet, 2014)

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat diambil kesimpulan bahwa hasil analisis tegangan normal pada bidang x dalam arah sumbu x (σ_{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 berserat memiliki potensi untuk diaplikasikan secara optimal pada struktur perkerasan kaku jalan raya.

G. Definisi Beton Berserat

1. Definisi Beton Berserat

Beton bertulang berserat (*fibre reinforced concrete*) didefinisikan sebagai bahan beton yang dibuat dari bahan campuran semen, agregat halus, agregat

kasar, air dan sejumlah serat (*fibres*) yang tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar (Hannant, 1978)

2. Jenis-Jenis Serat (ACI 544.1R-96)

- a. Serat-serat logam, seperti serat baja karbon atau serat baja tahan karat
- b. Serat-serat sintetis (*acrylic, aramid, nylon, polyester polypropylene, carbon*)
- c. Serat-serat gelas
- d. Serat-serat alami (serat ijuk, bambu, rami, ampas kayu, jerami, sisal, sabut kelapa).

Dalam penelitian ini digunakan serat *polypropylene* karena mudah diperoleh, murah, awet dan tidak bersifat reaktif terhadap semen.

3. Perilaku Beton Berserat

Perilaku beton berserat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat fisik matrik dan serat dan perlekatan antara serat dan matriknya.

- a. Perilaku beton berserat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat fisik matrik dan serat dan perlekatan antara serat dan matriknya. Perilaku beton berserat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat fisik matrik dan serat dan perlekatan antara serat dan matriknya.

Tabel 2. Sifat berbagai macam serat (Hannant, 1978)

Tipe Serat	Kuat Tarik (MPa)	Young modulus, MPa	Perpanjangan batas,%	Specific Gravity
<i>Acrylic</i>	207-414	2.07	25-45	1.1
<i>Asbestos</i>	552-966	82.8-138	0.6	3.2
<i>Cotton</i>	414-690	4.83	3.10	1.5
<i>Glass</i>	1035-3795	69	1.5-3.5	2.5
<i>Nylon (Ht)*</i>	759-828	4.14	16-20	1.1
<i>Polyester (Ht)*</i>	724.5-862.5	8.28	11-13	1.4
<i>Polyethylene</i>	690	0.138-0.414	10	0.95
<i>Polypropylene</i>	552-759	3.45	25	0.90
<i>Rayon (Ht)*</i>	414-621	6.9	10-25	1.5
<i>ROCK wool</i>	483-759	69-117.3	0.6	2.7
<i>Steel</i>	276-2760	200.1	0.5-35	7.8

Ket (Ht)*: High tenacity

Tabel 3. Tipikal sifat-sifat berbagai matrik

Matrik	Kepadatan	Young modulus (GPa)	Kuat Tarik (MPa)	Regangan Putus x 10⁻⁶
Semen PC Normal	2.000-3.000	10-25	3-6	100-500
Pasta semen alumina kadar tinggi	2.100-2.300	10-25	3-7	100-500
Mortar OPC	2.200-2.300	25-35	2-4	50-150
Beton OPC	2.200-2.450	30-40	1-4	50-150

b. Pengaruh Panjang dan Diameter Serat.

Perbandingan panjang dan diameter serat (aspek ratio) akan mempengaruhi lekatan antara serat dengan matrik. Serat dengan rasio $l/d > 100$ mempunyai lekatan dengan beton yang lebih besar dibandingkan dengan serat yang pendek dengan rasio $l/d < 50$. Menurut Hannant (1978) hasil pengujian untuk $l/d < 50$ menyebabkan serat akan lebih mudah tercabut dari beton. Peningkatan aspek rasio serat akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik maupun lentur beton, sama halnya dengan penambahan volume serat ke dalam campuran beton.

c. Ukuran maksimum matrik

Ukuran maksimum matrik akan mempengaruhi distribusi dan kuantitas serat yang dapat masuk ke dalam komposit. Hannant (1978) memberikan rata-rata ukuran agregat partikel $\pm 10-30$ mikron, sedangkan ukuran agregat maksimum agregat untuk adukan 5 mm. Agregat dalam komposit tidak boleh lebih besar dari 20 mm dan disarankan lebih kecil dari 10 mm, yang bertujuan agar serat dapat tersebar dengan merata. Untuk menghindarkan terjadinya rongga, pada benda uji disarankan untuk memakai bahan pengisi (agregat campuran) paling sedikit 50 % dari volume beton.

d. Perilaku sifat mekanik beton berserat

Parameter yang diperoleh dari pengujian tekan terhadap beton berserat antara lain: modulus elastisitas, beban hancur maksimum. Dari

hasil pencatatan defleksi diperoleh nilai regangan yang terjadi pada saat beban maksimum dan perilaku kurva beban (P) dengan defleksi () atau perilaku kurva tegangan-regangan. Perubahan modulus elastisitas akibat penambahan serat sangat kecil. Penambahan serat pada beton normal dapat meningkatkan tegangan pada beban puncak. Beton berserat menyerap energi yang lebih besar daripada beton normal sebelum hancur (*failure*). Peningkatan terhadap daktilitas dengan penambahan serat pada beton normal tergantung pada beberapa faktor seperti: geometri serat, volume fraksi serat dan komposisi bahan penyusun matrik sendiri. Peningkatan volume serat dapat meningkatkan kapasitas peningkatan energi. Peningkatan penyerapan energi ini terjadi hanya pada batasan 0 – 0,7 % volume fraksi, apabila kandungan serat dinaikkan lagi sehingga fraksinya menjadi lebih besar dari 0,7 %, maka kenaikan energi yang terjadi tidak terlalu besar. Beton bermutu tinggi lebih getas (*brittle*) dibandingkan dengan beton normal, dan dengan penambahan serat dihasilkan beton yang lebih daktil.

Hannant (1978) memberikan persamaan hubungan antara volume fraksi dengan perbandingan serat dalam matriks sebagai berikut:

$$w^f = \frac{\text{Weight of fibre}}{\text{Wight of matrix}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$W'f = \frac{V_f D_f}{V_m D_m} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$W'f$ = presentase berat serat terhadap matrik beton, %

V_f = presentase volume fraksi serat terhadap matrik beton, %

V_m = presentase matriks beton, %

D_f = *density* dari serat, kg/m^3

D_m = *density* dari matrik beton, kg/m^3

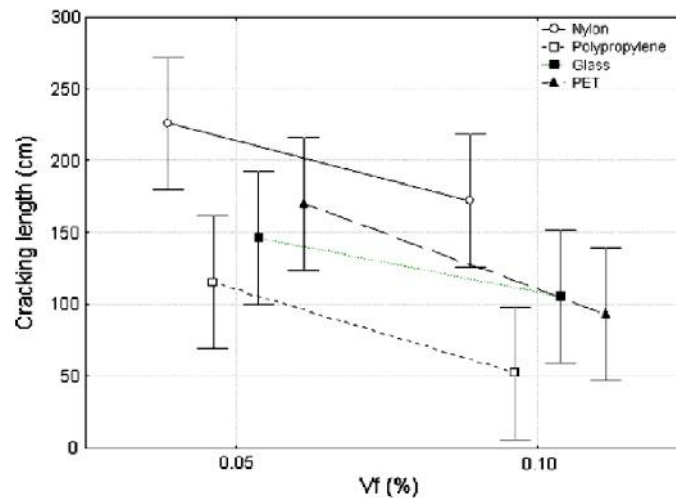
e. Mekanisme kontribusi serat terhadap beban lentur

Dalam aplikasinya, beton berserat lebih banyak digunakan sebagai elemen penahan beban lentur dibandingkan penahan akibat beban lainnya. Hasil percobaan menunjukkan peningkatan kuat lentur lebih tinggi daripada kuat tekan atau kuat tarik belah. Peningkatan kuat lentur sangat dipengaruhi oleh volume fraksi dan aspek rasio serat. Peningkatan volume fraksi sampai batas tertentu akan meningkatkan kuat lentur beton, demikian pula dengan aspek rasio serat.

f. Daktilitas (*flexural toughness*)

Salah satu alasan penambahan serat pada beton adalah untuk menaikkan kapasitas penyerapan energi dari matrik campuran, yang berarti meningkatkan daktilitas beton. Penambahan daktilitas juga berarti penambahan perilaku beton terhadap *fatigue* dan *impact*.

