



**PENGARUH SET ACCELERATOR TERHADAP PERKEMBANGAN
KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN**

PROYEK AKHIR

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



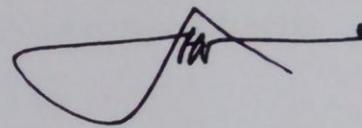
Oleh:
Sarah Fernandia
NIM. 13510134012

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul **“Pengaruh Set Accelerator Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat Campuran”** ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, April 2016
Dosen Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

Pengaruh Set Accelerator Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat Campuran

Dipersiapkan dan Disusun oleh:

NAMA : Sarah Fernandia
NIM : 13510134012

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Pada tanggal 19 April 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar

Ahli Madya

Susunan Panitia Penguji:

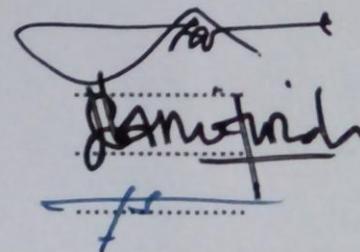
Jabatan

Nama Lengkap dan Gelar

Tanda Tangan

Ketua/Pembimbing

Drs. Pusoko Prapto, M.T.



Penguji I

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

Penguji II

Agus Santoso, M.Pd

Yogyakarta, 19 April 2016

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 : Sarah Fernandia

NIM : 13510134012

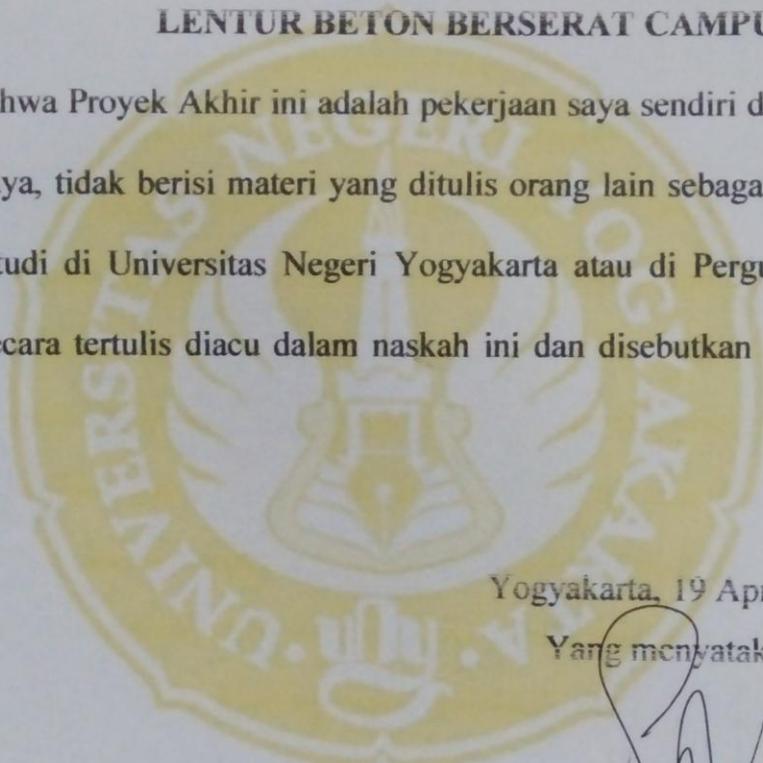
Program Studi : D3 Teknik Sipil

Judul Proyek Akhir : **PENGARUH SET ACCELERATOR TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN**

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

Yogyakarta, 19 April 2016

Yang menyatakan,

Sarah Fernandia

NIM. 13510134012

MOTTO

“Jadilah seperti angin yang bebas terbang di langit. Namun, saat badai datang dia tak mengingkari kodratnya sebagai angin, ia tetap terbang mengikuti alur badai itu. Kemana badai itu ingin pergi dia tetap setia walaupun hantamannya sangat kencang dia tetap kuat terbang bebas diatas sana. Karena setelah badai datang akan ada pelangi indah yang sedang menantinya”.

“Hidup itu tentang sebab dan akibat. Apa yang kamu lakukan kelak akan ada pembalasan yang menanti, entah itu pembalasan baik ataupun buruk. Berbuat baiklah dalam keadaan apapun”.

“Daun yang jatuh tak pernah membenci angin, dia membiarkan dirinya jatuh begitu saja. Tak melawan, mengikhaskan semuanya. Bahwa hidup harus menerima, penerimaan yang indah. Bahwa hidup harus mengerti, pengertian yang benar. Bahwa hidup harus memahami, pemahaman yang tulus.

Tak peduli lewat apa penerimaan, pengertian, pemahaman itu datang. Tak masalah meski lewat kejadian yang sedih dan menyakitkan. Biarkan dia jatuh sebagaimana mestinya. Biarkan angin merengkuhnya, membawa pergi entah kemana.”

Tere Liye, Daun Yang Jatuh Tak Pernah Membenci Angin

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 kandungku tercinta yang tiada hentinya memberikan motivasi dan dukungan
kepada saya*

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

PENGARUH SET ACCELERATOR TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERSERAT CAMPURAN

**Sarah Fernandia
NIM.13510134012**

ABSTRAK

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kapasitas nilai kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) yaitu penggunaan serat baja (*fibre*) dan serat *polypropylene* serta penggunaan bahan tambah *set accelerator* berupa sikament *NN* dengan perawatan secara konvensional yaitu direndam yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja structural, mempercepat waktu pengerasan, serta peningkatan kualitas pada beton yang dihasilkan.

Pada pengujian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu benda uji beton terdapat 2 varian yang terdiri dari benda uji CW yaitu benda uji non *sikament NN* dan CSW yaitu benda uji dengan bahan tambah *sikament NN*. Dimana notasi benda uji tersebut C = serat *hybrid* , W = perawatan direndam , dan S = beton dengan bahan tambah *sikament NN*. pengujian agregat, pengujian *slump*, dan pengujian kuat tekan serta kuat lentur. Pada pengujian kuat tekan digunakan 3 sampel benda uji silinder ukuran 150mm x 300mm, dan 3 sampel benda uji balok ukuran 530mm x 100mm x 100mm, dengan masing-masing varian umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

Dari hasil penelitian didapatkan kuat tekan rerata beton berserat campuran (*hybrid*) secara berturut-turut dari umur 3, 7, 14, dan 28 hari sebesar 23,46 MPa, 23,47 MPa, 21,04 MPa, dan 19,08 MPa. Untuk hasil kuat tekan beton berserat campuran dengan penambahan *set accelerator* secara berturut-turut dari umur 3, 7, 14, dan 28 hari yaitu: 34,07 MPa, 42,34 MPa, 40,19 MPa, dan 45,55 MPa. Sedangkan untuk hasil kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) secara berturut-turut dari umur 3, 7, 14, dan 28 hari yaitu: 6,39 MPa, 7,21 MPa, 3,77 MPa, dan 4,89 MPa. Dan hasil kuat lentur beton berserat campuran dengan penambahan *set accelerator* secara berturut-turut dari umur 3, 7, 14, dan 28 hari yaitu: 9,95 MPa, 8,4 MPa, 6,34 MPa, dan 8,21 MPa, Dari benda uji yang digunakan diperoleh nilai kuat tekan maksimum pada CSW umur 28 hari sebesar 45,56 (N/ mm²) nilai kuat lentur maksimum pada CSW umur 7 hari sebesar 7,21 MPa.

Kata Kunci: Kuat tekan, Kuat lentur, *polypropylene*, serat baja, sikament *NN*.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat 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. Dan semoga penulisan ini bermanfaat bagi orang lain, khususnya didunia teknik sipil. 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 mama dan papa berikan.
2. Buat adek yang selalu mendukung.
3. Bapak Drs.Pusoko Prapto, M.T. Selaku dosen pembimbing Proyek Akhir.
4. Bapak Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T. Selaku dosen yang membantu membimbing dalam penelitian.
5. Bapak Faqih Ma'arif, M. Eng Selaku dosen yang sangat berjasa.
6. Bapak Agus Santoso, M.Pd. selaku dosen penguji II.

7. Bapak Nur Hidayat, S.Pd.T, M.Pd selaku dosen Penasehat Akademik.
8. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
9. Mas Yogo, Mas Anton, Mas Sahar, Mas Aldian, Nofia, Mbak Khairunnisa, Mbak Sovi, Mas Marjuni, Yana, Prama, Mas Dicky, Mbak Noor, Mbak Pinta, Mas Permana, dan Mas Helfian selaku teman-teman satu tim dalam penelitian. Terima kasih atas kerjasamanya selama ini.
10. 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.
11. Teman-teman kelas C angkatan 2013 (C13) kelas struktur dan kelas hidro. 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.
12. Terima kasih pula untuk kakak angkatan dan adik angkatan yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih untuk semua bantuannya baik moral maupun material.
13. Terima kasih untuk teman-teman kost yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
14. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Proyek Akhir yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

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, 19 April 2016

Penyusun

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton	10
1. Pengertian Beton	10
2. Keuntungan Dan Kerugian Penggunaan Beton	12
B. Bahan Penyusun Beton	14
1. Semen Portland	14

2. Agregat.....	16
3. Air	24
4. Bahan Tambah	27
C. Sifat-sifat Beton	31
1. Sifat-sifat beton segar.....	31
2. Sifat-sifat beton setelah mengeras.....	33
D. Pengaruh Penambahan <i>Set Accelerator</i> Pada Beton Berserat Campuran ..	37
E. Analisis Struktur Perkerasan Kaku Jalan Raya	38
F. Definisi Beton Berserat	40
G. Kerangka Berpikir	46

BAB III METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian	48
B. Variabel Penelitian	49
C. Variabel bebas.....	49
1. Variabel terikat.....	49
2. Variabel terkendali	49
D. Bahan Penelitian	50
E. Peralatan	56
F. Prosedur Penelitian	70
1. Pengujian agregat.....	73
2. Pengujian <i>slump</i>	73
3. Pengujian kuat tekan beton	75
4. Pengujian kuat lentur beton.....	77
G. Analisis Data	78

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data Hasil Pengujian	79
1. Pengujian bahan	79
2. Proporsi bahan campuran	80
3. Pengujian kuat tekan	83

4. Pengujian kuat lentur.....	90
B. Pembahasan	98
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	103
B. Saran	104
C. Keterbatasan Penelitian	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN.....	109

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.....	2
Tabel 2. Komponen bahan baku semen	15
Tabel 3. Gradasi Pasir	19
Tabel 4. Gradasi Kerikil	24
Tabel 5. Sifat berbagai macam serat	42
Tabel 6. Tipikal sifat-sifat berbagai matrik.....	42
Tabel 7. Hasil Pengujian Agregat Halus	79
Tabel 8. Hasil Pengujian Agregat Kasar	80
Tabel 9. Perhitungan kebutuhan bahan <i>mix design</i>	81
Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan direndam (CW) umur 3 hari	84
Tabel 11. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 7 hari	84
Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 14 hari	84
Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 28 hari	85
Tabel 14. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW)	85
Tabel 15. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> dengan perawatan direndam (CSW) umur 3 hari	86
Tabel 16. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> dengan perawatan direndam (CSW) umur 7 hari	86
Tabel 17. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> dengan perawatan direndam (CSW) umur 14 hari.	87

Tabel 18. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> dengan perawatan direndam (CSW) umur 28 hari	87
Tabel 19. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> dengan perawatan direndam.....	87
Tabel 20. Pengaruh Bahan Tambah <i>Set Accelerator</i> Terhadap Kuat Tekan Beton Berserat Campuran (<i>hybrid</i>)	88
Tabel 21. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 3 hari	91
Tabel 22. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 7 hari	91
Tabel 23. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 14 hari	92
Tabel 24. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW) umur 28 hari	92
Tabel 25. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan perawatan direndam (CW).....	92
Tabel 26. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> perawatan direndam (CSW) umur 3 hari	94
Tabel 27. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> perawatan direndam (CSW) umur 7 hari	94
Tabel 28. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> perawatan direndam (CSW) umur 14 hari	94
Tabel 29. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> perawatan direndam (CSW) umur 28 hari	94

Tabel 30. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur beton berserat campuran (<i>hybrid</i>) dengan bahan tambah <i>set accelerator</i> perawatan direndam (CSW).....	95
Tabel 31. Tabel Pengaruh Bahan Tambah <i>Set Accelerator</i> Terhadap Kuat Lentur Beton Berserat Campuran	95

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Komponen Gaya pada Konstruksi Perkerasan Jalan saat Beban Lalu Lintas Bekerja.....	4
Gambar 2. Jenis-jenis serat	31
Gambar 3. Bentuk-Bentuk Kerusakan Benda Uji.....	35
Gambar 4. Pengujian Kuat Lentur beton	37
Gambar 5. Pembebaan truk “T” 500 KN	39
Gambar 6. Pembebaan dan Deformasi Perkerasan Beton pada Pembebaan Semi Trailer	40
Gambar 7. Deformasi dan Tegangan Normal (σ_{xx}) Perkerasan Beton pada Pembebaan Semi Trailer.....	40
Gambar 8. Pengaruh Jenis Serat dan <i>Volume Fraction</i> Terhadap Panjang Retak akibat Susut Beton	46
Gambar 9. Hubungan antar variabel	50
Gambar 10. Semen PPC tipe 1 Gresik	51
Gambar 11. Pasir Progo	51
Gambar 12. Kerikil batu pecah	52
Gambar 13. Air.....	53
Gambar 14 Serat baja <i>end-hooked</i>	53
Gambar 15. Serat <i>polypropylene</i>	54
Gambar 16. <i>Sikament NN</i>	54
Gambar 17. Belerang	55
Gambar 18. Oli.....	56
Gambar 19. Ayakan pasir.....	56
Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 310 gram	57
Gambar 21. Timbangan dengan kapasitas 10 kg	57
Gambar 22. Timbangan dengan kapasitas 50 kg	58
Gambar 23. Gelas ukur	58
Gambar 24. Oven	59

Gambar 25. Jangka sorong.....	59
Gambar 26. Penggaris dan meteran	60
Gambar 27. Kuas.....	60
Gambar 28. Cawan.....	61
Gambar 29. Kompor listrik	61
Gambar 30. Sendok.....	62
Gambar 31. Tang jepit.....	62
Gambar 32. Alat <i>capping</i> silinder	63
Gambar 33. Bak rendam	64
Gambar 34. Selang.....	65
Gambar 35. Molen	65
Gambar 36. Kerucut <i>abrams</i>	66
Gambar 37. Konik.....	67
Gambar 38. Cetok	67
Gambar 39. Plat besi	68
Gambar 40. Cetakan silinder.....	68
Gambar 41. Cetakan balok.....	69
Gambar 42. Mesin uji tekan.....	69
Gambar 43. Mesin uji lentur	70
Gambar 44. Diagram alur penelitian.....	72
Gambar 45. Metode pengujian <i>slump</i>	75
Gambar 46. Metode pengujian kuat tekan beton	76
Gambar 47. Metode pengujian <i>three point bending</i>	77
Gambar 48. Grafik hasil kuat tekan beton berserat campuran non <i>set accelerator</i>	85
Gambar 49. Grafik hasil kuat tekan beton berserat campuran dengan bahan tambah <i>set accelerator</i>	88
Gambar 50. Grafik prosentase pengaruh penambahan <i>set accelerator</i> terhadap kuat tekan beton	88
Gambar 51. Grafik hasil kuat lentur beton berserat campuran non <i>set accelerator</i>	93

Gambar 52. Grafik pengaruh penambahan <i>set accelerator</i> terhadap kuat lentur beton.....	95
Gambar 53. Grafik prosentase pengaruh penambahan <i>set accelerator</i> terhadap kuat lentur beton.....	96
Gambar 54. Pengujian <i>slump</i>	100
Gambar 55. Penuangan adukan kedalam bekisting.....	101
Gambar 56. Penyusutan benda uji beton saat umur perawatan.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.Pemeriksaan Analisa Ayak Pasir (MKB).....	110
Lampiran 2.Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami.....	112
Lampiran 3.Pemeriksaan Berat Jenis Pasir SSD.....	114
Lampiran 4.Pemeriksaan Kadar Air Pasir Alami.....	116
Lampiran 5.Pemeriksaan Kadar Air Pasir SSD Rendaman.....	118
Lampiran 6. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CW pada umur 3 hari	120
Lampiran 7. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CW pada umur 7 hari	121
Lampiran 8. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CW pada umur 14 hari	122
Lampiran 9. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CW pada umur 28 hari	123
Lampiran 10. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 3 hari	124
Lampiran 11. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 7 hari	125
Lampiran 12. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 14 hari	126
Lampiran 13. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 28 hari	127
Lampiran 14. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 3 hari.....	128
Lampiran 15. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 7 hari.....	129
Lampiran 16. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 14 hari.....	130
Lampiran 17. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 28 hari.....	131
Lampiran 18. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 3 hari.....	132
Lampiran 19. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 7 hari.....	133
Lampiran 20. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 14 hari.....	134
Lampiran 21. Pengujian Kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 28 hari.....	135

Lampiran 22. Foto – foto Penelitian 136

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sistem transportasi nasional memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung pembangunan nasional. Transportasi sangat dibutuhkan untuk menjamin terselenggaranya mobilitas penduduk maupun barang. Sebagai bagian dari sistem perekonomian, transportasi memiliki fungsi sangat penting dalam pembangunan nasional. Indonesia merupakan negara kepulauan dimana pembangunan sektor transportasi dirancang untuk tiga tujuan yaitu: mendukung gerak perekonomian, stabilitas nasional dan juga mengurangi ketimpangan pembangunan antar wilayah dengan memperluas jangkauan arus distribusi barang dan jasa keseluruh pelosok nusantara (Biro Pusat Statistik, 2013:1). Dalam hal ini salah satu sistem transportasi angkutan darat sangat berpengaruh sebagai sarana penggerak laju perekonomian dalam menghubungkan suatu wilayah ke wilayah lainnya.

