

TUGAS AKHIR

“KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER SEBAGAI PEREKAT”

*Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)
Program Studi Teknik Sipil*

Dosen Pembimbing

Ir. Muhammad Ryanto, M.T

NIK. 432.200.175

Disusun oleh :

Reka Fadhilah Deliana

2112191123



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA (YPKP)
BANDUNG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)
Program Studi Teknik Sipil

JUDUL :

**“KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT
KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER
SEBAGAI PEREKAT”**

Disusun Oleh :

Reka Fadhilah Deliana
2112191123

Disetujui dan Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing

Ir. Muhamad Ryanto, MT
NIK. 432.200.175

Mengetahui
Ketua Prodi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP

Muhammad Syukri, ST.,MT
NIK. 432.200.200

SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **“KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER SEBAGAI PEREKAT”** sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak terdapat karya yang pernah dilakukan 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, Februari 2023

Pembuat Pernyataan

Reka Fadhilah Deliana

NPM. 2112191123

HALAMAN HAK CIPTA MAHASISWA S1

**KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT
KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER
SEBAGAI PEREKAT**

Oleh :

REKA FADHILAH DELIANA

2112191123

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

© Reka Fadhilah Deliana 2023
Universitas Sangga Buana – YPKP
2023

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.

RIWAYAT HIDUP



Reka Fadhilah Deliana. Lahir di Bandung pada tanggal 18 November 1999. Penyusun merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara, dari pasangan Deni Saprudin dan Leni Djunengsih serta mempunyai adik bernama Adila Deliani.

Penyusun pertama kali masuk Pendidikan Formal di SD Negeri Cibiru 9 pada tahun 2005 dan tamat pada tahun 2011. Pada tahun 2011 penyusun melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 3 Cileunyi pada tahun pertama dan pindah ke SMP Negeri 1 Leles pada tahun kedua dan tamat pada tahun 2014. Setelah tamat SMP penyusun melanjutkan ke SMK Pekerjaan Umum Negeri Provinsi Jawa Barat dan tamat pada tahun 2017. Kemudian penulis melanjutkan kembali Pendidikan menjadi Mahasiswa Strata-1/S1 pada tahun 2019 di Universitas Sangga Buana YPKP Bandung Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil.

Bandung, Februari 2023

Reka Fadhilah Deliana
NPM. 2112191123

**KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT
KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER
SEBAGAI PEREKAT**

**REKA FADHILAH DELIANA
2112191123**

ABSTRAK

Penelitian yang telah dilakukan adalah pembuatan benda uji Resin Epoxy dan Hardener dengan perbandingan 2:1 dikombinasikan dengan limbah keramik sebagai agregat kasar. Penggunaan sebagian limbah keramik merupakan salah satu upaya menjadikan beton ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton polimer, dan pengaruh kuat tekan beton. Penelitian dengan menggunakan cetakan kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm sebanyak 3 buah benda uji dengan proses perendaman selama 3 hari.

Pengujian Kuat Tekan beton yang telah dilakukan mendapatkan nilai kuat tekan pada Benda Uji diantaranya 38,72 Mpa, 17,74 Mpa, dan 25,81 Mpa dengan komposisi konsentrat varian diantaranya 20%, 40%, dan 50%. Sehingga dapat selisih nilai kuat tekan BPK95(1) terhadap BPK95(2) sebesar 54,18% dan terjadi kenaikan BPK95(2) terhadap BPK95(3) sebesar 22,92%.

Kata-kata kunci : *Beton Polimer, Resin Epoxy, Hardener, Kuat Tekan, Agregat Kasar*

***STUDY OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH USING COARSE
AGGREGATES IN THE FORM OF CERAMICS 95% AND CRUSHED
STONE 5% POLYMER AS ADHESIVE***

REKA FADHILAH DELIANA

2112191123

ABSTRACT

The research that has been carried out is the manufacture of test objects Epoxy Resins and Hardeners with a ratio of 2: 1 combined with ceramic waste as coarse aggregates. The use of some ceramic waste is one of the efforts to make concrete environmentally friendly. This study aims to determine the characteristics of polymer concrete, and the influence of concrete compressive strength. The study used a cube mold measuring 15 x 15 x 15 cm as many as 3 test objects with a soaking process for 3 days.