Penambahan serat ke dalam campuran adukan beton juga terbukti dapat menghambat laju retak akibat susut beton secara efektif. Menurut Pelisser et al., (2010) serat *polypropylene* merupakan jenis serat yang efektif dalam mengurangi terjadinya retak yang diakibatkan oleh susut beton. Penambahan serat *polypropylene* tipe *shortcut* dapat mengurangi panjang retak secara lebih efektif dibandingkan dengan serat nylon, PET, maupun *glass fiber*. Pada penelitian tersebut juga diketahui bahwa nilai *volume fraction* 0.10% merupakan kadar optimum penambahan serat *polypropylene* ditinjau berdasarkan total panjang retak yang terjadi akibat susut beton. Hasil penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Jenis Serat dan *Volume Fraction* Terhadap Panjang Retak akibat Susut Beton (Pelisser et al., 2010)

H. Kerangka Berpikir

Salah satu sifat yang cukup penting menentukan karakteristik beton adalah kuat tekan dan kuat lentur beton. Usaha yang dikembangkan adalah dengan memperbaiki sifat dari kelemahan yang dimiliki beton. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan beton dengan serat baja dipilih agar dapat menghasilkan beton bertulang berserat (*fibre reinforced concrete*), dengan metode perawatan di rendam dan di *curing compound* dapat menghasilkan efek yang mampu memberikan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi pada beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh cara perawatan beton direndam dan perawatan beton di *curing compound*. Fungsi dari perawatan *curing compound* yaitu untuk mencegah kehilangan air pada beton dan melindungi beton pada penguapan air yang cepat pada tahap perawatan. Dan selanjutnya membandingkan hasil dari kedua cara perawatan tersebut dengan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada beton sehingga dapat diketahui efek dari perawatan beton.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Metode eksperimental yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah pengembangan baru metode pencampuran *trial mix*. Pada dasarnya, metode tersebut digunakan untuk mengkaji hubungan sebab-akibat. Manfaat yang diperoleh dari metode eksperimental ini adalah untuk memperoleh informasi yang sesuai dengan masalah yang akan dikaji pada suatu penelitian secara maksimal dan dengan cara meminimalisir materi, biaya dan waktu yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian akan lebih efektif dan efisien dari segi waktu, tenaga dan analisis data. 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

1. Variabel Bebas

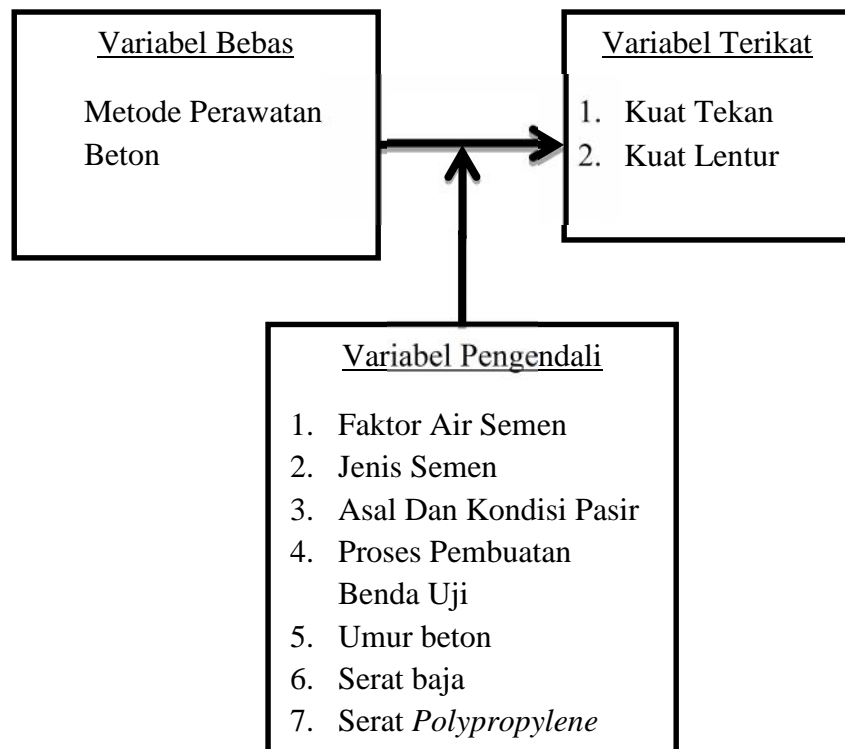
Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya varian terikat. Variabel bebas dalam hal ini adalah metode perawatan beton dan umur beton.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi, yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah nilai *slump* dan kuat tekan beton.

3. Variabel Terkendali

Variabel pengendali adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan. Beberapa kemungkinan yang dapat mempengaruhi kuat tekan dan kuat lentur beton dalam penelitian ini akan dikendalikan dengan berbagai perlakuan. Faktor-faktor tersebut adalah faktor air semen, umur beton, jenis semen, asal dan kondisi agregat, serat baja, serat *polypropylene*, cara pembuatan benda uji dan perawatannya.



Gambar 6. Hubungan antar variabel

C. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini, meliputi:

1. Semen *portland pozolan* (PPC), sesuai SNI 15-0302-2004

Semen yang digunakan dalam eksperimen ini adalah semen merek Gresik dengan berat tiap sak adalah 40 kg, dimana butiran halus dan tidak terdapat penggumpalan. Berdasarkan SNI 15-0302-2004 semen ini termasuk dalam *Pozzolan Portland Cemen (PPC)*, yaitu digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.



Gambar 7. Semen PPC tipe 1 Gresik

2. Agregat halus

Agregat halus atau pasir yang digunakan diambil dari Sungai Progo Yogyakarta dengan lolos saringan 4.76 mm sesuai dengan SNI 03-6820-2002 tentang spesifikasi pasir untuk plesteran, butir maksimum agregat halus adalah 4.76 mm.



Gambar 8. Pasir Progo

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm. Yang diambil dari sungai krasak.



Gambar 9. Kerikil batu pecah

4. Air

Air diperlukan pada pembuatan mortar maupun beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan pengadukan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran mortar. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran

mortar akan menurunkan kualitas mortar, bahkan dapat mengubah sifat-sifat mortar yang dihasilkan (Mulyono, 2003)

Air yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, yaitu air keran yang bersih, jernih, tidak berasa dan tidak berbau sehingga air ini termasuk air yang baik untuk membuat beton menurut PUBLI - 1982.



Gambar 10. Air

5. Serat baja

Serat baja yg di pakai dalam penelitian ini berdiameter 0.7 mm dan panjang 40 mm. serat (*fibre*) ini akan tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar.



Gambar 11. Serat baja *end-hooked*

6. Serat *polypropylene*

Polypropylene adalah salah satu dari jenis plastik yang paling banyak digunakan sebagai bahan serat dalam campuran beton selama bertahun-tahun



Gambar 12. Serat *Polypropylene*

7. *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 13. Cairan kimia *plastiment*

8. Belerang

Menurut SNI 6369-2008 belerang digunakan untuk bahan pembuat *capping*. Untuk kuat tekan beton kurang dari 35 Mpa maka *capping* harus dibiarkan mengeras selama 2 jam sebelum pengujian beton dan untuk kuat tekan beton lebih dari 35 Mpa maka *capping* dibiarkan mengeras 16 jam sebelum pengujian.



