

**TUGAS AKHIR
(SKRIPSI)**

**“KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN
PEREKAT RESIN EPOKSI (KADAR 30%) SERTA PENAMBAHAN
FIBERGLASS (SERAT KACA) DENGAN KADAR BERVARIASI
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON”**

*Diajukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan
Tingkat Sarjana (Strata 1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik – Universitas Sangga
Buana (YPKP)*



Disusun Oleh:

Indra Supriatna

2112161204

**UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP
(YAYASAN PENDIDIKAN KEUANGAN DAN PERBANKAN)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
2020**

LEMBAR PERSETUJUN DAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

(SKRIPSI)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Akademis Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil- Fakultas Teknik Universitas Sangga
Buana (YPKP)*

“KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN
PEREKAT RESIN EPOKSI (KADAR 30%) SERTA PENAMBAHAN
FIBERGLASS (SERAT KACA) DENGAN KADAR BERVARIASI TERHADAP
KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON”

Disusun Oleh:

Indra Supriatna

2112161204

Menyetujui Dan Mengesahkan :

Dosen Pembimbing

Ir. Muhammad Ryanto, MT

NIK : 432 200 175

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik Sipil

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Bakhtiar Abu Bakar, MT

NIK : 432 200 090

Chandra Afriade Siregar, ST., MT

NIK : 432 200 168



“Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang”

“kerjakan dan jangan banyak bicara, karna kita perlu bukti bukan omongan belakang”

- **Ibu**

“ulah saruana”

- **Bapa**

“tidurlah saat kamu ingin melihat indahnya mimpi yang begitu banyak dan kamu akan menemukan keindahannya“

- **tikustidur**

“orang yang melanggar aturan disebut sampah ,tetapi orang yang meninggalkan shabatnya lebih rendah dari sampah“

- **Uzumaki Naruto**

“lakukan terus dan jangan menyerah , walaupun jatuh ribuan kalipun“

- **Supri**



Indra Supriatna

Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Mamah dan Bapak tercinta

Teman – teman seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2016 dan 2017

Dan teruntuk orang – orang yang selalu memberikan saya semangat

Hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul “ **Kajian Beton Polimer Menggunakan Baham Campuran Perekat Resin Epoksi (Kadar 30%) Serta Penambahan *Fiberglass* (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton** “ sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak terdapat karya yang pernah di lakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga, tidak ada karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh saya sendiri. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 14 November 2020

Pembuat Pernyataan

Indra Supriatna

2112161204

Halaman Hak Cipta Mahasiswa S1

**KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN
PEREKAT RESIN EPOKSI (KADAR 30%) SERTA PENAMBAHAN
FIBERGLASS (SERAT KACA) DENGAN KADAR BERVARIASI
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON**

Oleh :

INDRA SUPRIATNA

2112161204

Sebuah Tugas Akhir yang Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik Universitas Sangga
Buana – YPKP

© Indra supriatna 2020

Universitas Sangga Buana – YPKP

2020

Hak Cipta Dilindungi Undang – Undang

Tugas akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Dengan di cetak ulang, di foto kopi atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN
PEREKAT RESIN EPOKSI (KADAR 30%) SERTA PENAMBAHAN
FIBERGLASS (SERAT KACA) DENGAN KADAR BERVARIASI
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON**

**Indra Supriatna
2112161204**

ABSTRAK

Kajian beton polimer ini bertujuan untuk mengetahui daya rekat agregat dengan epoksi dan untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik beton polimer dengan uji kuat tekan setelah penambahan *fiberglass* pada beton polimer. Kajian beton polimer ini menggunakan bahan perekat resin dan serat *fiberglass*, penelitian ini menggunakan pengujian kuat tekan beton dengan pembebanan secara perlahan dengan penambahan konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm³ perdetik dan pengujian kuat tarik. Beban maksimum yang diberikan pada spesimen dibagi dengan faktor geometri yang tepat untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik belah dan nilai kekuatan tekan. Dalam hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton polimer BPF30 dengan perekat resin epoksi (kadar 30%) BPF30₍₁₎ memiliki kuat tekan sebesar 7,0 Mpa, pada BPF30₍₂₎ sebesar 9.06 Mpa. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah BPF30₍₃₎ mendapatkan nilai sebesar 8 Mpa, pada BPF30₍₄₎ sebesar 7,75 Mpa sehingga pada semua sampel termasuk dalam klasifikasi beton berat dengan mutu tinggi (*high strength concrete*).

Kata Kunci : Beton polimer, resin epoksi, pengujian tekan, pengujian tarik belah.

POLYMER CONCRETE STUDY USING EFOKSI RESIN ADHESIVE MIXTURE (30%) AS WELL AS THE ADDITION OF FIBERGLASS WITH VARYING CONTENT AGAINST STRONG PRESS AND STRONG PULL OF CONCRETE

Indra Supriatna
2112161204

ABSTRACT

This polymer concrete study aims to determine aggregate retribution with epoxy and to know the effect of the mechanical properties of polymer concrete with a strong press test after the addition of fiberglass on polymer concrete. This polymer concrete study uses resin adhesive materials and fiberglass fibers, this study uses strong testing of concrete press with slow load with constant addition, about 2 to 4 kg/cm³ per second and strong testing of the maximum load pull given to specimens divided by the right geometry factor to obtain the value of tensile strength and press strength value. In the results of this study showed that BPF30 polymer concrete with epoxy resin adhesive (content 30%) BPF30₍₁₎ has a press strength of 7,0 Mpa, at BPF30₍₂₎ of 9.06 Mpa. While in the strong test the pull of BPF30₍₃₎ has a value of 8 Mpa, at BPF30₍₄₎ of 7,75 Mpa so that in all samples included in the classification of heavy concrete with high quality (high strength concrete).

Keywords : Concrete polymer, epoxy resin, press testing, tensile testing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kasih atas berkat dan karunia- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akademik yang berupa Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul “**Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Perkat Resin Epoksi (Kadar 30%) Serta Penambahan *Fiberglass* (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton**” dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana (YPKP).

Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir serta dalam penyusunan laporan, untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. **Allah SWT**, yang telah memberikan kesempatan yang sangat berarti ini.
2. **Bapak Dan Ibu** saya tercinta di Bandung, serta saudara – saudara saya, terimakasih atas do’a dan motivasinya selama ini.
3. **Dr. H. Asep Effendi, SE., SE., MSi., PIA, CFA., CRBC.** selaku Rektor Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
4. **Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT**, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
5. **Memi Sulakmi, SE., M.Si**, selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
6. **Dr. Deni Nurdayana H, Drs, M.Si**, selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.

7. **Dr. Ir. Bakhtiar Abu Bakar, MT**, selaku Dekan Fakultas Teknik.
8. **Slamet Rismanto, ST., M.Kom**, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik.
9. **Chandra Afriade Siregar, ST.,MT**, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
10. Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
11. **Dody Kusmana, ST.,MT**, selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
12. **Ir. Amran Navambar, MT**, selaku Asisten Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan.
13. **Ir. Muhamad Ryanto, MT**, selaku Dosen Pembimbing Topik Khusus.
14. **Teman – teman** yang penyusun tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan bantuan hingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Oleh karena itu penulis banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah cakrawala pemikiran bagi pembaca. Segala hormat penulis sampaikan Terimakasih.

Bandung, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

ABSTRAK

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR ISTILAH	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Maksud Dan Tujuan Penelitian	4
1.4.1. Maksud Penelitian	4
1.4.2. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Lokasi Penelitian.....	5
1.7. Sistematika Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Beton	7

2.1.1. Kelebihan Penggunaan Beton.....	8
2.1.2. Kekurangan Penggunaan Beton.....	8
2.2. Sifat – sifat Beton	9
2.3. Jenis – jenis Beton	10
2.3.1. Beton Keras	10
2.3.2. Beton Segar	10
2.4. Bahan Penyusun Beton	14
2.4.1. Semen.....	16
2.4.2. Agregat	19
2.4.3. Air	26
2.5. Kekuatan Beton	27
2.6. Polimer	27
2.6.1. Polimer Alam.....	28
2.6.2. Polimer Sintetis.....	29
2.7. Beton Polimer	32
2.7.1. Penemu Beton Polimer.....	33
2.7.2. Awal Mula Ditemukan Beton Polimer	34
2.7.3. Lokasi Ditemukannya Beton Polimer	34
2.7.4. Fungsi Beton Polimer	35
2.7.5. Keistimewaan Beton Polimer	35
2.8. Karakterisasi Beton Polimer.....	36
2.8.1. Pengujian Sifat Fisis	37
2.8.2. Pengujian Sifat Mekanis	38

2.8.3. Pengujian Sifat Mikrostruktur	40
2.9. Serat	41
2.10. Beton Serat	42
2.10.1. Deskripsi Beton Serat	42
2.10.2. Sifat – sifat Beton Serat	42
2.11. Resin Epoksi	44
2.11.1. Aplikasi	47
2.11.2. Sifat Fisik	47
2.11.3. Sifat Kimia	47
2.11.4. Sifat Mekanik	47
2.11.5. <i>Painting</i>	48
2.11.6. Epoksi Di Industri	49
2.11.7. Kegunaan Epoksi	50
2.11.8. Epoksi Dan Bahan Lainnya	50
2.11.9. Bahaya Epoksi Pada Kesehatan	52
2.12. Katalis	52
2.13. <i>Fiberglass</i>	56
2.13.1. Kegunaan <i>Fiberglass</i>	58
2.13.2. Bahan Dasar <i>Fiberglass</i>	59
2.13.3. Proses Pembuatan <i>Fiberglass</i>	60
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	61
3.1. Umum	61
3.2. Variabel Penelitian	62

3.3. Alat Dan Bahan Yang Digunakan	63
3.3.1. Alat.....	63
3.3.2. Bahan	68
3.4. Lokasi Penelitian.....	70
3.5. Pemeriksaan Agregat	71
3.4.1. Pemeriksaan Agregat Halus	71
3.4.2. Pemeriksaan Agregat Kasar	76
3.6. Prosedur Penelitian	79
3.7. Pengujian Kuat Tekan Belah Beton.....	81
3.8. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	82
3.9. Pengolahan Data	83
3.10. Bagan Alir Penelitian	84
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA	85
4.1. Tinjauan Umum	85
4.2. Pengujian Bahan Material.....	87
4.2.1. Pengujian Agregat Halus	87
4.2.2. Pengujian Agregat Kasar	94
4.2.3. Pengujian Rasin Epoksi Dan Katalis.....	101
4.3. Pembuatan Benda Uji	102
4.3.1. Perencanaan Campuran Beton Polimer.....	102
4.3.2. Perhitungan Campuran Beton Polimer	103

4.3.3. Rencana Anggaran Biaya	110
4.4. Analisa Hasil Pengujian Tekan Beton Polimer	112
4.4.1. Benda Uji BPF30 ₍₁₎	112
4.4.2. Benda Uji BPF30 ₍₂₎	114
4.4.3. Perbandingan Uji Tekan Dengan Kadar <i>Fiberglass</i> Berbeda .	115
4.4.4. Perbandingan Uji Tekan Dengan Kadar Resin Dan Hardener Berbeda	115
4.5. Analisa Hasil Pengujian Tarik Belah Beton Polimer	118
4.5.1. Benda Uji BPF30 ₍₃₎	118
4.5.2. Benda Uji BPF30 ₍₄₎	119
4.5.3. Perbandingan Uji Tarik Belah Dengan Kadar <i>FiberglassI</i> Berbeda	120
4.5.4. Perbandingan Uji Tarik Belah Dengan Kadar Resin Dan Hardener Berbeda	121
BAB V KESIMPULAN.....	124
5.1. Kesimpulan.....	124
5.2. Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Semen.....	16
Gambar 2.2. Pasir.....	20
Gambar 2.3. Kerikil	23
Gambar 2.4. Resin epoksi	44
Gambar 2.5. Molekul resin epoksi.....	45
Gambar 3.6. <i>Hardener</i>	52
Gambar 3.1. Ayakan agregat	63
Gambar 3.2. Cetakan beton silinder.....	64
Gambar 3.3. Ember	64
Gambar 3.4. Gelas ukur	65
Gambar 3.5. Gunting.....	65
Gambar 3.6. Sendok semen	66
Gambar 3.7. Timbangan.....	66
Gambar 3.8. Tongkat penggetar	67
Gambar 3.9. Sigmat	67
Gambar 3.10. CTM.....	68
Gambar 3.11. <i>Force gouger</i>	68
Gambar 3.12. Pasir lokal bandung	69
Gambar 3.13. Kerikil lokal bandung	69
Gambar 3.14. Resin epoksi	70
Gambar 3.15. <i>Hardener</i>	70

Gambar 3.16. <i>Fiberglass</i>	71
Gambar 3.17. Ilustrasi kuat tekan beton	82
Gambar 3.18 Ilustrasi kuat tarik beton	83
Gambar 3.19 Diagram allir penelitian	84
Gambar 4.1. Grafik gradasi agregat halus.....	94
Gambar 4.2. Grafik gradasi agregat kasar.....	101
Gambar 4.3. Benda uji 1 kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	112
Gambar 4.4. Pengujian benda uji kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	113
Gambar 4.5. Benda uji 2 kadar <i>fiberglass</i> 10%	114
Gambar 4.6. Pengujian benda uji kadar <i>fiberglass</i> 10%	114
Gambar 4.7. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar <i>fiberglass</i> berbeda.....	115
Gambar 4.8. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar <i>fiberglass</i> sama 7,5% dan kadar resin berbeda.....	116
Gambar 4.9. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar fiberglass sama 10% dan kadar resin berbeda	116
Gambar 4.10. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar <i>fiberglass</i> 7,5% dan 10%, dan kadar resin yang berbeda.....	117
Gambar 4.11. Benda uji 3 kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	118
Gambar 4.12. Pengujian benda uji 3 kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	118
Gambar 4.13. Benda uji 4 kadar <i>fiberglass</i> 10%	119
Gambar 4.12. Pengujian benda uji 4 kadar <i>fiberglass</i> 10%	119
Gambar 4.13. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar fiberglass	

berbeda	120
Gambar 4.14. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar <i>fiberglass</i> 7,5% dan kadar resin berbeda.....	121
Gambar 4.15. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar <i>fiberglass</i> 10% dan kadar resin berbeda	122
Gambar 4.16. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar <i>fiberglass</i> Yaitu 7,5% dan 10% dan kadar resin yang berbeda	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batasan gradasi untuk agregat halus	22
Tabel 2.2. Susunan besar butiran agregat kasar	25
Tabel 2.3. Contoh jenis – jenis polimer alam.....	29
Tabel 2.4. Perbedaan polimer termoplastik dan termosetting	32
Tabel 2.5. Komposisi serat kaca (<i>fiberglass</i>)	57
Tabel 2.6. Sifat fisis dan mekanik serat kaca (<i>fiberglass</i>).....	57
Tabel 3.1. Variabel penelitian pengujian kuat tekan beton	62
Tabel 3.2. Variabel penelitian pengujian kuat tarik beton	63
Tabel 4.1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	89
Tabel 4.2. Pengujian kadar air agregat halus.....	91
Tabel 4.3. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	92
Tabel 4.4. Pengujian bobot isi agregat halus	93
Tabel 4.5. Pengujian gradasi / modulus kehalusan agrgat halus	93
Tabel 4.6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	96
Tabel 4.7. Pengujian kadar air agregat kasar.....	98
Tabel 4.8. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	99
Tabel 4.9. Pengujian bobot isi agregat kasar.....	100
Tabel 4.10. Pengujian gradasi / modulus kehalusan agrgat kasar	100
Tabel 4.11. Pengujian bobot isi resin dan hardener	101
Tabel 4.12. Variabel penelitian pengujian kuat tekan beton	102
Tabel 4.13. Variabel penelitian pengujian kuat tarik belah beton	103

Tabel 4.14. Kebutuhan material benda uji 1	105
Tabel 4.15. Kebutuhan material benda uji 2	107
Tabel 4.16. Kebutuhan material benda uji 3	108
Tabel 4.17. Kebutuhan material benda uji 4	110
Tabel 4.18. Hasil pengujian kuat tekan benda uji 1 kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	113
Tabel 4.19. Hasil pengujian kuat tekan benda uji 1 kadar <i>fiberglass</i> 10%	115
Tabel 4.20. Hasil pengujian kuat tarik belah benda uji 3 kadar <i>fiberglass</i> 7,5%	119
Tabel 4.21. Hasil pengujian kuat tarik belah benda uji 3 kadar <i>fiberglass</i> 10%	120

DAFTAR ISTILAH

BPF30 ₍₁₎	= Beton polimer fiber kadar resin 30% benda uji 1 dengan Kadar <i>fiberglass</i> 7,5%.
BPF30 ₍₂₎	= Beton polimer fiber kadar resin 30% benda uji 2 dengan Kadar <i>fiberglass</i> 10%.
BPF30 ₍₃₎	= Beton polimer fiber kadar resin 30% benda uji 3 dengan Kadar <i>fiberglass</i> 7,5%.
BPF30 ₍₄₎	= Beton polimer fiber kadar resin 30% benda uji 4 dengan Kadar <i>fiberglass</i> 10%.
SNI	= Standar Nasional Indonesia
F'c	= Kuat tekan benda uji
Fct	= Kuat tarik belah benda uji
P	= Beban maksimum
A	= Luas alas benda uji
D	= Diameter benda uji
L	= Panjang benda uji
T	= Tinggi benda uji
Sd	= Berat jenis curah kering
Ss	= Berat jenis curah jenuh kering permukaan
Sa	= Berat jenis semu
Sw	= Penyerapan air
FAS	= Faktor air semen

CTM	= <i>Compression Testing Machine</i>
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
ASTM	= <i>American Standart Testing And Material</i>
PIC	= <i>Polymer Impregnated Concrete</i>
PCC	= <i>Polymer Cement Concrete</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
CSM	= <i>Chopped strandmat</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Foto – foto pelaksanaan penelitian

1. Alat dan bahan
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus
3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
4. Pengujian kadar air agregat halus
5. Pengujian kadar air agregat kasar
6. Pengujian kadar lumpur agregat halus
7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar
8. Pengujian bobot isi agregat halus
9. Pengujian bobot isi agregat kasar
10. Pengujian gradasi agregat halus
11. Pengujian gradasi agregat kasar
12. Proses perencanaan campuran benda uji
13. Proses pengujian benda uji

Lampiran 2 : Acuan data

1. SNI 1971 : 2011
2. SNI ASTM C117 : 2012
3. SNI 1970 : 2008
4. SNI 1969 : 2008
5. SNI 34 – 4804 – 1998
6. SNI ASTM C136 - 2012

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dunia konstruksi di Indonesia saat ini semakin pesat perkembangannya dan signifikan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya proyek-proyek bangunan konstruksi yang sedang berjalan. Perkembangan yang dimaksudkan tentunya akan berdampak terhadap kebutuhan masyarakat akan penggunaan beton. Hal tersebut dikarenakan beton merupakan bahan konstruksi yang paling sering digunakan dan mudah dalam memproduksinya.

Beton di ketahui sebagaibahan bangunan dengancampuran yang diformulasikan berdasarkan berat unsur-unsur penyusun seperti agregat halus, agregat kasar, air, semen dan dengan atau tanpa bahan tambahan yang setelah mengeras membentuk masa padat. Harganya yang relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal sehingga banyak di gunakan di Indonesia.

Secara umum beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari air, semen portland, agregat halus dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan (Tjokrodimuljo, 2012). Penambahan polimer pada campuran bahan dalam membuat beton dapat memberikan hasil yang lebih baik, seperti bertambah kuat, ringan, tahan korosi dan juga lebih ekonomis.

Polimer adalah suatu zat kimia yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan hidrogen sebagai molekul utamanya. Adapun bahan bakupolimer didapatkan dari limbah plastik yang didaur ulang, kemudian dicampur dengan bahan kimia lainnya.

Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit, yang matriksnya terdiri atas polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan matriks polimer seperti polimer termoset dan mineral *fillernya* dapat berupa *aggregate*, *gravel* dan *crushed stone*. Keunggulan beton polimer antara lain, kekuatannya tinggi, tahan terhadap kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibanding beton portland

konvensional. Proses pengerasan pada beton semen portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek waktu proses fabrikasinya, dan memperkecil biaya operasional. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai fondasi galangan kapal, tangga, sanitari, lantai, panel, bangunan komersial, pemipaan dan lain-lain (Nawy et al., 1985).

Resin epoksi atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekaniknya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Gemert et al., 2004).