Melihat pentingnya peranan angkutan darat sebagai penunjang perputaran laju perekonomian dalam suatu wilayah diharapkan dapat menjadi acuan dalam penyediaan infrastruktur jalan raya yang memadai. Sehingga kebutuhan akan infrastruktur berupa jalan raya merupakan suatu kebutuhan yang mutlak harus terpenuhi. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah

dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006:1). Agar terciptanya suatu struktur jalan raya yang nyaman serta aman bagi pengguna jalan hendaknya dirancang sesuai dengan aturan serta standar yang berlaku.

Konstruksi perkerasan jalan akan mengalami masa kerusakan setelah mengalami masa pelayanan tertentu. Sehingga bahan yang digunakan harus memenuhi kriteria dan persyaratan tertentu sesuai dengan kebutuhan konstruksi jalan yang akan dibuat serta penentuan metode pelaksanaan. Selain itu beban lalu lintas, temperatur permukaan, kondisi cuaca maupun faktor air merupakan unsur yang sangat berperan dalam mempercepat tingkat kerusakan yang dialami.

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. Dalam menentukan suatu tipe konstruksi jalan raya yang akan digunakan, terdapat beberapa perbedaan karakteristik yang perlu dipertimbangkan, antar lain (Christady, 2007:14):

Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur

No.	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1	Komponen Perkerasan terdiri dari plat beton yang terletak tanah atau lapisan material material granuler pondasi bawah (<i>subbase</i>).	Komponen perkerasan terdiri dari lapis aus, lapis pondasi (<i>base</i>) dan pondasi bawah (<i>subbase</i>).

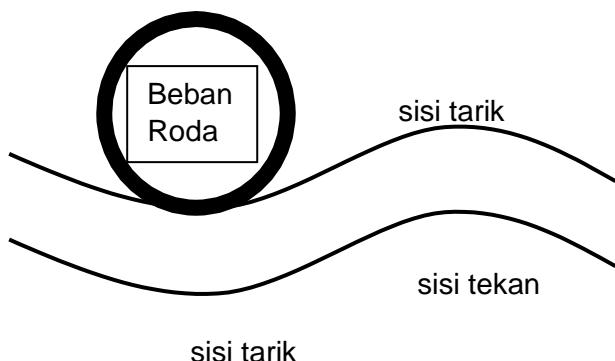
No.	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
2	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi.	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas.
3	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit.
4	Umur rencana dapat mencapai 40 tahun.	Umur rencana lebih pendek, yaitu sekitar 20 tahun, jadi kurang dari perkerasan kaku.
5	Lebih tahan terhadap drainase yang buruk.	Kurang tahan terhadap drainase buruk.
6	Biaya awal pembangunan lebih tinggi.	Biaya awal pembangunan lebih rendah.
7	Biaya pemeliharaan kecil.	Biaya pemeliharaan lebih besar.
8	Kekuatan perkerasan lebih ditentukan oleh kekuatan plat beton.	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh kerjasama setiap komponen lapisan perkerasan.
9	Tebal struktur perkerasan adalah tebal plat betonnya.	Tebal perkerasan adalah seluruh lapisan pembentuk perkerasan diatas tanah-dasar (<i>subgrade</i>).

Atas 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 masayarakat dengan nama jalan beton. Perkerasan tipe ini sudah sangat lama dikembangkan di Negara-negara maju seperti Amerika, Jepang, Jerman dll.

Selain permasalahan di atas, sistem perkerasan kaku yang diterapkan di Indonesia masih perlu dioptimalkan. Optimasi tersebut masih dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa kondisi di bawah ini:

1. 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 sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komponen Gaya pada Konstruksi Perkerasan Jalan saat Beban Lalu Lintas Bekerja
(Slamet, 2014:3)

2. Penggunaan bahan tambah *set accelerator* yang digunakan untuk mempercepat pengerasan beton belum di manfaatkan secara optimal. Hal ini terjadi karena adanya asumsi bahwa *set accelerator* dapat

mengakibatkan terjadinya retak-retak karena proses susut beton yang terjadi selama masa pengerasan beton . Pada kenyataannya, asumsi ini tidak sepenuhnya benar karena pada saat ini telah dimungkinkan modifikasi campuran beton dengan bahan tambah yang dapat meminimalisir regangan susut beton dan mengurangi panas hidrasi beton.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian kali ini diutamakan penelitian pada beton khusus yaitu dengan komponen utama penyusun beton berupa semen, agregat halus, agregat kasar, dan air serta ditambahkannya bahan lain. Dengan melakukan penelitian mengenai pengaruh *set accelerator* terhadap perkembangan kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran yaitu serat baja dan serat *polypropylene*. Berdasarkan teori yang menjelaskan tentang sifat serat *polypropylene* itu sendiri bahwa kemampuannya menahan tarik dan momen lentur serta ketahanan terhadap pengaruh susutan beton, dan Penambahan serat baja (*fiber*) menurut Tjokrodimulyo, 2007:122, adanya serat dalam beton berguna untuk mencegah adanya retak-retak, sehingga menjadikan beton serat lebih daktail dari beton biasa. Selain penambahan serat campuran (*fibre*) kedalam adukan beton ditambahkan juga bahan *set accelerator* berupa *sikament NN*, tujuan dari ditambahkan bahan tersebut yaitu untuk mempercepat waktu pengerasan serta menambah kelecekan (*workability*). Dengan penambahan bahan tersebut perlu dilakukan secara optimal, dengan jumlah/takaran yang tepat, penggunaannya sesuai dengan kebutuhan, serta pada penggunaan *sikament NN* perlu adanya perhatian khusus pada saat pencampuran kedalam adukan beton harus dilakukan

dengan metode serta waktu yang tepat, sehingga fungsi dan kegunaan dari masing-masing bahan tersebut dapat bekerja secara optimal.

Selanjutnya pengembangan material sebagai bahan konstruksi yang modern, yang salah satunya dengan kegiatan pembelajaran yang menciptakan suatu inovasi baru dalam bidang konstruksi serta berkaitan dengan metode perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pengendalian mutu yang merupakan suatu tuntutan kompetensi utama yang harus dimiliki oleh para pekerja dalam bidang jasa konstruksi. Oleh karena itu dilakukannya penelitian dalam hal ini guna memecahkan permasalahan yang ada, Universitas Negeri Yogyakarta 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

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

1. Bagaimana cara untuk meningkatkan kapasitas beban pada perkerasan kaku jalan raya dari masalah yang sering terjadi sekarang ini.
2. Bagaimana cara untuk mendapatkan suatu proporsi bahan yang tepat guna memperoleh suatu adukan beton yang dihasilkan dapat meningkatkan kekuatan perkerasan kaku jalan raya.
3. Bagaimana pengaruh penambahan serat campuran yaitu serat baja dan serat *polypropylene* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

4. Bagaimana pengaruh penambahan serat campuran yaitu serat baja dan serat *polypropylene* terhadap kemudahan pengerjaan beton.
5. Bagaimana pengaruh penambahan *set accelerator* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan tentang pengujian pengaruh *set accelerator* terhadap perkembangan kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran maka berikut dilampirkan batasan masalah agar terfokus pada pembahasan penelitian ini, antara lain:

1. Pengujian dalam hal ini hanya dilakukan terhadap kuat tekan serta kuat lentur beton berserat campuran.
2. Digunakan serat campuran yaitu serat logam (serat baja) dengan diameter 0,75 mm dan panjang 60 mm dan serat non logam (serat *polypropylene*).
3. Benda uji untuk pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan panjang 53 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm.
5. Proses percepatan pengerasan beton dilakukan dengan menggunakan bahan tambah *set accelerator*.
6. Komposisi dalam adukan beton dianggap sudah homogen serta penyebaran serat *polypropylene* dan serat baja dianggap sudah merata.

7. Perbandingan komposisi bahan atau berat yang terdiri dari semen, pasir, kerikil, 1 : 1.55 : 2.06.
8. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.
9. Dalam hal ini reaksi kimia tidak dibahas.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hasil kuat tekan beton berserat campuran pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari ?
2. Bagaimana hasil kuat lentur beton berserat campuran pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *set accelerator* terhadap kuat tekan beton berserat campuran pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari ?
4. Bagaimana pengaruh penambahan *set accelerator* terhadap kuat lentur beton berserat campuran pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari ?

E. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui efek perbandingan kuat tekan pada beton berserat campuran tanpa bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan secara konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari.

2. Mengetahui efek perbandingan kuat lentur pada perawatan beton berserat campuran tanpa bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan secara konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari.
3. Mengetahui efek perbandingan kuat tekan beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan secara konvensional pada umur 3, 7, 14, 28 hari.
4. Mengetahui efek perbandingan kuat lentur beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan secara konvensional 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 campuran antar bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen (kadang-kadang juga ditambah *admixture*), yang apabila dituangkan kedalam cetakan dan kemudian didiamkan, akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan waktu. Baton juga dapat dipandang sebagai batuan buatan. Rongga pada partikel yang besar (agregat kasar) diisi oleh agregat halus, dan rongga yang ada di agregat halus akan diisi oleh pasta (campuran air dengan semen), yang juga berfungsi sebagai bahan perekat sehingga semua bahan penyusun dapat menyatu menjadi massa yang padat (Santoso, 2012:166).

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton,

maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan. Syarat yang terpenting dari pembuatan beton adalah:

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Dalam suatu cetakan beton, hal yang paling utama yang menjadi acuan dari sifat-sifat mekanis yang terkandung dari bahan-bahannya yaitu kuat tekan beton. Apabila kuat tekan yang dihasilkan dari beton tersebut tinggi maka dapat diketahui bahwa bahan yang terkandung dalam beton tersebut mempunyai kualitas yang baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan MPa atau kg/cm^2 .

2. Keuntungan Dan Kerugian Penggunaan Beton

Menurut Tjokrodimulyo 2007:2, beton mempunyai keuntungan dan kerugian, yaitu sebagai berikut:

a. Keuntungan menggunakan beton

- 1) Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan local, kecuali semen Portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil mungkin harga beton agak mahal.
- 2) Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi. Serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya dapat sama dengan batuan alami.
- 3) Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah.
- 4) Kuat tekannya yang tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama. Saat ini beton banyak dipakai untuk fondasi, dinding, jalan raya, landasan udara, gedung, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan, dan sebagainya.

- 5) Beton segar dapat disemprotkan dipermukaan beton lama yang retak maupun diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
 - 6) Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituangkan pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
 - 7) Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
- b. Keuntungan menggunakan beton
- 1) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
 - 2) Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga dilatasi (*contraction joint*) perlu diadakan pada beton yang panjang/lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
 - 3) Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
 - 4) Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat di masuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
 - 5) Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja

tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

B. Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oxid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuan beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi. (Tjokrodimulyo, 2007:5).

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 tabel 2.

Tabel 2. Komponen bahan baku semen (Tjokrodimulyo, 2007:6).

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	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 inipun dapat berlanjut. Akan tetapi, hal ini tergantung pula pada besarnya butiran semen yang ada. Oleh karena it semen yang butirannya semakin halu akan 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 ini dapat 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

Pada umumnya agregat beton terdiri dari 65-75 persen agregat (agregat halus dan agregat kasar) yang berfungsi sebagai bahan pengisi. Oleh karena itu untuk memperoleh beton yang baik dan kuat diperlukan agregat yang mempunyai kualitas yang baik pula seperti bentuk, gradasi dan ukuran butiran, serta kekerasan (menurut Mahyar, 2013:3). Agregat aduk dan beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai bahan pengisi atau pengurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disebut adukan beton (menurut Wuryati dan candra, 2001:11). Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik,

diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Ukuran maksimum butir agregat umumnya dipakai 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40. Sedangkan untuk modulus halus butir didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal diatas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang ayakan itu ialah sebagai berikut: pasir lubang ayakan 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4,80 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. (Tjokrodimulyo, 2007:19 dan 25). Penggunaan agregat dalam adukan beton berfungsi (Mulyadin dan Nadia, 2012:12):

- a. Menghasilkan beton yang murah.
- b. Menghemat penggunaan bahan perekat.
- c. Mengurangi susut pada beton sehingga membuat volume beton lebih stabil.
- d. Meningkatkan kekuatan.
- e. Mengendalikan kemudahan dikerjakan.
- f. Dengan gradasi yang baik akan menjadikan beton padat.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Menurut Tjokrodimulyo, 2007:38 agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Butir-butirnya tajam dan kuat, dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji Los Angeles, atau dengan bejana Rudeloff.
- b. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5% untuk beton sampai 10 MPa, 2,5% untuk beton mutu yang lebih tinggi. Pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai maksimum 1%. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum maka harus dicuci dengan air bersih.
- c. Harus tidak mengandung garam.
- d. Harus yang benar-benar tidak mengandung zat organik. Kandungan zat organik dapat mengurangi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna pembanding. Agregat yang tidak diperiksa dengan percobaan warna dapat juga dipakai jika kuat tekan adukan dengan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari pada kuat tekan adukan dengan agregat yang sama tetapi telah dicuci dalam larutan 3% NaOH dan kemudian dicuci dengan air bersih, pada umur yang sama.
- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus butirnya antara 2,50 – 3,80). Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen sedikit.
- f. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.

- g. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus mempunyai tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.
 - h. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan.

Berikut adalah Gradasi pasir yang baik harus memenuhi syarat seperti Tabel 3:

Tabel 3. Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007:21

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar Daerah IV : Pasir halus

1) Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (Tjokrodimulyo, 2007:13), yaitu:

a) Pasir galian.

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

b) Pasir sungai.

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

c) Pasir laut.

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

2) Agregat kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang

terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Tjokrodimulyo, 2007:15), yaitu:

a) Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

b) Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

c) Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal pelat.
- c) Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Menurut PBI 1971:23, ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat, antara lain:

- a) Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
- b) Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

- d) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- e) Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20t, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut:
- (1) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - (2) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.
- Atau dengan mesin pengaus los angelest dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- f) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat berikut:
- (1) Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat.
 - (2) Sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - (3) Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- g) Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, seperti dari tebal pelat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan

dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil, gradasi kerikil dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4.8	0-5	0-10

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007:22

3. Air

Dalam suatu campuran beton, air digunakan sebagai bahan untuk membuat reaksi hidrasi dengan semen sehingga campuran tersebut dapat mengikat semua komponen yang ada dalam campuran yang direncanakan (Mulyadin dan Nadia, 2012:12). Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap:

- Sifat *workability* adukan beton.
- Besar kecilnya nilai susut beton.