The concrete Compressive Strength Test that has been carried out has obtained compressive strength values on the Test Objects including 38.72 Mpa, 17.74 Mpa, and 25.81 Mpa with the composition of variant concentrates including 20%, 40%, and 50%. So that the difference in the compressive strength value of BPK95(1) to BPK95(2) is 54.18% and there is an increase in BPK95(2) against BPK95(3) of 22,92%.

Keywords : *Polymer Concrete, Epoxy Resin, Hardener, Compressive Strength,
Coarse Aggregate*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penyusun sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat-Nya dan rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER SEBAGAI PEREKAT”** , guna memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (YPKP).

Akhirnya Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu serta membimbing dalam pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

1. Kedua Orang Tua yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan serta dorongan baik moril, spiritual, maupun materil.
2. Dr. Didin Saepudin, SE.,M.Si. selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP- Bandung.
3. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST.,MT, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Bambang Susanto, SE.,M.Si, selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Nurhaeni Sikki, S.A.P.,M.A.P, selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
6. Slamet Risnanto, ST.,M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
7. Muhammad Syukri, ST.,MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
8. Ir. Yanti Irawati, ST.,MT sebagai Dosen Wali Kelas D Angkatan 2019 Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

9. Ir. Muhamad Ryanto, MT sebagai Dosen Pembimbing yang telah memotivasi dan membimbing selama melakukan proses pengerjaan Topik Khusus sampai dengan Tugas Akhir ini.
10. Drs. Rosadi, MT sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.
11. Budhi Setiawan, ST sebagai Asisten Dosen Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP yang telah membantu selama proses Penelitian mulai dari pembuatan benda uji hingga proses pengujian kuat tekan beton.
12. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
13. Chandra Muhamad Darajat, teman segalanya bagi penyusun yang telah hadir untuk selalu support, menyusun Tugas Akhir bersama-sama serta kebersamaan dari awal kuliah tahun 2019 sampai dengan sekarang dan selama-lamanya. Terimakasih, ily buy.
14. Rekan-rekan Kelompok Eksperimen Beton yaitu Chandra, Adi, Angga, Pa Danny, Pa Pipit dan Pasha yang selalu bersama untuk menyelesaikan laporan Topik Khusus dilanjut Penelitian sampai Tugas Akhir.
15. Rekan-rekan seangkatan yang senantiasa saling mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
16. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat Penyusun sebutkan satu persatu, atas segala kebaikan dan bantuannya selama ini.

Dalam penyajian yang sederhana ini, Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini banyak memiliki kekurangan yang dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki. Untuk itu Harapan Penyusun semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi setiap pembaca dan setiap kritik yang bersifat membangun bagi Penyusun, yang merupakan satu langkah untuk meningkatkan mutu Penyusunan Tugas Akhir.

Bandung, Februari 2023

Reka Fadhilah Deliana

NPM. 2112191123

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN.....	ii
HALAMAN HAK CIPTA MAHASISWA S1.....	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR ISTILAH	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Maksud Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Lokasi Penelitian	4
1.7. Sistematika Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Beton	6
1) Definisi Beton	6
2) Kelebihan dan Kekurangan	7
3) Sifat Beton	7
4) Jenis – Jenis Beton	8

5) Proses Terjadinya Beton	10
6) Bahan Penyusun Beton	10
2.2. Polimer	16
2.2.1. Definisi Polimer	16
2.2.2. Klasifikasi Polimer	17
2.2.3. Manfaat Polimer	19
2.3. Beton Polimer	20
2.3.1. Definisi Beton Polimer	20
2.3.2. Sifat Beton Polimer	20
2.3.3. Fungsi Beton Polimer	21
2.3.4. Jenis – Jenis Beton Polimer	22
2.3.5. Bahan Penyusun Beton Polimer	24
2.4. Kuat Tekan Beton	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1. Diagram Alir Penelitian	39
3.2. Umum	40
3.3. Alat dan Bahan yang digunakan	40
3.4. Variabel Penelitian	48
3.5. Pemeriksaan Agregat	49
3.6.1. Pemeriksaan Agregat Halus	49
3.6.2. Pemeriksaan Agregat Kasar	54
3.6. Pembuatan Benda Uji	58
3.7. Proses Curing	60
3.8. Pengujian Kuat Tekan Beton	61
3.9. Pengolahan Data	62
3.10. Proposal Pembiayaan 3 Benda Uji Beton Polimer	63