Pada penelitian ini beton polimer akan dikombinasikan dengan penggunaan *fiberglass* (serat kaca) dalam campuran beton. Pemilihan *fiberglass* (serat kaca) dikarenakan bahan ini mudah didapat dipasaran, awet, tidak mudah busuk serta mempunyai nilai ekonomis. *Fiberglass* (serat kaca) juga mempunyai kemampuan tarik yang cukup tinggi. Sehingga diharapkan nantinya dapat meningkatkan kekuatan mekanik beton. Dalam latar belakang di atas penulis menggunakan *fiberglass* (serat kaca), kerikil, pasir dan resin epoksi yang dikombinasikan dengan katalis (hardener) sebagai bahan baku utama dalam pembuatan beton polimer ini. Adapun penelitian ini diberi judul “Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Perekat Resin Epoksi (Kadar

60%) Serta Penambahan *Fiberglass* (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton”

1.2. Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas dapat diambil suatu rumusan masalah untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton polimer untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan dan kuat tarik beton polimer dengan menggunakan bahan campuran resin epoksi dengan kadar 30%, katalis (*hardener*), agregat halus berupa pasir yang diambil dari pasir lokal Bandung, agregat kasar berupa kerikil yang diambil dari kerikil lokal bandung serta penambahan *fiberglass* (serat kaca) dengan kadar 7.5% dan 10%.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan suatu hasil penelitian dari permasalahan yang ditentukan, maka perlu ada pembatasan masalah penelitian:

1. Resin epoksi yang digunakan adalah epoksi merk devan.
2. *Fiberglass* yang digunakan bejenis *E-Glass* dengan bentuk *chopped strand mat (CSM)*.
3. Agregat kasar batu pecah/ kerikil yang digunakan maksimum berdiameter 20 mm dan berasal dari kerikil lokal bandung.
4. Agregat halus pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari lokal bandung.
5. Penelitian ini menggunakan benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 cm serta tinggi 30 cm.
6. Kadar/komposisi resin epoksi tetap yaitu 30%.
7. Perbandingan resin epoksi dan katalis (*hardener*) yaitu 3:1.
8. Pada penelitian ini, masing masing pengujian yaitu uji tekan dan uji tarik membuat 2 benda uji, dengan kadar *fiberglass* 7.5% dan 10%.
9. Pengujian karakterisasi beton polimer yaitu untuk mengetahui sifat mekanis dengan uji tekan dan uji tarik.

10. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

1.4. Maksud Dan Tujuan Penelitian

1.4.1. Maksud Penelitian

Adapun maksud pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *fiberglass* (serat kaca) pada beton polimer.
2. Untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat tekan beton polimer dengan perbandingan resin epoksi dan katalis (*hardener*), agregat halus berupa pasir lokal bandung, agregat kasar berupa kerikil lokal bandung serta penambahan serat berupa *fiberglass* (serat kaca).
3. Untuk mengetahui seberapa besar nilai kuat tarik beton polimer dengan perbandingan resin epoksi dan katalis (*hardener*), agregat halus berupa pasir lokal bandung, agregat kasar berupa kerikil lokal bandung serta penambahan serat berupa *fiberglass* (serat kaca).

1.4.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Sebagai syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata 1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik – Universitas Sangga Buana (YPKP)
2. Untuk mengetahui variasi komposisi bahan terbaik terhadap karakterisasi beton polimer.
3. Untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik beton polimer dengan uji tekan setelah penambahan *fiberglass* pada beton polimer.
4. Untuk mengetahui aplikasi dari pembuatan beton polimer dengan penambahan *fiberglass*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Inovasi beton dengan tanpa menggunakan semen portland.
2. Pemanfaatan serat, dalam penelitian ini menggunakan *fiberglass* sebagai *filler* dari beton polimer.
3. Dapat memberikan terobosan baru kepada masyarakat dalam pengembangan bahan non logam.
4. Dapat digunakan sebagai pembanding dan referensi dalam penelitian selanjutnya di masa mendatang.

1.6. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Beton Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana (YPKP) Bandung, yang beralamat di Jl. PH. H. Mustofa No.68 Cikutra, Kota Bandung.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami laporan topik khusus ini, maka penulisan laporan ini disusun menjadi beberapa bab, dimana setiap bab dibagi menjadi beberapa sub bab sesuai dengan lingkup pembahasannya. Bab tersebut dapat diuraikan seperti dibawah ini :

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas/berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian lokasi penelitian, sistematika penulisan dan keaslian penelitian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan mengenai tinjauan pustaka berisi pengenalan tentang sifat-sifat beton serta bahan pembentuknya dan beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini. Dalam bab ini menguraikan dan menjelaskan hasil studi sebagai *literature* mengenai teori-teori yang berkaitan dengan kajian, standar perencanaan serta hasil studi terdahulu

yang berhubungan serta relevan dengan kajian dalam penulisan topic khusus ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Menjelaskan secara ringkas mengenai persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, dan evaluasi penelitian.

4. BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Berisi mengenai proses pelaksanaan penelitian, serta hasil pengujian terhadap bahan – bahan yang digunakan terhadap penelitian ini, serta hasil pengujian terhadap beton polimer yang sudah dibuat terhadap pengujian kuat tekan dan pengujian kuat tarik belah beton.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari semua tahapan penelitian, dan juga hasil akhir yang didapat terhadap pengujian beton polimer. Selain itu, tertulis saran untuk supaya menjadi lebih baik lagi terhadap penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan di bidang Teknik Sipil seperti pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (concrete), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (composite) atau jenis seperti ditambahkan juga dengan zat additif yang bersifat kimiawi pada perbandingan tertentu sampai menjadi kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras karena terjadi peristiwa reaksi kimia antara semen dan air. Beton memiliki bermacam-macam jenis beton seperti beton siklop, beton ringan, beton non pasir, beton hampa, beton bertulang, beton prategang, beton pracetak, beton massa, fero semen, beton serat, beton polimer dan lain-lain. Masing-masing dari jenis beton di atas mempunyai fungsi dan kegunaan yang berbeda-beda.

Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip batuan. Sering kali ditambahkan bahan *additive* untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan (*workability*), *durability* dan waktu pengerasan (McCormack, 2003).

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat

halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (**Kardiyono Tjokrodimulyo,2007**).

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (**Dr. Wuryati Samekto, M.Pd dan Candra Rahmadiyanto, S.T.,2001**).

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

2.1.1. Kelebihan Penggunaan Beton

Adapun kelebihan dari penggunaan beton yaitu :

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
2. Mampu memikul beban yang berat
3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
4. Biaya pemeliharaan yang kecil

2.1.2. Kekurangan Penggunaan Beton

Adapun kekurangan dari penggunaan beton yaitu :

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Beban yang berat.
4. Daya pantul suara yang besar.
5. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberi baja tulangan atau tulangan kasa

2.2. Sifat – Sifat Beton

Sifat dan karakteristik beton :

1. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
7. Dengan perkiraan komposisi (mix desain) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik.
11. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik.
12. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relative rendah.
13. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai kekakuan tinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran.

14. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi dengan massa jenis γ_c sekitar 2400 kg/m³ bahan ini memiliki berat jenis 23,54 kN/m³ (1000g kg setara dengan 1 kN, di mana gravitasi dalam cm/dt²), mengakibatkan bangunan beton sangat berat.
15. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkak.

2.3. Jenis – Jenis Beton

Beton dibedakan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

2.3.1. Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkak, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedap terhadap air .

Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktu beton. Berbagai test uji kekuatan dilakukan pada beton keras ini antara lain :

- A. Uji kekuatan tekan (compression test)
- B. Uji kekuatan tarik belah (spillting tensile test)
- C. Uji kekuatan lentur
- D. Uji lekatan antara beton dan tulangan
- E. Uji Modulus Elastisitas dan lain sebagainya.

2.3.2. Beton Segar

Sifat-sifat beton segar hanya penting sejauh mana mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan untuk pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras.

Ada 2 hal yang harus dipenuhi ketika membuat beton :

- A. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras, seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.

B. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya bleeding dan segregation.

Sifat workabilitas pada beton segar dapat dilakukan dengan beberapa cara, tetapi kebanyakan dari pengetesan tersebut hanya bersifat empiris. Hanya sedikit yang memenuhi standart, dan semua test tersebut bersifat '*a single point test*' jadi tidak dapat dibandingkan satu samalainnya karena mereka mengukur sifat-sifat beton yang berbeda. Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas karena penting untuk control kualitas. Pengukuran workabilitas yang telah dikembangkan antara lain:

A. *Slump test*

B. *Compaction test*

C. *Flow test*

D. *Remoulding test*

E. *Penetration test*

F. *Mixer test*

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya, jenis beton dapat dibedakan menjadi sepuluh macam yaitu :

A. Beton mortar

Bahan baku pembuatan beton mortar terdiri atas mortar, pasir, dan air. Ada tiga ragam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur. Beton mortar semen yang dipasangi anyaman tulangan baja di dalamnya dikenal sebagai ferro cement. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik.

Seperti kita ketahui, dalam proses penggunaan semen oleh tukang, biasanya kita melihat tukang mencampur semen, pasir ayak, kapur (lime), bata merah halus (opsional), dan air. Pencampuran ini tentunya selalu tidak pernah seragam dan juga hanya berdasarkan "intuisi" si tukang. Adanya mortar tentunya merubah konsep cara

pencampuran seperti itu karena mortar adalah Semen Instant siap pakai, hanya tambah air, aduk, kemudian langsung bisa dipakai.

B. Beton ringan

Sesuai namanya, beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Beberapa orang juga kerap menambahkan zat aditif yang bisa membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan pada beton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Beton ringan biasanya diaplikasikan pada dinding non-struktur.

C. Beton non pasir

Proses pembuatan beton non-pasir sama sekali tidak menggunakan pasir, melainkan hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tidak memakai pasir, kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Penggunaan beton non-pasir misalnya pada struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

D. Beton hampa

Disebut hampa karena dalam pembuatannya dilakukan penyedotan air pengencer adukan beton memakai vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang telah bereaksi dengan semen saja sehingga memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Tak heran, beton hampa banyak sekali dimanfaatkan dalam pendirian bangunan-bangunan pencakar langit.

E. Beton bertulang

Beton bertulang tercipta dari perpaduan adukan beton dan tulangan baja. Perlu diketahui, beton mempunyai sifat kuat terhadap gaya tekan, tetapi lemah dengan gaya tarik. Oleh karena itu, tulangan baja sengaja ditanamkan ke dalamnya agar kekuatan beton tersebut

terhadap gaya tarik meningkat. Beton bertulang biasanya dipasang pada struktur bentang lebar seperti pelat lantai, kolom bangunan, jalan, jembatan, dan sebagainya.

F. Beton pra tegang

Pada dasarnya, pembuatan beton pra-tegang mirip sekali dengan beton bertulang. Perbedaan tipis hanyalah terletak pada tulangan baja yang bakal dimasukkan ke beton harus ditegangkan terlebih dahulu. Tujuannya supaya beton tidak mengalami keretakan walaupun menahan beban lenturan yang besar. Penerapan beton pra-tegang juga banyak dilakukan untuk menyangga struktur bangunan bentang lebar.

G. Beton pra cetak

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pra-cetak. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain agar kualitasnya lebih baik. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pra-cetak biasanya diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengadaan material.

H. Beton massa

Beton massa yaitu beton yang dibuat dalam jumlah yang cukup banyak. Penuangan beton ini juga sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Begitu pula dengan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Pada umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Beton ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi besar, pilar bangunan, dan bendungan.

I. Beton siklop

Beton siklop merupakan beton yang menggunakan agregat cukup besar sebagai bahan pengisi tambahannya. Ukuran penampang agregat tersebut berkisar antara 15-20 cm. Bahan ini lantas ditambahkan ke adukan beton normal sehingga dapat meningkatkan

kekuatannya. Beton siklop seringkali dibangun pada bendungan, jembatan, dan bangunan air lainnya.

J. Beton serat

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Contoh-contoh serat yang lumrah dipakai di antaranya asbestos, plastik, kawat baja, hingga tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat dimaksudkan untuk menaikkan daktilitas pada beton tersebut sehingga tidak mudah mengalami keretakan.

2.4. Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacamnya lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Kekakuan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan

dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/ *fresh concrete*) yang baik dan beton (beton keras / *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Faktor – faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan- keunggulannya antara lain :

1. Kemudahan pengolahannya : yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.
2. Material yang mudah didapat : Sebagian besar dari material- material pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.
3. Kekuatan tekan tinggi : Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.
5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.4.1. Semen



(Gambar 2.1.Semen)

(Sumber : www.infia.com)

1. Umum

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

A. Semen non hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

B. Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain : kapur

hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozollan dan semen alumina.

2. Semen portland

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Komposisi yang sebenarnya dari berbagai senyawa yang ada berbeda-beda dari jenis semen yang satu dengan yang lain, untuk berbagai jenis semen ditambahkan berbagai jenis material mentah lainnya.

3. Jenis – jenis semen portland

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

A. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan- bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

B. Tipe II (*high – early – strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

- C. Tipe III (*modified portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).
 - D. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
 - E. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.
 - F. *Portland Pozzolan Cement* (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.
4. Senyawa kimia

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat *adhesif* dan *kohesif* yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku : batu gamping/kapur sebagai bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa *Calcium Oksida* (CaO), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa: *Silika Oksida* (SiO₂), *Aluminium Oksida* (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃) dan *Magnesium Oksida* (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (*bulk*), tanpa memandang proses

pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air.

Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat partikel agregat yang terpisah sehingga menjadi satu kesatuan. Bahan dasar pembentuk semen adalah :

- A. $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (*tricalcium silikat*) disingkat C_3S (58% - 69%)
- B. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (*dicalcium silikat*) disingkat C_2S (8% - 15%)
- C. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (*tricalcium aluminate*) disingkat C_3A (2% - 15%)
- D. $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (*tetracalcium alummoferrit*) disingkat C_4AF (6-14%)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C_3S dan C_2S adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Cokrodimuljo, 1992). Semen dan air saling bereaksi, persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

2.4.2. Agregat

1. Umum

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

2. Jenis agregat

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya.

Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

A. Agregat halus



(Gambar 2.2.Pasir)

(Sumber : www.asiacon.co.id)

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*).

Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

- a. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
- b. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.

- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
- d. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses. (**Daryanto**, 1994)

a. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

c. Pasir laut

Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu,

sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

Spesifikasi agregat halus

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik.

Adapun spesifikasi tersebut adalah :

a. Susunan butiran (gradasi)

Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

- Pasir Kasar : $2.9 < FM < 3.2$
- Pasir Sedang : $2.6 < FM < 2.9$
- Pasir Halus : $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33 – 74 a. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1. Batasan gradasi untuk agregat halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No.8)	80 – 100
1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm (No.30)	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 - 10

(Sumber : ASTM C 33 – 74 a)

- b. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
- c. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)
- d. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder.
- e. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaiian yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaiian.
- f. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
 - Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.

B. Agregat kasar



(Gambar 2.3.Pasir)

(Sumber : www.soulofjakarta.com)

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Jenis agregat kasar antara lain :

- a. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
- b. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast -furnace dan lain-lain.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom yang sekarang ini, juga untuk pelindung dari radasi nuklir sebagai akibat banyaknya pembangkit atom an stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang melindungi dari sinar X, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

Spesifikasi agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- a. Susunan butiran (gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya

harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Susunan besar butiran agregat kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 - 100
19,10	35 - 70
9,52	10 - 30
4,75	0 - 5

(Sumber : ASTM 1991)

- b. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
- c. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
- d. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
- e. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih

dari 24% berat.

- Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
- f. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

2.4.3. Air

Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Kental atau enceranya campuran ditentukan oleh banyaknya air yang terdapat dalam beton yang baru diaduk. Kandungan air dalam beton segar harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam mix design dan kondisi lapangan sewaktu pembuatan beton. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan beton menjadi encer sedangkan kadar air yang rendah akan menyebabkan daya rekat campuran beton berkurang.

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *water cement ratio* (*w.c.r*), agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai *w.c.r* 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai, umumnya menggunakan nilai *w.c.r* yang rendah, sedangkan dalam kemudahan pengerjaan (*workability* diperlukan nilai *w.c.r* yang lebih tinggi.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

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

Air memiliki beberapa pengaruh terhadap kekuatan beton antara lain :

1. Air merupakan media pencampuran pada pembuatan pasta
2. Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan faktor semen
3. Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan, dan kandungan air yang rendah reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan :
 - Mudah mengerjakannya
 - Kekuatan rendah
 - Beton dapat menjadi berporos

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

2.5. Kekuatan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*.

2.6. Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly= banyak;mer= bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer), saling berikatan dalam

suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya. Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis).

2.6.1. Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti ; Amilum dalam beras, jagung dan kentang , pati , selulosa dalam kayu , protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet, protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3. Contoh jenis – jenis polimer alam

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

(Sumber : *Anggunchemistry.blogspot.com, 2011*)

2.6.2. Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vinyl chlorida (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak.

Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran **Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907**. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini

dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termoseting.

1. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang.

Polimer Termoplastik mempunyai sifat – sifat khusus sebagai berikut :

- A. Berat molekul kecil
- B. Tidak tahan terhadap panas.
- C. Jika dipanaskan akan melunak.
- D. Jika didinginkan akan mengeras.
- E. Mudah untuk diregangkan.
- F. Fleksibel.
- G. Titik leleh rendah.
- H. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
- I. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
- J. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut.

- A. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
- B. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.

C. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.

D. Polistirena = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

2. Polimer Termosetting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Sifat polimer termosetting sebagai berikut :

- A. Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- B. Jika dipanaskan akan mengeras.
- C. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
- D. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
- E. Jika dipanaskan akan meleleh.
- F. Tahan terhadap asam basa.
- G. Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4. Perbedaan polimer termo plastik dan termosetting

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

(Sumber : www.anggunchemistry.blogspot.com)

2.7. Beton Polimer

Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit, dimana bindernya terdiri dari polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan binder polimer seperti thermoplastik atau disebut termosetting polimer dan mineral fillernya dapat berupa *aggregate, gravel dan crushed stone*. Keunggulan beton polimer antara lain. Kekuatan tinggi, tahan terhadap abrasi (pengikisan), penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibandingkan beton Portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen *portland* untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek waktu proses pabrikasinya. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai pondasi galangan kapal, tangga, sanitari, lantai, panel, pemipaan, *skid resistant in highway* dan lain-lain. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air. Hal tersebut disebabkan karena beton polimer dapat mengeras di dalam air, yang mana beton polimer memiliki sifat kedap air, tidak terpengaruh sinar ultra violet, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya. (Prilian, 2009).

Rekayasa beton dengan polimer (*polymer modified concrete*) merupakan suatu rekayasa material beton dengan menggunakan material organik rantai panjang atau polimer. Polymer modified concrete ada dua macam, yaitu *polymer impregnated concrete* (PIC) dan *polymer cement concrete* (PCC). PIC adalah suatu material yang dibuat melalui impregnasi bahan polimer ke dalam

beton yang sudah mengeras agar dapat menutupi pori-pori permukaan beton sehingga lebih tahan terhadap kelembaban atau penyerapan air. PCC adalah suatu material beton yang dibuat sebagai pengganti perekat semen dengan bahan polimer.

Pada umumnya beton polimer yang dibuat dengan polimer lateks mempunyai ikatan yang baik untuk memperkuat baja dan beton tahan lama, baik dalam hal elastis, anti karat dan menghentikan adanya kerusakan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fiber ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber. Penurunan kelecakan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen ataupun pemakaian bahan tambah. Meskipun demikian jika konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber (nilai banding panjang dan diameter fiber) melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan kelecakan yang sangat rendah yang sulit diaduk dan dicor dengan cara-cara biasa.

Rekayasa beton polimer atau disebut sebagai polymer modified concrete merupakan suatu perekayasaan material beton dengan menggunakan material organik rantai panjang atau polimer. Polymer modified concrete ada dua macam yaitu polymer impregnated concrete (PIC) dan polymer cement concrete (PCC). Polymer impregnated concrete adalah suatu material yang dibuat melalui impregnasi bahan polimer ke dalam beton jadi yang sudah mengeras agar dapat menutup pori –pori permukaan beton agar lebih tahan terhadap kelembaban atau penyerapan air. Sedangkan polymer cement concrete adalah suatu material beton yang dibuat dengan menggantikan sebagian perekat semen dengan bahan polimer.