Gambar 14. Belerang

9. 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 15. Oli

10. *Antisold (curing compound)*

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



Gambar 16. *Antisold*

D. Peralatan

1. Ayakan Pasir

Ayakan pasir digunakan untuk mengayak pasir yang akan digunakan untuk membuat beton. Fungsi ayakan dalam penelitian ini adalah untuk memisahkan kerikil dan pasir.



Gambar 17. Ayakan Pasir

2. Timbangan

Berdasarkan SNI 1973-2008 timbangan adalah salah satu alat yang digunakan dalam pengujian pasir. Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan kapasitas 310 gram, 10 kg dan 50 kg. Fungsi dari timbangan ini adalah untuk menimbang pasir, semen dan serat *polypropylene* dan bahan tambah yang diperlukan.



Gambar 18. Timbangan dengan kapasitas 310 gram



Gambar 19. Timbangan dengan kapasitas 10 kg



Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 50 kg

3. Gelas Ukur

Dalam penelitian ini dipakai gelas ukur dengan ketelitian 1 ml dan 20 ml.

Fungsi dari gelas ukur dengan ketelitian 1 ml adalah untuk menakar bahan-bahan yang bersifat cair dan gelas ukur dengan ketelitian 20 ml untuk menakar air.



Gambar 21. Gelas ukur

4. Oven

Menurut SNI 1970-2008 tentang pengujian berat jenis pasir, oven yang digunakan harus dapat memanaskan sampai temperatur 110 derajat *celcius*. di bawah ini adalah oven yang terdapat di laboratorium bahan bangunan FT UNY.



Gambar 22. Oven

5. Jangka Sorong

Menurut SNI 03-2823-1992 tentang pengujian lentur fungsi dari jangka sorong adalah untuk mengetahui ukuran dari suatu benda dengan ketelitian yang lebih akurat. Dalam penelitian ini jangka sorong digunakan pada saat mengukur diameter silinder dan tinggi silinder.



Gambar 23. Jangka sorong

6. Penggaris dan Meteran

Dalam penelitian ini diperlukan penggaris untuk mengukur nilai *slump*, sedangkan meteran digunakan untuk mengukur panjang balok beton



Gambar 24. Penggaris dan meteran

7. Kuas

Kuas berfungsi sebagai alat bantu untuk melumuri cetakan silinder dan pelat *capping* dengan oli.



Gambar 25. Kuas

8. Cawan

SNI 6369-2008 mensyaratkan bahwa untuk mencairkan belerang harus menggunakan cawan yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan bahan yang tidak bereaksi dengan belerang cair.



Gambar 26. Cawan

9. Kompor Listrik

Berdasarkan SNI 6369-2009 tentang tata cara pembuatan capping untuk benda uji silinder, pada proses *capping* belerang yang dipakai berbentuk solid, untuk mencairkannya maka perlu dipanaskan. Dalam penelitian ini digunakan kompor listrik untuk memanaskan belerang.



Gambar 27. Kompor listrik

10. Sendok

Untuk mengaduk belerang panas maka perlu alat pengaduk. Dalam proses *capping* alat pengaduk yang dipakai adalah sendok makan.



Gambar 28. Sendok

11. Tang Jepit

Alat ini merupakan alat bantu untuk menjepit rantang panas yang berisi belerang cair agar dengan mudah dapat dituang dalam cetakan.



Gambar 29. Tang jepit

12. Pelat *Capping* dan Alat Pelurusnya

Berdasarkan SNI 6369-2008 tentang tata cara pembuatan *capping* untuk silinder beton, tebal pelat *capping* tidak kurang dari 6 mm, diameter plat sekurang-kurangnya harus 25 mm lebih besar dari diameter benda uji dan kemiringan permukaan *capping* tidak boleh lebih dari 0.05 mm untuk diameter silinder 152 mm. Selain itu pelat *capping* harus halus, tidak ada retakan dan goresan. Fungsi dari pelat *capping* sendiri adalah untuk mencetak belerang cair agar dapat meratakan permukaan benda uji silinder. Menurut SNI 6369-2008 alat pelurus digunakan bersamaan dengan

pelat *capping* agar benda uji silinder tegak lurus. Dibawah ini adalah gambar dari pelat *capping* dan alat pelurus.



Gambar 30. Alat *capping* silinder

13. Bak Rendam

Setelah benda uji silinder dibuat maka benda uji perlu direndam untuk mengurangi penguapan. Benda uji silinder mempunyai dimensi yang besar yaitu 150 mm x 300 mm sehingga untuk merendamnya perlu adanya bak yang besar. Menurut SNI 03-2823-1992 tentang pengujian lentur, mensyaratkan bahwa ukuran bak perendam adalah berukuran 1000 mm x 500 mm x 500 mm. Di halaman berikutnya terdapat gambar bak yang digunakan untuk merendam benda uji di laboratorium bahan bangunan FT UNY.



Gambar 31. Bak Rendam

14. Selang

Untuk mengisi bak dengan air pada proses perendaman benda uji silinder maka dibutuhkan selang.



Gambar 32. Selang

15. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

Persyaratan SNI 03-2493-1991 tentang pengaduk beton. Pengaduk beton berupa drum pengaduk dengan tenaga penggerak, wadah adukan yang dapat berjungkit, atau wadah yang berputar dengan baik atau wadah dengan pendayung yang berputar. Alat ini harus dapat mengaduk secara langsung sesuai dengan banyaknya adukan dengan *slump* yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan agar campuran mortar lebih *homogen*.



Gambar 33. Molen

16. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* adalah kerucut terpancung yang digunakan untuk menguji *slump* maupun *slump flow* pada saat beton dalam kondisi segar. Berdasarkan SNI 1972-2008 mengenai pengujian *slump*, kerucut *abrams* harus terbuat dari logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Kerucut *abrams* harus mempunyai diameter dasar 203 mm, 102 mm dan tinggi 305 mm. Batas toleransi ukuran harus dalam rentang 3.2 mm. Bagian dalam kerucut *abrams* harus licin, halus dan bebas kotoran yaitu berupa mortar yang menempel. Selain itu kerucut *abrams* harus dilengkapi dengan injakan kaki dan pegangan. Untuk *slump flow* sebaran yang direncanakan antara 50 mm sampai 75 mm, karena apabila sebaran dari *slump flow* sudah lebih dari 75 mm maka telah terjadi *bleeding*.



Gambar 34. Kerucut *abrams*

17. Konik

Kerucut berpancung ini digunakan untuk pengujian SSD dari agregat halus.



Gambar 35. Konik

18. Cetok

Cetok *slump* berfungsi untuk memasukkan adukan kedalam *slump cone* pada saat pengujian *slump flow test*.



Gambar 36. Cetok

19. Pelat Besi

Plat Besi ini merupakan satu rangkaian pengujian *slump flow*. Plat besi ini digunakan sebagai alas pengujian plat. Plat dibuat halus pada permukaannya agar sebaran tidak terhalang oleh permukaan plat yang tidak rata. Untuk membuat permukaan halus maka sebelum melakukan pengujian *slump flow* plat harus dibersihkan dahulu dengan menggunakan oli. Plat yang digunakan untuk pengujian *slump flow test* di laboratorium bahan bangunan FT UNY.



Gambar 37. Plat besi

20. Cetakan Beton Silinder

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kuat tekan yaitu cetakan dengan bentuk silinder. Dengan tinggi 300 mm dan diameternya 150 mm yaitu berdasarkan SNI 03-2493-1991, tentang pembuatan dan perawatan benda uji.