- c. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
- d. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Mulyono, 2003:53):

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

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 (Mulyono, 2003:51).

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, 2009:11).

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecahan yang perlu untuk penyuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecahan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Hukum kadar air konstan mengatakan: “Kadar air yang diperlukan untuk kelecahan 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, 2007:74) Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor dibawah ini:

- a. Ukuran agregat maksimum: diameter membesar, maka kebutuhan air menurun (begitu pula jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit).
- b. Bentuk butir: bentuk bulat, maka kebutuhan air menurun (batu pecah lebih banyak air).
- c. Gradasi agregat: Gradasi baik, maka kebutuhan air menurun untuk kelecahan yang sama.

- d. Kotoran dalam agregat: Makin banyak silt, tanah liat dan lumpur, maka kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar, atau h/k): agregat halus lebih sedikit maka kebutuhan air menurun.

Air yang mengandung kotoran cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan 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 (Nugraha dan Antoni, 2007:74):

- 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.

4. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat

memperburuk sifat beton (Tjokrodimulyo, 2007:47). Bahan kimia pembantu (*chemical admixture*) dan bahan-bahan lain merupakan bahan tambah (*additives*) kepada beton, jumlahnya relatif sedikit tetapi pengaruhnya cukup besar pada beton sehingga banyak digunakan. Oleh sebab itu penggunaannya harus teliti (Nugraha dan Antoni, 2007:83). Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan penggerjaan, dan kekedapan terhadap air. Pada penggunaan bahan tambah untuk beton dapat dibedakan menjadi 5 jenis yaitu (Tjokrodimulyo, 2007:47):

- a. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
- b. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemanjangan lebih dari 1 jam.
- c. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.

- d. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
- e. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

1) *Set Accelerator*

Set Accelerator adalah set yang dapat mempercepat proses pengerasan beton dan tanpa mengurangi kekuatan pada beton. Beton dapat dipercepat pengerasannya dengan *sikament NN*, dalam penelitian ini bahan tambah yang digunakan yaitu *sikament NN* berupa cairan yang dapat dicampurkan langsung pada molen ketika kita mencampur beton. *Sikament NN* ini dicampurkan terakhir kali ketika beton akan dikeluarkan dari molen. *Sikament NN* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menambah *workability* dari adukan beton atau bisa disebut pengencer adukan, akan tetapi bahan tambah ini tidak mengurangi kuat tekan ataupun merubah fas dari beton tersebut (Sulistyo dan Widodo, 2013:8).

2) Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang umum digunakan dalam memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Menurut Cahyadi (2013), Serat *polypropylene* dapat meningkatkan sifat mekanis dan kinerja balok pada beton bertulang, serta PP fiber dapat memberikan efek yang menjembatani pori-pori berbahaya dan cacat dan mengubah perkembangan retak, sehingga menghasilkan

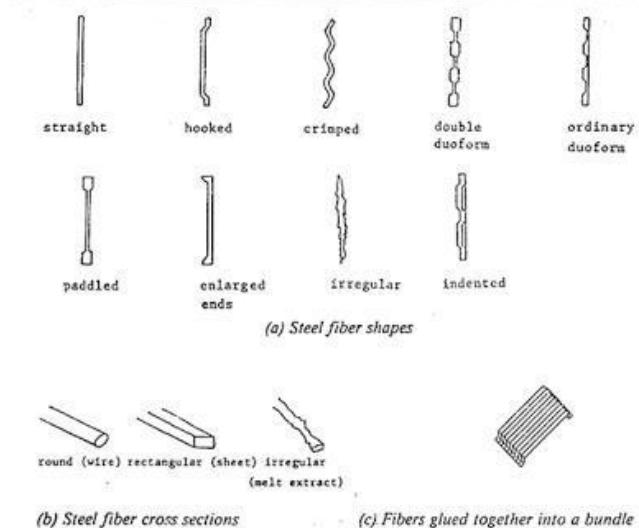
peningkatan kekuatan dan kekerasan. Selain itu serat ini memiliki berat jenis yang kecil dibandingkan serat baja ataupun serat gelas (*glass fiber*).

3) Serat Baja (*Fibre*)

Menurut Soroushian dan Bayasi, 1991, dalam Anton, 2014:8, ada beberapa jenis serat baja (*fibre*) yang biasa digunakan sesuai dengan kegunaannya masing-masing, jenis-jenis serat baja tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Bentuk *fiber* baja (*Steel fiber shapes*)
 - (1) Lurus (*straight*)
 - (2) Berkait (*hooked*)
 - (3) Bergelombang (*crimped*)
 - (4) *Double duo form*
 - (5) *Ordinary duo form*
 - (6) Bundel (*paddled*)
 - (7) Kedua ujung ditekuk (*enfarged ends*)
 - (8) Tidak teratur (*irregular*)
 - (9) Bergerigi (*idented*)
- b) Penampang *fiber* baja (*steel fiber cross section*)
 - (1) Lingkaran (*round/wire*)
 - (2) Persegi / lembaran (*rectangular / sheet*)
 - (3) Tidak teratur / bentuk dilelehkan (*irregular / melt extract*)
- c) *Fiber* dilekatkan bersama dalam satu ikatan (*fibers glued together into a bundle*)

Jenis-jenis serat tersebut dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Jenis-jenis serat
(Soroushian dan Bayasi, 1991, dalam Anton, 2014:9)

C. Sifat-Sifat Beton

1. Sifat-sifat Beton Segar

a. Mudah Dikerjakan (*Workability*)

Workability sulit untuk didefinisikan dengan tepat, namun sering diartikan sebagai tingkat kemudahan penggerjaan campuran beton untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain (Tjokrodimulyo, 2007:56):

- 1) Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. makin banyak air yang dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan. Tetapi pemakaian air juga tidak boleh terlalu berlebihan.

- 2) Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara penggeraan betonnya, karena pasti juga diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai faktor air semen tetap.
- 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton mudah dikerjakan.
- 4) Pemakaian butiran yang bulat memudahkan cara penggeraan.
- 5) Pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai berpengaruh terhadap cara penggeraan.
- 6) Cara pemanasan beton menentukan sifat pekerjaan yang berbeda.
- 7) Selain itu, beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat di dalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

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

(Menurut Widodo, 2015:2) kuat tekan beton adalah kemampuan beton keras untuk menahan gaya tekan dalam setiap satu satuan luas permukaan beton. Secara teoritis, kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen- komponennya yaitu; a) pasta semen, b) volume rongga, c) agregat, dan d) *interface* (hubungan antar muka) antara pasta semen dengan agregat. Dalam pelaksanaannya di lapangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah:

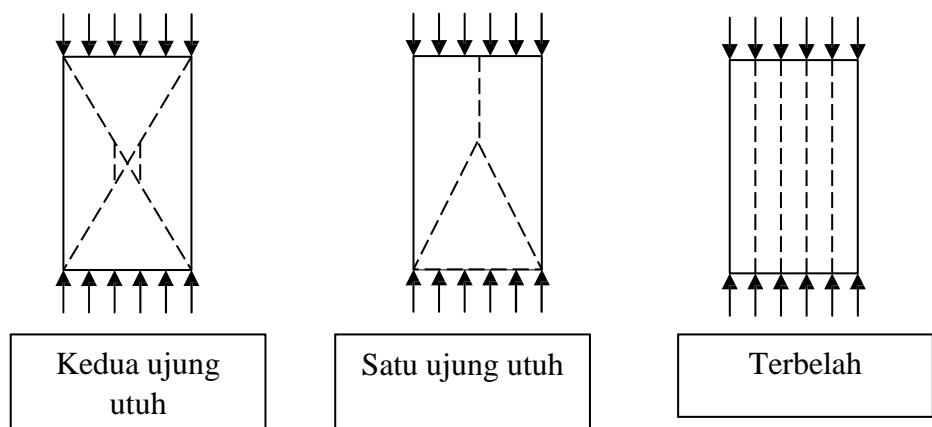
- 1) Nilai faktor air semen. Untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan, diperlukan faktor air semen minimal 0,35. Jika terlalu banyak air yang digunakan, maka akan berakibat kualitas beton menjadi buruk. Jika nilai faktor air semen lebih dari 0,60, maka akan berakibat kualitas beton yang dihasilkan menjadi kurang baik.
- 2) Rasio agregat-semen. Pasta semen berfungsi sebagai perekat butir-butir agregat, sehingga semakin besar rasio agregat-semen semakin buruk kualitas beton yang dihasilkan, karena kuantitas pasta semen yang menyelimuti agregat menjadi berkurang.
- 3) Derajat kepadatan. Semakin baik cara pemasakan beton segar, semakin baik pula kualitas yang dihasilkan. Pemasakan di lapangan biasa dilakukan dengan potongan besi tulangan $\varnothing 16$ yang ditumpulkan, atau dengan alat bantu vibrator.
- 4) Umur beton. Semakin bertambah umur beton, semakin meningkat pula kuat tekan beton. Pada umumnya, pelaksanaan di lapangan, bekisting dapat dilepas setelah berumur 14 hari, dan dianggap mencapai kuat tekan 100% pada umur 28 hari.
- 5) Cara perawatan. Beton dirawat di laboratorium dengan cara perendaman, selama 3, 7, 14, dan 28 hari.
- 6) Jenis semen. Semen tipe I cenderung bereaksi lebih cepat daripada PPC. Semen tipe I akan mencapai kekuatan 100% pada umur 28 hari, sedangkan PPC diasumsikan mencapai kekuatan 100% pada umur 90 hari.

7) Jumlah semen. Semakin banyak jumlah semen yang digunakan, semakin baik kualitas beton yang dihasilkan, karena pasta semen yang berfungsi sebagai matriks pengikat jumlahnya cukup untuk menyelimuti luasan permukaan agregat yang digunakan.

8) Kualitas agregat yang meliputi: a) gradasi, b) teksture permukaan, c) bentuk, d) kekuatan, e) kekakuan, dan f) ukuran maksimum agregat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton meliputi:

a) kondisi ujung benda uji, b) ukuran benda uji, c) rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, d) rasio panjang terhadap diameter benda uji, e) kondisi kelembaban, f) suhu benda uji, g) arah pembebanan terhadap arah pengecoran, h) laju penambahan beban pada *compression testing machine*, dan i) bentuk geometri benda uji, berikut dapat dilihat pada gambar 3 (Widodo, 2015:7).



Gambar 3. Bentuk-Bentuk Kerusakan Benda Uji

Suatu bahan beton hal yang paling utama untuk mengetahui dari kekuatannya yaitu dengan melakukan pengujian kuat tekan pada beton tersebut. Pengujian nilai kuat tekan benda uji silinder berpedoman pada standart ASTM C 39-86 '*Standart Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*'.

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 (*Chu Kia Wang dan C. G. Salmon: 1994:9*).

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.

b. Kuat Lentur Beton

merupakan nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji (SNI 03-4154-1996:1), balok uji adalah beton berpenampang bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnya. Beban terpusat tunggal adalah beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji. Metode pengujian kuat lentur yang digunakan pada (SNI 03-4154- 1996:1) adalah metode pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang

dibebani terpusat langsung. Dimana bisa digunakan rumus persamaan (4) sebagai berikut.

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

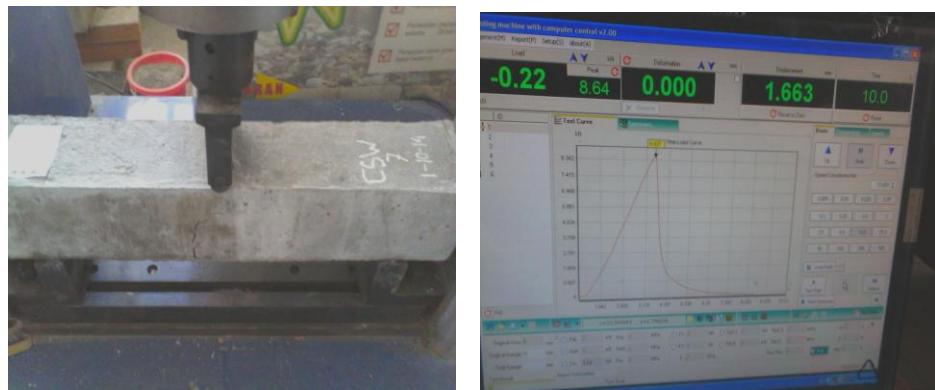
dimana; R = modulus rupture

P = beban maksimum (kN)

L = panjang tumpuan ke tumpuan (mm)

b = lebar penampang benda uji (mm)

h = tinggi penampang benda uji (mm)



Gambar 4. Pengujian Kuat Lentur beton

D. Pengaruh Penambahan Set Accelerator Pada Beton Berserat Campuran

Beton berserat adalah Beton bertulang serat (*fibre reinforced concrete*) didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat yang disebar secara random dalam adukan. Penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang

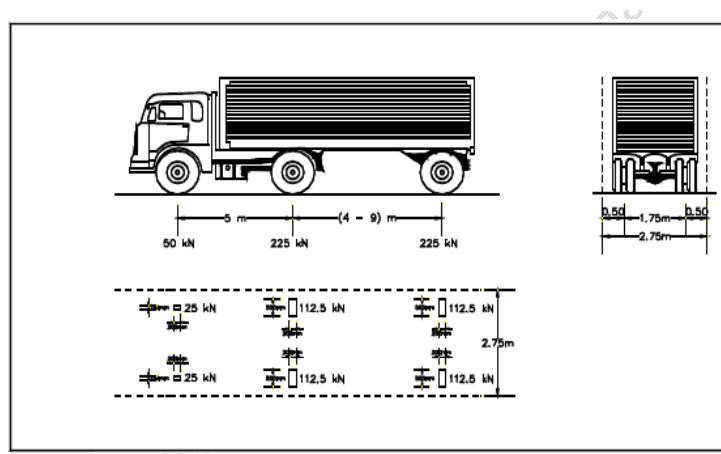
disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random dimana dapat mencegah terjadinya retakan pada beton didaerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi (Zuraidah dkk, 2013:2).

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 2003:47). Dalam hal ini bahan tambah yang digunakan yaitu *set accelerator* yang merupakan suatu bahan tambah yang berbentuk cair guna mempercepat proses pengerasan beton dan tanpa mengurangi kekuatan pada beton. Dengan memperhatikan kadar bahan yang ditambahkan maka diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan *set accelerator* pada adukan beton terhadap kekuatan yang dapat dihasilkan ketika dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran tersebut.

E. Analisis Struktur Perkerasan Kaku Jalan Raya

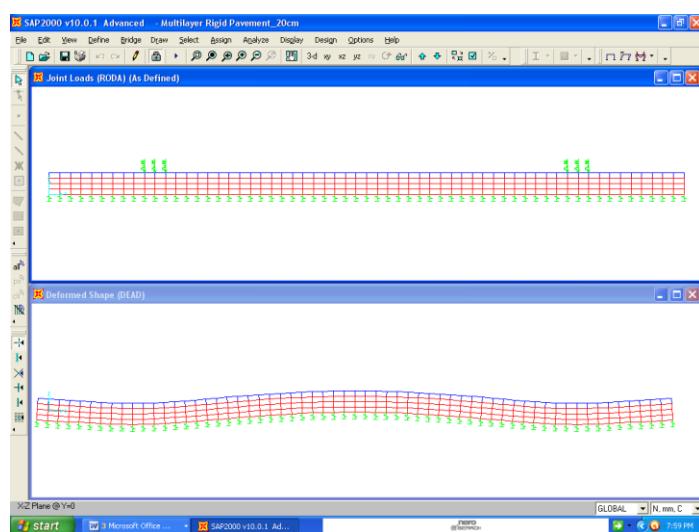
Struktur perkerasan kaku jalan raya dapat digolongkan dalam kategori struktur *slabs on ground*. Untuk memperoleh *road-map* penelitian yang sesuai dengan kondisi lapangan maka telah dilakukan penelitian awal berupa analisis distribusi tegangan yang bekerja pada struktur *slabs on*

ground. Penelitian awal ini dilakukan dengan metode elemen hingga yang menggunakan elemen segi empat memanfaatkan alat bantu *software Structural Analysis Program* (SAP 2000). Simulasi dilakukan berdasarkan standar pembebanan lalu lintas dalam RSNI T-02-2005:19. Pembebanan yang digunakan adalah truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 5.