2.7.1. Penemu Beton Polimer

Beton polimer ditemukan oleh Prof Ir H Djuanda Suraatmadja, beliau adalah Guru Besar Teknik Sipil ITB yang pernah menjabat Ketua Rektorium Institut Teknologi Bandung pada periode 16 Februari 1978 -

30 Mei 1979. Prof. Ir. Djuanda Suraatmadja lahir di Bandung, Jawa barat pada 3 Januari 1936. Beliau adalah anak kedua dari 12 bersaudara yang lahir dari keluarga guru di Bandung. Ayahnya, Otong Suraatmadja, adalah mantan Direktur SMA I Bandung, dan ibunya Ny Kamidah Atmadidjaja, pernah menjadi guru Sekolah Kepandaian Puteri (SKP) di Sumedang.

Beton polimer tidak hanya ditemukan oleh Prof Ir H Djuanda Suraatmadja namun juga dibantu oleh kedua rekannya yang bernama Dicky dan Budi. Dicky dan Budi merupakan partner yang masih berstatus sebagai mahasiswa.

2.7.2. Awal Mula Ditemukan Beton Polimer

Penelitian beton polimer pada awalnya berdasarkan pemikiran ingin mencari beton yang dalam hal-hal tertentu memiliki sifat lebih baik dari beton semen. Ternyata dari literatur diketahui, polimer memiliki sifat seperti semen. Ditambah dengan harga semen pada waktu itu yang sedang melonjak lonjak, maka dibutuhkan suatu bahan yang diharapkan dapat menjadi solusi dalam permasalahan tersebut. Penelitian ini juga didorong oleh keinginan penemu untuk memanfaatkan limbah plastik yang banyak.

2.7.3. Lokasi Ditemukannya Beton Polimer

Dalam meneliti beton polimer ini, Prof Ir H Djuanda Suraatmadja dan kedua rekannya yaitu dicky dan Budi melakukan uji coba sejak tahun 1975 di Laboratorium Struktur dan Bahan serta Laboratorium lainnya di ITB (Institut Teknologi Bandung) yang beralamatkan di jalan Ganesha no. 10- Bandung (40132) dan laboratorium LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) di Komplek LIPI, Jalan Cisititu No 21 / 154D Bandung (40135). Dan berkat kegigihan dan keseriusan mereka maka berhasillah ditemukan beton polimer yang memiliki keunggulan yang lebih dibandingkan dengan beton semen biasa.

2.7.4. Fungsi Beton Polimer

Beton polimer berfungsi layaknya beton semen biasa pada umumnya. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai pilar jembatan, pondasi bangunan, jalan pada jembatan, dinding tahan gempa (modifikasi dari dinding batu bata) dll. Beton polimer juga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air.

2.7.5. Keistimewaan Beton Polimer

Seperti telah disinggung di kegunaan dari beton polimer, bahwa beton polimer dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air. Hal tersebut disebabkan karena beton polimer dapat mengeras di dalam air.

Selain mengeras dalam air, beton polimer juga memiliki sifat sifat lainnya yang tentunya menguntungkan bagi orang yang tau cara mempergunakannya, Seperti : sifat kedap air, tidak terpengaruh sinar ultra violet, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya.

Menurut kesimpulan percobaan yang dilakukan oleh sanjayaaryandi.blogspot.com. terhadap beton polimer memiliki beberapa keunggulan lainnya yaitu :

1. Densitas terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 2,1312 gram/cm³. Untuk beton normal densitas > 2,016 g/cm³ sehingga densitas pada beton polimer termasuk katagori beton normal.
2. Penyerapan air minimum pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 0,0790 % masuk standar dimana standar penyerapan air untuk beton polimer dengan penyerapan maksimum 0,2 % (*ASTM C-20*).

3. Kuat tekan terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 31,71 MPa. Beton polimer yang dibuat adalah termasuk dalam kategori beton yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi struktural dengan syarat > 17 MPa.
4. Kuat tarik belah terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 6,38 MPa sehingga termasuk katagori beton normal dikarenakan adanya perpanjangan tinggi sampel akibat pengovenan sehingga berpengaruh terhadap nilai kuat tarik belah.
5. Kuat tarik lentur terbesar pada beton polimer didapat pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) yaitu sebesar 25,3794 MPa memenuhi standar *polymer concrete* dengan *binder* resin epoksi yaitu sebesar 15 - 50 Mpa.
6. Kualitas beton optimum diperoleh pada komposisi 80:20 % (antara berat total agregat dan *filler* abu batu) dengan penambahan resin epoksi sebanyak 25% dari berat total agregat.
7. Pemilihan polimer sebagai bahan pengganti semen mempunyai keuntungan dalam proses pengerjaan dimana waktu yang dibutuhkan sedikit dan mempunyai kekuatan yang besar.
8. Analisis struktur mikro dengan (SEM) menunjukkan bahwa rongga-rongga di dalam beton terdistribusi secara merata.

2.8. Karakterisasi Beton Polimer

Pengujian sampel dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari keadaan beton polimer yang telah diteliti. Sampel yang diuji akan diketahui kelebihan, kekurangan dan kadar kelayakan pemakaian serta kualitasnya.

2.8.1. Pengujian Sifat Fisis

1. Densitas

Massa jenis (densitas) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap beton merupakan total massa beton dibagi dengan total volume beton.

Pengukuran densitas menggunakan standart ASTM C 373-88. Persamaan yang digunakan untuk menentukan densitas adalah:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

P = massa jenis beton (gr/cm³)

m = massa beton (gr)

v = volume beton (cm³)

2. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total beton. Besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

Berdasarkan ASTM C 373-88, porositas sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%P = \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V_t} \times 100\%$$

Dengan :

- P = Porositas (%)
- Mb = Massa basah sampel setelah direndam (gr)
- Mk = Massa kering sampel (gr)
- Vt = Volume total sampel (cm³)
- Pair = Massa jenis air (gr/cm³)

3. Penyerapan Air

Penyerapan air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk memprediksi dan mengetahui kekuatan dan kualitas beton polimer yang dihasilkan. Beton polimer yang berkualitas baik memiliki daya serap air yang kecil dimana jumlah pori-pori pada permukaan sedikit dan rapat. Semakin besar kerapatan dari permukaannya maka semakin kecil daya serapnya terhadap air.

Pengujian daya serap air (*water absorbtion*) dilakukan pada masing-masing sampel. Pengujian daya serap air ini mengacu pada ASTM C-20-00-2005 tentang prosedur pengujian, dimana bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang diserap oleh sampel yang direndam dengan perendaman selama 24 jam pada suhu kamar.

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Penyerapan air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

Dengan:

Mb= Massa sampel setelah direndam (gr)

Mk = Massa kering (gr)

2.8.2. Pengujian Sifat Mekanis

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat dasar dari bahan. Hubungan tegangan regangan pada tarikan memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, temperatur, lembaban

dan seterusnya. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam.

Kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS. Untuk semua bahan, pada tahap sangat awal uji tarik, hubungan antar beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dengan:

σ = Tegangan tarik (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm²)

2. Kekuatan Lentur

Pengujian kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan polimer terhadap pembebanan pada tiga titik lentur. Pengujian kekuatan lentur ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat keelastisan suatu bahan. Pada permukaan bagian atas yang dibebani akan terjadi kompresi, sedangkan pada bagian permukaan bawah akan terjadi tarikan. Pada pengujian ini pembebanan yang diberikan adalah tegak lurus terhadap arah sampel dengan tiga titik lentur. Pada pengujian ini bila diberi beban maka permukaan bawah akan memanjang dan terjadi pelengkungan sampel akibat regangan tarik dan regangan tekan. Besarnya pelengkungan pada titik tengah sampel dinamakan defleksi. Pengukuran kekuatan uji lentur menggunakan standar ASTM C 31-91. Kuat lentur beton dapat diperoleh dengan rumus:

$$F_{lt} = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dengan:

F_{lt} = Kuat lentur (Nm⁻²)

P = Gaya penekan (N)

L = Jarak antar dua penumpu (m)

b = Lebar sampel (m)

d = Tebal sampel (m)

3. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan suatu material dapat didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban/gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (failure). Kekuatan tekan pada dasarnya merupakan kekuatan material terhadap beban yang mengakibatkan hancurnya material tersebut. Hal ini umumnya dilakukan pada beton polimer, karena umumnya kekuatan tekan pada beton polimer lebih tinggi dari kekuatan tarik. Untuk pengukuran kuat tekan beton polimer dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$

Dengan:

P = Kuat tekan (N/m²)

F_{maks} = Gaya maksimum (N)

A = Luas penampang (m²)

2.8.3. Pengujian Sifat Mikrostruktur

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang sederhana dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel. SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan didifraksikan. Adanya elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam bentuk pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk dan

ukuran sel setuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa.

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, tebal permukaan 4 – 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm kombinasi dari perbesaran yang tinggi, tebal permukaan yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapaun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya dan sebagainya).
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada Integrated Circuit, chip dan sebagainya).
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan dan sebagainya).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati yaitu konduktivitas, sifat elektrik, kekuatan dan sebagainya. (Prasetyo, 2011)

2.9. Serat

Serat merupakan material yang umumnya jauh lebih kuat dari matriks dan berfungsi memberikan kekuatan tarik. Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat-sifat mekaniknya lebih kuat, kaku, tangguh, dan lebih kokoh bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat. (Hesti, 2009)

Pada dewasa ini teknologi komposit serat mengalami kemajuan yang sangat pesat. Pada dasarnya serat dibagi menjadi dua yaitu serat alami (*natural fibers*) dan serat buatan (*synthetic fibers*). Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian, seperti pabrik pembuat tali, industri tekstil, industri kertas, karena mempunyai kekuatan yang tinggi, serat sangat baik untuk material komposit. Perkembangan komposit tidak hanya komposit sintesis saja tetapi juga mengarah ke komposit natural dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat didaur ulang atau terbarukan, sehingga mengurangi konsumsi petrokimia maupun gangguan lingkungan hidup. (Evi, 2008)

2.10. Beton Serat

2.10.1. Deskripsi Beton Serat

Beton serat merupakan beton yang terdiri dari semen hidrolis, air, agregat halus, agregat kasar dan serat (serat baja, plastik, glass maupun serat alami) yang tersebar secara diskontinu. **Tjokrodinuljo (1996)** mendefinisikan beton serat (*fiber concrete*) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh betonyaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

2.10.2. Sifat - sifat Beton Serat

Salah satu sifat penting dari beton adalah daktilitas. Daktilitas yaitu kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastik bolak-balik berulang di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya (SNI 03-1729-2002). 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 lelah (*fatigue*) dan kejut (*impact*).

Beton serat mempunyai kelebihan dibanding beton tanpa serat dalam beberapa sifat strukturnya antara lain keliatan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*), kuat tarik dan lentur (*tensile and flexural strength*), kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*) dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*) (Soroushian and Bayashi, 1987). Menurut As'ad (2008), beton serat memberi banyak keuntungan antara lain:

1. Serat terdistribusi secara acak di dalam volume beton pada jarak yang relatif dekat satu sama lain. Hal ini akan memberi tahanan berimbang ke segala arah dan memberi keuntungan material struktur yang dipersiapkan untuk menahan beban gempa dan angin.
2. Perbaikan perilaku deformasi seperti ketahanan terhadap impak, daktilitas yang lebih besar, kuat lentur, dan kapasitas torsi yang lebih baik.
3. Meningkatkan ketahanan beton terhadap formasi dan pembentukan retak.
4. Peningkatan ketahanan pengelupasan (*spalling*) dan retak pada selimut beton akan membantu menghambat korosi besi tulangan dari serangan kondisi lingkungan yang berpotensi korosi.

Untuk pemilihan jenis bahan serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang diperbaiki. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian pada beton *fiber* (Suhendro, 2000), adalah:

1. Masalah *fiber dispersion* yang menyangkut teknik pencampuran fiber ke dalam adukan agar dapat tersebar merata dengan orientasi yang random.
2. Masalah *workability* (kelecekan adukan), yang menyangkut kemudahan dalam proses pengerjaan/pemadatan, termasuk indikatornya.

3. Masalah mix design/proportion untuk memperoleh mutu tertentu dengan kelecakan yang memadai.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *fiber* ke dalam adukan beton akan menurunkan kelecakan adukan secara cepat sejalan dengan penambahan konsentrasi fiber dan aspek ratio fiber. Penurunan kelecakan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen ataupun pemakaian bahan tambah. Meskipun demikian jika konsentrasi fiber dan aspek *ratio fiber* (nilai banding panjang dan diameter fiber) melampaui suatu batas tertentu, tetap akan didapat suatu adukan dengan kelecakan yang sangat rendah yang sulit diaduk dan dicor dengan cara-cara biasa (Sudarmoko, 1989). Aspek ratio fiber yang tinggi akan menyebabkan fiber cenderung untuk menggumpal menjadi suatu bola yang sangat sulit disebar secara merata sebelum dan sesudah proses pengadukan.

2.11. Resin Epoksi

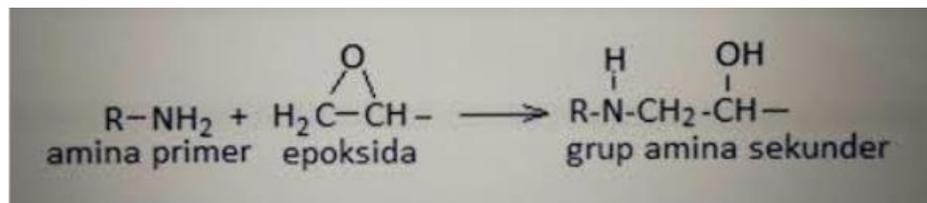


(Gambar 2.4. Resin epoksi)

(Sumber : www.tokopedia.com)

Epoxy adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoxy resin Paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan

digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "curing", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien. Perekat Epoxy adalah bagian utama dari kela sperekat disebut "perekat struktural" atau "perekat rekayasa" (yang meliputi poliuretan, akrilik, cyanoacrylate, dan kimialainnya.) perekat ini kinerja tinggi digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, perahu, klubgolf, ski, Snowboards, dan aplikasi lain di mana obligasi kekuatan tinggi diperlukan. Epoxy perekat dapat dikembangkan untuk memenuhi hampir aplikasi apapun. Mereka dapat digunakan sebagai perekat untuk kayu, logam, kaca, batu, dan beberapa plastik. Mereka dapat dibuat fleksibel atau kaku, transparan atau buram/berwarna, pengaturan cepat atau pengaturan lambat. Perekat epoxy lebih baik dalam ketahanan panas dan kimia dari perekat umum lainnya. Secara umum, perekat epoxy disembuhkan dengan panas akan lebih banyak panas dan bahan kimia tahan dari pada mereka sembuh pada suhu kamar. Kekuatan perekat epoxy adalah terdegradasi pada suhu di atas 350° F(177 ° C).



(Gambar 2.5.Molekul resin epoksi)

(Sumber : www.indonesian.resin-wq.com)

Resin epoksi atau secara umum dikenal di pasaran dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Epoksi secara umum mempunyai karakteristik yang baik, yaitu:

1. Kemampuan mengikat paduan logam yang baik; Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil yang memiliki kemampuan membentuk ikatan via ikatan hidrogen.
2. Ketangguhan; Kegunaan epoksi sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan, (Nurmala,2010).

Epoksi adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. Epoksi resin Paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer polyamine, misalnya Triethylenetetramine (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses polimerisasi disebut "curing", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras, dan rasio kata senyawanya; proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien.

2.11.1. Aplikasi

Aplikasi untuk bahan berbasis luas dan mencakup pelapis, perekat dan material komposit seperti yang menggunakan serat karbon dan bala bantuan *fiberglass* (meskipun polyester, vinyl ester, dan resin thermosetting lainnya juga digunakan untuk plastik yang diperkuat kaca). Kimia epoxies dan berbagai variasi yang tersedia secara komersial memungkinkan menyembuhkan polimer yang akan diproduksi dengan rentang yang sangat luas properti. Secara umum, epoxies dikenal karena sangat baik kimia, adhesi dan tahan panas, sifat mekanik yang baik-untuk-sangat baik dan sangat baik sifat isolasi listrik. Banyak sifat epoxies dapat dimodifikasi (untuk epoxies misalnya perak yang dipenuhi dengan konduktivitas listrik yang baik yang tersedia, walaupun epoxies biasanya elektrik isolasi). Variasi menawarkan insulasi panas yang tinggi, atau konduktivitas termal dikombinasikan dengan tahanan listrik yang tinggi untuk aplikasi elektronik, yang tersedia.

2.11.2. Sifat Fisik

Sebagaimana jenis plastik lain, kebanyakan plastik adalah isolator listrik dan konduktor panas yang buruk. Kecuali bila ditambahkan campuran, misalnya serbuk logam / karbonlain.

2.11.3. Sifat Kimia

Sebagaimana umumnya plastik, secara kimia plastik termasuk inert. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia plastik.

2.11.4. Sifat Mekanik

Dalam bentuk asli epoksi resin keras dan getas. Tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung bahan campuran lain

untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya. Baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan.

2.11.5. *Painting*

Dua bagian pelapis epoksi dikembangkan untuk layanan tugas berat pada substrat logam dan menggunakan energi kurang dari bubuk pelapis panas-semuh. Sistem ini menggunakan 04:01 oleh rasio volume mixing, dan cepat kering menyediakan, tangguh tahan UV, lapisan pelindung dengan kekerasan yang sangat baik. Volatilitas yang rendah mereka dan air bersih sampai membuat mereka berguna untuk pabrik besi tuang, baja tuang, cast aluminium aplikasi dan mengurangi eksposur dan mudah terbakar isu yang terkait dengan pelapis pelarut-ditanggung. Mereka biasanya digunakan dalam aplikasi industri dan otomotif karena mereka lebih tahan panas dari cat lateks-based dan alkid berbasis. Cat epoksi cenderung chaulk keluar karena paparan sinar UV. *Epoxies Polyester* digunakan sebagai pelapis bubuk untuk mesin cuci, pengering dan lainnya "barang putih". *Fusion Bonded Epoxy Powder Coating* (FBE) yang banyak digunakan untuk perlindungan korosi pipa baja dan alat kelengkapan yang digunakan dalam industri minyak dan gas, jaringan pipa transmisi air minum (baja), pasar ini memperkuat beton, dan lain-lain. Epoksi coating juga banyak digunakan sebagai primer untuk meningkatkan adhesi cat otomotif dan laut terutama pada permukaan logam dimana korosi (berkarat) resistensi adalah penting. Logam kaleng dan wadah sering dilapisi dengan epoksi untuk mencegah berkarat, terutama untuk makanan seperti tomat yang asam. Epoksi resin juga digunakan untuk kinerja tinggi dan aplikasi lantai hias terutama lantai teraso, lantai chip dan lantai agregat berwarna, juga digunakan sebagai perekat.

Perekat epoksi adalah bagia nutama dari kela sperekat disebut "perekat struktural" atau "perekat rekayasa" (yang meliputi poliuretan, akrilik, cyanoacrylate, dankimialainnya.) perekat ini kinerja tinggi digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, perahu, klubgolf, ski, *Snowboards*, dan aplikasi lain di mana obligasi kekuatan tinggi diperlukan. Epoksi perekat dapat dikembangkan untuk memenuhi hampir aplikasi apapun. Mereka dapat digunakan sebagai perekat untuk kayu, logam, kaca, batu, dan beberapaplastik. Mereka dapat dibuat fleksibel atau kaku, transparan atau buram/berwarna, pengaturan cepat atau pengaturan lambat. Perekat epoksi lebih baik dalam ketahanan panas dan kimia dari perekat umum lainnya. Secara umum, perekat epoksi disembuhkan dengan panas akan lebih banyak panas dan bahan kimia tahan dari pada mereka sembuh pada suhukamar. Kekuatan perekat epoksi adalah terdegradasi pada suhu di atas 350° F(177 ° C). Beberapa epoksi disembuhkan oleh paparan sinarultraviolet. Epoksi tersebut biasa digunakan dalam optik, serat optik, dan kedokteran gigi.

2.11.6. Epoksi Di Industri

Dalam industri *aerospace*, epoksi digunakan sebagai bahan matriks struktur yang kemudian diperkuat dengan serat. Bala bantuan serat umum termasuk kaca, karbon, Kevlar, dan boron. Epoksi juga digunakan sebagai perekat struktural. Bahan seperti kayu, dan lain-lain yang 'rendah teknologi' direkat dengan resin epoksi. Salah satu contoh akan menjadi RJ.03 IBIS homebuilt pesawat desas-desus. Desain ini didasarkan pada badan pesawat kisi kayu klasik terstruktur dan berdebat kayu klasik, internal menegang dengan busa dan benar-benar ditutup dengan kayu lapis. Kecuali untuk kayu lapis meliputi sayap, semuanya terpaku dengan resin epoksi.