Gambar 38. Cetakan silinder

21. Cetakan Beton Balok

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kuat lentur yaitu cetakan dengan bentuk balok dengan panjang 53 cm, tinggi 10 cm, dan lebar 10 cm.



Gambar 39. Cetakan Balok

22. Mesin Uji Tekan

Pada penelitian ini mesin yang digunakan untuk uji tekan adalah ELE dengan kapasitas 200 ton. Mesin uji ditekan digunakan untuk menguji kuat tekan terhadap benda uji beton berserat.



Gambar 40. Mesin Uji Tekan

23. Mesin Uji lentur

Dalam penelitian ini mesin uji lentur digunakan untuk menguji kuat lentur optimum terhadap benda uji beton berserat. Mesin yang digunakan adalah Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 10 ton.



Gambar 41. Mesin Uji lentur

E. Prosedur Penelitian

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

Penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan varian penambahan serat baja dimana masing-masing terdiri dari 3 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm berdiameter 15, dan 3 benda uji balok dengan ukuran panjang 53 cm, tinggi 10 cm, dan lebar 10 cm. Jadi terdapat 12 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan dan 12 benda uji balok untuk pengujian kuat lentur.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

Tahap I : Pemeriksaan sifat bahan agregat kasar dan agregat halus.

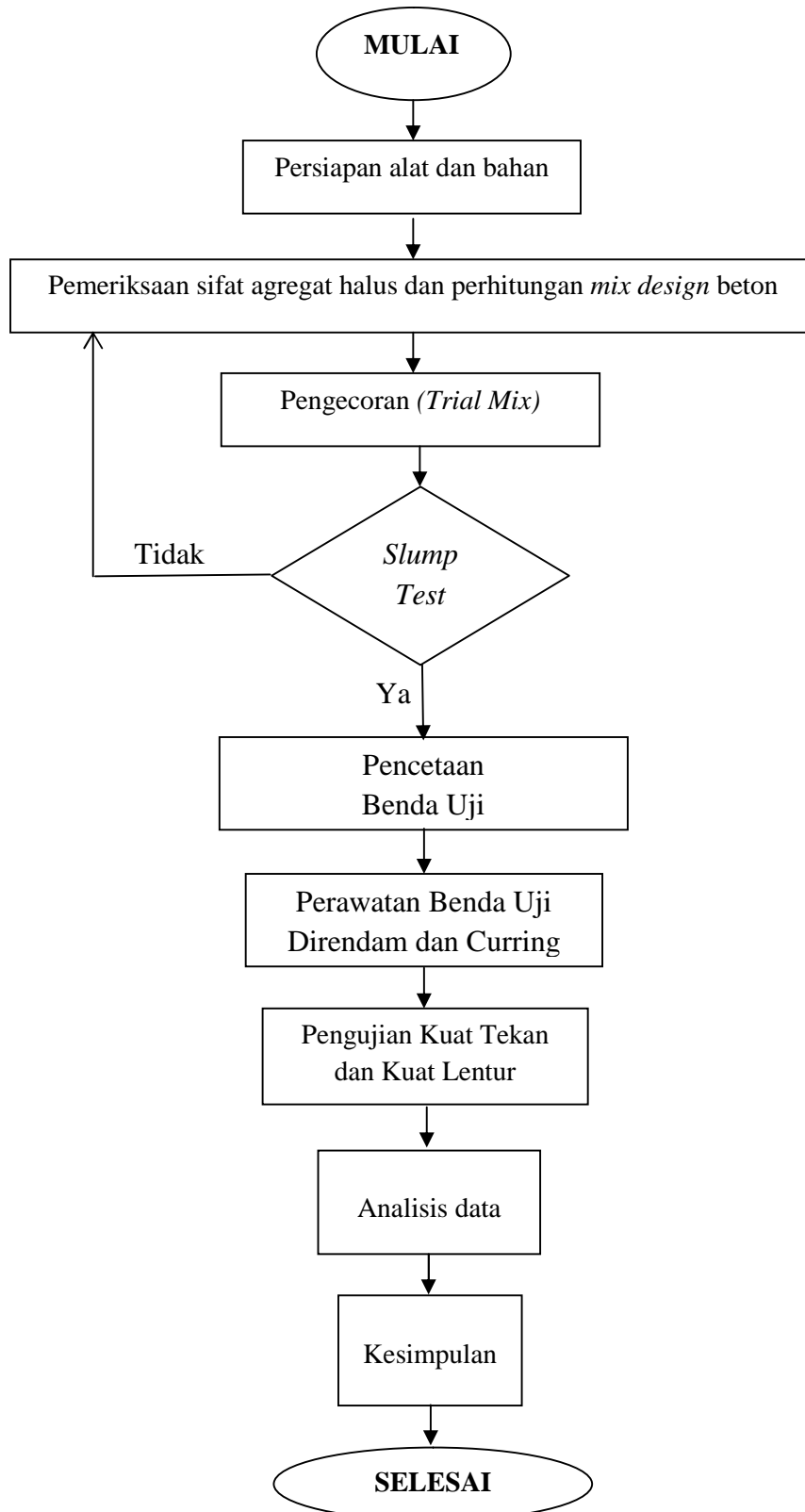
Tahap II : Perhitungan rencana campuran (*mix design*).

Tahap III : Pembuatan benda uji

Tahap IV : Tahap perawatan benda uji (*curing*).

Tahap V : Uji kuat tekan dan kuat lentur

Tahap VI : Analisis dan interpretasi data hasil penelitian.



Gambar 42. Diagram alur penelitian

Langkah-langkah eksperimen untuk mendapatkan data uji dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Pengujian *Slump*

Pengujian Sifat Beton Segar sebagai *Flowability* dengan cara pengujian *slump test* Pengujian ini digunakan untuk menilai aliran bebas arah horizontal tanpa adanya penghalang. Untuk mendapatkan nilai yang baik dari diperlukan alas yang cukup luas dan datar. Dalam pengujian ini perlu diperhatikan homogenitas dari beton tersebut yang dapat dilihat dengan kondisi beton yang tidak terjadi segregasi, *bleeding*, dan agregat tersebar secara merata.

Di bawah ini adalah teknis pengujian *slump* dalam penelitian ini, antara lain:

a. Persiapan Pengujian

Persiapan pengujian pada tahap ini, dilakukan persiapan instrumen dan alat penelitian yang berupa:

- 1) Kerucut abrams (*abrams' cone*) atau *slump cone*
- 2) Alas yang kedap, berukuran 800x800 mm, yang telah ditandai di tengah-tengah dan berupa lingkaran berdiameter 500 dan 700 mm.
- 3) Penggaris/meteran
- 4) *Stopwatch*
- 5) Sekop/cetok

b. Pelaksanaan Pengujian

- 1) Pelaksanaan pengujian menyiapkan kira-kira 3 adukan silinder untuk melakukan pengujian ini.
- 2) Membasahi alas dan bagian dalam slump cone.
- 3) Meletakkan alas di tempat yang stabil dan letakkan slump cone ditengah-tengah alas kemudian tekan dengan kuat.
- 4) Mengisi *cone* dengan adukan mortar, tanpa pemadatan hingga penuh.
- 5) Membuang kelebihan yang ada di luar alas *cone*.
- 6) Mengangkat secara vertikal dan biarkan beton mengalir bebas, kemudian secara bersamaan, dicatat saat adukan beton mencapai diameter 500 mm
- 7) Mengukur diameter akhir dari beton yang tersebar dalam dua arah yang saling tegak lurus kemudian dirata-rata sebaga nilai *slumpflow* (mm)

c. Interpretasi Hasil

Nilai slump yang tinggi, semakin besar kemampuan untuk mengisi begesting akibat berat sendiri.