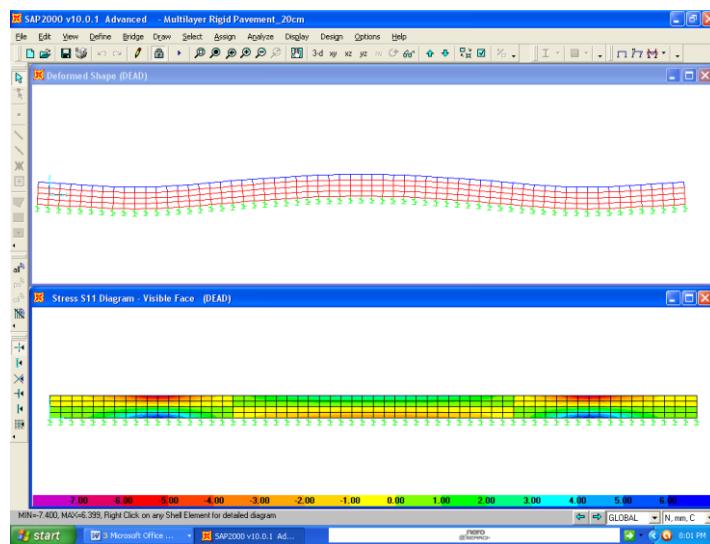


Gambar 5. Pembebanan truk "T" 500 KN (Widodo, 2014:15)

Hasil analisis yang telah dilakukan terhadap struktur perkerasan kaku dengan *software SAP 2000* dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Pembebanan dan Deformasi Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer (Widodo, 2014:15)



Gambar 7. Deformasi dan Tegangan Normal (σ_{xx}) Perkerasan Beton pada Pembebanan Semi Trailer (Widodo, 2014:15)

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.

F. 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 (*fibre*) yang tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar (Hannant, 1978:12)

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, berikut dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Sifat berbagai macam serat (Hannant, 1978:2)

Tipe Serat	Kuat Tarik (MPa)	Young modulus, MPa	Perpanjangan batas, %	Spesific 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 6. 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), dalam Widodo, 2014:29, 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 D.J, dalam Widodo, 2014:29, 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 (δ) 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 daipada 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 daktail.

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

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

djmana:

$W'f$ = 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/m³

D_m = *density* dari matrik beton, kg/m³

e. Mekanisme kontribusi serat terhadap beban lentur

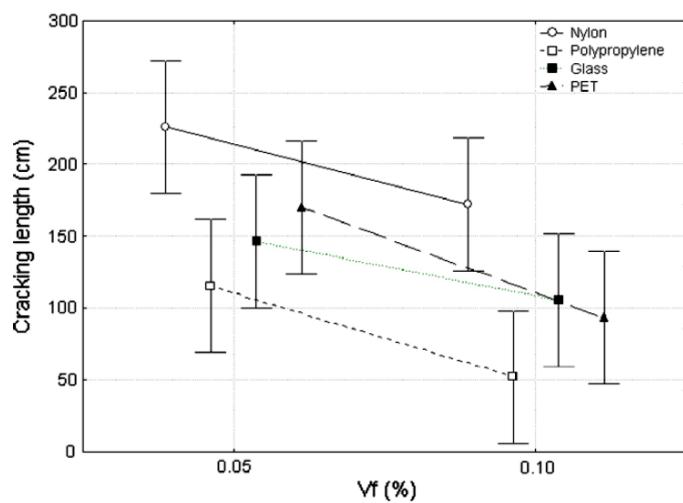
Dalam aplikasinya, beton berserat lebih banyak digunakan sebagai elemen penahan beban lentur dibandingkan penahan akibat beban lainnya. Hasil percobaan menunjukkan peningkatan kuat lentur lebih tinggi daripada kuat tekan atau kuat tarik belah. Peningkatan kuat lentur sangat dipengaruhi oleh volume fraksi 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., 2010:2175, 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 7.



Gambar 8. Pengaruh Jenis Serat dan *Volume Fraction* Terhadap Panjang Retak akibat Susut Beton (Pelisser et al., 2010:2174)

G. Kerangka Berpikir

Dalam menentukan karakteristik beton hal yang sangat penting yaitu nilai kuat tekan dan kuat lentur. Dengan memperhatikan masalah yang ada perlu ditambahkannya material yang dapat memperbaiki serta meningkatkan sifat struktural yang dimiliki oleh beton, yaitu dengan menambahkan material yang mampu memperbaiki sifat structural yang dimiliki oleh beton. Pada penelitian ini ditambahkan serat baja (*fibre*) agar dapat menghasilkan beton

bertulang berserat (*fibre reinforced concrete*) yang dapat menghasilkan efek yang mampu memberikan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi nilainya. Selain serat baja (*fibre*) ditambahkan juga serat *polypropylene* yang terbukti dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat struktural beton seperti: daktilitas yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap keausan, dan ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*). Untuk mempercepat waktu pengerasan pada beton peneliti menambahkan *set accelerator*, yaitu bahan tambah yang bersifat cair tanpa mengurangi kekuatan pada beton. Dan hasil dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan *set accelerator* terhadap perkembangan kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran sehingga akan digunakan dua jenis benda uji beton yaitu beton berserat campuran tanpa bahan tambah dan membandingkan hasilnya dengan beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* yang berupa *sikament NN*, diharapkan pada penelitian ini nantinya akan diketahui hasil dari penerapan penelitian ini dengan diperoleh nilai kuat tekan dan kuat lenturnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan bangunan jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Metode penelitian ini dilakukan dengan atau secara eksperimental, penelitian dilakukan secara bertahap mulai dari pengujian agregat, pemilihan bahan tambah (*admixture*), serta pengujian semen yang digunakan yaitu semen portland pozolan (PPC) merk semen Gresik yang sesuai (SNI 15-0302-2004:1). Dari serangkaian pengujian tersebut akan dilakukan pengukuran pada benda uji dari hasilnya akan diperoleh data-data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut sebagai data primer.

Aggregat halus yang digunakan adalah agregat murni dari sungai progo, dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum berkisar 10 sampai 20 mm, air bersih, serat *polypropylene* monofilament diameter 18 μm dan panjang 12 mm, dan serat baja *end-hooked* berdiameter 0,7 mm dan panjang 40 mm.

Pengujian pada agregat meliputi analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, dan penyerapan air. Sedangkan pengujian bahan lain hanya sebatas pemeriksaan kelayakan bahan seperti contoh, pemeriksaan serat baja (*fibre*) yang berkarat jika terkena angin atau penyimpanan bahan ditempat yang lembab.

B. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

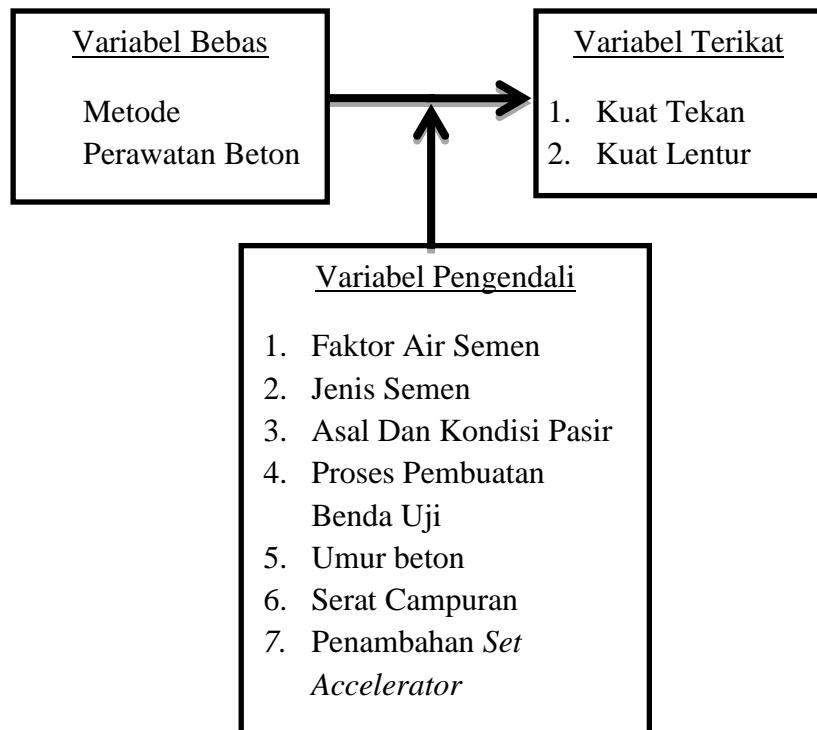
Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya varian terikat. Variabel bebas dalam hal ini adalah variasi beton serat campuran, kemudian penambahan serat baja (*fibre*), dan serat campuran antara serat baja disertai serat *polypropylene* (*hybrid*), serta pemakaian bahan tambah (*admixture*).

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 dan serat *polypropylene*, *set accelerator*, cara pembuatan benda uji dan perawatannya, berikut dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 9. Hubungan antar variabel

C. Bahan Penelitian

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

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

Dalam eksperimen ini semen yang digunakan adalah semen dengan merk Gresik dengan berat tiap sak adalah 40 kg, dimana butiran halus dan tidak terdapat pengumpulan. Berdasarkan SNI 15-0302-2004:1, semen ini termasuk dalam *Pozzolan Portland Cemen* (PPC), yaitu digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, berikut dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 10. Semen PPC tipe 1 Gresik

2. Agregat halus

Agregat halus atau pasir yang digunakan pada eksperimen ini diambil dari Sungai Progo Yogyakarta, dengan lolos saringan 4.76 mm sesuai dengan SNI 03-6820-2002:3 tentang spesifikasi pasir untuk plesteran, butir maksimum agregat halus adalah 4.76 mm. Agregat halus yang dipakai masuk dalam zone 2, tergolong agak kasar, berikut dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 11. Pasir Progo

3. Agregat kasar

Agregat kasar atau kerikil yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm. Agregat ini diambil dari sungai progo, masuk dalam zone 2, berikut dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 12. 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, 2003:51), Air yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY. Berikut dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 13. Air

5. Serat baja

Serat baja yg dipakai dengan tipe *endhooked* dalam penelitian ini berdiameter 0.7 mm dan panjang 40 mm. serat (*fibre*) ini akan tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar, berikut dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 14. Serat baja *end-hooked*

6. Serat *polypropylene*

Polypropylene adalah salah satu dari jenis plastik yang paling banyak digunakan sebagai bahan serat dalam campuran beton dengan diameter 18 cm dan panjang 12 mm, berikut dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 15. Serat *Polypropylene*

7. *Set Accelerator*

Dalam penelitian ini bahan tambah digunakan dengan tujuan utama beton dipercepat proses pengerasannya, bahan tambah yang digunakan yaitu *sikament NN*. Bahan-bahan tambah ini berfungsi sebagai percepatan pengerasan pada beton, menambah kemudahan proses penggeraan beton (*workability*), membantu kelecanan pada beton tanpa mengurangi kekuatan pada beton. Berikut dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 16. *Sikament NN*

8. Belerang

Menurut SNI 6369-2008:7 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Belerang

9. Oli

Dalam penelitian ini, oli digunakan sebagai bahan pendukung penelitian seperti belerang. Berdasarkan SNI 6369-2008:11 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Oli

D. Peralatan

1. Ayakan Pasir

Ayakan pasir berfungsi untuk memisahkan pasir dan kerikil serta bahan lain (kotoran) yang ada pada agregat tersebut. Yang digunakan untuk mengayak pasir yang akan digunakan pada campuran beton. Berikut dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Ayakan Pasir

2. Timbangan

Berdasarkan SNI 1973-2008:8, 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 20-22.



Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 310 gram



Gambar 21. Timbangan dengan kapasitas 10 kg



Gambar 22. Timbangan dengan kapasitas 50 kg

3. Gelas Ukur

Dalam penelitian ini digunakan 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 digunakan untuk menakar air. Berikut dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 23. Gelas ukur

4. Oven

Menurut SNI 1970-2008:9 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. berikut dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24. Oven

5. Jangka Sorong

Menurut SNI 03-2823-1992:2 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar 25. Jangka sorong

6. Penggaris dan Meteran

Dalam penelitian ini penggaris digunakan untuk mengukur nilai *slump*, sedangkan meteran digunakan untuk mengukur panjang balok beton. berikut dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 26. Penggaris dan meteran

7. Kuas

Dalam penelitian ini kuas berfungsi sebagai alat bantu yang diapaki untuk melumuri cetakan silinder dan balok beton serta pelat *capping* dengan oli. Berikut dapat dilihat pada gambar 27.



Gambar 27. Kuas

8. Cawan

Menurut SNI 6369-2008:2 mensyaratkan bahwa untuk mencairkan belerang harus menggunakan cawan yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan bahan yang tidak bereaksi dengan belerang cair. Berikut dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 28. Cawan

9. Kompor Listrik

Berdasarkan SNI 6369-2008:2 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 kompor listrik digunakan untuk memanaskan belerang. Berikut dapat dilihat pada gambar 29.



Gambar 29. Kompor listrik

10. Sendok

Dalam proses pemanasan belerang maka diperlukan alat bantu untuk mengaduknya. Dalam hal ini, proses *capping* digunakan alat pengaduk yaitu sendok makan. Berikut dapat dilihat pada gambar 30.



Gambar 30. Sendok

11. Tang Jepit

Pada proses capping tentunya berhubungan langsung dengan alat yang panas. oleh sebab itu, digunakan tang untuk menjepit piring seng panas yang berisi belerang cair agar mudah untuk proses penuangannya kedalam cetakan. Berikut dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 31. Tang jepit

12. Pelat *Capping* dan Alat Pelurusnya

Berdasarkan SNI 6369-2008:1 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 6369-2008:1, alat pelurus digunakan bersamaan dengan pelat *capping* agar benda uji silinder tegak lurus. Dibawah ini adalah gambar dari pelat *capping* dan alat pelurus. Berikut dapat dilihat pada gambar 32.



Gambar 32. Alat *capping* silinder

13. Bak Rendam

Setelah benda uji silinder dibuat maka perlu adanya proses perawatan pada beton agar mengurangi terjadinya penguapan. Untuk itu

dilakukannya perendaman pada bak yang telah berisi air. Benda uji silinder mempunyai dimensi yang besar yaitu 150 mm x 300 mm sehingga untuk merendamnya perlu adanya bak yang besar. Menurut SNI 03-2823-1992:2 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 33.



Gambar 33. Bak Rendam

14. Selang

Agar proses suplay air kedalam bak perendaman berlangsung dengan mudah, maka dalam hal ini digunakan selang yang berfungsi untuk menyalurkan air dari sumbernya kedalam bak perendaman. Berikut dapat dilihat pada gambar 34.



Gambar 34. Selang

15. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

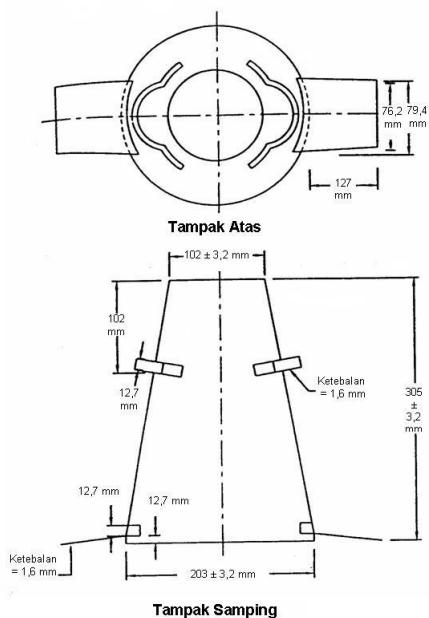
Persyaratan SNI 03-2493-1991:1 tentang pengaduk beton. Pengaduk beton berupa drum pengaduk dengan tenaga penggerak, wadah adukan yang dapat berjungkit, atau wadah yang berputar dengan baik atau wadah dengan pendayung yang berputar. Alat ini harus dapat mengaduk secara langsung sesuai dengan banyaknya adukan dengan *slump* yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan agar campuran mortar lebih *homogen*. Berikut dapat dilihat pada gambar 35.