2.11.7. Kegunaan Epoksi

Epoksi dijual di toko-toko perangkat keras, biasanya sebagai paket yang mengandung resin dan hardener yang terpisah, yang harus dicampur segera sebelum digunakan. Mereka juga dijual di toko-toko perahu sebagai resin perbaikan untuk aplikasi laut. Epoxies biasanya tidak digunakan pada lapisan luar perahu karena mereka memburuk oleh paparan sinar UV. Mereka sering digunakan selama perbaikan perahu dan perakitan, dan kemudian lebih-dilapisi dengan cat poliuretan konvensional atau dua bagian atau laut-pernis yang memberikan perlindungan UV.

Ada dua bidang utama penggunaan laut. Karena sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan resin poliester lebih umum, epoksi digunakan untuk pembuatan komersial dari komponen mana kekuatan tinggi / perbandingan berat diperlukan. Area kedua adalah bahwa kekuatan mereka, sifat kesenjangan mengisi dan adhesi yang sangat baik untuk banyak bahan termasuk kayu telah menciptakan booming di proyek bangunan amatir, termasuk pesawat dan kapal.

Epoksi resin digunakan dalam pembuatan bilah rotor turbin angin. Resin ini tertanam pada bahan inti, seperti kayu balsa atau foam, dan media penguat, seperti kain, serat gelas atau serat karbon. Proses ini disebut VARTM, yakni *Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding*. Karena sifat yang sangat baik dan menyelesaikan baik, epoksi adalah resin yang paling disukai untuk komposit.

Epoksi resin, dicampur dengan pigmen, digunakan sebagai media lukisan, dengan menuangkan lapisan di atas satu sama lain untuk membentuk suatu gambaran yang lengkap.

2.11.8. Epoksi Dan Bahan Lainnya

Bahan epoksi cenderung mengeras secara bertahap, sedangkan bahan poliester cenderung mengeras dengan cepat, terutama jika banyak katalis yang digunakan. reaksi kimia dalam kedua kasus

adalah eksotermik. jumlah besar dari campuran akan menghasilkan panas mereka sendiri dan lebih mempercepat reaksi, sehingga biasa untuk mencampur jumlah kecil yang dapat digunakan dengan cepat.

Meskipun umum untuk resin poliester asosiasi dan resin epoksi, sifat mereka cukup berbeda bahwa mereka benar diperlakukan sebagai bahan yang berbeda. Polyester resin biasanya kekuatan rendah kecuali digunakan dengan bahan penguat seperti serat kaca, relatif rapuh kecuali diperkuat, dan memiliki adhesi rendah. Epoxies, sebaliknya, pada dasarnya kuat, agak fleksibel dan memiliki daya rekat sangat bagus. Namun, resin poliester jauh lebih murah.

Epoksi resin biasanya memerlukan campuran yang tepat dari dua komponen yang membentuk kimia ketiga. Tergantung pada sifat yang diperlukan, rasio mungkin apapun dari 1:1 atau lebih dari 10:1, tetapi dalam setiap kasus mereka harus dicampur tepat. Produk akhir kemudian plastik termo-pengaturan yang tepat. Sampai mereka campuran dua elemen relatif inert, meskipun 'pengerasan' cenderung lebih kimia aktif dan harus dilindungi dari atmosfer dan kelembaban. Laju reaksi dapat diubah dengan menggunakan pengerasan yang berbeda, yang dapat mengubah sifat produk akhir, atau dengan mengendalikan suhu.

Sebaliknya, resin poliester biasanya tersedia dalam bentuk yang 'dipromosikan', seperti bahwa kemajuan resin sebelumnya-campuran dari cair ke padat sudah berlangsung, meskipun sangat lambat. Variabel hanya tersedia untuk pengguna adalah mengubah tingkat proses ini menggunakan katalis, sering *Methyl-Ethyl-Ketone-Peroxide* (MEKP), yang sangat beracun. Keberadaan katalis dalam produk akhir benar-benar akan mengurangi sifat yang diinginkan, sehingga sejumlah kecil katalis yang lebih baik, asalkan hasil pengerasan dengan kecepatan yang dapat diterima. Tingkat kesembuhan dari poliester sehingga dapat dikontrol baik oleh jumlah katalis dan suhu.

Sebagai perekat, epoxies obligasi dalam tiga cara: a) mekanik, karena ikatan permukaan yang kasar, b) Dengan kedekatan, karena resin disemuhkan secara fisik begitu dekat dengan permukaan ikatan bahwa mereka sulit untuk memisahkan; c) Ionically, karena epoksi resin membentuk ikatan ion pada tingkat atom dengan permukaan ikatan. Hal ini memiliki substansi yang kuat dari ketiganya. Sebaliknya, resin poliester dapat hanya obligasi dengan menggunakan dua pertama, yang sangat mengurangi utilitas mereka sebagai perekat dan dalam perbaikan laut.

2.11.9. Bahaya Epoksi Pada Kesehatan

Risiko utama yang terkait dengan penggunaan epoksi adalah sensitisasi ke peneras, yang, dari waktu ke waktu, dapat menimbulkan reaksi alergi. Ini adalah sumber utama asma, kerja antara penggunaan dari plastik. Bisphenol A, yang digunakan dalam resin epoksi, adalah pengganggu endokrin dikenal.

2.12. Katalis (*Hardener*)



(Gambar 2.6.Hardener)

(Sumber : www.tokopedia.com)

1. Pengertian Katalis

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami

perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi.

Dalam penurunan energi aktivasi ini, maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat. Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: aktivitas, stabilitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan mekanik. Secara umum katalis mempunyai 2 fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas.

Katalis sebagai suatu substansi kimia mampu mempercepat laju reaksi kimia yang secara termodinamika dapat berlangsung. Hal ini disebabkan karena kemampuannya mengadakan interaksi dengan paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif.

Interaksi ini akan dapat meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan energi pengaktifan yang lebih rendah. Katalis dapat dibagi ke dalam 3 komponen yakni situs aktif, penyangga atau pengemban dan promotor. Situs aktif berperan dalam reaksi kimia yang diharapkan, penyangga berperan dalam memodifikasi komponen aktif, menyediakan permukaan yang luas, dan meningkatkan stabilitas katalis, sementara itu promotor berperan dalam meningkatkan atau membatasi aktivitas katalis serta berperan dalam struktur katalis.

2. Jenis – jenis Katalis

A. Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama. Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya

bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya.

B. Katalis Heterogen

Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi kimia yang dikatalisisnya. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerat.

Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

C. Katalis Ziegler-Natta

Katalis Ziegler-Natta adalah campuran antara senyawa-senyawa titanium seperti titanium (III) klorida, $TiCl_3$, atau titanium (IV) klorida, $TiCl_4$, dan senyawa-senyawa aluminium seperti aluminium trietil, $Al(C_2H_5)_3$.

Pada proses polimerisasi alolefin menggunakan katalis Ziegler-Natta, $AlEt_3$ dapat mereduksi $TiCl_4$ menjadi $TiCl_3$ dan atom klor digantikan dengan gugus gugus etil. Dasar polimerisasi sebanding dengan jumlah total $TiCl_3$ dan pengaruh olefin serta konsentrasi $AlEt_3$.

3. Fungsi Katalis

Fungsi katalis yaitu memperbesar laju reaksinya (mempercepat reaksi) dengan cara memperkecil energi aktivasi suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi aktivasi maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

Satu yang harus diketahui tentang prinsip kerja katalis adalah bahwa katalis tersebut tetap ikut dalam jalannya reaksi, tetapi pada kondisi akhir, katalis akan keluar lagi dalam bentuk yang sama. Sifat-sifat kimia katalis akan sama sebelum dan sesudah mengkatalis suatu reaksi.

Pentingnya katalis ditunjukkan oleh kenyataan bahwa lebih dari 75% proses produksi bahan kimia di Industri disintesis dengan bantuan katalis. Contoh proses kimia yang sangat penting misalnya sintesis metanol dari syngas (CO dan H₂) dikatalisis oleh ZnO/Cr₂O₃, dan reaksi water gas shift (WGS), dikatalisis oleh besi oksida atau oksida campuran Zn, Cu maupun Cr.

Teknologi katalis telah digunakan dalam industri kimia lebih dari 100 tahun lamanya dan penelitian serta pengembangan teknologi katalis telah menjadi semacam bidang kekhususan kimia.

4. Penggolongan Katalis

Katalis dapat digolongkan ke dalam 2 jenis, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Dalam reaksi dengan katalis homogen, katalis berada dalam fase yang sama dengan reaktan. Biasanya, semua reaktan dan katalis berada dalam satu fasa tunggal cair atau gas. Produksi biodiesel dengan katalis homogen secara umum menggunakan katalis H₂SO₄, NaOH dan KOH. Dalam reaksi dengan katalis heterogen, katalis dan reaktan berada dalam fase yang berbeda.

Katalis heterogen cenderung lebih mudah untuk dipisahkan dan digunakan kembali dari campuran reaksi karena fasa yang digunakan berbeda dengan produk reaksinya. Katalis heterogen juga lebih mudah dibuat dan mudah diletakkan pada reaktor karena fasa yang berbeda dengan pereaktannya. Biasanya katalis heterogen yang digunakan berupa fase padat.

Adanya beda fasa pada katalis dan pereaktan menjadikan mekanisme reaksi menjadi sangat kompleks. Fenomena antarmuka menjadi sesuatu yang sangat penting dan berperan. Laju reaksi dikendalikan oleh fenomena-fenomena adsorpsi, absorpsi dan desorpsi. Reaksi cairan atau gas dengan adanya katalis padat adalah contoh yang khas.

Keuntungan penggunaan katalis heterogen adalah katalisnya dapat dipisahkan dengan penyaringan dari produk bila reaksi telah selesai. Banyak proses industri yang menggunakan katalis heterogen, sehingga

proses dapat berlangsung lebih cepat dan biaya produksi dapat dikurangi. Beberapa logam ada yang dapat mengikat cukup banyak molekul-molekul gas pada permukannya, misalnya Ni, Pt, Pd dan V.

Gaya tarik menarik antara atom logam dengan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terserap. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi sedemikian lemah sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas.

Katalis dapat bekerja dengan membentuk senyawa antara atau mengabsorpsi zat yang direaksikan. Sehingga katalis dapat meningkatkan laju reaksi, sementara katalis itu sendiri tidak mengalami perubahan kimia secara permanen.

Cara kerjanya yaitu dengan menempel pada bagian substrat tertentu dan pada akhirnya dapat menurunkan energi pengaktifan dari reaksi, sehingga reaksi berlangsung dengan cepat. Suatu reaksi yang menggunakan katalis disebut reaksi katalis dan prosesnya disebut katalisme.

5. Penggolongan Katalis Berdasarkan Keberadaan Di Alam

- A. Katalis biokimia
- B. Katalis yang dibuat manusia

2.13. *Fiberglass*

Fiberglass adalah serat kaca yang berasal dari kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis. Serat ini lalu dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi seperti kain. Lalu, diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi.

Banyak orang yang menganggap fiberglass ini mudah pecah karena bahannya dari kaca. Namun, setelah diolah dengan berbagai macam proses

penekanan, cairan atau bubuk kaca berubah menjadi serat. Proses inilah yang membuat kaca menjadi serat yang kuat dan tidak mudah pecah.

Tabel 2.5. Komposisi serat kaca (*fiberglass*)

Komposisi	% Berat
Silikon Dioksida (SiO ₂)	59.0 – 60.1
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	12.1 – 13.2
Kalsium Oksida (CaO)	22.1 – 22.6
Magnesium Oksida (MgO)	3.1 – 3.4
Titanium Oksida (TiO ₂)	0.5 – 1.5
Sodium Oksida (Na ₂ O)	0.6 – 0.9
Kalium Oksida (K ₂ O)	0.2
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.2
Florin (F ₂)	0.1

(sumber : *Castigliana, 2015*)

Komposisi utama serat kaca adalah Silikon Oksida (SiO₂) yang memiliki sifat kaku sehingga dapat berfungsi sebagai penguat (Arrista, 2015).

Tabel 2.6. Sifat fisis dan mekanis serat kaca (*fiberglass*)

Sifat	Nilai
Densitas (g/cm ³)	2.59
Konstanta dielektrik pada 23°C, 1 MHz	6.3 – 6.7
Kekuatan tarik (MPa)	34.45
Modulus elastisitas (GPa)	72.35
% Pemanjangan (%)	4,8

(sumber : *Castigliana, 2015*)

Berdasarkan bentuknya serat gelas dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Santoso, 2002) :

1. *Reinforcing Mat* adalah *fiberglass* yang berbentuk lembaran chopped strand yang tersusun secara acak.
2. *Woven roving* berupa benang *fiberglass* yang dianyam.
3. *Chopped strand* adalah strand yang dipotong potong.

Serat kaca (*fiber glass*) terdiri dari beberapa tipe yang sesuai dengan sifat dan klasifikasi dari huruf serat kaca tersebut, yaitu (**Castigliana, 2015**):

1. Serat kaca tipe – E

Huruf E pada serat kaca ini ialah singkatan dari kata electrical yang menandakan sifat dari serat kaca ini yaitu memiliki ketahanan terhadap listrik yang baik.

2. Serat kaca tipe – S

Huruf S pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata strength yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki kekuatan yang tinggi.

3. Serat kaca tipe – C

Huruf C pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata chemical yang menandakan sifat serat ini memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia yang tinggi.

4. Serat kaca tipe – M

Huruf M pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata modulus yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki modulus yang tinggi (kekuatan yang tinggi) sehingga pengaplikasiannya banyak pada penggunaan struktural yang memerlukan tingkat kekuatan yang tinggi.

5. Serat kaca tipe – A

Huruf A pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata alkali yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki komposisi senyawa alkali yang tinggi sehingga dapat dirusak jika terkena uap air.

6. Serat kaca tipe – D

Huruf D pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata dielectric yang menandakan sifat serat ini memiliki konstanta dielektrik yang rendah sehingga bagus jika pengaplikasiannya pada bidang elektronik.

2.13.1. Kegunaan *Fiberglass*

Fiberglass ini mempunyai sejarah, yang di gunakan untuk keperluan perang. Tapi, seiring dengan perkembangan jaman, teknologi, dan inovasi sudah mulai mengalami peningkatan fungsi

sebagai bahan pembuatan atap, mobil, perahu, tangki air, perahu, payung promosi, dan sejenisnya. Sifat mekanik fiberglass tergantung dari beberapa faktor, seperti jenis serat, orientasi, dan desainnya.

2.13.2. Bahan Dasar *Fiberglass*

1. Resin, resin adalah bahan kimia yang berbentuk cair, yang menyerupai minyak goreng tapi berbentuk kental.
2. Katalis, cairan ini bisa di bilang pendamping setia resin, cairan ini biasanya berwarna bening dan berbau sengak. Semakin banyak katalis, maka akan semakin cepat adonan mengeras. Caran ini jika mengenai kulit akan terasa panas.
3. Kalsium Karbonat, Bahan ini berbentuk bubuk yang berwarna putih menyerupai tepung terigu. Bahan ini berfungsi sebagai pengental adonan fiberglass utama (resin, katalis, dll) Semakin banyak campuran Kalsium Karbonat pada adonan, maka hasil fiberglass akan menjadi lebih tebal dan berat. Bahan ini dapat diganti dengan Talc, tetapi warna Talc agak lebih gelap.
4. Met/ Matt, bahan ini merupakan bahan serat kaca. Bahan ini berfungsi sebagai serat penguat adonan fiberglass ketika akan dicetak, agar hasilnya menjadi lebih kuat dan tidak mudah pecah. Bentuk met bermacam-macam, ada yang mirip bihun, kain, karung dan sarang lebah. Tetapi yang sering kita jumpai di pasar yang berbentuk seperti bihun
5. Kobalt, Kobalt adalah bahan kimia yang berbentk cair, berwarna biru mirip tinta dan mempunyai aroma tidak sedap. Cairan ini digunakan untuk tambahan campuran adonan resin dan katalis, agar adonan lebih merekat pada met dan mempercepat pengerasan adonan fiber. Terlalu banyak menambahkan Kobalt dapat mengakibatkan hasil fiber yang getas (rapuh).
6. Wold (Mold Release), Bahan ini berbentuk seperti mentega/keju ketika masih di dalam wadahnya, yang berfungsi sebagai pelicin

pada tahap pencetakan yang menggunakan mal/molding, agar antara molding dengan hasil cetakan tidak saling merekat, sehingga dengan mudah dapat dilepaskan.

2.13.1. Proses Pembuatan *Fiberglass*

Cara pembuatan fiberglass ini ada 3, yaitu:

1. Mencampur 6 bahan utama menjadi bahan dasaran
2. Membuat campuran penguat, dan
3. Finishing atau penyempurnaan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metode penelitian adalah suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan, atau dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah dalam bidang tertentu. Jenis-jenis metode penelitian dapat dikelompokkan menurut bidang, tujuan, metode, tingkat eksplanasi, dan waktu. Menurut bidang, penelitian dapat dibedakan menjadi penelitian akademis, profesional dan institusional. Dari segi tujuan, penelitian dapat dibedakan menjadi penelitian murni dan terapan.

Prosedur dan teknik penelitian merupakan bagian dalam metodologi penelitian. Metodologi penelitian merupakan suatu langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah dalam penelitian. Kemampuan memahami metodologi penelitian dapat membantu dalam pencarian jawaban untuk permasalahan penelitian. Tidak hanya sekedar memudahkan memecahkan permasalahan penelitian, tetapi metodologi penelitian juga bermanfaat dalam pengembangan bidang keilmuan dan menambah penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi dunia pendidikan dan umat manusia di seluruh dunia.

Dari segi metode penelitian, dapat dibedakan menjadi penelitian *survey*, penelitian *expofacto*, *eksperimen*, *naturalistik*, *policy research*, *evaluation research*, *action research*, sejarah, dan *Research and development*. Dari *level of expalanation* dapat dibedakan menjadi penelitian deskriptif, komparatif dan asiosiatif. Dari segi waktu dapat dibedakan menjadi penelitian *cross sectional* dan *longitudinal*. Dibawah akan diuraikan jenis metode penelitian menurut tujuan, metode, dan tingkat eksplanasi.

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara experimental, yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Obyek dalam penelitian ini, adalah “Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Perekat Resin Epoksi (Kadar 60%) Serta Penambahan

Fiberglass (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton”.

3.2. Variabel Penelitian

Untuk penelitian yang dilakukan di laboratorium, benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel beton silinder yang dibuat pada pengujian ini adalah berjumlah 4 buah, dengan jumlah masing – masing 2 benda uji untuk pengujian kuat tarik beton dan kuat tekan beton.

Variabel penelitian pada karakterisasi beton polimer dengan tambahan *fiberglass* dan resin epoksi. Variasi komposisi bahan yang digunakan terdapat pada tabel 3.1. dibawah ini.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 3.1. Variabel penelitian pengujian kuat tekan beton

No	Sampel	Jenis Resin	Perbandingan Pasta Polimer & Pasir (%)	Agregat Kasar (%)	Kadar <i>Fiberglass</i> (%)	Jumlah Sampel
1	BPF30 ₍₁₎	Epoksi	30 : 70	100	7.5	1
2	BPF30 ₍₂₎	Epoksi	30 : 70	100	10	1
Total Jumlah Sampel						2

Keterangan :

BPF30-1 = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 1

BPF30-2 = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 2

Rencana campuran pasta polimer yaitu 1 : 3 (Katalis : Resin)

2. Pengujian Kuat Tarik Beton

Tabel 3.2. Variabel penelitian pengujian kuat tarik beton

No	Sampel	Jenis Resin	Perbandingan Pasta Polimer & Pasir (%)	Agregat Kasar (%)	Kadar <i>Fiberglass</i> (%)	Jumlah Sampel
1	BPF30 ⁽³⁾	Epoksi	30 : 70	100	7.5	1
2	BPF30 ⁽⁴⁾	Epoksi	30 : 70	100	10	1
Total Jumlah Sampel						2

Keterangan :

BPF30-3 = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 3

BPF30-4 = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 4

Rencana campuran pasta polimer yaitu 1 : 3 (Katalis : Resin)

3.3. Alat Dan Bahan Yang Digunakan

3.3.1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ayakan agregat



(Gambar 3.1. Ayakan agregat)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Ayakan agregat digunakan untuk untuk mengetahui gradasi agregat dari yang terkecil sampai agegat terbesar.

2. Cetakan beton



(Gambar 3.2. Cetakan beton silinder)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Pada penelitian ini,menggunakan cetakan beton dengan bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

3. Ember



(Gambar 3.3. Ember)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Ember dfungsikan sebagai alat atau tempat menampung agregat kasar dan agregat halus, serta sebagai tempat pencampuran resin epoksi dan pasir.