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1. Tinjauan Umum	70
4.2. Pengujian Bahan / Material.....	71
4.2.1. Pengujian Agregat Halus.....	71
4.2.2. Pengujian Agregat Kasar	80
4.2.3. Pengujian Resin Epoxy Dan Katalis Hardener	89
4.3. Pembuatan Benda Uji	89
4.3.1. Perencanaan Campuran Beton Polimer	90
4.3.2. Perhitungan Campuran Beton Polimer	90
4.4. Curing / Rendaman	97
4.5. Analisa Hasil Pengujian Tekan Beton Polimer.....	98
4.5.1 Benda Uji BPK 95(1)	99
4.5.2 Benda Uji BPK 95(2)	101
4.5.3. Benda Uji BPK 95(3)	104
4.5.4. Perbandingan Uji Tekan dengan Pasta Polimer	106
BAB V PENUTUP.....	113
5.1. Kesimpulan.....	113
5.2. Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kandungan Bahan-Bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen	11
Tabel 2. 2	Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84	13
Tabel 2. 3	Tabel Gradasi Agregat Halus	30
Tabel 2. 4	Gradasi Agregat Kasar	30
Tabel 3. 1	Variabel Penelitian Pengujian Kuat Tekan Beton	48
Tabel 3. 2	Kebutuhan Material Benda Uji 1	64
Tabel 3. 3	Kebutuhan Material Benda Uji 2	66
Tabel 3. 4	Kebutuhan Material Benda Uji 3	67
Tabel 4. 1	Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	74
Tabel 4. 2	Pengujian kadar air agregat halus	76
Tabel 4. 3	Pengujian kadar lumpur agregat halus	78
Tabel 4. 4	Pengujian bobot isi agregat halus	79
Tabel 4. 5	Pengujian gradasi / modulus kehalusan agregat halus	79
Tabel 4. 6	Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	83
Tabel 4. 7	Pengujian kadar air agregat kasar	85
Tabel 4. 8	Pengujian kadar lumpur agregat kasar	86
Tabel 4. 9	Pengujian berat isi / bobot isi agregat kasar	87
Tabel 4. 10	Pengujian gradasi / modulus kehalusan agregat kasar	88
Tabel 4. 11	Pengujian bobot isi resim dan hardener	89
Tabel 4. 12	Variabel Penelitian Pengujian Kuat Tekan Beton	90
Tabel 4. 13	Kebutuhan Material Benda Uji 1	92
Tabel 4. 14	Kebutuhan Material Benda Uji 2	94
Tabel 4. 15	Kebutuhan Material Benda Uji 3	95
Tabel 4. 16	Hasil pengujian kuat tekan benda uji 1 kadar keramik 95%	101
Tabel 4. 17	Hasil pengujian kuat tekan benda uji 2 kadar keramik 95%	103
Tabel 4. 18	Hasil pengujian kuat tekan benda uji 3 kadar keramik 95%	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Terjadinya Beton	10
Gambar 2. 2 Semen Portland	12
Gambar 2. 3 Kerikil	15
Gambar 2. 4 Pasir	16
Gambar 2. 5 Karet Alam	17
Gambar 2. 6 Selulosa Nitro	18
Gambar 2. 7 Nylon	19
Gambar 2. 8 Beton Polimer	22
Gambar 2. 9 Molekul Resin Epoxy dan Hardener	27
Gambar 2. 10 Epoxy Resin dan Hardener	28
Gambar 2. 11 Limbah Keramik	35
Gambar 2. 12 Ukuran Benda Uji Kuat Tekan Beton Kubus	36
Gambar 2. 13 Uji Kuat Tekan Beton	38
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 3. 2 Ayakan Agregat	41
Gambar 3. 3 Cetakan Kubus	41
Gambar 3. 4 Ember	42
Gambar 3. 5 Gelas Ukur	42
Gambar 3. 6 Sendok Semen	43
Gambar 3. 7 Sekop	43
Gambar 3. 8 Timbangan Digital	44
Gambar 3. 9 Tongkat Pemasat	44
Gambar 3. 10 Sigmat	45
Gambar 3. 11 Compressing Test Machine (CTM)	45
Gambar 3. 12 Resin Epoxy dan Hardener	46
Gambar 3. 13 Kerikil	47
Gambar 3. 14 Pasir	47
Gambar 3. 15 Limbah Keramik	48
Gambar 3. 16 Benda Uji Tekan Kubus	62
Gambar 4. 1 Grafik gradasi agregat halus	80