Gambar 35. Molen

16. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* adalah kerucut terpuncung yang digunakan untuk menguji *slump* maupun *slump flow* pada saat beton mortar dalam kondisi segar. Berdasarkan SNI 1972-2008:2 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* (Tjokrodimulyo, 2007:76). Berikut dapat dilihat pada gambar 36.



Gambar 36. Kerucut *abrams* (SNI 1972-2008:3)

17. Konik

Kerucut berpuncung ini digunakan untuk pengujian SSD dari agregat halus. Berikut dapat dilihat pada gambar 37.



Gambar 37. Konik

18. Cetok

Pada penelitian ini cetok berfungsi untuk memasukkan adukan kedalam cetakan silinder maupun cetakan balok dan *slump cone* pada saat pengujian *slump flow test*. Berikut dapat dilihat pada gambar 38.



Gambar 38. Cetok

19. Pelat Besi

Plat besi ini digunakan sebagai alas pengujian *slump* setelah dilapisi plat besi yang cukup tebal yang merupakan serangkaian alat untuk pengujian *slump flow*. Berikut dapat dilihat pada gambar 39.



Gambar 39. 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 03-2493-1991:2 tentang pembuatan dan perawatan benda uji. Berikut dapat dilihat pada gambar 40.



Gambar 40. 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 41.



Gambar 41. 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. Berikut dapat dilihat pada gambar 42.



Gambar 42. 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 asalah Universal Testing Machine (UTM) dengan kapasitas 10 ton. Berikut dapat dilihat pada gambar 43.



Gambar 43. Mesin Uji lentur

E. Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan varian penambahan serat campuran yaitu sera baja(*fibre*) dan sera *polypropylene* 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*).

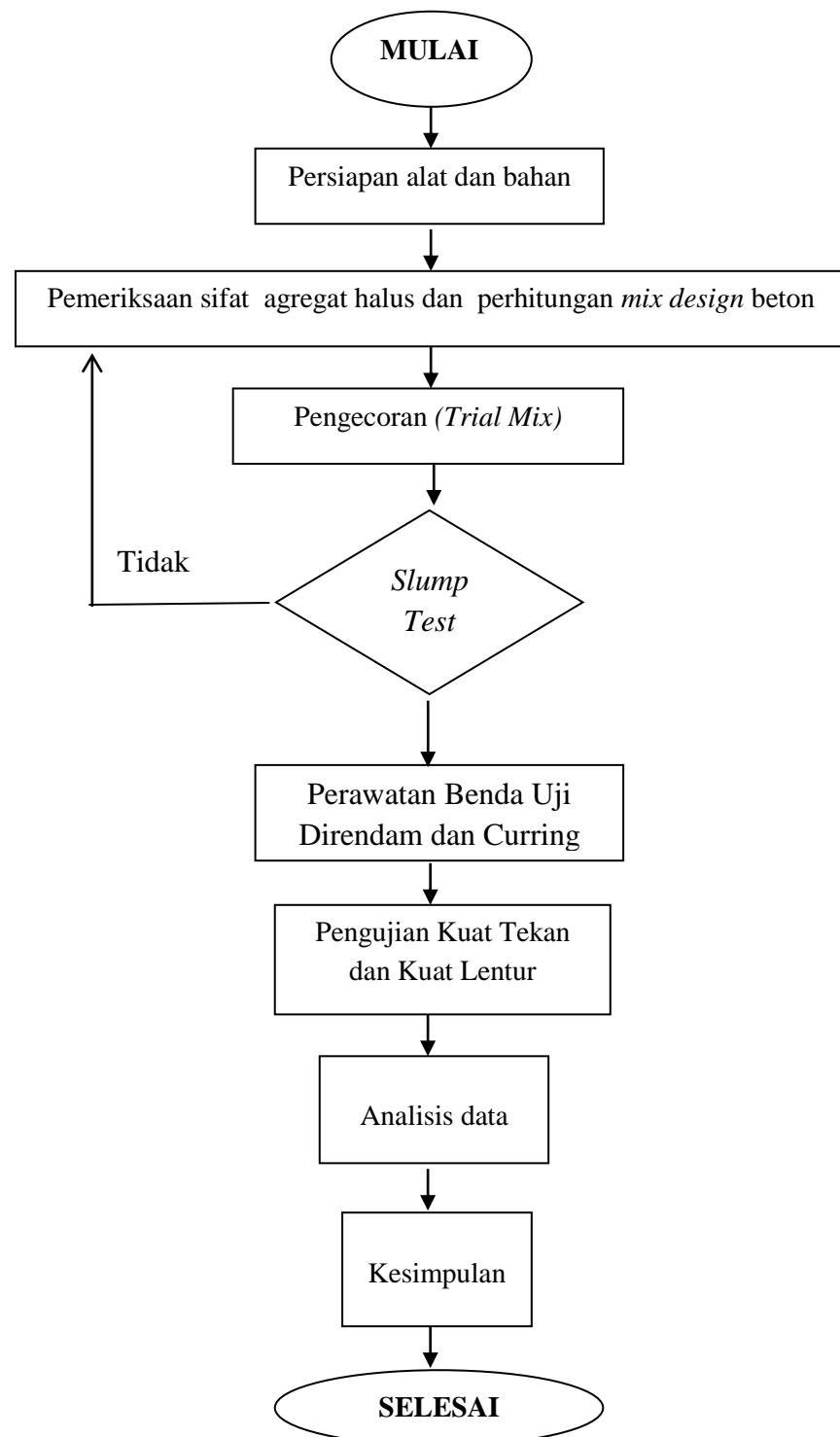
Tahap III : Pembuatan benda uji (silinder dan balok)

Tahap IV : Tahap perawatan benda uji (*curing compound* dan direndam).

Tahap V : Uji kuat tekan dan kuat lentur

Tahap VI : Analisis dan interpretasi data hasil penelitian

Berikut dijelaskan diagram alur penelitian pada gambar 44.



Gambar 44. Diagram alur penelitian

Langkah-langkah eksperimen pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data uji, dan dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Pengujian Agregat

Dilakukannya pengujian pada agregat ini dimaksudkan agar memperoleh proporsi serta kualitas bahan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Agregat yang digunakan berasal dari sungai progo, agregat kasar maupun agregat halus.

2. Pengujian *Slump*

Menurut Tjokrodimuljo, 2007:76 , dengan ketentuan-ketentuan tertentu agar mendapatkan nilai *slump* yang baik maka diperlukan alas yang cukup luas dan datar. Pengujian *slump* ini digunakan untuk mendapatkan nilai yang dengan acuan nilai *slump* yang ditetapkan untuk perkerasan jalan sebesar 5 sampai $7,5\text{cm} \pm 2\text{cm}$.

Dalam pengujian ini perlu diperhatikan homogenitas dari beton tersebut yang dapat dilihat dengan kondisi beton yang tidak terjadi segregasi, pemisahan air dengan semen (*bleeding*), dan agregat beserta serat yang ditambahkan bisa 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 (Tjokrodimulyo, 2007:56):
- 1) Mula-mula corong baja ditaruh diatas tempat yang rata dan tidak menghisap air, dengan diameter yang besar dibawah dan diameter yang kecil diatas.
 - 2) Adukan beton dimasukkan ke dalam corong tersebut dengan hati-hati dan corong dipegang erat-erat agar tidak bergerak.
 - 3) Jumlah adukan yang dimasukkan kira-kira 1/3 volume corong, setelah adukan dimasukkan ke dalam corong lalu adukan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja.
 - 4) Kemudian adukan kedua kira-kira volumenya sama dengan yang pertama tadi dimasukkan, dan tusuk-tusuk pula. Penusukan jangan sampai menusuk lapisan pertama.
 - 5) Bila lapisan kedua telah ditusuk, lalu adukan ketiga dimasukkan dan ditusuk pula.
 - 6) Setelah adukan ketiga selesai ditusuk lalu permukaan adukan beton diratakan sama dengan permukaan corong. Setelah itu tunggu 60 detik, dan kemudian tarik corong lurus keatas.

- 7) Ukurlah penurunan permukaan atas adukan beton setelah corong ditarik.
 - 8) Besar penurunan tersebut disebut nilai *slump*
- c. Interpretasi Hasil

Nilai *slump* yang tinggi, semakin besar kemampuan untuk mengisi begesting akibat berat sendiri. Berikut dapat dilihat pada gambar 45.



Gambar 45. Metode Pengujian nilai *slump*

3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Sifat yang paling diutamakan dari beton yaitu kuat tekan beton. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2003:138). Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm² sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata scara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan

bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan MPa atau kg/cm².

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar SNI 1974-2011:8
Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:



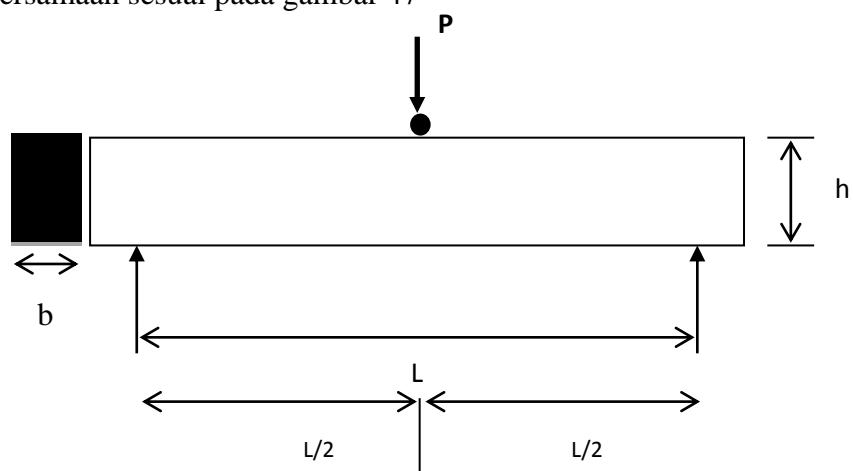
Gambar 46. Metode Pengujian kuat tekan beton

di mana: $P =$ beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

4. Pengujian Kuat Lentur Beton

Cara pengujian yang digunakan adalah metode dua titik pembebanan yang mengacu pada standar SNI 03-4431-1997:3, 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 sesuai pada gambar 47



Gambar 47. Metode Pengujian *Three Point Bending*

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)

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 PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data Hasil Pengujian

Pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, dari pengujian tersebut menghasilkan data-data yang selanjutnya akan dianalisis. Adapun data yang diperoleh dari 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 7. 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 8. 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%

Berdasarkan tabel diatas dengan data yang dihasilkan dari pengujian agregat dapat disimpulkan bahwa agregat yang diuji pada pasir Progo yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam zone 2, yaitu pasir yang dihasilkan relatif sedikit kasar dan didapatkan hasil modulus kehalusan butir (MKB) sebesar 2,9075.

2. Proporsi Bahan Campuran

Sebelum melakukan pengecoran dan pembuatan benda uji, dalam penelitian ini hal yang harus diperhatikan adalah menentukan proporsi campuran atau komposisi bahan yang sesuai dengan target penelitian. Dalam hal ini guna memudahkan dalam tahap pembuatan, maka dilakukan perhitungan bahan sebagai berikut.

a. Perhitungan kebutuhan bahan tiap m³

Pada proses pengecoran dalam penelitian ini perhitungan per m³ = 2350 kg/m³. Perbandingan komposisi bahan atau berat yang terdiri dari semen, pasir, kerikil, 1 : 1.55 : 2.06. Perbandingan komposisi bahan bisa dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan kebutuhan bahan *mix design*

Bahan material	Kebutuhan (0,75 m ³) 1 adukan (12 silinder & 12 balok)	Pemakaian bahan (1/2 adukan)	Pembulatan (Realisasi pemakaian)
Air	205 (kg)	15.375 (kg)	15.4 (kg)
Semen	466 (kg)	34.95 (kg)	35 (kg)
Kerikil	957 (kg)	71.775 (kg)	72 (kg)
Pasir	722 9kg)	54.15 (kg)	54 (kg)
<i>Plastiment</i>	400 (ml)	30 (ml)	30 (ml)
<i>sikament NN</i>	2700 (ml)	202 (ml)	202 (ml)
serat baja	70 (ml)	5.25 (kg)	5.25 (kg)
serat <i>polypropilene</i>	1 (kg)	75 (gram)	75 (gram)

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

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

2) Berat pasta 1 silinder

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pasta} &= \text{Volume Silinder} \times \text{Berat Jenis (Adukan Beton)} \\
 &= 0.0053 \text{ m}^3 \times 2350 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 12.455 \text{ kg/m}^3$$

c. Kebutuhan material tiap 1 silinder

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

(Volume 1 silinder = 0.0053 m³)

Rumus = Kebutuhan bahan per x Volume 1 silinder

1. Perhitungan beton berserat campuran (*hybrid*) tanpa *set accelerator* (1 silinder)

Kebutuhan air per = 205×0.0053 = 1.0865 kg

Kebutuhan semen = 466×0.0053 = 2.4698

Kebutuhan kerikil = 957×0.0053 = 5.0721 kg

Kebutuhan pasir = 722×0.0053 = 3.8266 kg

Kebutuhan serat baja = 70×0.0053 = 0.371 kg

Kebutuhan serat = 1000×0.0053 = 5.3 gram

polypropylene

2. Perhitungan beton berserat campuran (*hybrid*) + bahan tambah *set accelerator* (1 silinder)

Kebutuhan air per = 205×0.0053 = 1.0865 kg

Kebutuhan semen = 466×0.0053 = 2.4698 kg

Kebutuhan kerikil = 957×0.0053 = 5.0721 kg

Kebutuhan pasir = 722×0.0053 = 3.8266 kg

Kebutuhan serat baja = 70×0.0053 = 0.371 kg

Kebutuhan *plastiment* = 400×0.0053 = 2.12 ml

$$\text{Kebutuhan } sikament NN = 2700 \times 0.0053 = 14.31 \text{ ml}$$

$$\text{Kebutuhan serat} = 1000 \times 0.0053 = 5.3 \text{ gram}$$

polypropylene

Dimana pemakaian bahan tambah terutama *plastiment* dan *sikament NN* digunakan kadar 1.56%, dari berat semen total.

Pada realisasinya pemakaian bahan digunakan sebanyak 0.15 (1 adukan = 12 silinder dan 12 balok) menyesuaikan *mixer* molen yang terdapat di Laboratorium Bahan FT UNY, dengan tahapan penggunaan 0.075 (½ adukan = 6 silinder dan 6 balok) per ½ adukan dikarenakan pencampuran bahan yang tidak merata atau lebih kepada kemudahaan penggerjaan (*workability*) yang nantinya dapat menghasilkan adukan maksimal.

3. Pengujian Kuat Tekan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beberapa sampel beton berserat campuran (*hybrid*) tanpa *set accelerator* dengan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* sebagai nilai pembanding, yang nantinya akan berorientasi pada penentuan tinggi dan rendahnya kuat tekan terhadap beton tersebut dari hasil pengujian kuat tekan dengan umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari.

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

Dimana ; P = Beban maksimum (N)

$$A = \text{Luas penampang benda uji (mm}^2\text{)}$$

- a. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran tanpa *set accelerator* dengan perawatan direndam (CW)

Pada pengujian beton berserat campuran ini adalah beton tanpa *set accelerator* dengan kombinasi dua serat (*hybrid*) yaitu serat baja dan serat *polypropylene*. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran tanpa bahan tambah *set accelerator*.