4. Gelas ukur



(Gambar 3.4. Gelas ukur)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Berfungsi sebagai alat untuk menakar kadar resin epoksi.

5. Gunting



(Gambar 3.5. Gunting)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Berfungsi sebagai alat untuk memotong *fiberglass*.

6. Sendok semen



(Gambar 3.6. Sendok semen)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Sendok semen digunakan untuk mengaduk campuran beton polimer, memasukkannya dan meratakan campuran beton polimer ke dalam cetakan silinder beton.

7. Timbangan



(Gambar 3.7. Timbangan)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan uji.

8. Tongkat penggetar



(Gambar 3.8. Tongkat penggetar)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Tongkat penggetar digunakan untuk memadatkan benda uji dengan cara memukul perlahan-lahan secara berulang sisi permukaan cetakan silinder beton setelah cairan campuran beton polimer dituangkan.

9. Sigmat



(Gambar 3.9. Sigmat)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Sigmat digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang telah mengeras.

10. *Compressing Test Machine (CTM)*



(Gambar 3.10. *Compressing test machine (CTM)*)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Compressing Test Machine (CTM) digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan tarik benda uji silinder beton.

11. *Force Gauge*



(Gambar 3.11. *Force gouge*)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Force Gauge digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah benda uji silinder beton.

3.3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari lokal Bandung.



(Gambar 3.12. Pasir lokal bandung)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

2. Batu pecah



(Gambar 3.13. Kerikil lokal bandung)

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Batu pecah berupa kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang berasal dari lokal Bandung.

3. Resin epoksi



(Gambar 3.14. Resin epoksi)

(Sumber : www.tokopedia.com)

Resin yang digunakan adalah jenis epoksi dengan merek devan.

4. Katalis (*Hardener*)



(Gambar 3.15. Hardener)

(Sumber : www.tokopedia.com)

5. *Fiberglass*



(Gambar 3.16. *Fiberglass*)

(Sumber : www.tokopedia.com)

Fiberglass dengan potongan 0.5cm.

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Beton, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Penelitian dimulai dengan persiapan bahan uji, pemeriksaan bahan uji, persiapan alat-alat, sampai proses pelaksanaan penelitian dan diakhiri dengan pengecekan kuat tekan benda uji.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan tersebut memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau tidak jika digunakan dalam pencampuran beton polimer.

3.5.1. Pemeriksaan Agregat Halus

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat halus.

A. Peralatan

- Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- Penggantung keranjang
- Keranjang kawat
- Bak perendam
- Saringan No. 4 (4,75 mm)
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
- Talam

B. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 500 gram.

C. Prosedur Pengujian

- Persiapkan semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam praktikum.
- Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau kotoran yang melekat pada benda uji.
- Setelah dicuci keringkan agregat dalam oven selama 24 jam.
- Dinginkan agregat kemudian timbang (*B_k*)
- Rendam agregat dalam air selama 24 jam
- Setelah selesai direndam 24 jam keluarkan benda uji dari air dan lap dengan menggunakan kain lap pada permukaannya untuk mendapatkan agregat dalam keadaan SSD.
- Timbang berat agregat tersebut dan catat sebagai *W_{ssd}*
- Masukkan agregat tadi kedalam gelas ukur plastik sedikit ditambah air pada batas tertentu.
- Setelah itu kocok agar tidak ada lagi gelembung udara dan

kemudian timbang berat bejana + air + agregat (B)

- Keluarkan agregat, kemudian masukan air pada batas tertentu, lalu timbang (Bt)
- Lakukan pengolahan data untuk menentukan nilai B_j kering, B_j SSD, B_j semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

D. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dengan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)

2. Analisis saringan agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

A. Peralatan

- Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- Satu set saringan
- Alat pemisah contoh
- Mesin pengguncang saringan
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Kuas, sikat halus, sikat kuning, talem

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan keadaan kering oven sebanyak 500 gram.

C. Prosedur pengujian

- Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- Benda uji dimasukkan dari bagian atas saringan, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
- Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya

D. Perhitungan

$$MHB = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15}{100} \quad (3.5)$$

Dengan :

MHB = Modulus halus butir

3. Pemeriksaan berat isi agregat halus

Pemeriksaan berat isi pada agregat halus dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

A. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- Silinder ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm.
- Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Talam
- Mistar perata

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat halus yang telah dikeringkan sampai berat tetap.

C. Prosedur pengujian

- Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.
- Untuk berat isi padat, benda uji dimasukkan ke dalam silinder per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur, benda uji dimasukkan ke dalam silinder sampai penuh tanpa dipadatkan.
- Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian silinder beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya.
- Selanjutnya dihitung berat benda uji dan volume silinder.

D. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.6)$$

Dengan :

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

4. Pengujian kandungan lumpur agregat halus

Pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dilakukan dengan memeriksa butiran yang lolos saringan No. 200 dan bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat halus.

A. Peralatan

- Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- Saringan No. 200
- Tempat untuk pencucian dengan saluran air mengalir
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Cawan

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan keadaan kering oven sebanyak 500 gram.

C. Prosedur pengujian

- Benda uji diletakkan dalam saringan dan dialirkan air di atasnya.
- Saringan digerakkan dengan air mengalir yang cukup deras sehingga bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
- Pekerjaan di atas diulangi hingga air pencucian jernih.
- Benda uji diletakkan dalam cawan dan dikeringkan dengan oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya.

D. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dengan :

W_1 = Berat benda uji kering oven (gram)

W_2 = Berat uji kering oven setelah dicuci (gram)

3.5.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat kasar.

A. Peralatan

- Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No. 8) dengan kapasitas ± 5000 gram.

- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan dan dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air tetap
- Alat pemisah contoh
- Saringan No. 4 (4,75 mm)
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
- Kain lap, sekop kecil, pan

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1000 gram.

C. Prosedur pengujian

- Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.
- Kemudian benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
- Benda uji dikeluarkan dari air dan dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh kering permukaan/SSD), untuk butiran yang besar dilap satu persatu.
- Benda uji keadaan SSD ditimbang.
- Benda uji diletakkan dalam keranjang air, lalu benda uji digoncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air.
- Suhu air diukur untuk penyesuaian pada suhu standar 25°C .
- Benda uji dimasukkan ke dalam pan dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama (24 ± 4) jam, kemudian setelah kering ditimbang beratnya.

D. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3.10)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.11)$$

Dengan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji SSD (gram)

Bj = Berat benda uji SSD di dalam air (gram)

2. Analisis saringan agregat kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

A. Peralatan

- Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,2% dari berat contoh
- Satu set saringan
- Alat pemisah contoh
- Mesin pengguncang saringan
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Kuas, sikat halus, sikat kuningan, talam

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat kasar dengan keadaan kering oven sebanyak 5000 gram.

C. Prosedur pengujian

- Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- Benda uji dimasukkan dari bagian atas saringan, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan

dilakukan dengan menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.

- Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya.

D. Perhitungan

$$MHB = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \quad 3.12$$

Dengan :

MHB = Modulus halus butir

3. Pemeriksaan berat isi agregat

Pemeriksaan berat isi pada agregat kasar dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

A. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- Silinder ukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm.
- Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- Talam
- Mistar perata

B. Benda uji

Benda uji adalah agregat kasar yang telah dikeringkan sampai berat tetap.

C. Prosedur pengujian

- Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.
- Untuk berat isi padat, benda uji dimasukkan ke dalam silinder per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur, benda uji dimasukkan ke dalam silinder sampai penuh tanpa dipadatkan.

- Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian silinder beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya.
- Selanjutnya dihitung berat benda uji dan volume silinder.

D. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.13)$$

Dengan :

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm³)

3.6. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan di Laboratorium Beton, jurusan teknik sipil, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung terdapat langkah-langkah pembuatan benda uji yang harus diperhatikan. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Siapkan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan takaran yang diperhitungkan sebelumnya.
2. Setelah mendapatkan persentasi dan perbandingan yang pas kemudian persiapkan bahan-bahan uji seperti resin *epoxy*, *fiberglass*, katalis (*hardener*), pasir sebagai agregat halus, kerikil sebagai agregat kasar sesuai dengan komposisi campuran yang telah dihitung.
3. Kemudian persiapkan alat-alat pendukung untuk penelitian seperti ember, sendok semen, tongkat penggetar dan yang lainnya dengan terlebih dahulu membersihkan alat-alat yang akan digunakan.
4. Olesi cetakan silinder beton dengan oli sebelum memasukan adukan beton polimer ke dalam cetakan silinder beton supaya mudah dalam membuka cetakan apabila sudah mengering.
5. Selanjutnya persiapkan ember untuk tempat menampung agregat halus dengan persentase takaran yang telah dihitung sebelumnya.
6. Masukkan campuran resin *epoxy* dan katalis dengan persentase takaran yang telah dihitung sebelumnya ke dalam ember yang berisi agregat

halus, lalu aduk dengan sendok semen hingga merata selama kurang lebih 3 menit.

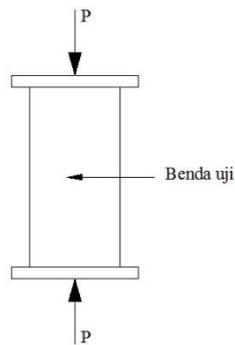
7. Setelah tercampur rata, masukan agregat kasar dan *fiberglass* kedalam ember yang berisi pasta polimer kemudian kembali diaduk kurang lebih 3 menit, atau adukan sudah dirasa sudah tercampur rata.
8. Setelah semua bahan tercampur, tuangkan adukan beton polimer kedalam cetakan silinder.
9. Setelah campuran telah tertuang kedalam cetakan silinder beton, kemudian pukul sisi luar cetakan silinder beton dengan tongkat penggetar berulang-ulang untuk membantu mempercepat proses pemadatan campuran yang ada di dalam cetakan silinder beton.
10. Setelah campuran menyebar secara merata ke dalam cetakan silinder beton, ratakanlah permukaan cetakan silinder beton menggunakan sendok semen.
11. Kemudian simpanlah benda uji di tempat yang teduh untuk menghindari air hujan dan cahaya matahari.
12. Setelah menunggu kurang lebih 3 sampai 5 jam, benda uji dapat dilepaskan dari cetakan silinder beton dan berikanlah keterangan pada benda uji agar tidak tertukar dengan benda uji yang lain.
13. Kemudian letakkan benda uji dengan suhu ruang yang teduh selama kurang lebih 1 hari.
14. Setelah menunggu kurang lebih 1 hari maka benda uji siap untuk diuji kekuatannya.

3.7. Pengujian Kuat Tekan Belat Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (**SNI 03-1974-1990**). Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel,
2. Timbanglah berat dan ukurlah dimensi benda uji,

3. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris,
4. Jalankan mesin tekan dan lakukan pembebanan secara perlahan dengan penambahan konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm³ perdetik,
5. Catat beban maksimum selama beton mengalami kehancuran,
6. Kemudian hitung kuat tekan beton.



(Gambar 3.17. ilustrasi kuat tekan beton)

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$f'c$ = kuat desak beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

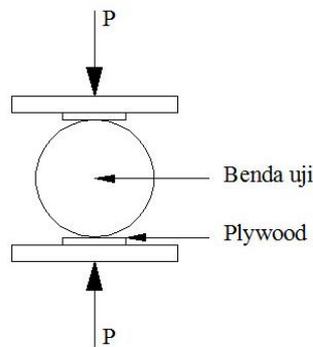
3.8. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Ringkasan metode uji kuat tarik belah menurut (SNI 2491:2014) adalah sebagai berikut :

1. Metode uji ini terdiri dari pemberian gaya tekan sepanjang diameter spesimen beton silinder pada kisaran laju yang ditentukan sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar

yang diberi beban dan gaya tekan yang relatif tinggi di daerah sekitar beban kerja. Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan untuk menahan tegangan tekan lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh hasil uji kekuatan tekan uniaksial.

2. Bantalan kayu lapis yang tipis, yang digunakan untuk meratakan beban sepanjang silinder.
3. Beban maksimum yang diberikan pada spesimen dibagi dengan faktor geometri yang tepat untuk mendapatkan kekuatan tarik belah.



(Gambar 3.18. ilustrasi kuat tarik beton)

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$$

Keterangan :

f_{ct} = Kuat tarik belah beton (Mpa)

P = Beban pada waktu belah (N)

d = Diameter benda uji silinder (mm)

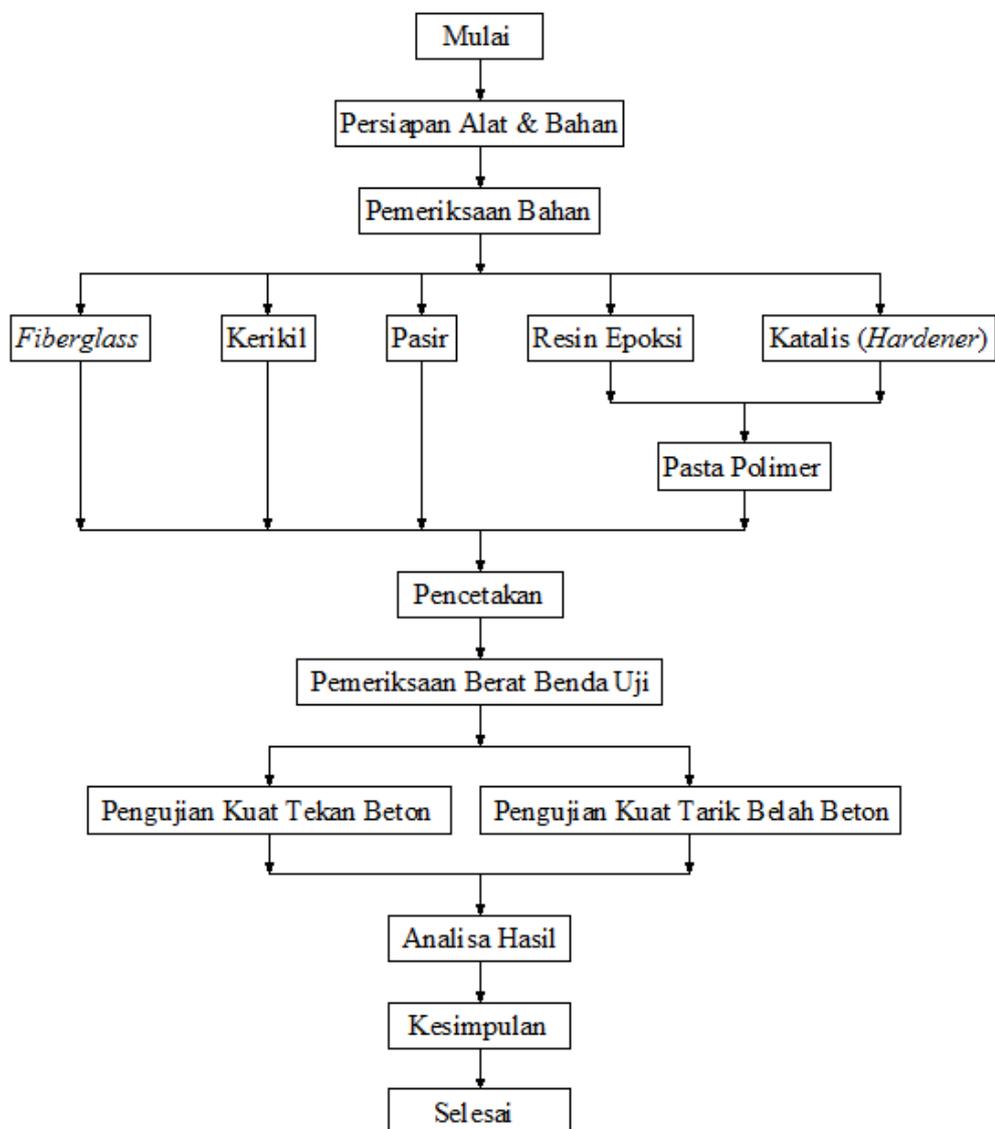
L = Panjang benda uji silinder (mm)

3.9. Pengolahan Data

Penelitian akan diolah lebih lanjut berdasarkan peraturan **SNI-03-2834-2000** karena dari hasil penelitian yang telah dilakukan masih berupa data-data kasar. Penelitian lebih lanjut dilakukan untuk mengetahui sejauh mana hubungan atau korelasi antara benda uji yang satu dengan benda uji yang

lainnya. Karena pada umumnya perbedaan campuran jenis resin, jenis agregat ataupun bahan tambah (*filler*) serta persentasi perbandingan takarannya akan mempengaruhi nilai mutu beton pada pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya.

3.10. Bagan Alir Penelitia



(Gambar 3.19. bagan alir penelitian)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini, penulis akan menguraikan tahapan – tahapan pengujian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Beton Universitas Sangga Buana YPKP, meliputi pengujian bahan / material, perencanaan beton (*Mix Design*), hingga pengujian beton polimer. Pada penelitian ini, penulis menggunakan bahan atau material seperti, pasir, kerikil, air, fiberglass, resin epoksi dan katalis.

Hasil penelitian ini dianalisis guna mengetahui seberapa besar kuat tekan dan kuat tarik beton polimer dengan menggunakan bahan campuran resin epoksi dengan kadar 30%, katalis (*hardener*), agregat halus berupa pasir yang diambil dari pasir lokal Bandung, agregat kasar berupa kerikil yang diambil dari kerikil lokal Bandung serta penambahan *fiberglass* (serat kaca) dengan kadar 7.5% dan 10%.

Berdasarkan referensi metode pengujian berdasarkan standar yang berlaku, maka penulis melakukan penelitian di Laboratorium Beton Universitas Sangga Buana YPKP.

Data – data yang diolah atau hasil penelitian yang diperoleh berupa data material, diantaranya :

1. Pengujian agregat kasar
 - A. Pengujian berat jenis
 - B. Pengujian penyerapan air
 - C. Pengujian kadar air
 - D. Pengujian kadar lumpur
 - E. Pengujian bobot isi / berat isi
 - F. Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan
2. Pengujian agregat halus
 - A. Pengujian berat jenis
 - B. Pengujian penyerapan air

- C. Pengujian kadar air
 - D. Pengujian kadar lumpur
 - E. Pengujian bobot isi / berat isi
 - F. Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan
3. Pengujian resin epoxy
 - A. Pengujian berat jenis
 4. Pengujian katalis (*Hardener*)
 - A. Pengujian berat jenis
 5. Pembuatan benda uji

Pada penelitian ini, campuran beton polimer yang sudah di aduk, dimasukan kedalam bekisting berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

6. Pengujian beton polimer

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian kuat tekan beton polimer dan kuat tarik belah beton polimer.

7. Analisis hasil pengujian beton polimer

Pada penelitian ini resin epoksi yang digunakan adalah epoksi merk devan, fiberglass yang digunakan bejenis *E-Glass* dengan bentuk *chopped strand mat (CSM)*, agregat kasar batu pecah/ kerikil yang digunakan maksimum berdiameter 20 mm dan berasal dari kerikil lokal bandung, agregat halus pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari lokal bandung, penelitian ini menggunakan benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 cm serta tinggi 30 cm, kadar/komposisi resin epoksi tetap yaitu 30%, perbandingan resin epoksi dan katalis (*hardener*) yaitu 3:1, pada penelitian ini, masing masing pengujian yaitu uji tekan dan uji tarik belah, membuat 2 benda uji, dengan kadar *fiberglass* 7.5% dan 10%.

4.2. Pengujian Bahan / Material.

Pada tahap ini, penulis akan menguraikan hasil pengujian pada bahan campuran beton polimer, yaitu pengujian terhadap agregat halus berupa pasir yang berasal dari lokal Bandung, agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari lokal Bandung, serta pengujian berat jenis pada resin epoksi dan katalis sebagai bahan pengganti semen pada penelitian beton polimer ini.