Gambar 43. Metode Pengujian nilai *slump*

2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Peralatan yang digunakan meliputi cetakan silinder diameter 152 mm dan tinggi 305 mm, tongkat pemadat, dan mesin tekan.

Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan SNI: 03-1974-1990, benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris, dan mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² perdetik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut persamaan 3.



Gambar 44. Metode Pengujian kuat tekan beton

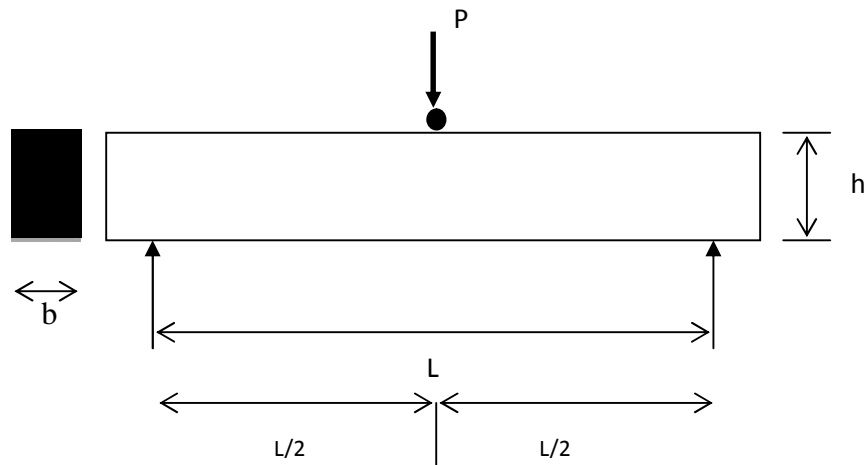
$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots (3)$$

di mana: P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

3. Pengujian Kuat Lentur Beton

Cara pengujian yang digunakan adalah metode dua titik pembebanan yang mengacu pada standar SNI 03-4431-1997, Uji kuat lentur dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Besaran tegangan tarik (*modulus of rupture*) yang terjadi pada benda uji dihitung dengan Persamaan 4.



Gambar 45. Metode Pengujian *Three Point Bending*

$$R = \frac{3/2 \cdot P \cdot L}{b \cdot h^2} \text{ MPa} \dots\dots\dots (4)$$

- di mana;
- R = modulus rupture
 - P = beban maksimum (KN)
 - L = panjang tumpuan ke tumpuan benda uji (mm)
 - b = lebar penampang benda uji (mm)
 - h = tinggi penampang benda uji (mm)

Benda uji yang digunakan berupa balok dengan ukuran panjang 53, tinggi 10 cm lebar 10 cm sebanyak 3 buah benda uji untuk setiap data yang diperlukan.

F. Analisis Data

Data yang dapat diperoleh dalam penelitian ini meliputi:

1. Kuat tekan beton
2. Kuat lentur beton

Kemudian data tersebut dianalisis dan disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengetahui Pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. 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 hasil pengujian, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian Bahan

a. Agregat Halus

Pada penelitian ini dilakukan pengujian agregat halus untuk mengetahui kadar air pasir alami, kadar air pasir SSD, berat jenis pasir SSD, bobot isi pasir, dan kadar lumpur, Pasir tersebut masuk dalam zone 2.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat jenis alami	2.53 gr/ml
2	Berat jenis SSD	2.77 gr/ml
3	Bobot isi pasir	1.615 gr/cm ³
4	Kadar air alami	1.97 %
5	Kadar air SSD	2.15 %
6	Kadar lumpur	0.83%

b. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar pada penelitian ini meliputi pengujian kadar air kerikil alami, kadar air kerikil SSD, berat jenis kerikil, dan kadar lumpur.

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat jenis alami	2.64 gr/ml
2	Berat jenis SSD	2.86 gr/ml
3	Bobot isi kerikil	1.42 gr/cm ³
4	Kadar air alami	1.58 %
5	Kadar air SSD	2.12 %
6	Kadar lumpur	1.26%

2. Hasil Rancangan

Pada beton berserat campuran direncanakan mempunyai kekuatan 30 MPa. Bahan penyusun beton berserat campuran tersebut terdiri dari semen, kerikil, pasir, air, dan serat campuran. Rancangan beton berserat campuran dan kebutuhan bahan untuk menentukan proporsi campuran atau komposisi bahan yang sesuai dengan target penelitian, yaitu sebagai berikut:

a. Perbandingan Berat Tiap m³

Pada proses pengecoran dalam penelitian ini perhitungan per m³ = 2350 Kg/m³. Berikut perbandingan komposisi bahan atau berat pembuat beton:

Tabel 6. Perbandingan komposisi bahan atau berat beton tiap m^3

No.	Bahan	Perbandingan
1	Semen	1
2	Pasir	1.55
3	Kerikil	2.06

b. Perhitungan Bahan Tiap 1 Silinder

Perhitungan bahan pada tiap silinder dilakukan agar pemakain bahan efektif pada kebutuhan yang diperlukan. Untuk mengetahui kebutuhan bahan pada setiap silinder yang diukur dengan perhitungan per silinder (1 silinder) maka digunakan perhitungan sebagai berikut:

1) Volume Silinder

$$\text{Diameter Silinder} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Silinder} = 0.30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0.15^2 \times 0.30 \\ &= 0.0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Material tiap 1 Silinder

Kebutuhan material bahan tiap 1 silinder bisa hitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$(\text{Volume 1 Silinder} = 0.0053 \text{ m}^3)$$

$$\text{Rumus} = \text{Kebutuhan bahan per m}^3 \times \text{Volume 1 Silinder}$$

$$\text{Kebututan air per m}^3 = 205 \times 0.0053 = 1.0865 \text{ kg}$$

$$\text{Kebututan semen} = 466 \times 0.0053 = 2.4698 \text{ kg}$$

Kebutuhan kerikil	= 957 x 0.0053	= 5.0721 kg
Kebutuhan pasir	= 722 x 0.0053	= 3.8266 kg
Kebutuhan serat baja	= 70 x 0.0053	= 0.371 kg
Kebutuhan serat <i>polypropylene</i>	= 1 x 0.0053	= 0.0053 kg

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berserat Campuran

Pada penelitian ini dilakukan dua metode cara perawatan beton yaitu dengan cara perawatan beton direndam dan di *curing compound*. Beton dengan cara perawatan direndam diberi kode (CW) dan beton dengan cara perawatan *curing compound* diberi kode (Cc). Dan data hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilihat pada tabel berikut:

- Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan direndam.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 3 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	CW 3	480	15.03	15.02	30.08	29.89	30.16	27.16
2	CW 5	450	15.08	14.98	30.80	29.70	29.87	25.46
3	CW 8	325	15.11	15.08	30.30	30.51	30.43	18.39

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 7 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	CW 1	500	15.07	15.22	32.40	32.35	32.00	28.29
2	CW 2	300	15.05	14.89	30.15	30.50	30.30	16.98

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
3	CW 7	450	14.91	15.05	30.30	30.31	30.20	25.46

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 14 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	CW 9	220	14.99	15.00	30.00	30.00	30.02	12.45
2	CW 10	450	14.98	15.03	30.25	30.38	30.35	25.46
3	CW 13	440	14.93	14.97	30.29	30.11	30.00	24.90

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 28 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	CW 11	300	14.91	14.93	30.00	29.98	29.99	16.98
2	CW 12	420	14.92	14.97	29.71	29.70	29.72	23.77
3	CW 14	280	14.91	14.90	29.94	30.13	30.11	15.84

Tabel 11. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan direndam

No.	Umur beton	Beban (KN)	Kuat tekan (N/mm ²)
1	3 Hari	419	23.67
2	7 Hari	417	23.58
3	14 Hari	370	20.94
4	28 Hari	334	18.86

- b. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan
Curing compound.

Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 3 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	Cc 4	530	15.02	15.09	30.08	30.09	30.14	29.99
2	Cc 7	370	14.91	15.01	30.00	30.04	30.00	20.94
3	Cc 8	480	14.81	14.95	29.93	29.86	29.97	27.16

Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 7 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	Cc 1	355	14.93	15.01	29.99	30.10	30.00	20.09
2	Cc 2	335	14.92	15.00	30.20	30.10	30.20	18.96
3	Cc 3	440	14.95	15.11	30.20	30.30	30.20	24.90

Tabel 14. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 14 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	Cc 9	520	15.01	14.95	30.30	30.33	30.37	29.43
2	Cc 10	360	15.00	15.03	30.03	29.95	29.97	20.37
3	Cc 11	550	14.89	14.89	30.16	30.05	30.01	31.12

Tabel 15. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran umur 28 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
1	Cc 7	345	15.00	14.96	30.09	30.05	30.12	19.52
2	Cc 8	410	15.05	15.00	29.73	29.76	29.74	23.20

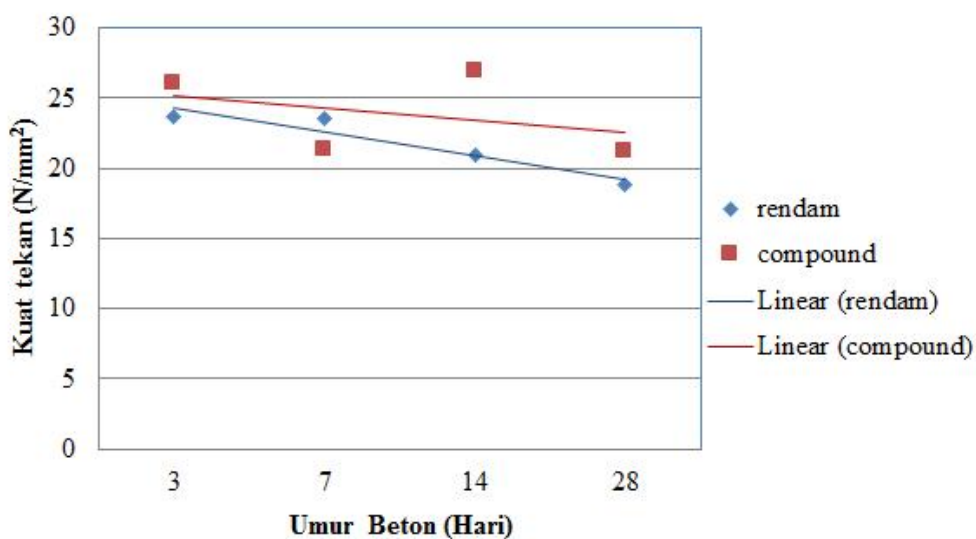
No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Diameter (cm)		Tinggi (cm)			Kuat tekan (N/mm ²)
			1	2	1	2	3	
3	Cc 13	370	14.92	14.95	30.02	30.07	30.05	20.94

Tabel 16. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan *Curring compound*

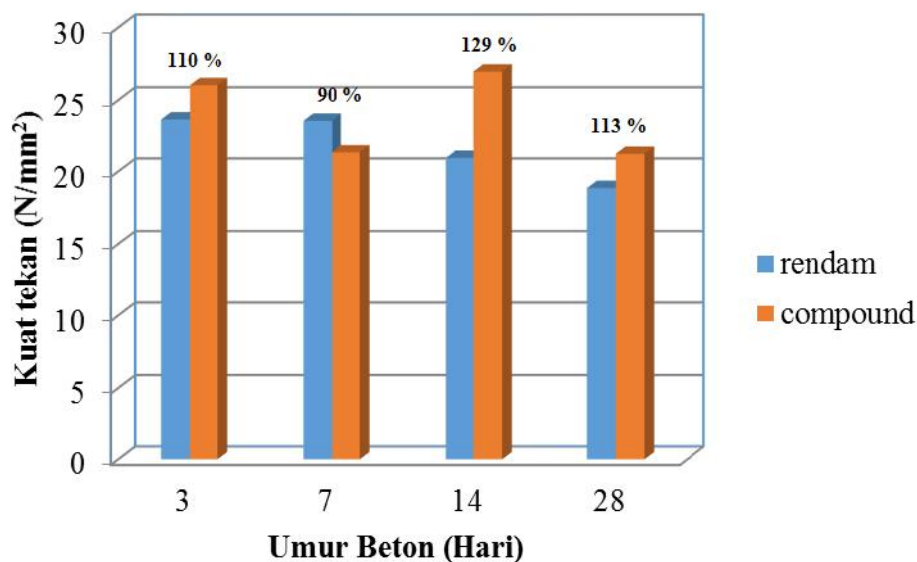
No.	Umur Beton	Beban (KN)	Kuat tekan (N/mm ²)
1	3 Hari	460	26.03
2	7 Hari	377	21.32
3	14 Hari	477	26.97
4	28 Hari	375	21.22

Tabel 17. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan beton

No.	Umur Beton	Kuat Tekan Beton (N/mm ²)	
		Direndam	<i>Curring Compound</i>
1	3 Hari	23.67	26.03
2	7 Hari	23.58	21.32
3	14 Hari	20.94	26.97
4	28 Hari	18.86	21.22



Gambar 46. Grafik Pengaruh cara perawatan terhadap kuat tekan beton



Gambar 47. Grafik prosentase pengaruh cara perawatan kuat tekan beton

4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Berserat Campuran

Pada penelitian ini dilakukan dua metode cara perawatan beton yaitu dengan cara perawatan beton direndam dan di *curing compound*. Data

hasil pengujian kuat lentur dengan benda uji berbentuk balok selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

- a. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan direndam.

Tabel 18. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 3 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	CW 1	11.382	9.8	9.9	9.7	10.2	39	6.53
2	CW 4	9.906	9.9	10.2	10.1	10.3	39	5.41
3	CW 5	9.241	10.0	9.5	9.7	10.2	39	5.36

Tabel 19. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 7 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	CW 2	10.926	9.3	9.3	9.3	10.2	39	6.61
2	CW 3	8.961	9.7	9.8	9.8	10.3	39	5.04
3	CW 6	14.354	9.8	10.0	10.2	10.3	39	7.91

Tabel 20. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 14 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	CW 8	7.815	10.3	10.3	10.4	10.4	39	4.10
2	CW 11	4.226	9.8	9.8	9.8	10.5	39	2.29
3	CW 12	8.213	10.2	10.3	10.1	10	39	4.71

Tabel 21. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 28 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	CW 7	8.520	10.3	10.2	10.2	10.5	39	4.43
2	CW 9	6.040	10.4	10.1	10.2	10.4	39	3.20
3	CW 10	10.350	10.2	10.4	10.4	10.5	39	5.33

Tabel 22. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan direndam

No.	Umur beton	Beban (KN)	Kuat lentur (N/mm ²)
1	3 Hari	10.18	5.77
2	7 Hari	11.41	6.52
3	14 Hari	6.75	3.70
4	28 Hari	8.31	4.32

b. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan

Curing compound.