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan perawatan direndam (CW) umur 3 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CW 8	320.	15,09	17,93	23,46
2	CW 5	450	15,03	25,38	
3	CW 3	480	15,03	27,07	

Tabel 11. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 7 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CW 1	500.	15,15	27,77	23,47
2	CW 2	300	14,96	17,09	
3	CW 7	450	15,00	25,55	

Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 14 hari

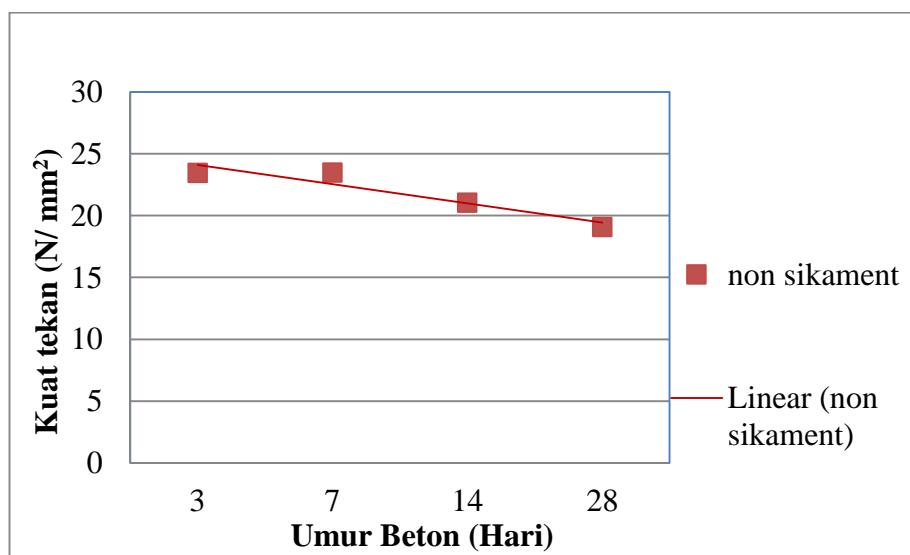
No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CW 9	220.	14,98	12,49	21,04
2	CW 10	450	15	25,59	
3	CW 13	440	14,97	25,02	

Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 28 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CW 11	300.	14,88	17,25	19,08
2	CW 14	280	14,93	15,99	
3	CW 12	420	14,93	23,99	

Tabel 14. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW)

No.	Umur Beton	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	3 Hari	416	15,05	23,46	21,76
2	7 Hari	416	15,03	23,47	
3	14 Hari	370	14,98	21,04	
4	28 Hari	333	14,92	19,08	



Gambar 48. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Berserat Campuran Non *Set Accelerator*

b. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW)

Pada pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) ini yaitu campuran beton dengan bahan tambah *set accelerator* dalam hal ini yang dimaksud *set accelerator* yang digunakan yaitu *sikament NN* dengan kombinasi dua serat (*hybrid*) yaitu serat baja dan serat *polypropylene*. Pemberian bahan tambah berupa *sikament NN* pada benda uji kali ini diharapkan dapat menjadi nilai pembanding dari hasil uji kuat tekan beton berserat campuran tanpa *set accelerator*. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator*.

Tabel 15. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 3 hari.

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CSW 4	540	15,10	30,19	34,07
2	CSW 8	720	14,90	41,29	
3	CSW 7	540	14,96	30,74	

Tabel 16. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 7 hari.

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CSW 11	740	14,94	42,22	42,34
2	CSW 12	780	15,02	44,06	
3	CSW 13	720	15,00	40,75	

Tabel 17. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 14 hari.

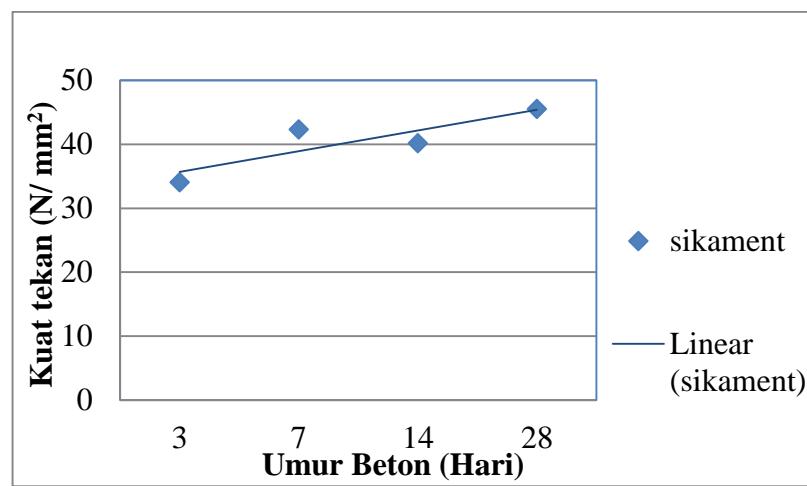
No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CSW 9	740	15,04	41,70	40,19
2	CSW 2	730	15,00	42,06	
3	CSW 6	650	15,00	36,80	

Tabel 18. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 28 hari.

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	CSW 10	980	14,99	55,59	45,56
2	CSW 3	720	15,11	40,17	
3	CSW 1	720	14,98	40,90	

Tabel 19. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam

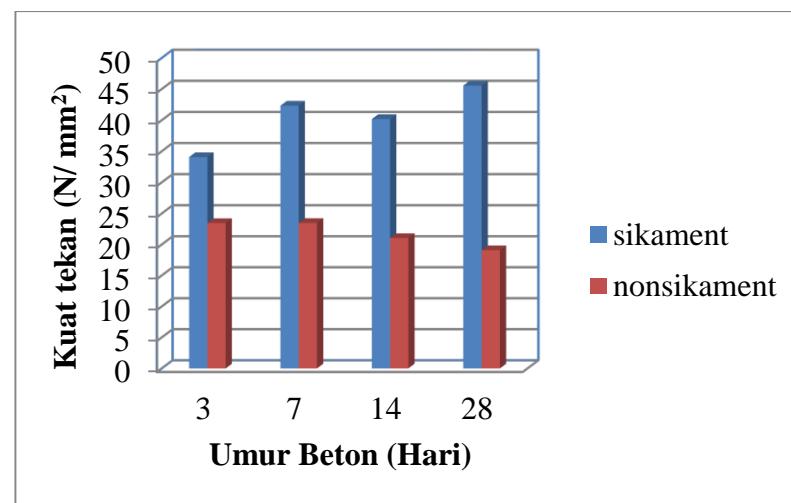
No.	Umur Beton	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)
1	3 Hari	600	14,99	34,07	40,54
2	7 Hari	746	14,99	42,34	
3	14 Hari	706	14,97	40,19	
4	28 Hari	806	15.03	45.55	



Gambar 49. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Berserat Campuran Dengan Bahan Tambah *set accelerator*

Tabel 20. Tabel Pengaruh Bahan Tambah *Set Accelerator* Terhadap Kuat Tekan Beton Berserat Campuran (*hybrid*).

No	Umur Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)	
		tanpa <i>set accelerator</i>	Dengan <i>set accelerator</i>
1	3 Hari	23,46	34,07
2	7 Hari	23,47	42,34
3	14 Hari	21,04	40,19
4	28 Hari	19,08	45,55



Gambar 50. Grafik Prosentase Pengaruh Penambahan *Set Accelerator* Terhadap Kuat Tekan Beton.

Pada gambar 50 dapat disimpulkan berdasarkan hasil prosentase perbandingan beton non *set accelerator* dengan beton menggunakan bahan tambah *set accelerator*, terjadi peningkatan kuat tekan beton dari umur 3 hari sebesar 69%, umur 7 hari sebesar 55%, umur 14 hari sebesar 52%, dan umur 28 hari sebesar 42%. Dilihat dari hasil perbandingan pada beton berserat campuran (*hybrid*) non *set accelerator* dengan tambahan *set accelerator* nilai kuat tekan pada beton dengan tambahan *set accelerator* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal non *set accelerator*. Namun dari grafik diatas terjadi penurunan kuat tekan, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yang disebabkan pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton dalam *mixer molen*, bahan tersebut tidak tercampur secara homogen, serat *polypropylene* penyebarannya tidak merata terutama sifat *polypropylene* cenderung menggumpal sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton, terjadi *bleeding* yaitu pemisahan air dengan semen, dari beberapa faktor tersebut menjadi pemicu terjadinya penurunan kuat tekan pada beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* maupun beton normal.

Namun, pada beton umur 14 hari mengalami penurunan kekuatan tekan yang seharusnya terjadi peningkatan. Hal tersebut disebabkan oleh penyebaran bahan serat tidak merata dikarenakan pemakaian alat pencampur beton (*mixer molen*) yang masih konvensional, pada proses penumbukan benda uji tidak memadat dengan

sempurna (penumbukan kurang keras) dan terjadi *ball effect* pemicu munculnya pori-pori pada beton sehingga homogenitas kurang tercapai, nilai slump yang tinggi yaitu 18,5 cm dari nilai slump yang direncanakan berkisar 7-11 cm dan hasil yang didapat dari pengujian menunjukkan nilai slump yang jauh sekali dengan nilai yang direncanakan, dari beberapa faktor diatas merupakan penyebab menurunnya nilai kuat tekan yang terjadi pada beton umur 14 hari.

4. Pengujian Kuat Lentur

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat lentur terhadap beberapa sampel beton berserat campuran (*hybrid*) tanpa *set accelerator* dengan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* sebagai nilai pembanding, yang nantinya akan berorientasi pada penentuan tinggi dan rendahnya beton berserat campuran (*hybrid*) tanpa *set accelerator* dengan beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dari hasil pengujian kuat lentur dengan umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari dengan perawatan direndam. Dimana Data hasil pengujian kuat lentur dengan benda uji berbentuk balok selengkapnya dapat dihitung dengan rumus perhitungan yang digunakan dari persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kuat Lentur} = \frac{3/2.P.L}{b.h^2} \text{ MPa}$$

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)

- a. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran tanpa *set accelerator* dengan perawatan direndam (CW)

Pada pengujian kuat lentur ini digunakan beton berserat campuran (*hybrid*) yaitu serat baja dan serat *polypropylene* tanpa ditambahkannya *set accelerator*. Berikut hasil dari pengujian kuat lentur beton berserat campuran tanpa bahan tambah *set accelerator*.

Tabel 21. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 3 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 4	9,906	97,02	100,3	390	6,0	6,39
2	CW 1	11,382	90,8	100,25	390	7,34	
3	CW 5	9,241	93,73	100,27	390	5,79	

Tabel 22. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 7 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 2	10,926	90,34	100,22	390	7,10	7,21
2	CW 3	8,961	90,73	100,29	390	5,81	
3	CW 6	14,354	97,0	100,37	390	8,72	

Tabel 23. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 14 hari.

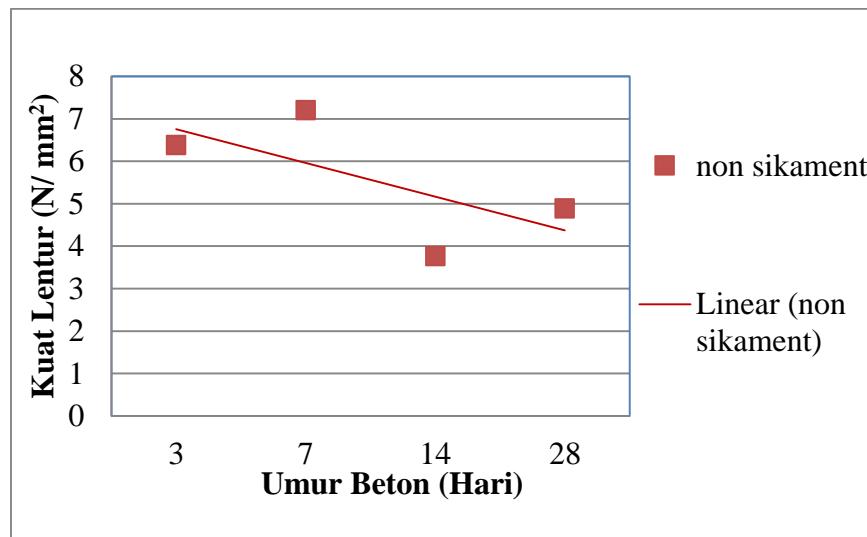
No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 11	4,226	91,0	100,49	390	2,75	3,77
2	CW 12	8,213	100,19	90,99	390	3,97	
3	CW 8	7,815	100,3	100,39	390	4,59	

Tabel 24. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW) umur 28 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 7	8,52	100,20	100,48	390	5,02	4,89
2	CW 10	10,35	100,34	90,49	390	6,08	
3	CW 9	6,04	100,22	100,34	390	3,55	

Tabel 25. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan perawatan direndam (CW).

No.	Umur Beton	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	3 hari	10,18	93,85	100,26	390	6,39	5,57
2	7 hari	11,41	92,69	100,29	390	7,21	
3	14 hari	6,75	97,16	97,29	390	3,77	
4	28 hari	8,30	100,25	100,43	390	4,89	



Gambar 51. Grafik Hasil Kuat Lentur Beton Berserat Campuran non *set accelerator*

- b. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW)

Pada pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) ini yaitu campuran beton dengan bahan tambah *set accelerator* dalam hal ini yang dimaksud *set accelerator* yang digunakan yaitu *sikament NN* dengan kombinasi dua serat (*hybrid*) yaitu serat baja dan serat *polypropylene*. Pemberian bahan tambah pada benda uji kali ini diharapkan dapat menjadi nilai pembanding dari hasil uji kuat lentur beton berserat campuran tanpa *set accelerator* maupun dengan tambahan *set accelerator*. Berikut hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator*.

Tabel 26. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 3 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 11	18,353	100,27	90,87	390	13	9,95
2	CSW 2	11,782	100,63	100,07	390	7	
3	CSW 12	14,162	100,43	90,66	390	10	

Tabel 27. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 7 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 7	11,826	90	100,2	390	8,57	8,40
2	CSW 4	15,1	100,12	100,09	390	8,57	
3	CSW 10	15,39	90,98	100,57	390	8,07	

Tabel 28. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 14 hari

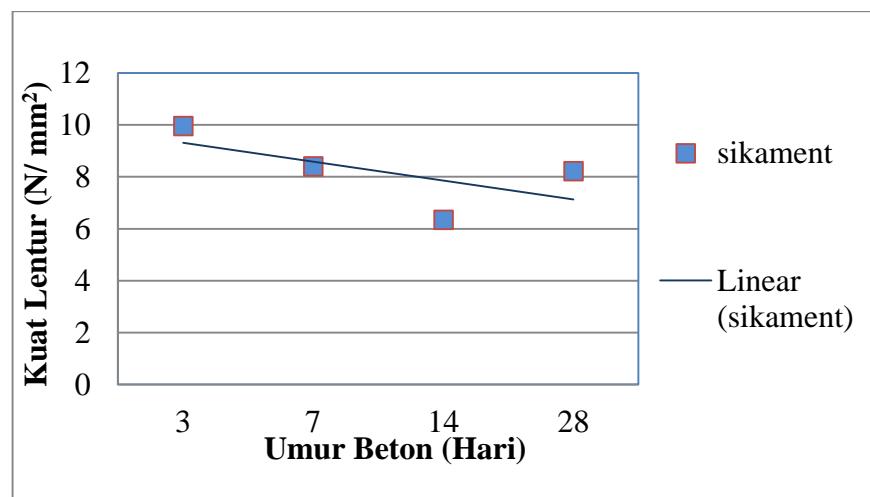
No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 1	12,988	100	100,52	390	6,71	6,34
2	CSW 3	12,225	100,35	100,24	390	6,59	
3	CSW 6	10,396	100,22	100,19	390	5,73	

Tabel 29. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW) umur 28 hari.

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 5	12.28	100	100,02	390	7,34	8,20
2	CSW 8	16.60	100,68	100,12	390	8,88	
3	CSW 9	14,362	100,07	90,94	390	8,4	

Tabel 30. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator* dengan perawatan direndam (CSW).