Gambar 4. 2 Grafik gradasi agregat kasar	89
Gambar 4. 3 Curing/Rendaman	98
Gambar 4. 4 Benda Uji 1 Pasta Polimer 20%.....	99
Gambar 4. 5 Pengujian Benda Uji 1 Pasta Polimer 20%.....	100
Gambar 4. 6 Benda Uji 2 Pasta Polimer 40%)	101
Gambar 4. 7 Pengujian Benda Uji 2 Pasta Polimer 40%.....	102
Gambar 4. 8 Benda Uji 3 Pasta Polimer 50%.....	104
Gambar 4. 9 Pengujian Benda Uji 3 Pasta Polimer 50%.....	105
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan kuat tekan dengan pasta polimer berbeda.	106
Gambar 4. 11 Grafik persentase nilai kuat tekan beton.....	107
Gambar 4. 12 Grafik Gabungan Hasil Kuat Tekan	108
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 1	109
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 2.....	109
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 3.....	110
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Kuat Tekan dengan Kadar Keramik Berbeda	111

DAFTAR ISTILAH

BPK95 ₍₁₎	= Beton polimer keramik kadar resin 20% benda uji 1 dengan kadar keramik 95%
BPK95 ₍₂₎	= Beton polimer keramik kadar resin 40% benda uji 2 dengan kadar keramik 95%
BPK95 ₍₃₎	= Beton polimer keramik kadar resin 50% benda uji 3 dengan kadar keramik 95%
SNI	= Standar Nasional Indonesia
F' _c	= Kuat tekan benda uji
F _{ct}	= 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
S _d	= Berat jenis curah kering
S _s	= Berat jenis curah jenuh kering permukaan
S _a	= Berat jenis semu
S _w	= 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>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia, dan merupakan bahan utama material struktur yang sangat heterogen. Berkat ditemukannya beton, struktur bangunan menjadi lebih kokoh, mudah dirawat, kuat menahan gaya tekan dan berdaya tahan tinggi. Kelebihan beton lainnya adalah: mudah dicetak ke dalam aneka bentuk dan ukuran yang dikehendaki. Namun beton mempunyai kelemahan yaitu dalam menahan gaya tarik, getas, mudah putus. Sifat-sifat mekanis beton yang terdiri dari kuat tekan, kuat tarik lentur, porositas dan modulus elastisitas merupakan sifat-sifat utama beton yang sangat penting dalam penggunaan beton sebagai bahan konstruksi, sehingga perlu dipelajari.

Dalam perkembangan teknologi perlu dipertimbangkan beberapa kriteria pengembangan bahan bangunan material (Yulianto Ichwan dkk, 2005). Pengembangan bahan-bahan yang inovatif ini harus disertai dengan pemakaian bahan-bahan yang lebih murah baik dalam pembuatannya, pemasangannya, pemeliharaannya dan sesuai dengan fungsi konstruksinya serta pengaruhnya terhadap manusia dan lingkungan, dengan mengedepankan potensi lokal yang dapat melibatkan peran masyarakat, mengatasi masalah besarnya berat konstruksi.

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*, kerikil 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

Limbah keramik merupakan bahan utama yang digunakan sebagai bahan campuran. Penggunaan limbah keramik ini diharapkan bisa menjadi bahan tambah yang bisa berfungsi untuk menghasilkan beton yang bermutu serta bisa di

aplikasikan langsung pada campuran beton guna memperoleh beton yang berkualitas baik tanpa mengabaikan segi kekuatan dari beton itu sendiri.

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 *limbah keramik* dalam campuran beton. Pemilihan *limbah keramik* dikarenakan bahan ini mudah didapat dilingkungan sekitar, awet, tidak mudah busuk serta mempunyai nilai ekonomis. Keramik biasanya material yang kuat, dan keras dan juga tahan korosi. Sifat-sifat ini bersama dengan kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi, membuat keramik merupakan material struktural yang menarik. Sehingga diharapkan nantinya dapat meningkatkan kekuatan mekanik beton. Dalam latar belakang di atas penulis menggunakan *limbah keramik*, batu belah, pasir dan resin epoksi yang dikombinasikan dengan katalis (hardener) sebagai bahan baku utama dalam pembuatan beton polimer ini. Adapun penelitian ini diberi judul “KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER SEBAGAI PEREKAT”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penyusunan topik khusus ini yaitu :

- a. Bagaimana Pengaruh penambahan limbah keramik dan campuran polimer dengan perbandingan 2:1 pada uji KUAT TEKAN ?
- b. Berapakah selisih nilai kuat tekan beton dan kuat tarik dengan beton Polimer Resin Epoxy 2:1 dengan penambahan limbah keramik 95% ?
- c. Bagaimana hubungan rekatan beton polimer terhadap agregat halus dan kasar ?