Tabel 23. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 3 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	Cc 3	16.340	10.0	10.4	10.3	10.0	39	9.37
2	Cc 5	7.036	10.2	9.9	9.9	9.8	39	4.29
3	Cc 6	9.168	9.9	9.9	10.0	10.4	39	5.01

Tabel 24. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 7 hari

No.	Kode benda uji	Beban (Kg)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	Cc 1	11.431	9.9	10.1	10.1	10.0	39	6.69
2	Cc 2	11.027	10.2	10.1	10.1	10.4	39	5.91
3	Cc 4	10.420	10.2	10.2	10.4	10.2	39	5.67

Tabel 25. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 14 hari

No.	Kode benda uji	Beban (Kg)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	Cc 8	7.322	10.0	9.9	10.0	10.2	39	4.12
2	Cc 9	7.713	10.4	10.5	10.5	10.1	39	4.21
3	Cc 12	9.262	9.9	9.5	9.8	10.2	39	5.37

Tabel 26. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran umur 28 hari

No.	Kode benda uji	Beban (KN)	Lebar (cm)			Tinggi (cm)	Panjang (cm)	Kuat lentur (N/mm ²)
			1	2	3			
1	Cc 7	10.267	10.3	10.4	10.3	10.1	39	5.71
2	Cc 10	11.630	10.1	10.1	10.1	10.1	39	6.60
3	Cc 13	15.664	10.3	10.6	10.3	10.5	39	7.99

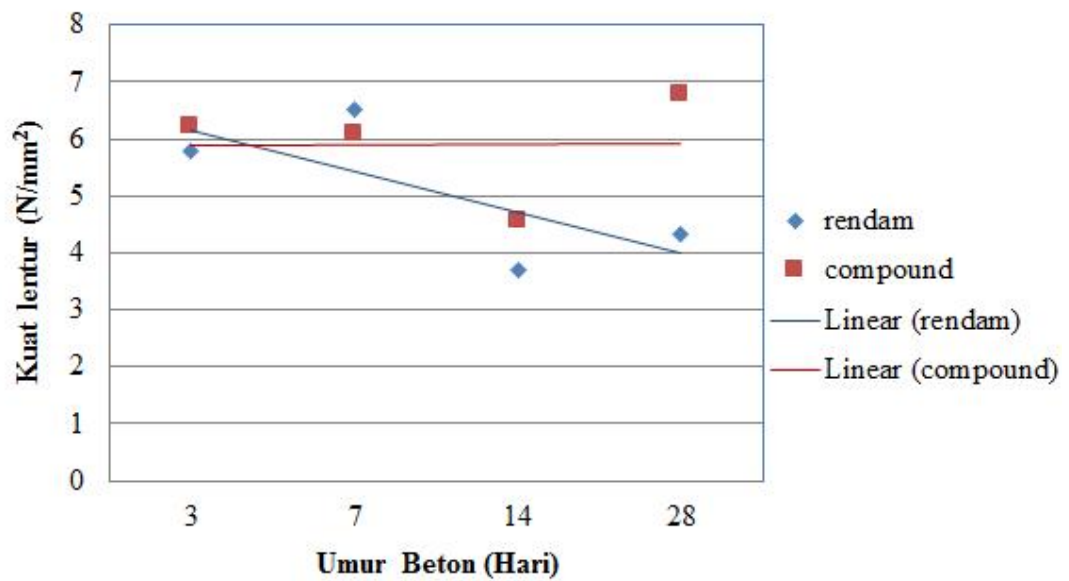
Tabel 27. Hasil pengujian rata-rata kuat lentur beton berserat campuran dengan perawatan *Curring compound*

No.	Umur Beton	Beban (KN)	Kuat lentur (N/mm ²)
1	3 Hari	10.85	6.22
2	7 Hari	10.96	6.09
3	14 Hari	8.10	4.57

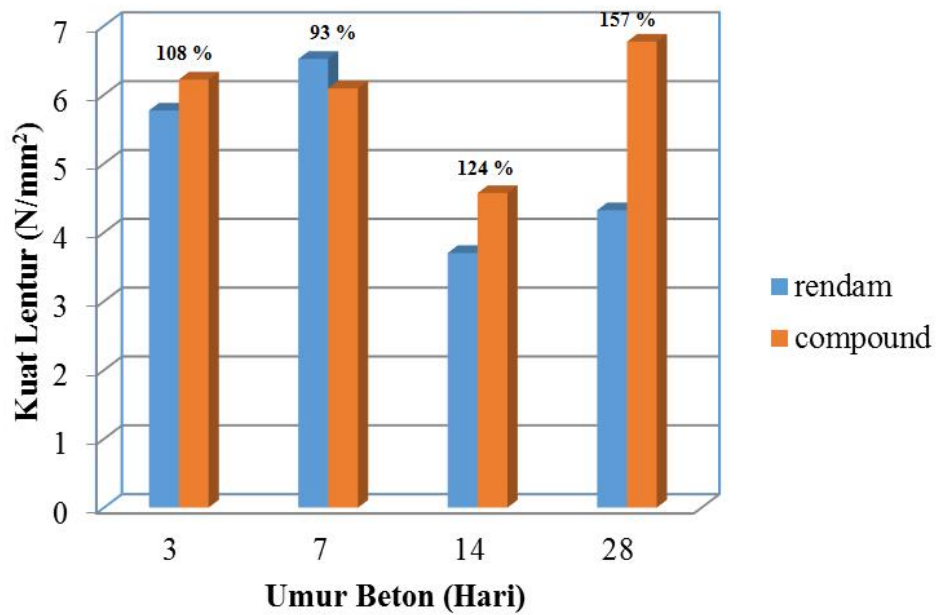
No.	Umur Beton	Beban (KN)	Kuat Lentur (N/mm ²)
4	28 Hari	12.52	6.77

Tabel 28. Pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton

No.	Umur Beton	Kuat Lentur Beton (N/mm ²)	
		Direndam	<i>Curing Compound</i>
1	3 Hari	5.77	6.22
2	7 Hari	6.52	6.09
3	14 Hari	3.70	4.57
4	28 Hari	4.32	6.77



Gambar 48. Grafik Pengaruh cara perawatan terhadap kuat lentur beton



Gambar 49. Grafik prosentase pengaruh cara perawatan kuat lentur beton

B. Pembahasan

1. Pengujian Kuat Tekan

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh serat campuran terhadap kuat tekan beton pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

a. Perawatan direndam

Pada pengujian kuat tekan dengan cara perawatan direndam mengalami penurunan karena faktor air semen. Apabila faktor air semen tidak sesuai dengan beton yang akan direncanakan maka beton akan menjadi lemah. Penambahan air ini dilakukan karena adukan beton menggumpal, jadi air ditambahkan supaya adukan beton tidak menggumpal.

Perubahan cuaca juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena beton menyusut yang diakibatkan pergantian panas dan dingin.

Kemungkinan pada saat proses perendaman benda uji dilakukan di luar ruangan dan benda uji tidak sepenuhnya terendam air. Selain itu, air yang digunakan untuk merendam benda uji menjadi panas. Temperatur air akan mempengaruhi penurunan kuat tekan beton yang disebabkan akibat perbedaan derajat suhu pemuaiannya pada agregat dan pasta semen. Pemuaiannya ini menyebabkan kerusakan perlekatan pada beton.

Kemungkinan lain kuat tekan beton menurun karena terjadi penyusutan. Penyusutan ini terjadi dikarenakan adanya serat *polypropylene* yang lemah terhadap sinar matahari dan oksigen. Serat *polypropylene* mengalami proses pelapukan akibat radiasi ultraviolet dari sinar matahari dan oksidasi oleh oksigen dari udara, sehingga serat *polypropylene* tidak mampu mengatasi retak rambut yang terjadi pada beton.

b. Perawatan *curing compound*

Kuat tekan beton dengan perawatan *curing compound* pada pengujian ini mengalami penurunan pada beton dengan umur 7 dan 28 hari. Penurunan ini terjadi karena pada proses penumbukan yang terlalu berlebihan, sehingga air bersama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru dituang. Hal ini menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapis permukaan dengan beton lapisan dibawahnya.