4.2.1. Pengujian Agregat Halus

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, penulis mengacu pada SNI 1969 : 2008. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- b. Berat benda uji kering oven (A) = 478.27 gr
- c. Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- d. Berat piknometer + air + benda uji (C) = 1611.77 gr

Perhitungan

- a. Berat jenis curah kering (sd)
$$= A / (B + S - C)$$
$$= 478.27 / (1308.75 + 500 - 1611.77)$$
$$= 2,428 \text{ g/cm}^3$$
- b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)
$$= S / (B + S - C)$$
$$= 500 / (1308.75 + 500 - 1611.77)$$
$$= 2,538 \text{ g/cm}^3$$
- c. Berat jenis semu (sa)
$$= A / (B + A - C)$$
$$= 478.27 / (1308.75 + 478.27 - 1611.77)$$
$$= 2,729 \text{ g/cm}^3$$

d. Penyerapan air (sw)

$$= ((S - A) / A) \times 100\%$$

$$= ((500 - 478.27) / 478.27) \times 100\%$$

$$= 4.543\%$$

Bahan uji II

- e. Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- f. Berat benda uji kering oven (A) = 478.28 gr
- g. Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- h. Berat piknometer + air + benda uji (C) = 1611.6 gr

Perhitungan

- a. Berat jenis curah kering (sd)
$$= A / (B + S - C)$$

$$= 478.28 / (1308.75 + 500 - 1611.6)$$

$$= 2,426 \text{ g/cm}^3$$
- b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)
$$= S / (B + S - C)$$

$$= 500 / (1308.75 + 500 - 1611.6)$$

$$= 2,536 \text{ g/cm}^3$$
- c. Berat jenis semu (sa)
$$= A / (B + A - C)$$

$$= 478.28 / (1308.75 + 478.28 - 1611.6)$$

$$= 2,726 \text{ g/cm}^3$$
- d. Penyerapan air (sw)
$$= ((S - A) / A) \times 100\%$$

$$= ((500 - 478.28) / 478.28) \times 100\%$$

$$= 4.543\%$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.1. berikut ini :

Tabel 4.1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS				
*SNI 1969 : 2008				
Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji jenuh kering permukaan	S	500	500.01	Gram
Berat benda uji kering oven	A	478.28	478.28	Gram
Barat piknometer yang berisi air	B	1308.75	1308.75	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1611.77	1611.6	Gram
*g/cm ³				
Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (sd)	$A/(B+S-C)$	2.428	2.426	2.427
BJ curah jenuh kering permukaan (ss)	$S/(B+S-C)$	2.538	2.536	2.537
Berat jenis semu (sa)	$A/(B+S-C)$	2.279	2.726	2.728
penyerapan air	$((S-A)/A) \times 100\%$	4.543%	4.543%	4.543%

Dari hasil pengujian berat jenis di atas didapat berat jenis Bulk Specific Gravity sebesar 2.427 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan antara 2,2 sampai 2,7. Penyerapan air yang didapat dari pengujian yaitu 4.543% . Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam penyerapan air dari keadaan kering mutlak sampai dengan jenuh kering muka sebesar 4.543% dari berat kering agregat itu sendiri.

2. Pengujian kadar air agregat halus

Pada pengujian kadar air agregat halus, penulis mengacu pada SNI 1971 : 2011. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Massa wadah + Benda uji = 325.13 gr
- b. Massa wadah = 125.06 gr
- c. Massa benda uji (w1) = 200.07 gr
- d. Massa wadah + Benda uji kering oven = 314.68 gr
- e. Massa wadah = 125.06 gr
- f. Massa benda uji kering oven (w2) = 189.62 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$\begin{aligned} &= ((w1 - w2) / w2) * 100\% \\ &= ((200.07 - 189.62) / 189.62) * 100\% \\ &= 5.511\% \end{aligned}$$

B. Bahan uji II

- a. Massa wadah + Benda uji = 317.59 gr
- b. Massa wadah = 177.55 gr
- c. Massa benda uji (w1) = 200.04 gr
- d. Massa wadah + Benda uji kering oven = 307.16 gr
- e. Massa wadah = 117.55 gr
- f. Massa benda uji kering oven (w2) = 189.61 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$\begin{aligned} &= ((w1 - w2) / w2) * 100\% \\ &= ((200.04 - 189.61) / 189.61) * 100\% \\ &= 5.501\% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.2. berikut ini :

Tabel 4.2. Pengujian kadar air agregat halus

PENGUJIAN KADAR AIR AGREGAT HALUS		
	Benda Uji I	Benda Uji II
Massa wadah + benda uji	325.13	317.59
Massa wadah	125.06	117.55
Massa benda uji (w1)	200.07	200.04
Massa wadah + benda uji kering oven	314.68	307.16
Massa wadah	125.06	117.55
Massa benda uji (w2)	189.62	189.62
Kadar air total (P) = $(w1-w2/w2) \times 100\%$	5.511%	5.501%
Kadar air total rata - rata	5.506%	

3. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pada pengujian kadar lumpur agregat halus, penulis mengacu pada SNI ASTM C117 : 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Berat benda uji kering oven 1 (A) = 189.62 gr
- b. Berat kering oven 2 (B) = 159.8 gr

Perhitungan

- a. Kadar lumpur

$$= ((A - B) / A) \times 100\%$$

$$= ((189.62 - 159.8) / 189.62) \times 100\%$$

$$= 15.726 \%$$

B. Bahan uji II

- a. Berat benda uji kering oven 1 (A) = 189.61 gr
- b. Berat kering oven 2 (B) = 150.67gr

Perhitungan

- a. Kadar lumpur
$$= ((A - B) / A) \times 100\%$$
$$= ((189.61 - 150.67) / 189.61) \times 100\%$$
$$= 20.537 \%$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.3. berikut ini :

Tabel 4.3. Pengujian kadar lumpur agregat halus

PENGUJIAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS			
Pengujian	Notasi	I	II
Berat kering oven 1	A	189.62	189.61
Berat kering oven 1	B	159.8	150.67
Kadar lumpur	A-B/A	15.726%	20.537%
Kadar lumpur rata - rata		18.132%	

4. Pengujian bobot isi / berat isi agregat halus

Pada pengujian bobot isi agregat halus, penulis mengacu pada SNI 03 – 4804 - 1998. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Berat gembur = 1631 gr
- b. Berat padat = 1830.8 gr

B. Bahan uji I

- a. Berat gembur = 1625.26 gr
- b. Berat padat = 1845.02 gr

C. Berat rata – rata

a. Berat gembur = 1628.13 gr/l

b. Berat padat = 1837.91 gr/l

Tabel 4.4. Pengujian bobot isi agregat halus

Pengujian	I	II
Berat Gembur	1631	1625.26
Berat Padat	1830.8	1845.02
Rata-Rata	1837.91	

5. Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan agregat halus

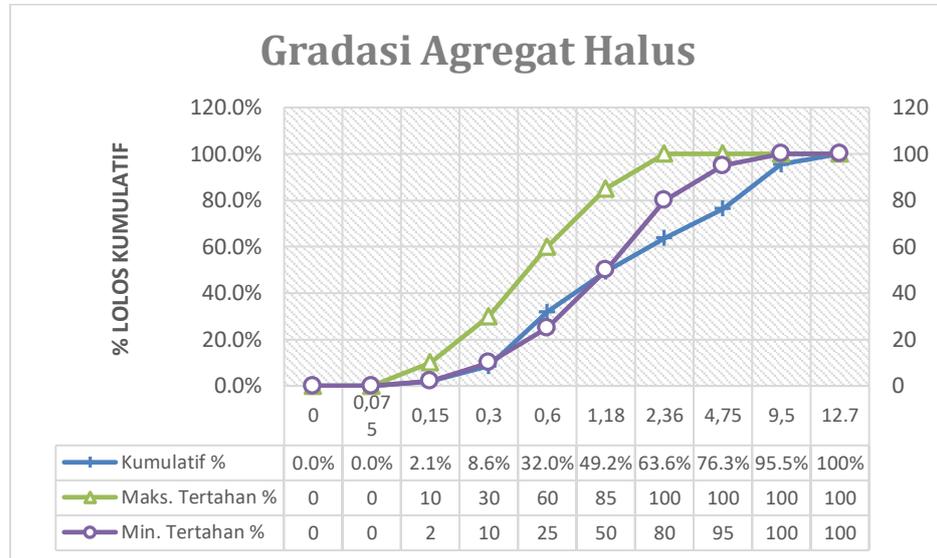
Pada pengujian modulus kehalusan agregat halus, penulis mengacu pada SNI ASTM C136 - 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.5. Pengujian gradasi / modulus kehalusan agregat halus

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan					Kumulatif		Spek ASTM C.33	
	Berat (gram)		Prosen (%)			Tertahan	Lolos	Min	Maks
	I	II	I	II	Rata-rata	(%)	(%)		
12.7	0	0	0	0	0	0	100	100	100
9.5	71,6	71,1	4,5	4,5	4,5	4,5	95,5	100	100
4.75	306,6	307,1	19,2	19,2	19,2	23,7	76,3	95	100
2.36	202,68	202,18	12,7	12,7	12,7	36,4	63,6	80	100
1.18	229,9	230,4	14,4	14,4	14,4	50,8	49,2	50	85
0.6	276,19	275,69	17,3	17,3	17,3	68,0	32,0	25	60
0.3	373,15	373,65	23,4	23,4	23,4	91,4	8,6	10	30
0.15	103,45	102,95	6,5	6,5	6,5	97,9	2,1	2	10
0.075	33,4	33,9	2,1	2,1	2,1	100	0	0	0
0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Jumlah	1596,97	1596,97	100	100	100	472,7			
	FM					4,73			

$$\begin{aligned}
 \text{FM} &= \% \text{ Kumulatif} / 100 \\
 &= 472,7 \% / 100 \\
 &= 4.73 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa saringan atau modulus kehalusan diatas, kemudian data tersebut akan dimasukan ke dalam grafik untuk mengetahui kelolosan pengujian agregat halus pada minimal dan maksimal standar gradasi agregat halus menurut ASTM.



(Gambar 4.1. Grafik gradasi agregat halus)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan butiran agregat halus yang lolos pada saringan no. 4 (4.75) dan tertahan pada saringan no. 8 (2.36).

4.2.2. Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, penulis mengacu pada SNI 1969 : 2008. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- b. Berat benda uji kering oven (A) = 492.99 gr
- c. Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- d. Berat piknometer + air + benda uji (C) = 1627.31 gr

Perhitungan

a. Berat jenis curah kering (sd)

$$\begin{aligned} &= A / (B + S - C) \\ &= 492.99 / (1308.75 + 500 - 1627.31) \\ &= 2,717 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)

$$\begin{aligned} &= S / (B + S - C) \\ &= 500 / (1308.75 + 500 - 1627.31) \\ &= 2,756 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

c. Berat jenis semu (sa)

$$\begin{aligned} &= A / (B + A - C) \\ &= 492.99 / (1308.75 + 492.99 - 1627.31) \\ &= 2,826 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

d. Penyerapan air (sw)

$$\begin{aligned} &= ((S - A) / A) \times 100\% \\ &= ((500 - 492.99) / 492.99) \times 100\% \\ &= 1,422 \% \end{aligned}$$

B. Bahan uji II

- | | |
|---|--------------|
| a. Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) | = 500.49 gr |
| b. Berat benda uji kering oven (A) | = 493.25 gr |
| c. Berat piknometer berisi air (B) | = 1308.75 gr |
| d. Berat piknometer + air + benda uji (C) | = 1627.56 gr |

Perhitungan

a. Berat jenis curah kering (sd)

$$\begin{aligned} &= A / (B + S - C) \\ &= 493.25 / (1308.75 + 500.49 - 1627.56) \\ &= 2,715 \text{ g/cm} \end{aligned}$$

b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)

$$= S / (B + S - C)$$

$$= 500.49 / (1308.75 + 500.49 - 1627.56)$$

$$= 2,755 \text{ g/cm}^3$$

c. Berat jenis semu (sa)

$$= A / (B + A - C)$$

$$= 493.25 / (1308.75 + 493.25 - 1627.56)$$

$$= 2,828 \text{ g/cm}^3$$

d. Penyerapan air (sw)

$$= ((S - A) / A) \times 100\%$$

$$= ((500.49 - 493.25) / 493.25) \times 100\%$$

$$= 1,468 \%$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.6. berikut ini :

Tabel 4.6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR				
*SNI 1969 : 2008				
Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji jenuh kering permukaan	S	500	500.01	Gram
Berat benda uji kering oven	A	492.99	493.25	Gram
Barat piknometer yang berisi air	B	1308.75	1308.75	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1627.31	1627.56	Gram
				*g/cm ³
Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (sd)	A/(B+S-C)	2.717	2.715	2.716
BJ curah jenuh kering permukaan (ss)	S/(B+S-C)	2.756	2.755	2.755
Berat jenis semu (sa)	A/(B+S-C)	2.826	2.828	2.827
penyerapan air	((S-A)/A)x100%	1.422%	1.468%	1.445%

1. Pengujian kadar air agregat kasar

Pada pengujian kadar air agregat kasar, penulis mengacu pada SNI 1971 : 2011. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

a. Massa wadah + Benda uji	= 325.62 gr
b. Massa wadah	= 125.35 gr
c. Massa benda uji (w1)	= 200.27 gr
d. Massa wadah + Benda uji kering oven	= 324,48 gr
e. Massa wadah	= 125.35 gr
f. Massa benda uji kering oven (w2)	= 199,13 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$= ((w1 - w2) / w2) * 100\%$$
$$= ((200.27 - 199,13) / 199,13) * 100\%$$
$$= 0,572 \%$$

B. Bahan uji II

a. Massa wadah + Benda uji	= 321.37 gr
b. Massa wadah	= 120.93 gr
c. Massa benda uji (w1)	= 200.44 gr
d. Massa wadah + Benda uji kering oven	= 319.46 gr
e. Massa wadah	= 120.93 gr
f. Massa benda uji kering oven (w2)	= 198.53 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$= ((w1 - w2) / w2) * 100\%$$
$$= ((200.44 - 198.53) / 198.53) * 100\%$$
$$= 0.962 \%$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.7. berikut ini :

Tabel 4.7. Pengujian kadar air agregat kasar

PENGUJIAN KADAR AIR AGREGAT KASAR		
	Benda Uji I	Benda Uji II
Massa wadah + benda uji	325.62	321.37
Massa wadah	125.35	120.93
Massa benda uji (w1)	200.27	200.44
Massa wadah + benda uji kering oven	324.48	319.46
Massa wadah	125.35	120.93
Massa benda uji (w2)	199.13	198.53
Kadar air total (P) = $(w1-w2/w2) \times 100\%$	5.511%	5.501%
Kadar air total rata - rata	0.767%	

1. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Pada pengujian kadar lumpur agregat kasar, penulis mengacu pada SNI ASTM C117 : 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

- a. Berat benda uji kering oven 1 (A) = 199.13 gr
- b. Berat kering oven 2 (B) = 198.23 gr

Perhitungan

- a. Kadar lumpur
 - = $((A - B) / A) \times 100\%$
 - = $((199.13 - 198.23) / 199.13) \times 100\%$
 - = 0.452 %

B. Bahan uji II

- a. Berat benda uji kering oven 1 (A) = 198.521 gr
- b. Berat kering oven 2 (B) = 198.271 gr

Perhitungan

a. Kadar lumpur

$$= ((A - B) / A) \times 100\%$$

$$= ((198.521 - 198.271) / 198.521) \times 100\%$$

$$= 0.126 \%$$

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.8. berikut ini :

Tabel 4.8. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

PENGUJIAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR			
Pengujian	Notasi	I	II
Berat kering oven 1	A	199.13	198.521
Berat kering oven 1	B	198.23	198.271
Kadar lumpur	A-B/A	0.452%	0.126%
Kadar lumpur rata - rata		0.289%	

1. Pengujian bobot isi / berat isi agregat kasar

Pada pengujian bobot isi agregat kasar, penulis mengacu pada SNI 03 – 4804 - 1998. Didapat hasil sebagai berikut:

A. Bahan uji I

a. Berat gembur = 1473.71 gr

b. Berat padat = 1752.17 gr

B. Bahan uji I

a. Berat gembur = 1477.81 gr

b. Berat padat = 1673.56 gr

C. Berat rata – rata

a. Berat gembur = 1475.76 gr/l

b. Berat padat = 1712.865 gr/l

Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada tabel 4.9. berikut ini :

Tabel 4.9. Pengujian berat isi / bobot isi agregat kasar

Pengujian	I	II
Berat Gembur	473.71	1477.81
Berat Padat	1752.17	1673.56
Rata-Rata	1712.865	

1. Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan agregat kasar

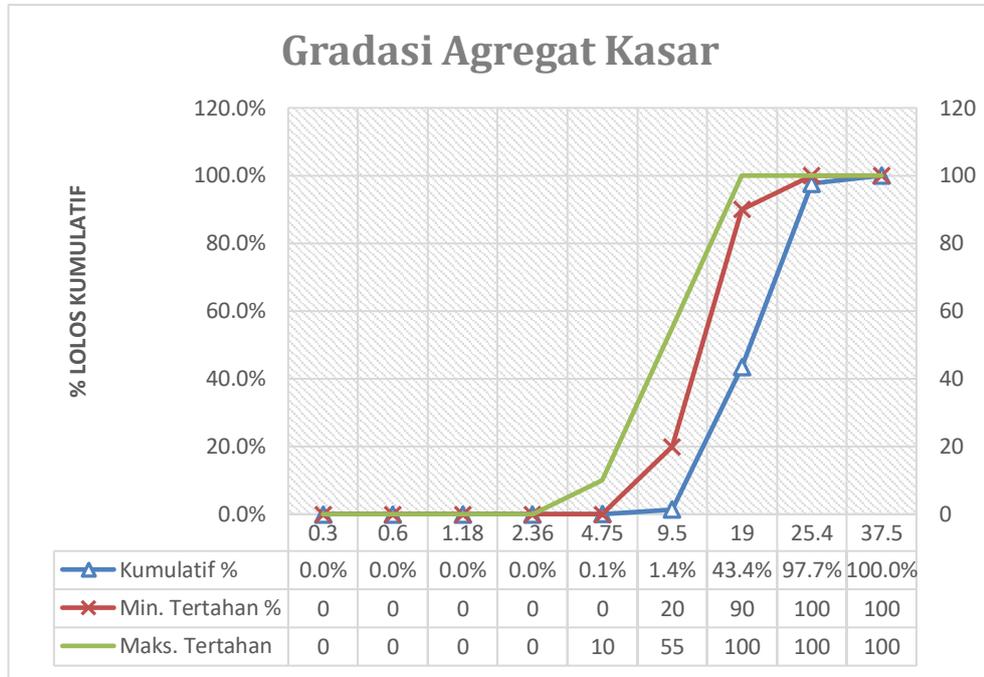
Pada pengujian modulus kehalusan agregat kasar, penulis mengacu pada SNI ASTM C136 - 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.10. Pengujian gradasi / modulus kehalusan agregat kasar

Ukuran ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)		Prosen (%)			Kumulatif tertahan %	Kumulatif lolos %	SPEK ASTM C.33	
	I	II	I	II	Rata ²			Min	Maks
37,5	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
25,4	92,85	93,35	2,30	2,30	2,30	2,30	97,70	100	100
19	2166,32	2165,82	54,30	54,30	54,30	56,60	43,40	90	100
9,5	1674,63	1675,13	42,00	42,00	42,00	98,60	1,40	20	55
4,75	54,56	54,06	1,40	1,40	1,40	99,90	0,10	0	10
2,36	2,52	2,02	0,10	0,10	0,10	100,00	0,00	0	0
1,18	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0	0
0,6	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0	0
0,3	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0	0
0	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0	0
3990,88	3990,38	100,00	100,00	100,00	557,40				
FM					5,57				

$$\begin{aligned}
 \text{FM} &= \% \text{ Kumulatif} / 100 \\
 &= 557.4 \% / 100 \\
 &= 5.57 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa saringan atau modulus kehalusan diatas, kemudian data tersebut akan dimasukan ke dalam grafik untuk mengetahui kelolosan pengujian agregat halus pada minimal dan maksimal standar gradasi agregat halus menurut ASTM.



(Gambar 4.2. Grafik gradasi agregat kasar)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan butiran agregat halus yang lolos pada saringan 1” (25.4) dan tertahan pada saringan ¼” (19.1).

4.2.2. Pengujian Resin Epoksi Dan Katalis

A. Pengujian berat jenis resin epoksi dan katalis

Tabel 4.11 Pengujian bobot isi resin dan hardener

NO	Nama Material	Volume wadah uji	Berat benda uji	Berat jenis
			Kg	Kg/m ³
1	Resim Epoksi	0.001m ³	1.07	1070
2	Hardener	0.001m ³	0.934	934

4.3. Pembuatan Benda Uji

Setelah semua proses pengujian bahan / material selesai, kemudian bisa lanjut ke pembuatan benda uji, dengan perencanaan yang sudah ditentukan atau direncanakan.

4.3.1. Perencanaan Campuran Beton Polimer

Untuk penelitian yang dilakukan di laboratorium, benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel beton silinder yang dibuat pada pengujian ini adalah berjumlah 4 buah, dengan jumlah masing – masing 2 benda uji untuk pengujian kuat tarik beton dan kuat tekan beton.