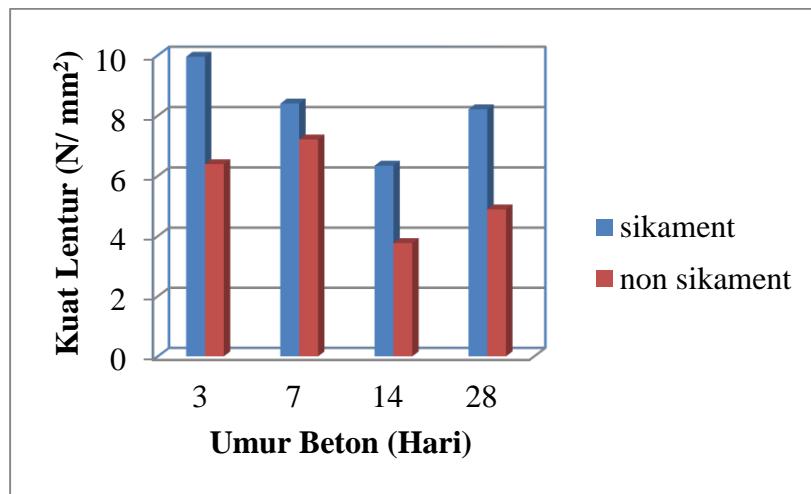
No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	3 hari	14,77	100,44	93,87	390	9,95	10,97
2	7 hari	14,10	93,7	100,29	390	8,40	
3	14 hari	11,87	100,19	100,32	390	6,34	
4	28 hari	14,41	100,25	97,03	390	8,21	



Gambar 52. Grafik Pengaruh Penambahan *Set Accelerator* Terhadap Kuat Lentur Beton.

Tabel 31. Tabel Pengaruh Bahan Tambah *Set Accelerator* Terhadap Kuat Lentur Beton Berserat Campuran.

No.	Umur Beton	Kuat Lentur Beton (MPa)	
		tanpa <i>set accelerator</i>	Dengan <i>set accelerator</i>
1	3 Hari	6,39	9,95
2	7 Hari	7,21	8,4
3	14 Hari	3,77	6,34
4	28 Hari	4,89	8,21



Gambar 53. Grafik Prosentase Pengaruh Penambahan *Set Accelerator* Terhadap Kuat Lentur Beton.

Pada gambar 51 dapat disimpulkan, bahwa berdasarkan hasil prosentase pengaruh penambahan *set accelerator* pada beton dengan perbandingan beton normal non *set accelerator* terjadi peningkatan kuat lentur beton dari umur 3 hari sebesar 64%, umur 7 hari sebesar 86%, umur 14 hari sebesar 59%, dan pada umur 28 hari sebesar 60%. Maka dalam hal ini dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan *set accelerator* pada beton memberikan dampak yang positif terhadap nilai kuat lentur yang dihasilkan jika dibandingkan dengan beton normal. Dampak positif tersebut tentunya dapat membantu menanggulangi permasalahan yang terjadi saat ini dalam suatu perencanaan suatu struktur perkerasan kaku jalan raya (*rigid pavement*). Tujuan dari penambahan *set accelerator* ini yaitu dapat mempercepat waktu pengerasan tanpa mengubah kekuatan yang dihasilkan dari beton tersebut, dengan hasil yang lebih baik. Namun dilihat dari grafik diatas terjadi penurunan kuat

lentur beton, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yang disebabkan pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton dalam *mixer* molen, bahan tersebut tidak tercampur secara homogen, terjadi *bleeding* yaitu pemisahan air dengan semen, serat *polypropylene* dan serat baja penyebarannya tidak merata terutama sifat *polypropylene* cenderung menggumpal sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton yang seharusnya penambahan serat campuran (*hybrid*) dapat meningkatkan kuat lentur pada beton.

Sedangkan pada benda uji beton umur 14 hari terjadi penurunan kuat lentur yang sangat drastis, hal tersebut disebabkan karena bekisting balok terbuat dari bahan multiplek sehingga pada saat pemasangan tidak dilakukan dengan keras karena menghindari bekisting tersebut agar tidak rusak, namun akibatnya beton tidak memadat dengan sempurna, penyebaran bahan serat tidak merata, nilai slump yang tinggi dari benda uji umur 14 hari juga yang sangat mempengaruhi rendahnya kuat lentur pada beton umur 14 hari ini, dari beberapa faktor diatas merupakan penyebab menurunnya nilai kuat lentur yang terjadi pada beton umur 14 hari. sehingga sangat berpengaruh terjadinya penurunan kuat lentur pada beton berserat campuran (*hybrid*) dengan bahan tambah *set accelerator*, maupun beton normal *non set accelerator*.

B. Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil yang telah ditunjukan pada tabel dan gambar yang tertera diatas, dapat dijelaskan bahwa perbandingan nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton non *set accelerator* dengan perawatan secara konvensional pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari, dan beton dengan bahan tambah *set accelerator* juga dengan perawatan secara konvensional pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari telah dianalisis bahwa penambahan *set accelerator* memberikan dampak yang cukup besar pada beton yang dihasilkan jika dibandingkan dengan beton normal (tanpa penambahan *set accelerator*). Hal ini tentunya memberikan nilai positif bagi berlangsungnya pembangunan suatu struktur perkerasan kaku karena hasil yang didapat pada suatu struktur perkerasan kaku dengan pemakaian bahan tambah berupa *set accelerator* dengan tujuan untuk mempercepat waktu pengerasan beton memberikan hasil yang maksimal.

Efek dari penambahan *set accelerator* dapat dilihat dari hasil grafik perbandingan antara beton non *set accelerator* dengan beton yang memakai bahan tambah *set accelerator*. Hasil dari grafik tersebut dapat dibuktikan bahwa penambahan *set accelerator* sangat berpengaruh pada beton. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan dengan kode benda uji CSW 10 sebesar 55,59 MPa umur 28 hari. Serta pada pengujian kuat lentur juga dapat dilihat hasil pengujian yang telah dilakukan, bahwa nilai tertinggi yaitu pada kode benda uji CSW 11 sebesar 13 MPa umur 3 hari. Namun, dari hasil grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa terjadi

penurunan pada beberapa pengujian. Seharusnya terjadi kenaikan yang signifikan terhadap nilai kuat tekan maupun kuat lentur yang dihasilkan. Pada kenyataannya justru terjadi penurunan kekuatan dari umur 3, 7, 14, maupun 28 hari. Berdasarkan analisis hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terjadi pada saat proses pencampuran bahan-bahan beton dalam *mixer molen* bahan tersebut tidak tercampur secara homogen, serat *polypropylene* maupun serat baja penyebarannya juga tidak merata terutama sifat *polypropylene* cenderung menggumpal sehingga tidak mengisi seluruh rongga pada beton, terjadi *bleeding* yaitu pemisahan air dengan semen, Dari beberapa faktor tersebut yang menjadi pemicu terjadinya penurunan pada kekuatan beton.

Namun, pada beton umur 14 hari terjadi penurunan yang sangat drastis terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur beton. Penyebab menurunnya kuat tekan disebabkan oleh penyebaran bahan serat tidak merata dikarenakan pemakaian alat pencampur beton (*mixer molen*) yang masih konvensional, pada proses penumbukan benda uji tidak memadat dengan sempurna (penumbukan kurang keras) dan terjadi *ball effect* pemicu munculnya pori-pori pada beton sehingga homogenitas kurang tercapai, nilai slump yang tinggi yaitu 18,5 cm dari nilai slump yang direncanakan berkisar 7-11 cm dan hasil yang didapat dari pengujian menunjukkan nilai slump yang jauh sekali dengan nilai yang direncanakan, dan terjadi *bleeding*. Dari beberapa faktor diatas merupakan penyebab menurunnya nilai kuat tekan yang terjadi pada beton umur 14 hari.

Sedangkan pada pengujian kuat lentur hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu karena bekisting balok terbuat dari bahan multiplek sehingga pada saat pemadatan tidak dilakukan dengan keras karena menghindari bekisting tersebut agar tidak rusak, namun akibatnya beton tersebut tidak memadat dengan sempurna, penyebaran bahan serat tidak merata dikarenakan pemakaian alat pencampur beton (*mixer molen*) yang masih konvensional sehingga homogenitas kurang tercapai, nilai slump yang tinggi yaitu 18,5 cm dari nilai slump yang direncanakan berkisar 7-11 cm dan hasil yang didapat dari pengujian menunjukkan nilai slump yang jauh sekali dengan nilai yang direncanakan, dan terjadi *bleeding*. Dari hal tersebut merupakan faktor-faktor yang menjadi penyebab menurunnya kuat lentur pada beton umur 14 hari.



Gambar 54. Pengujian *Slump*



Gambar 55. Penuangan Adukan Kedalam Bekisting



Gambar 56. Penyusutan Benda Uji Beton Saat Umur Perawatan

Berdasarkan hasil dari kedua pengujian, yaitu uji kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan kekuatan pada beton, faktor yang perlu diperhatikan yaitu salah satunya pemberian *sikament NN* pada adukan beton, pada saat pencampuran *sikament NN* harus dilakukan pada waktu yang tepat, karena sikament bila dimasukkan kedalam adukan beton saat awal maka akan berakibat adukan menjadi *bleeding*, namun apabila dimasukkan terakhir kali berakibat adukan beton tidak tercampur rata dengan *sikament NN* tersebut. Sehingga perlakuan khusus mengenai waktu pencampuran *sikament NN*

kedalam adukan beton perlu ditingkatkan agar beton dapat tercampur secara homogen dengan sempurna.

Dengan adanya penelitian yang telah dilakukan ini berdasarkan dari judul yang penulis ambil yaitu “Pengaruh Penambahan *Set Accelerator* Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat Campuran” Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *set accelerator* berpengaruh terhadap perkembangan kuat tekan dan kuat lentur berserat campuran (*hybrid*) tersebut. Dalam penelitian ini hanya khusus diambil hasil pengujian dengan perawatan secara konvensional yaitu direndam air.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton berserat campuran (*hybrid*) dengan memperhatikan pengaruh penambahan *set accelerator* dengan perbandingan terhadap beton normal non *set accelerator* ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan pada beton berserat campuran berturut-turut pada umur 3 hari: 23,46 (MPa), 7 hari: 23,47 (MPa), 14 hari: 21,04 (MPa), 28 hari: 19,08 (MPa).
2. Kuat lentur beton berserat campuran berturut-turut pada umur 3 hari: 6,39 MPa, 7 hari: 7,21 MPa, 14 hari: 3,77 MPa, dan 28 hari: 4,89 MPa.
3. Kuat tekan pada beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* berturut-turut pada umur 3 hari: 34,07 (MPa), 7 hari: 42,34 MPa, 14 hari: 40,19 MPa, dan 28 hari: 45,55 MPa.
4. Kuat lentur beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* berturut-turut pada umur 3 hari: 9,95 MPa, 7 hari: 8,4 MPa, 14 hari: 6,34 MPa, dan 28 hari: 8,21 MPa.

Hasil perbandingan yang telah didapat dari pengujian antara beton non *set accelerator* dengan beton menggunakan bahan tambah *set accelerator* dapat disimpulkan bahwa beton dengan bahan tambah *set accelerator* jauh lebih tinggi nilai kuat tekan maupun kuat lenturnya dari pada beton non *set*

accelerator dengan nilai pengujian tertinggi yang dihasilkan oleh varian beton berserat campuran dengan bahan tambah *set accelerator* (CSW).

B. Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, berikut ini merupakan saran-saran yang penulis berikan yaitu sebagai berikut:

1. Penimbangan dari bahan-bahan yang dipakai pada pencampuran beton harus dilakukan dengan teliti agar komposisi yang didapat sesuai dengan perhitungan.
2. Pada proses pencampuran beton dengan *mixer* molen harus diperhatikan setiap bahan yang dimasukkan, agar beton dapat tercampur secara homogen.
3. Sifat dari *polypropylene* yang berupa serat dan cenderung menggumpal perlu adanya perhatian secara khusus pada saat dimasukkan kedalam campuran adukan beton, agar serat dapat mengisi setiap rongga pada beton sehingga serat *polypropylene* dapat bekerja maksimal pada beton tersebut.
4. Pada perawatan perendaman beton belum dilakukan dengan semestinya, karena letak bak perendaman yang seharusnya tidak langsung berada dibawah sinar matahari karena hal tersebut dapat mengganggu proses perawatan beton yang sedang berlangsung, namun pada praktik pengujian dilapangan hal tersebut tidak bisa dihindari lagi.

5. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan komposisi dari setiap varian beton, agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.

C. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat keterbatasan masalah antara lain:

1. Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan dan pengujian benda uji beton di Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY perlu adanya pembaharuan, seperti: jangka sorong dan timbangan mengingat sangat diperlukannya tingkat ketelitian terhadap pembacaan bahan, ataupun benda agar tidak berdampak buruk pada hasil yang diperoleh.
2. Dalam proses pengadukan beton masih menggunakan *mixer* dengan kapasitas kecil dan dalam kondisi yang kurang baik, sehingga bahan tidak tercampur secara rata (homogen) jika campuran beton ditambah bahan serat, dan pengadukan dilakukan berdasarkan umur perawatan (pengadukan dilakukan dengan terpisah) antara umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari karena ukuran dari mixer molen yang kecil sehingga pengadukan beton tidak cukup bila dijadikan satu (dilakukan bersamaan). Hal tersebut berakibat pada hasil adukan, karena setiap adukan dengan waktu yang berbeda akan berdampak pada kekuatan pada beton yang dapat menurun (berubah).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Agus Santoso. (2012). *Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu Sebagai Alternatif Pengganti Set-Retarder Dan Water Reducer Untuk Bahan Tambah Beton*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT-UNY.
- Anton Wijaya. (2015). *Pengaruh Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Yang Dipercepat Proses Pengerasannya Dengan Sikament NN*. Yogyakarta: UNY.
- Biro Pusat Statistik. (2013). *Statistik Transportasi*. Biro Pusat Statistik, Diakses dari http://www.bps.go.id/website/pdf_publikasi/watermark%20_Statistik_Transportasi_2013.pdf tanggal 16 Maret 2016.
- Balitbang PU Kementerian Pekerjaan Umum, (2005), *RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, (1992). “*Pengujian Kuat Lentur Beton Memakai Gelagar Sederhana*. SNI 03-2823-1992. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (1991). “*Metoda Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. SNI 03-2493-1991. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Balok Uji Sederhana Yang Dibebani Terpusat Langsung*. SNI 034154-1996. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, (1997). “*Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. SNI 03-4431-1997. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional, (2002). "Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen. SNI 03-6820-2002. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2004). "Semen Portland Pozolan. SNI 15-0302-2004. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 1970-2008. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). "Cara Uji Slump Beton. SNI 1972:2008. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). "Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder Beton. SNI 6369-2008. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). "Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara Beton. SNI 1973-2008. Jakarta.
- Chu Kia Wang dan C. G. Salmon. (1994). *Desain Beton Bertulang* . Jakarta 13740 - Erlangga
- D Cahyadi. (2013). *Sifat Mekanik Dan Durabilitas Polypropylene*. Surakarta: UNS.
- Fitri Sulistyo dan Slamet Widodo. (2013). *Pengaruh Partial Replacement Pasir Dengan Breksi Batu Apung Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton Ringan*. Yogyakarta: UNY.
- Herri Mahyar. (2013). *Pemakaian Additive Micro Silica Dalam Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Normal*. Aceh: Politeknik Negeri Lhoksumawe.
- Hary Christady Hardiyatmo. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*, Yogyakarta: UGM PRESS.
- Hannant, D.J., (1978), *Fiber Cements and Fiber Concretes*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Iwan Mulyadin dan Nadia. (2012). *Analisis Penggunaan Admixture Berbahan Dasar Naphthalene Terhadap Penggunaan Pasir Putih Dan Pasir Hitam Ditinjau Dari Setting Time*. Jakarta: UMJ.

I Putu Laintarawan, I Nyoman Suta Widnyana dan I Wayan Artana. (2009). *Buku Ajar Konstruksi Beton I*. Bali: UNHI.

Kardiyyono Tjokrodimuljo. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.

Nugraha dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.