2. Pengujian Kuat Lentur

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui seberapa besar pengaruh serat campuran terhadap kuat lentur beton pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

a. Perawatan direndam

Penambahan serat kedalam adukan beton adalah untuk mengatasi sifat-sifat kurang baik dari beton yaitu kelecakan (*workability*). Dengan dimasukkannya serat kedalam adukan beton maka akan menurunkan proses kelecakan pada beton. Dengan demikian maka kuat lentur dalam beton akan bertambah.

Pada pengujian ini, kuat lentur beton mengalami kenaikan, tetapi pada umur 14 hari kuat lenturnya menurun. Penurunan ini terjadi karena pada proses pengadukan tidak dilakukan dalam sekali adukan melainkan dua kali adukan. Adukan pertama untuk beton umur 3 dan 7 hari, dan adukan kedua untuk beton umur 14 dan 28 hari.

Penurunan pada umur 14 hari terjadi karena adukan pertama dan kedua tidak sama, pada adukan yang kedua serat baja cenderung menggumpal. Serat tidak bisa merata dengan sempurna dan berpusat pada satu titik. Penggumpalan ini terjadi ketika proses pengadukan, serat baja sulit disebar secara merata ke dalam mixer.

Selain itu, kemungkinan lain terjadinya penurunan kuat lentur disebabkan terjadinya karat pada serat baja. Karat ini terjadi karena serat baja dalam beton bereaksi dengan air. Air masuk dari luar atau uap air di udara melalui pori-pori beton, karena beton tidak kedap air.

Dan dalam pencetakan beton serat baja tidak sepenuhnya tertutup beton, ada beberapa bagian yang menonjol keluar.

b. Perawatan *curing compound*

Pada pengujian ini kuat lentur beton dengan cara perawatan *curing compound* mengalami kenaikan, dikarenakan serat baja dapat meningkatkan kuat lentur. Tetapi pada umur 14 hari kuat lenturnya menurun drastis akibat serat baja menggumpal, serat tidak bisa merata dengan sempurna dan berpusat pada satu titik. Penggumpalan ini terjadi ketika proses pengadukan, serat baja sulit disebar secara merata ke dalam mixer.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran dengan memperhatikan perbandingan pengaruh cara perawatan yaitu direndam dan *curing compound*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah: 23.67 N/mm², 23.58 N/mm², 20.94 N/mm², dan 18.86 N/mm².
2. Kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan konvensional berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah: 5.77 N/mm², 6.52 N/mm², 3.70 N/mm², dan 4.32 N/mm².
3. Kuat tekan pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah: 26.03 N/mm², 21.32 N/mm², 26.97 N/mm², dan 21.22 N/mm².
4. Kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran dengan perawatan *curing compound* berturut-turut pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari adalah: 6.22 N/mm², 6.09 N/mm², 4.57 N/mm², dan 6.77 N/mm².

B. Saran

Adapun saran berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran, yaitu sebagai berikut:

1. Pada proses perawatan *curing compound* dilakukan dengan semaksimal mungkin dan diusahakan air mengenai seluruh bagian beton sehingga beton tetap lembab.
2. Pencampuran bahan pokok dan bahan tambah harus benar-benar tercampur hingga homogen agar dapat menghasilkan kekuatan dan daya tahan yang maksimal.
3. Dalam pencampuran serat harus tercampur dengan merata dan tidak menggumpal pada satu bagaian agar pada saat pengujian dapat berperan dengan baik.
4. Pada proses penumbukan dilakukan dengan seimbang.

C. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan masalah antara lain:

1. Pengecoran yang dilakukan ditempat terbuka (langsung terkena sinar matahari) sehingga membuat air lebih cepat menguap dan beton akan kehilangan kelecakan.
2. Keterbatasan bak perendam beton, sehingga beton direndam seadanya.
3. Perendaman dilakukan di luar ruang dan terpapar matahari, sehingga suhu air pada siang hari bisa lebih tinggi dari standar yang ditentukan (27°).

4. Mixer yang digunakan kecil, sehingga pengadukan dilakukan setengah-setengah tidak bisa langsung satu adukan.
5. Proses pemadatan sulit dilakukan dan kurang terkontrol.
6. Hasil adukan kurang homogen dan serat menggumpal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad dkk. (2009). *Jurnal Teknik Sipil: Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Anonim. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Armeyn. (2006). *Hubungan Faktor Air Semen dan Lama Waktu Pengadukan dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Padang: Institut Teknologi Padang.
- Balitbang PU Kementerian Umum, (2005). *RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Biro Pusat Statistik. (2013). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2011*. diakses dari http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=17¬ab=12. Pada tanggal 27 Juni 2015, jam 21:30 WIB.
- Darlan. (2014). *Konstruksi Perkerasan Lentur*. diakses dari <http://binamarga.grobogan.go.id/info-bina-marga/karya-artikel-ilmiah/119-konstruksi-perkerasan-lentur-flexible-pavement>. pada tanggal 5 Oktober 2015, jam 20:20 WIB.
- Ferry, N. (2011). *Sifat Serat Polypropylene*. diakses dari <http://www.ferryndalle.com/2011/11/sifat-serat-polypropylene.html>. pada tanggal 20 Juli 2015, Jam 15:15 WIB.
- Hannant, D.J., (1978), *Fiber Cements and Fiber Concretes*, Chicester: John Wiley & Sons.
- Kusumo dan Laurensius A.D. (2003). *Pengaruh Penambahan Serat Baja Lokal (Kawat Bendrat) pada Beton Memadat Mandiri (Self Compacting Concrete)*. Yogyakarta: UAJY.
- Laintarawan, dkk. (2009). *Buku Ajar Kontruksi Beton 1*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- Nugraha dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.

- Pardi H. dan Nursyamsi (2014). *Pengaruh Perawatan (Curing) pada Beton Dengan Limbah Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pelisser, F., Neto, A.B.S.S., La Rovere, H.L., and Pinto, R.C.A., (2010), “Effect of the addition of synthetic fibers to concrete thin slabs on plastic shrinkage cracking”, *Construction and Building Materials* 24, pp. 2171–2176.
- Purnawan, G., Wibowo & Nurmantian, S. (2014) *Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Reza. (2012) *Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. diakses dari [http://rezaslash.blogspot.co.id/2012/12/perkerasan-kaku - rigid-pavement.html](http://rezaslash.blogspot.co.id/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html)
- Shyama, M., Burhan, T., & Hajatni, H. (2013). *Pengaruh Bahan Tambah Plastiment-VZ Terhadap Sifat Beton*. Palu: Universitas Tadulako.
- Slamet W. (2008). *Struktur Beton 1 (Berdasarkan SNI-03-2847-2002)*. UNY: Fakultas Teknik.
- Slamet W. (2009). *Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap karakteristik Beton segar Jenis Self-Compacting Concrete*. Semarang: Univeristas Diponegoro.
- Sutikno. (2003). *Panduan Praktek Beton*. Universitas Negeri Surabaya.
- Syaiful. (2011). *Pengertian Beton*. Diakses dari http://syaiful-beton.blogspot.co.id/2011_11_01_archive.html. pada tanggal 8 Juli 2015, Jam 20:20 WIB.
- Tatang, K.W. (2011). *Kuat Tekan Beton*. diakses dari <http://tatangw.blogspot.co.id/2011/04/kuat-desak-beton.html>. pada tanggal 15 Juli 2015, Jam 19:30 WIB.
- Tjokrodinuljo dan Kardiyono. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Tri Mulyono (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wuryati dan Candra. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.

Yogo, E.P. (2015). *Pedoman Proyek Akhir D3*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

Yohanes, L.D.A dan Tri Basuki. (2004). *Pengaruh Penambahan Serat Nylon Terhadap Kinerja Beton*. Bandung: Media Komunikasi Teknik Sipil.

Wang, C. K, dan Salmon, C. G. (1990). *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.