Variabel penelitian pada karaterisasi beton polimer dengan tambahan *fiberglass* dan resin epoksi. Variasi komposisi bahan yang digunakan terdapat pada tabel 4.12 dan 4.13. dibawah ini.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4.12. Variabel penelitian pengujian kuat tekan beton

No	Sampel	Jenis Resin	Perbandingan Pasta Polimer & Pasir (%)	Agregat Kasar (%)	Kadar <i>Fiberglass</i> (%)	Jumlah Sampel
1	BPF30 ₍₁₎	Epoksi	30 : 70	100	7.5	1
2	BPF30 ₍₂₎	Epoksi	30 : 70	100	10	1
Total Jumlah Sampel						2

Keterangan :

BPF30₍₁₎ = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 1

BPF30₍₂₎ = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 2

Rencana campuran pasta polimer yaitu 1 : 3 (Katalis : Resin)

2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 4.13. Variabel penelitian pengujian kuat tarik belah beton

No	Sampel	Jenis Resin	Perbandingan Pasta Polimer & Pasir (%)	Agregat Kasar (%)	Kadar <i>Fiberglass</i> (%)	Jumlah Sampel
1	BPF30 ₍₃₎	Epoksi	30 : 70	100	7.5	1
2	BPF30 ₍₄₎	Epoksi	30 : 70	100	10	1
Total Jumlah Sampel						2

Keterangan :

BPF30₍₃₎ = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 3

BPF30₍₄₎ = Beton polimer *fiber* kadar 30% no sampel 4

Rencana campuran pasta polimer yaitu 1 : 3 (Katalis : Resin)

4.3.2. Perhitungan Campuran Beton Polimer

- Volume Silinder $= 3.14 \times r \times r \times t$
 $= 3.14 \times 0.075 \times 0.075 \times 0.3$
 $= 0.00529875 \text{ m}^3$

1. Benda Uji 1

BPF30₍₁₎

A. Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$= V \text{ silinder} \times 70\% \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 0.00529875 \times 0.7 \times 1712.865$$

$$= 0.003709125 \times 1712.865$$

$$= \mathbf{6.35 \text{ Kg}}$$

B. Kebutuhan agregat halus / kerikil

$$= V \text{ silinder} \times 30\%$$

(Dianggap 100% guna perbandingan resin, hardener dan pasir)

$$= 0.00529875 \times 0.3$$

$$= 0.001589625$$

$$= 0.001589625 \times (70\% \text{ Perbandading pasir dan resin epoksi})$$

$$= 0.001589625 \times 0.7$$

$$= 1.1127375 \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 1.1127375 \times 1873.91$$

$$= \mathbf{2.08 \text{ Kg}}$$

C. Kebutuhan resin dan hardener

Setelah dilakukan *trial and error* didapat kebutuhan resin dan hardener sebagai berikut :

- Resin epoksi (3) = 1612.5 ml
- Hardener (1) = 537.5 ml

D. Kebutuhan *fiberglass*

Kebutuhan *fiberglass* dihitung berdasarkan berat campruran total beton polimer, maka kebutuhan *fiberglass* adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 6.3 kg
- Berat pasir = 1.19 kg
- Berat resin = 1612.5 ml \rightarrow 1612500 kg
- Berat hardener = 537.5 ml \rightarrow 0.537.5 kg

$$\mathbf{\text{Berat total} = 10.53 \text{ Kg}}$$

- Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan *fiberglass*

$$= \text{Berat total} \times 7.5\%$$

$$= 10.53 \times 0.075$$

$$= \mathbf{0.78 \text{ Kg}}$$

Jadi kebutuhan fiberglass adalah 0.78 kg

- Kebutuhan kerikil = 6.35 Kg
- Kebutuhan pasir = 2.08 kg
- Kebutuhan resin = 1612.5 ml
- Kebutuhan hardener = 537.5 ml
- Kebutuhan fiberglass = 0.78 kg

Tabel 4.14. Kebutuhan material benda uji 1

Krikil	Pasir	Resin & Hardener		Fiberglass
		3	1	7.50%
Kg	Kg	ml	ml	Kg
6.53	2.08	1612.5	537.5	0.78

2. Benda Uji 2

BPF30₍₂₎

A. Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ silinder} \times 70\% \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 0.00529875 \times 0.7 \times 1712.865 \\
 &= 0.003709125 \times 1712.865 \\
 &= \mathbf{6.35 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

B. Kebutuhan agregat halus / kerikil

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ silinder} \times 30\% \\
 &\quad (\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener dan pasir}) \\
 &= 0.00529875 \times 0.3 \\
 &= 0.001589625 \\
 &= 0.001589625 \times (70\% \text{ Perbandading pasir dan resin epoksi}) \\
 &= 0.001589625 \times 0.7 \\
 &= 1.1127375 \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 1.1127375 \times 1873.91 \\
 &= \mathbf{2.08 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

C. Rekap kebutuhan material

D. Kebutuhan resin dan hardener

Setelah dilakukan *trial and error* didapat kebutuhan resin dan hardener sebagai berikut :

- Resin epoksi (3) = 1612.5 ml
- Hardener (1) = 537.5 ml

E. Kebutuhan *fiberglass*

Kebutuhan *fiberglass* dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan *fiberglass* adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 6.3 kg
- Berat pasir = 1.19 kg
- Berat resin = 1612.5 ml \rightarrow 1612500 kg
- Berat hardener = 537.5 ml \rightarrow 0.5375 kg

Berat total = 10.53 Kg

- Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan *fiberglass*
= Berat total x 10 %
= 10.53 x 0.1
= 1.053 Kg

Jadi kebutuhan fiberglass adalah 1.053 kg

F. Rekap kebutuhan material

- Kebutuhan kerikil = 6.35 Kg
- Kebutuhan pasir = 2.08 kg
- Kebutuhan resin = 1612.5 ml
- Kebutuhan hardener = 537.5 ml
- Kebutuhan fiberglass = 1.053 kg

Tabel 4.15. Kebutuhan material benda uji 2

Krikil	Pasir	Resin & Hardener		Fiberglass
		3	1	7.50%
Kg	Kg	ml	ml	Kg
6.53	2.08	1612.5	537.5	1.053

3. Benda Uji 3

BPF30₍₃₎

A. Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ silinder} \times 70\% \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 0.00529875 \times 0.7 \times 1712.865 \\
 &= 0.003709125 \times 1712.865 \\
 &= \mathbf{6.35 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

B. Kebutuhan agregat halus / kerikil

$$\begin{aligned}
 &= V \text{ silinder} \times 30\% \\
 &\quad (\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener dan pasir}) \\
 &= 0.00529875 \times 0.3 \\
 &= 0.001589625 \\
 &= 0.001589625 \times (70\% \text{ Perbandading pasir dan resin epoksi}) \\
 &= 0.001589625 \times 0.7 \\
 &= 1.1127375 \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 1.1127375 \times 1873.91 \\
 &= \mathbf{2.08 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

C. Kebutuhan resin dan hardener

Setelah dilakukan *trial and error* didapat kebutuhan resin dan hardener sebagai berikut :

- Resin epoksi (3) = 1612.5 ml
- Hardener (1) = 537.5 ml

D. Kebutuhan *fiberglass*

Kebutuhan *fiberglass* dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan *fiberglass* adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 6.3 kg
- Berat pasir = 1.19 kg
- Berat resin = 1612.5 ml → 1612500 kg
- Berat hardener = 537.5 ml → 0.537.5 kg
- Berat total = 10.53 Kg**
- Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan *fiberglass*
 = Berat total x 7.5 %
 = 10.53 x 0.075
 = **0.78 Kg**

Jadi kebutuhan fiberglass adalah 0.78 kg

E. Rekap kebutuhan material

- Kebutuhan kerikil = 6.35 Kg
- Kebutuhan pasir = 2.08 kg
- Kebutuhan resin = 1612.5 ml
- Kebutuhan hardener = 537.5 ml
- Kebutuhan fiberglass = 0.78 kg

Tabel 4.16. Kebutuhan material benda uji 3

Krikil	Pasir	Resin & Hardener		Fiberglass
		3	1	7.50%
Kg	Kg	ml	ml	Kg
6.53	2.08	1612.5	537.5	0.78

4. Benda Uji 4

BPF30₍₂₎

A. Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$\begin{aligned} &= V \text{ silinder} \times 70\% \times \text{Berat isi padat} \\ &= 0.00529875 \times 0.7 \times 1712.865 \\ &= 0.003709125 \times 1712.865 \\ &= \mathbf{6.35 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

B. Kebutuhan agregat halus / kerikil

$$\begin{aligned} &= V \text{ silinder} \times 30\% \\ &\quad (\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener dan pasir}) \\ &= 0.00529875 \times 0.3 \\ &= 0.001589625 \\ &= 0.001589625 \times (70\% \text{ Perbandading pasir dan resin epoksi}) \\ &= 0.001589625 \times 0.7 \\ &= 1.1127375 \times \text{Berat isi padat} \\ &= 1.1127375 \times 1873.91 \\ &= \mathbf{2.08 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

C. Kebutuhan resin dan hardener

Setelah dilakukan *trial and error* didapat kebutuhan resin dan hardener sebagai berikut :

- Resin epoksi (3) = 1612.5 ml
- Hardener (1) = 537.5 ml

D. Kebutuhan *fiberglass*

Kebutuhan *fiberglass* dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan *fiberglass* adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 6.3 kg
 - Berat pasir = 1.19 kg
 - Berat resin = 1612.5 ml \rightarrow 1612500 kg
 - Berat hardener = 537.5 ml \rightarrow 0.537.5 kg
- Berat total = 10.53 Kg**

- Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan *fiberglass*
 = Berat total x 10 %
 = 10.53 x 0.1
 = **1.053 Kg**

Jadi kebutuhan fiberglass adalah 0.78 kg

E. Rekap kebutuhan material

- Kebutuhan kerikil = 6.35 Kg
- Kebutuhan pasir = 2.08 kg
- Kebutuhan resin = 1612.5 ml
- Kebutuhan hardener = 537.5 ml
- Kebutuhan fiberglass = 1.053 kg

Tabel 4.17. Kebutuhan material benda uji 4

Krikil	Pasir	Resin & Hardener		Fiberglass
		3	1	7.50%
Kg	Kg	ml	ml	Kg
6.53	2.08	1612.5	537.5	1.053

4.3.3. Rencana Anggaran Biaya

Harga material

- Kerikil = Rp. 194.000,00 / m³
 = Rp. 107,78 / kg
- Pasir = Rp. 242.500,00 / m³
 = Rp. 173,22 / kg
- Resin = Rp. 700.000,00 / 18 kg / pail
 = Rp. 38.888 /kg
- Hardener = Rp. 300.000,00 / 5 kg / jrg
 = Rp. 60.000 / kg
- Fiberglass = Rp. 300.000,00 / kg

1. Kebutuhan biaya benda uji 1

- Kerikil = Rp.6.35 x Rp. 107,78
= Rp. 684,40
- Pasir = Rp. 2.08 x Rp. 173,22
= Rp. 360.2
- Resin = Rp. 1612.5 x Rp. 38.888,89
= Rp. 62708
- Hardener = Rp. 0.5375 x Rp. 60.000,00
= Rp. 32.250
- Fiberglass = Rp. 0.78 x Rp.30.000
= Rp. 23.400

2. Kebutuhan biaya benda uji 2

- Kerikil = Rp. 6.35 x Rp. 107,78
= Rp. 684,40
- Pasir = Rp. 2.08 x Rp. 173,22
= Rp. 360.2
- Resin = Rp. 1612.5 x Rp. 38.888,89
= Rp. 62708
- Hardener = Rp. 0.5375 x Rp. 60.000,00
= Rp. 32.250
- Fiberglass = Rp. 1.053 x Rp.30.000
= Rp. 31.59

3. Kebutuhan biaya benda uji 3

- Kerikil = Rp. 6.35 x Rp. 107,78
= Rp. 684,40
- Pasir = Rp. 2.08 x Rp. 173,22
= Rp. 360.2
- Resin = Rp. 1612.5 x Rp. 38.888,89
= Rp.62708
- Hardener = Rp. 0.5375 x Rp. 60.000,00
= Rp. 32.250
- Fiberglass = Rp. 0.78 x Rp.30.000
= Rp. 23.400

4. Kebutuhan biaya benda uji 4
- Kerikil = Rp. 6.35 x Rp. 107,78
= Rp. 684,40
 - Pasir = Rp. 2.08 x Rp. 173,22
= Rp. 360.2
 - Resin = Rp. 1612.5 x Rp. 38.888,89
= Rp.62.708
 - Hardener = Rp.0.5375 x Rp. 60.000,00
= Rp. 32.250
 - Fiberglass = Rp. 1.053 x Rp.30.000
= Rp. 31.59

4.4. Analisa Hasil Pengujian Tekan Beton Polimer

Setelah benda uji beton polimer berbentuk silinder dibuat dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam, kemudian disiapkan untuk dilakukan pengujian tekan beton dengan alat CTM yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.

4.4.1. Benda Uji BPF 30₍₁₎



(Gambar 4.3. Benda uji 1 kadar *fiberglass* 7.5%)



(Gambar 4.4. Pengujian benda uji kadar *fiberglass* 7.5%)

- Berat benda uji = 10.198 Kg
- Diameter benda uji = 150 mm
- Tinggi benda uji = 300 mm
- Nilai kuat tekan = 125 KN \rightarrow 125000 N
- $F'c$ = $P / (3.14 \times r^2)$
 = $125000 / (3.14 \times 75^2)$
 = 7.07 Mpa

Tabel 4.18. Hasil pengujian kuat tekan benda uji 1 kadar *fiberglass* 7.5%

Benda Uji	Kuat Tekan	Kuat Tekan	π	Diameter	F'c
	KN	N		(mm)	(Mpa)
BPF30 ₍₁₎	125	125000	3.14	150	7.07

4.4.2. Benda Uji BP 30₍₂₎



(Gambar 4.5. Benda uji 2 kadar *fiberglass* 10%)



(Gambar 4.6. Pengujian benda uji kadar *fiberglass* 10%)

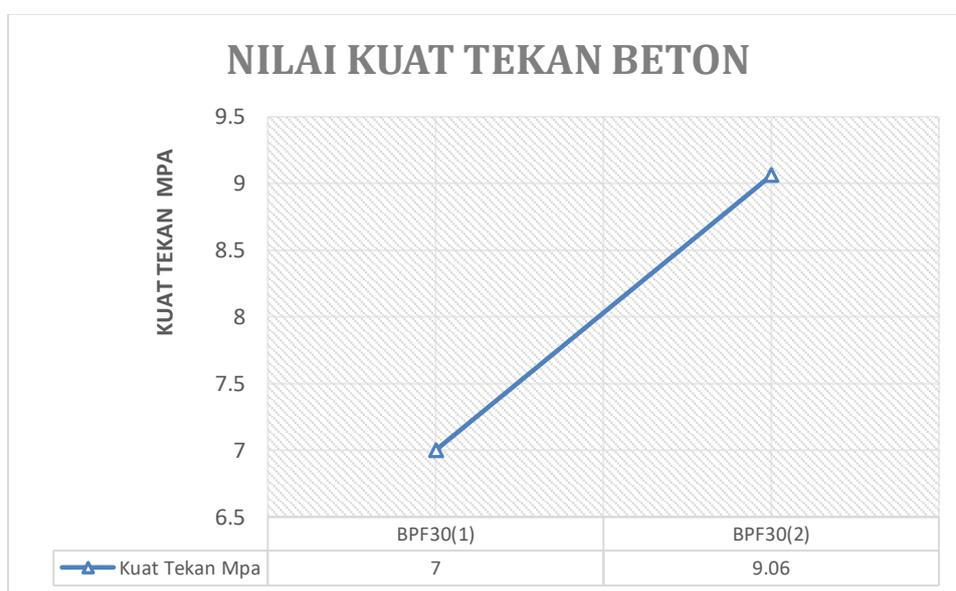
- Berat benda uji = 9.806 Kg
- Diameter benda uji = 150 mm
- Tinggi benda uji = 300 mm
- Nilai kuat tekan = 160 KN \rightarrow 160000 N
- F'_c = $P / (3.14 \times r^2)$
= $160000 / (3.14 \times 75^2)$
= 9.06 Mpa

Tabel 4.19. Hasil pengujian kuat tekan benda uji 2 kadar *fiberglass* 10%

Benda Uji	Kuat Tekan	Kuat Tekan	π	Diameter	F'c
	KN	N		(mm)	(Mpa)
BPF30 ₍₂₎	160	160000	3.14	150	9.06

4.4.3. Perbandingan Uji Tekan Dengan Kadar *Fiberglass* Berbeda

Setelah melakukan pengujian kuat tekan, maka didapat hasil perbandingan sebagai berikut :

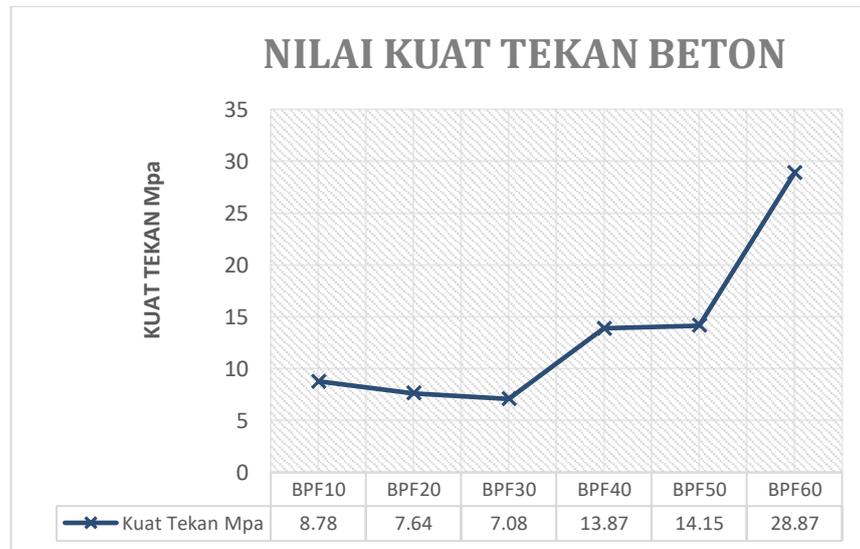


(Gambar 4.7. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar fiberglass berbeda)

Dari data diatas, kita bisa mengetahui bahwa kadar *fiberglass* sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton polimer, karna sistem *fiberglass* mengikat campuran beton menjadi lebih maksimal

4.4.4. Perbandingan Uji Tekan Dengan Kadar Resin Dan Hardener Berbeda.

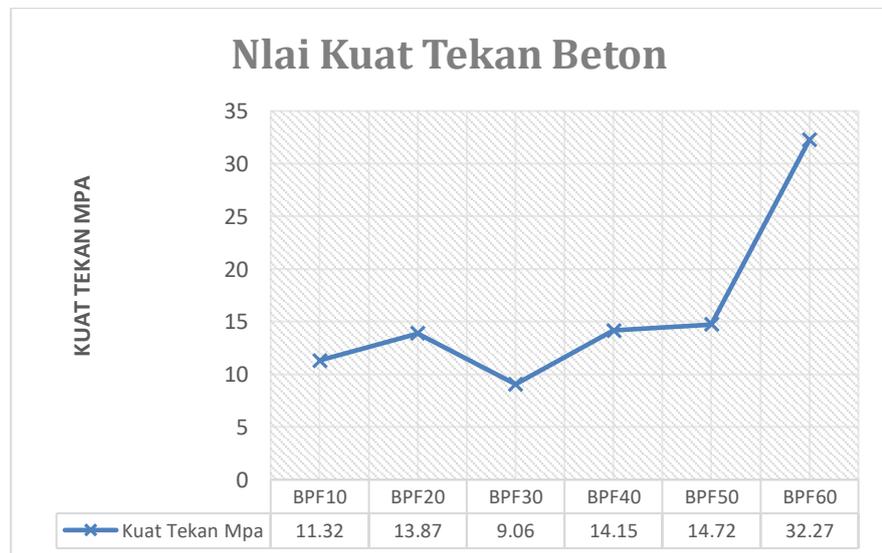
1. Perbandingan dengan kadar *fiberglass* sama yaitu 7.5%, dan kadar resin eksi yang berbeda.