Peraturan Pemerintah Nomor 34. (2006). *Tentang Jalan*, Diakses dari <http://peraturan.go.id/inc/view/11e44c4efcf72870b92b313231383036.html> tanggal 3 April 2016.

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.

Slamet Widodo. (2014). *Pengembangan Material Beton Khusus Dan Cara Perawatannya Untuk Peningkatan Kinerja Struktural Serta Percepatan Konstruksi Perkerasan Kaku Jalan Raya*. Laporan Penelitian PUPT.

Slamet Widodo. (2015). Modul Bahan Bangunan II. Yogyakarta: UNY.

Safrin Zuraidah, Bambang Sudjatmiko, dan Eko Salaudin. (2013). *Peningkatan Kuat Lentur Pada Beton Dengan Penambahan Fiber Polypropylene Dan Copper Slag (Terak Tembaga)*. Surabaya: Universitas Dr. Soetomo Surabaya.

Tri Mulyono. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.

Wuryati Samekto dan Candra Rahmadiyanto. (2001). *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Kanisius.



LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Analisa Ayak Pasir (MKB)
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 15 September 2014
Pukul : 09:30 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Anton Wijaya Saputra
 2. Arief Syahar A P
 3. Yogo Edi Prasetyo
 4. Rudi Susanto
 5. Aldian Iskandar
 6. Novia Arfiani
 7. Sarah Fernandia

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir Progo alami sebanyak 500 gram.

DATA LAPORAN :

Hasil pemeriksaan Modulus Kehalusinan Butir (MKB)

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal (Gram)	Tertinggal (%)	Tertinggal komulatif (%)	Tembus komulatif (%)
9,52	22,67	2,26	2,26	97,57
4,76	46,95	4,73	6,98	92,78
2.40	66,38	6,61	13,83	86,49
1,2	165,74	16,65	30,27	69,73
0,6	269,12	26,92	57,3	42,66
0,3	164,83	16,51	74,15	26,31
0,15	223,59	22,43	95,96	3,72
< 0,15	38,26	3,88	-	-
Jumlah	997,54	100	280,75	0

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pasir progo yang digunakan termasuk dalam zone 2 (pasir agak kasar) dan modulus kehalusan butir sebesar **2,8075**.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 15 September 2014
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami

Hari, Tanggal Pengujian : Selasa, 16 September 2014

Pukul : 09:00 WIB

Cuaca : Cerah

Kelompok Praktikum :
1. Anton Wijaya Saputra
2. Arief Syahar A P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Novia Arfiani
7. Sarah Fernandia

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir progo sebanyak 150 gram sebanyak 3 sampel.
Volume air yang digunakan sebanyak 200 ml setiap sampelnya.

DATA LAPORAN :

Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami

Pemeriksaan	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Massa Pasir	150 gr	150 gr	150 gr
Volume Air (A)	200 ml	200 ml	200 ml
Volume air + pasir (B)	258 ml	258 ml	258 ml
Volume Benda Uji (B-A)	58 ml	58 ml	58 ml
Berat Jenis (m/v)	2,59 gr/ml	2,59 gr/ml	2,59 gr/ml

Berdasarkan data hasil pemeriksaan berat jenis pasir alami diperoleh rerata **2,59 gr/ml.**

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 16 September 2014
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Berat Jenis Pasir SSD
Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 17 September 2014
Pukul : 10:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum :
1. Anton Wijaya Saputra
2. Arief Syahar A P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Novia Arfiani
7. Sarah Fernandia

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir progo sebanyak 150 gram sebanyak 3 sampel.
Volume air yang digunakan sebanyak 200 ml setiap sampelnya.

DATA LAPORAN :

Hasil Pemeriksaan Berat jenis Pasir SSD

Pemeriksaan	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Massa Pasir	150 gr	150 gr	150 gr
Volume Air (A)	200 ml	200 ml	200 ml
Volume air + pasir (B)	260,5 ml	260,5 ml	260,5 ml
Volume Benda Uji (B-A)	60,5 ml	60,5 ml	60,5 ml
Berat Jenis (m/v)	2,48 gr/ml	2,48 gr/ml	2,48 gr/ml

Berdasarkan data hasil pemeriksaan berat jenis pasir SSD diperoleh rerata **2,48 gr/ml.**

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 17 September 2014
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Kadar Air Pasir Alami

Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 17 September 2014

Pukul : 10:00 WIB

Cuaca : Cerah

Kelompok Praktikum :
1. Anton Wijaya Saputra
2. Arief Syahar A P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Novia Arfiani
7. Sarah Fernandia

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir progo Alami tanpa rendaman sebanyak 250 gram setiap sampelnya.

DATA LAPORAN :

Hasil Pemeriksaan Kadar Air Pasir Alami

Pemeriksaan	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Massa Pasir (A)	250 gr	250 gr	250 gr
Massa Kering Oven (B)	243 gr	243,3 gr	243 gr
Kadar Air $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	2,881%	2,754%	2,881%

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kadar air pasir alami diperoleh rerata **2,839%**.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 17 September 2014
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Kadar Air Pasir SSD Rendaman
Hari, Tanggal Pengujian : Kamis, 18 September 2014
Pukul : 10:00 WIB
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum :
1. Anton Wijaya Saputra
2. Arief Syahar A P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Novia Arfiani
7. Sarah Fernandia

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir progo alami yang telah direndam hingga mencapai kejemuhan dan diangin-anginkan hingga menjadi jemu kering muka, yaitu pasir SSD.

DATA LAPORAN :

Hasil Pemeriksaan Kadar Air Pasir SSD

Pemeriksaan	Sampel I	Sampel II	Sampel III
Massa Pasir (A)	250 gr	250 gr	250 gr
Massa Kering Oven (B)	247,2 gr	247,1 gr	247,1 gr
Kadar Air $\frac{A-B}{B} \times 100\%$	1,133%	1,174%	1,174%

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kadar air pasir SSD diperoleh rerata **1,163%**.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 18 September 2014
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM : Pengujian kuat tekan Benda Uji CW pada umur 3 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN : Senin, 29 September 2014
PUKUL : 13.00 WIB
CUACA : cerah berawan
KELOMPOK PRAKTIKUM : 1. Anton Wijaya Saputra
2. Arif Syahar A.P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Nofia Arfiani
7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CW pada umur 3 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CW 8	320.	15,09	17,93	23,46
2	CW 5	450	15,03	25,38	
3	CW 3	480	15,03	27,07	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 29 September 2014
Diujji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat tekan Benda Uji CW pada umur 7 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 6 Oktober 2014
PUKUL	: 09.00 WIB
CUACA	: cerah berawan
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CW pada umur 7 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CW 1	500.	15,15	27,77	23,47
2	CW 2	300	14,96	17,09	
3	CW 7	450	15,00	25,55	

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 6 Oktober 2014
 Diuji

Sudarman, S.Pd.
 NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
 NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat tekan Benda Uji CW pada umur 14 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Kamis, 9 Oktober 2014
PUKUL	: 11.00 WIB
CUACA	: cerah dan panas
KELOMPOK PRAKTIKUM	<ul style="list-style-type: none">: 1. Anton Wijaya Saputra2. Arif Syahar A.P3. Yogo Edi Prasetyo4. Rudi Susanto5. Aldian Iskandar6. Nofia Arfiani7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian benda uji CW pada umur 14 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CW 9	220.	14,98	12,49	21,04
2	CW 10	450	15	25,59	
3	CW 13	440	14,97	25,02	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Jum'at 10 Oktober 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Tekan Benda Uji CW pada umur 28 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Kmais, 23 Oktober 2014
PUKUL	: 14.30 WIB
CUACA	: cerah dan tidak panas
KELOMPOK PRAKTIKUM	<ul style="list-style-type: none">: 1. Anton Wijaya Saputra2. Arif Syahar A.P3. Yogo Edi Prasetyo4. Rudi Susanto5. Aldian Iskandar6. Nofia Arfiani7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CW pada umur 28 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/ mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CW 11	300.	14,88	17,25	19,08
2	CW 14	280	14,93	15,99	
3	CW 12	420	14,93	23,99	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Jum'at 24 Oktober 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 3 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 6 Oktober 2014
PUKUL	: 10.00 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CSW pada umur 3 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/ mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CSW 4	540	15,10	30,19	34,07
2	CSW 8	720	14,90	41,29	
3	CSW 7	540	14,96	30,74	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 6 Oktober 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 7 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Selasa, 7 Oktober 2014
PUKUL	: 10.00 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CSW pada umur 7 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/ mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CSW 11	740	14,94	42,22	42,34
2	CSW 12	780	15,02	44,06	
3	CSW 13	720	15,00	40,75	

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 8 Oktober 2014
 Diuji

Sudarman, S.Pd.
 NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
 NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 14 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 13 Oktober 2014
PUKUL	: 13.30 WIB
CUACA	: cerah dan tidak panas
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CSW pada umur 14 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/ mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CSW 9	740	15,04	41,70	40,19
2	CSW 2	730	15,00	42,06	
3	CSW 6	650	15,00	36,80	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 15 Oktober 2014
Diujji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Tekan Benda Uji CSW pada umur 28 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin 27 Oktober 2014
PUKUL	: 10.45 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat tekan benda uji CSW pada umur 28 hari

No.	Notasi benda uji	Beban (kN)	Diameter rerata (mm ²)	Kuat tekan (N/ mm ²)	Rerata (N/ mm ²)
1	CSW 10	980	14,99	55,59	45,56
2	CSW 3	720	15,11	40,17	
3	CSW 1	720	14,98	40,90	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 29 Oktober 2014
Diiji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 3 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 29 September 2014
PUKUL	: 10.30 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CW pada umur 3 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 4	9,906	97,02	100,3	390	6,0	6,39
2	CW 1	11,382	90,8	100,25	390	7,34	
3	CW 5	9,241	93,73	100,27	390	5,79	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 29 September 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 7 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 6 Oktober 2014
PUKUL	: 16.30 WIB
CUACA	: cerah tidak panas
KELOMPOK PRAKTIKUM	<ul style="list-style-type: none">: 1. Anton Wijaya Saputra2. Arif Syahar A.P3. Yogo Edi Prasetyo4. Rudi Susanto5. Aldian Iskandar6. Nofia Arfiani7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CW pada umur 7 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 2	10,926	90,34	100,22	390	7,10	7,21
2	CW 3	8,961	90,73	100,29	390	5,81	
3	CW 6	14,354	97,0	100,37	390	8,72	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 6 Oktober 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM : Pengujian kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 14 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN : Kamis, 9 Oktober 2014
PUKUL : 13.45 WIB
CUACA : cerah panas
KELOMPOK PRAKTIKUM : 1. Anton Wijaya Saputra
2. Arif Syahar A.P
3. Yogo Edi Prasetyo
4. Rudi Susanto
5. Aldian Iskandar
6. Nofia Arfiani
7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CW pada umur 14 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 11	4,226	91,0	100,49	390	2,75	3,77
2	CW 12	8,213	100,19	90,99	390	3,97	
3	CW 8	7,815	100,3	100,39	390	4,59	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Jum'at 10 Oktober 2014
Diuji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CW pada umur 28 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Kamis, 23 Oktober 2014
PUKUL	: 11.00 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CW pada umur 28 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CW 7	8,52	100,20	100,48	390	5,02	4,89
2	CW 10	10,35	100,34	100,46	390	6,08	
3	CW 9	6,04	100,22	100,34	390	3,55	

Mengetahui,
 Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Jum'at 24 Oktober 2014
 Diuji

Sudarman, S.Pd.
 NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
 NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 3 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin, 6 Oktober 2014
PUKUL	: 09.30 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CSW pada umur 3 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 11	18,353	100,27	90,87	390	13	9.95
2	CSW 2	11,782	100,63	100,07	390	7	
3	CSW 12	14,162	100,43	90,66	390	10	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Senin 6 Oktober 2014
Diujii

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 7 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Selasa, 7 Oktober 2014
PUKUL	: 11.00 WIB
CUACA	: cerah panas
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CSW pada umur 7 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 7	11,826	90	100,2	390	8,57	8,40
2	CSW 4	15,1	100,12	100,09	390	8,57	
3	CSW 10	15,388	90,98	100,57	390	8,07	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 8 Oktober 2014
Diujji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 14 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin 13 Oktober 2014
PUKUL	: 15.40 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CSW pada umur 14 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 1	12,988	100	100.52	390	6,71	
2	CSW 3	12,225	100,35	100.24	390	6,59	
3	CSW 6	10,396	100,22	100.19	390	5,73	6,34

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 15 Oktober 2014
Diujii

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



LAPORAN DATA PENGUJIAN PROYEK AKHIR

JUDUL PRAKTIKUM	: Pengujian kuat Lentur Benda Uji CSW pada umur 28 hari
HARI, TANGGAL PENGUJIAN	: Senin 27 Oktober 2014
PUKUL	: 14.00 WIB
CUACA	: cerah
KELOMPOK PRAKTIKUM	: 1. Anton Wijaya Saputra 2. Arif Syahar A.P 3. Yogo Edi Prasetyo 4. Rudi Susanto 5. Aldian Iskandar 6. Nofia Arfiani 7. Sarah Fernandia

Data Hasil Pengujian kuat Lentur benda uji CSW pada umur 28 hari

No.	Notasi Benda Uji	Beban (kN)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang Antar Tumpuan (mm)	Kuat Lentur (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	CSW 5	12,28	100	100,02	390	7,34	8,20
2	CSW 8	16,60	100,68	100,12	390	8,88	
3	CSW 9	14,362	100,07	90,94	390	8,4	

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium,

Yogyakarta, Rabu 29 Oktober 2014
Diujji

Sudarman, S.Pd.
NIP. 19610214 199103 1 001

Sarah Fernandia
NIM. 13510134012



Foto 1. Proses pemasukan bahan-bahan



Foto 2. Penambahan bahan tambah serat baja



Foto 3. Proses masukan beton ke dalam cekatan silinder



Foto 4. Proses masukan beton kedalam cetakan balok



Foto 5. Proses pengerasan beton selama 24 jam



Foto 6. Proses pengerasan beton selama 24 jam



Foto 7. Pengujian kuat tekan beton



Foto 9. Pengujian kuat lentur beton

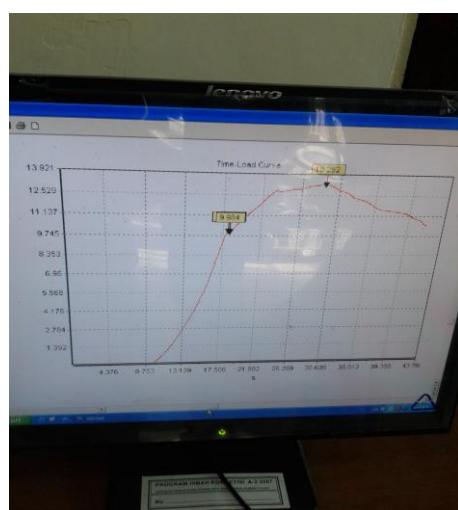


Foto 10. Grafik pengujian kuat lentur beton

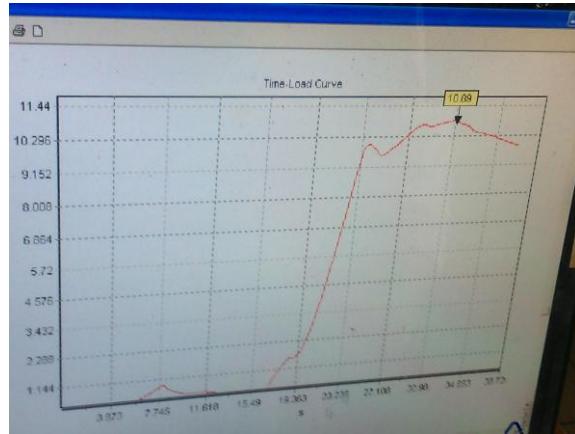


Foto 12. Grafik pengujian kuat lentur umur 7 hari



Foto14. Pengujian kuat Lentur beton umur 14 hari



Foto 15. Grafik pengujian kuat lentur umur 14 hari