(Gambar 4.8. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar fiberglass sama 7.5% dan kadar resin berbeda)

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPF60 yaitu 28.87 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPF30 yaitu 7.08 Mpa

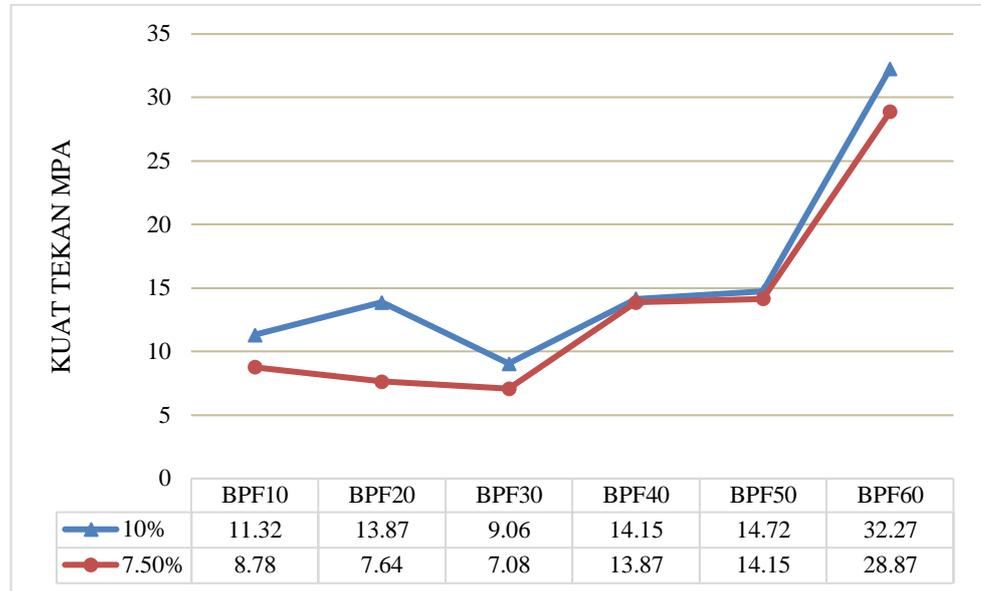
2. Perbandingan dengan kadar *fiberglass* sama yaitu 10%, dan kadar resin yang berbeda.



(Gambar 4.9. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar fiberglass sama 10% dan kadar resin berbeda)

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPF60 yaitu 32.27 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPF30 yaitu 9.06 Mpa

3. Perbandingan kuat tekan beton dengan kadar *fiberglass* 7.5% dan 10%, dan kadar resin epoksi yang berbeda yang berbeda.



(Gambar 4.10. Grafik perbandingan kuat tekan dengan kadar *fiberglass* yaitu 7.5% dan 10%, dan kadar resin yang berbeda)

Catatan :

A. Nilai Kuat Tekan BPF10 (Sumber Sepulloh Munir, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 10%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

B. Nilai Kuat Tekan BPF20 (Sumber Muhammad Nashiruddin, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 20%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

C. Nilai Kuat Tekan BPF60 (Sumbe Faris ramadhan, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 60%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

D. Nilai Kuat Tekan BPF40 (Sumber Rizki Setia Fujiana, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 40%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

E. Nilai Kuat Tekan BPF50 (Sumber Ganjar Ginanjar, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 50%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

4.5. Analisa Hasil Pengujian Tarik Belah Beton Polimer

Setelah benda uji beton polimer berbentuk silinder dibuat dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam, kemudian disiapkan untuk dilakukan pengujian tekan beton dengan alat uji tarik belah yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.

4.5.1. Benda Uji BPF30₍₃₎



(Gambar 4.11. Benda uji 3 kadar fiberglass 7.5%)



(Gambar 4.12. Pengujian benda uji 3 kadar fiberglass 7.5%)

- Berat benda uji = 10.020 Kg
- Diameter benda uji = 150 mm
- Tinggi benda uji = 300 mm
- Nilai kuat tarik belah = 565.2 KN → 565200 N
- F'c = $2P / (3.14 \times D \times L)$
 = $(2 \times 565200) / (3.14 \times 150 \times 300)$
 = 8 Mpa

Tabel 4.20. Hasil pengujian kuat tarik belah benda uji 3 kadar *fiberglass* 7.5%

Benda Uji	Kuat Tekan	Kuat Tekan	π	Diameter	F'c
	KN	N		(mm)	(Mpa)
BPF30 ₍₃₎	565.2	565200	3.14	150	8

4.5.2. Benda Uji BPF30₍₄₎



(Gambar 4.13. Benda uji 4 kadar *fiberglass* 10%)



(Gambar 4.14. Pengujian benda uji 4 kadar *fiberglass* 10%)

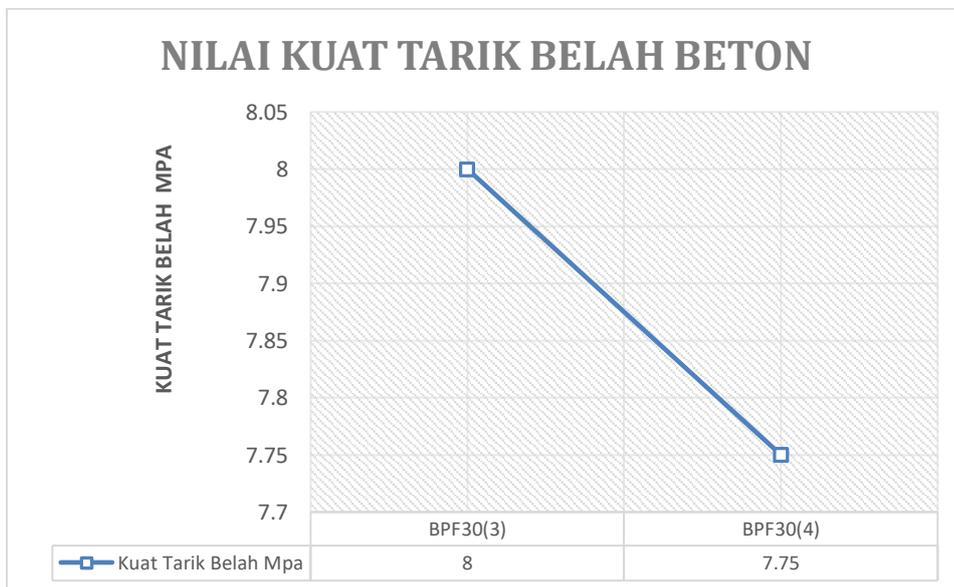
- Berat benda uji = 10.402 Kg
- Diameter benda uji = 150 mm
- Tinggi benda uji = 300 mm
- Nilai kuat tarik belah = 547.54 KN → 5467537.5 N
- F'c = $2P / (3.14 \times D \times L)$
 = $(2 \times 467537.) / (3.14 \times 150 \times 300)$
 = 7.75 Mpa

Tabel 4.21. Hasil pengujian kuat tarik belah benda uji 4 kadar *fiberglass* 10%

Benda Uji	Kuat Tekan	Kuat Tekan	π	Diameter	F'c
	KN	N		(mm)	(Mpa)
BPF30 ₍₄₎	547.54	5467537.5	3.14	150	7.75

4.5.3. Perbandingan Uji Tarik Belah Dengan Kadar *Fiberglass* Berbeda

Setelah melakukan pengujian kuat tekan, maka didapat hasil perbandingan sebagai berikut :

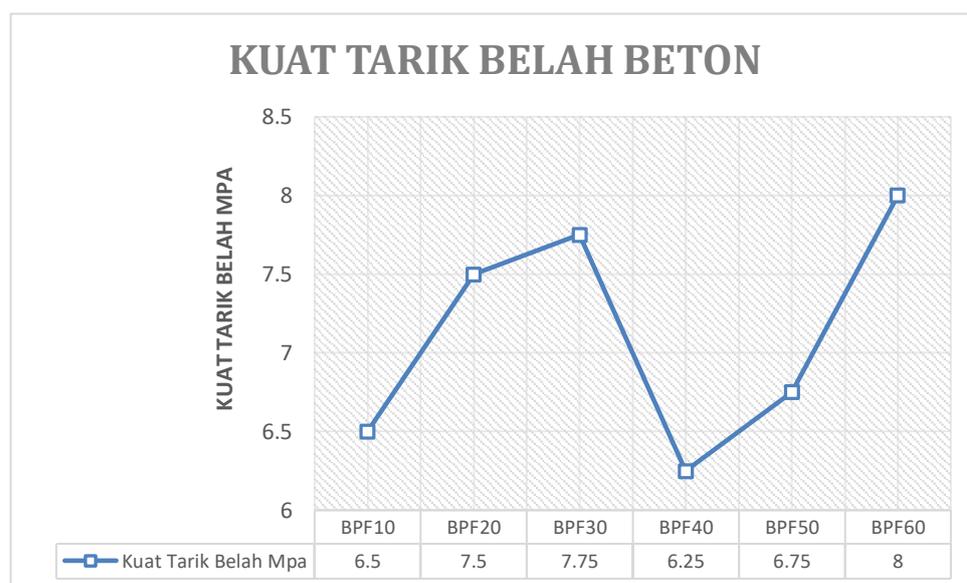


(Gambar 4.13. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar fiberglass berbeda.

Sama halnya dengan pengujian kuat tekan beton, *fiberglass* juga sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tarik belah beton, karena sistem *fiberglass* mengikat campuran beton menjadi lebih maksimal.

4.5.4. Perbandingan Uji Tarik Belah Dengan Kadar Resin Dan Hardener Berbeda

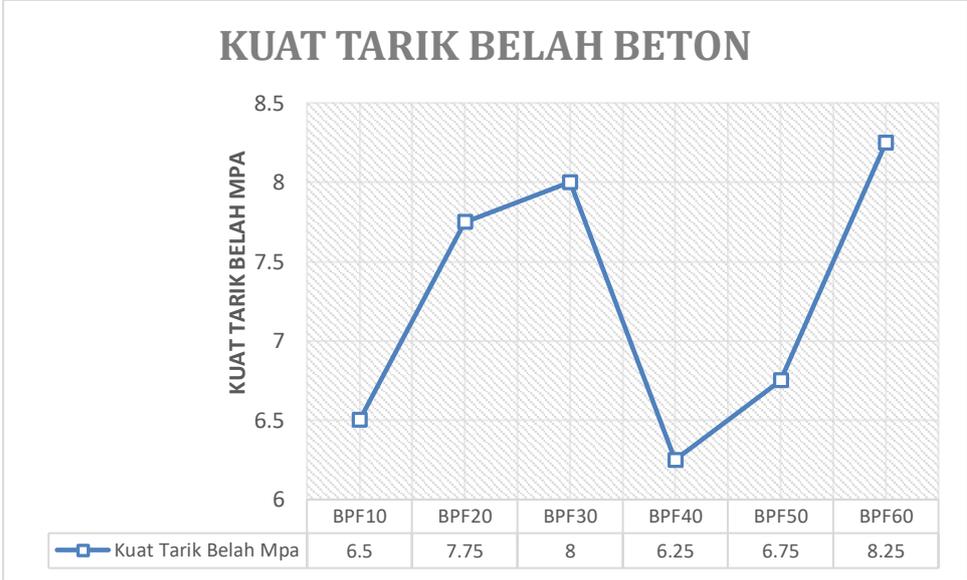
1. Perbandingan dengan kadar *fiberglass* sama yaitu 7.5%, dan kadar resin epoksi yang berbeda.



(Gambar 4.14. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar fiberglass sama 7.5% dan kadar resin berbeda)

Didapatkan bahwa nilai kuat tarik belah paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPF60 yaitu 8 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPF40 yaitu 6.25 Mpa

2. Perbandingan dengan kadar *fiberglass* sama yaitu 10%, dan kadar resin yang berbeda.



(Gambar 4.15. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar fiberglass sama 10% dan kadar resin berbeda)

Didapatkan bahwa nilai kuat tarik belah paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPF60 yaitu 8.25 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPF40 yaitu 6.25 Mpa

3. Perbandingan kuat tekan beton dengan kadar fiberglass 7.5% dan 10%, dan kadar resin epoksi yang berbeda yang berbeda.



(Gambar 4.16. Grafik perbandingan kuat tarik belah dengan kadar fiberglass yaitu 7.5% dan 10%, dan kadar resin yang berbeda)

Catatan :

A. Nilai Kuat Tekan BPF10 (Sumber Sepulloh Munir, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 10%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

B. Nilai Kuat Tekan BPF20 (Sumber Muhammad Nashiruddin, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 20%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

C. Nilai Kuat Tekan BPF30 (Sumber Faris Ramadhan, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 60%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

D. Nilai Kuat Tekan BPF40 (Sumber Rizki Setia Fujiana, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 40%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton”.

E. Nilai Kuat Tekan BPF50 (Sumber Ganjar Ginanjar, 2020)

“Kajian beton polimer menggunakan bahan campuran perekat resin epoksi (kadar 50%) serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. BPF30₍₁₎ dengan komposisi pasta polimer 30% dan penambahan Fiberglass dengan kadar 7,5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 7.07 MPa.
2. BPF30₍₂₎ dengan komposisi pasta polimer 30% dan penambahan fiberglass dengan kadar 10% memiliki nilai kuat tekan sebesar 9.06 MPa.
3. BPF30₍₃₎ dengan komposisi pasta polimer 30% dan penambahan Fiberglass dengan kadar 7,5% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 8 MPa.
4. BPF30₍₄₎ dengan komposisi pasta polimer 30% dan penambahan Fiberglass dengan kadar 10% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 7.75 MPa.
5. BPF30₍₁₎, BPF30₍₂₎, BPF30₍₃₎, dan BPF30₍₄₎ termasuk dalam klasifikasi beton berat dengan mutu tinggi (*high strength concrete*).
6. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kuat tekan terendah sebesar 7,08 MPa yaitu beton polimer BPF30₍₁₎ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 28,87 MPa yaitu beton polimer BPF60₍₁₎.
7. Dari semua hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan terendah sebesar 9,06 MPa yaitu beton polimer BPF30₍₂₎ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 32,27 MPa yaitu beton polimer BPF60₍₂₎.
8. Dari semua hasil penelitian didapat nilai kuat tarik belah terendah sebesar 6,25 Mpa yaitu Beton polimer BPF40₍₁₎ dan nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 8Mpa yaitu beton polimer BPF60₍₁₎
9. Dari semua hasil penelitian didapat nilai kuat tarik belah terendah sebesar 6,25 Mpa yaitu Beton polimer BPF40₍₁₎ dan nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 8,25 Mpa yaitu beton polimer BPF60₍₁₎
10. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada hasil penelitian beton polimer dengan kadar beton polimer 60% serta penambahan fiberglas (serat kaca) dengan kadar bervariasi yaitu BPF60₍₁₎ sebesar 28,87 Mpa dan BPF60₍₂₎ sebesar 32,27 Mpa.

11. Nilai kuat tarik belah tertinggi terdapat pada hasil penelitian beton polimer dengan kadar beton polimer 60% serta penambahan fiberglass (serat kaca) dengan kadar bervariasi yaitu BPF60₍₁₎ sebesar 28,87 Mpa dan BPF60₍₂₎ sebesar 32,27 Mpa.
12. Dari data grafik yang dihasilkan nilai kuat tekan benda uji BPF60 berada di atas rata-rata nilai kuat tekan beton benda uji yang lain.
13. Dari data grafik yang dihasilkan nilai kuat tarik belah benda uji BPF60 berada di atas rata-rata nilai kuat tarik belah beton benda uji yang lain.
14. Daya rekat agregat terhadap polimer terjadi dengan baik, dengan ditandai tidak adanya keretakan ataupun korosi beton akibat proses pencampuran.
15. Komposisi campuran resin *epoxy* dan hardener sudah sesuai yaitu 3 : 1, ini dibuktikan dengan resin *epoxy* dapat mengeras sempurna dan mendapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang baik

Dari data kedua pengujian beton polimer di atas, yaitu pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton, didapatkan fakta bahwa penambahan *fiberglass* sebagai bahan tambah campuran beton polimer, sangat berpengaruh besar terhadap nilai kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton polimer yang penulis uji.

5.2. Saran

Adapun berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan, maka didapat beberapa saran dari penulis sebagai berikut :

1. Data hasil pengujian bahan / material seperti agregat kasar, agregat halus, *fiberglass*, resin epoksi dan katalis harus diperhitungkan secara lebih teliti, karena hasil pengujian bahan / material dapat mempengaruhi rencana campuran beton serta dapat mempengaruhi nilai mutu beton yang dihasilkan.
2. Prosedur pengujian atau penelitian harus dilaksanakan secara berurutan (sistematis).
3. Diharapkan kualitas material yang ada harus sesuai dengan SNI, karena kondisi material sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya mutu beton.

4. Dalam proses pencampuran beton diusahakan susunan pengerjaannya dilakukan dengan prosedur yang ada.
5. Dalam proses pencampuran beton polimer, diharapkan semua bahan dan alat harus sudah tersedia, mengingat sifat beton polimer sangat cepat untuk kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Tandean, E. 2017. "Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Beton Normal Dengan Bahan Tambah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus". Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Puspitasari, Bunga Sri, dkk. 2013. "Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Resin Pada Agregat Kasar Terhadap Kekuatan Beton". Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- Suraatmadja, D. Penemu beton polimer yang ramah lingkungan di <https://situspenu.blogspot.com/2013/12/penemu-beton-polimer-yang-ramah.html>(akses Juni 2020)
- Wikipedia.Epoxy: <http://en.wikipedia.org/wiki/epoxy>
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1999. "Pengetahuan Bahan Teknik". Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Haryono, UT. 2010. "Polimer Termoplastik dan Termosetting" di <http://rinapuspita996.blogspot.com/2014/02/polimer-termoplastik-dan-termosetting.html> (akses Juni 2020)
- Suraatmadja, D dkk. 1996. "FALPO, Beton Polimer Bobot Ringan". Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi 1996
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 1947:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-1969-1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar
- Pusjatan, Balitbang PU. SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar
- Pusjatan, Balitbang PU. SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- Marito, Shinta.2009. Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer. Medan : Universitas Sumatra Utara.

- Nawy, Edward G. 2008. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung : PT. Rafika Aditama.
- Satria. 2015. Pengaruh Penggunaan Fiberglass Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur [Tesis].
- Arrista R. 2015. Compressive Strength Resin Akrilik Polimerisasi Panas Setelah Penambahan Serat Kaca 1% Dengan Metode Berbeda [Skripsi].
- Gunawan P.dkk, Pengaruh Penambahan Serat Seng pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas,Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret
- Mulyono T., 2004, Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta
- Mustari M.I., 2011, Studi Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku Dengan Penambahan Serat Fiberglass pada Beton Normal, Jurnal Penelitian STITEK Dharma Yadi Makasar, Makasar
- Nardo,L.,2014,Studi Pengaruh Fiber Lokal Terhadap Kuat Geser Balok Beton Memadat Sendiri, Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta
- SK SNI M – 09 – 1989 - F, 1986, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- SK SNI S-04-1989-F, 1989, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Badan Standarisasi Nasional.
- SK SNI T-15-1990-03, 1990, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002, 2002, Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-3449-2002, 2002, Tata Cara Rencana Pembuatan Beton Ringan dengan Agregat Ringan, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 2491:2014, Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder
- Suhendro, B., 1991, Pengaruh Pemakaian Fiber Kawat pada Sifat-Sifat Beton, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Suryani, C.D., 1996, Pengaruh Aspek Rasio Serat Terhadap Kuat Lentur Beton Serat dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

SNI 1971, 2011, Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan

SNI ASTM C117, 2012, Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 μ m (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian.

SNI 1970, 2008, Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

SNI 1969, 2008, Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

SNI 34 – 4804 – 1998, Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.

SNI ASTM C136, 2012, Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN
BAHAN YANG DIGUNAKAN PENELITIAN



Kerikil (Agregat Kasar)



Pasir (agregat Halus)



Resin Epoksi



Hardener



Fiberglass

DOKUMENTASI PENELITIAN
ALAT YANG DIGUNAKAN PENELITIAN



CETAKAN BENDA UJI
SILINDER 15CM X 30 CM



SIEVE SHAKER



Timbangan



Oven



**ALAT UJI TEKAN /
COMPRESSION TESTING
MACHINE (CTM)**

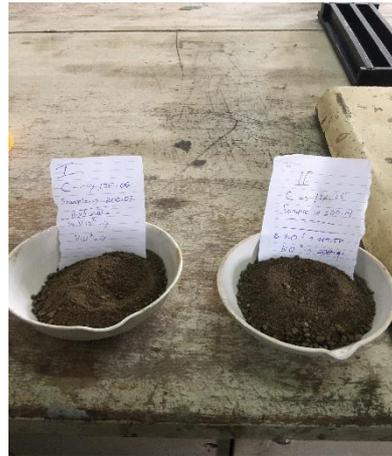


**ALAT UJI TARIK BELAH /
FORCE GAUGE**

DOKUMENTASI PENELITIAN PROSES PENGUJIAN BAHAN

Mengamati dan mempelajari sifat fisis bahan







Menentukan komposisi bahan (mix design)



Ekperimen (pembuatan benda uji)





Pengujian Benda Uji Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Polimer