1.3. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh resin epoxy pada limbah keramik lantai sebagai agregat kasar dan pasir lokal sebagai agregat halus terhadap uji kuat tekan beton.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pada penelitian ini adalah untuk :

- a. Mengetahui perbandingan campuran polimer limbah Keramik 95%.
- b. Mengetahui daya rekat agregat dengan resin epoxy.
- c. Mengetahui nilai kuat tekan beton polimer dengan campuran limbah keramik.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

- a. Mempelajari kinerja beton yang terjadi pada perancangan campuran material, dan sifat mekanis beton polimer.
- b. Dapat memberikan pengetahuan baru mengenai pengaruh zat resin epoxy terhadap kuat tekan beton polimer.

- c. Diharapkan dapat menjadi tambahan referensi serta masukan bagi pekerja jasa konstruksi, peneliti dan masyarakat pada umumnya.

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 Penelitian

Untuk mempermudah dalam memahami Tugas Akhir tugas akhir ini, penulisan Tugas Akhir disusun menjadi beberapa bab, dimana setiap bab dibagi menjadi beberapa sub bab sesuai dengan lingkup pembahasannya. Bab tersebut dapat diuraikan seperti dibawah ini.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, pembatasan masalah lokasi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Dalam bab ini menguraikan dan menjelaskan hasil studi sebagai literatur mengenai teori-teori yang berkaitan dengan kajian, standar perencanaan serta hasil studi terdahulu yang berhubungan serta relevan dengan kajian dalam penulisan topik khusus ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi berisi tentang metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Menjelaskan secara ringkas mengenai persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, dan evaluasi penelitian

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dari seluruh kegiatan penelitian terhadap pengujian kuat tekan beton polimer, serta saran sebagai masukan agar penelitian selanjutnya akan menjadi lebih baik lagi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Beton

1) Definisi Beton

Beton adalah bahan yang sering digunakan di bidang konstruksi dikarenakan mudah dibuat dan di bentuk serta harganya yang relatif lebih murah daripada bahankonstruksi lainnya.

Menurut SNI 2847-2013 definisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Menurut Taufik dan Sabariman (2013) beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (portland cement), agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air dan bahan tambah (admixture atau additive). Untuk mengetahui perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton),

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen portland atau dengan semen hidraulis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau bahan non kimia atau bahan lain yang berupa serat, pozzoland dan sebagainya) dengan perbandingan tertentu menghasilkan campuran yang bersifat plastis sehingga dapat dituang kedalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Bila campuran itu dibiarkan, akan semakin mengeras seiring dengan berjalannya waktu karena reaksi kimia yang terjadi antara air dan semen.

Menurut Sari et al (2015) beton merupakan suatu komposit dari bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, semen, atau bahan lain yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Bahan–bahan tersebut kemudian dicampur dengan komposisi tertentu yang telah ditentukan sehingga menghasilkan

beton yang awet, mudah dikerjakan, mempunyai kekuatan yang tinggi, dan ekonomis.

Menurut Sugiyanto et al (2000) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2300-2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

2) Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan beton adalah dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Selain itu pula beton juga memiliki kekuatan mumpuni, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang murah.

Sedang kekurangannya adalah bentuk yang telah dibuat sulit diubah tanpa kerusakan. Pada struktur beton, jika ingin dilakukan penghancuran maka akan mahal karena tidak dapat dipakai lagi. Beda dengan struktur baja yang tetap bernilai. Berat, dibandingkan dengan kekuatannya dan daya pantul yang besar.

3) Sifat Beton

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Untuk kuat tekan, di Indonesia sering digunakan satuan kg/cm² dengan simbol K untuk benda uji kubus dan f_c untuk benda uji silinder. Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- Jenis dan lekak lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan KUAT TEKAN lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.
- Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan

adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.

- Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- Umur. Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.

Untuk memperoleh kekuatan desak beton yang tinggi ada beberapa factor yang harus diperhatikan selain faktor air semen dan kepadatan semen. Menurut Mulyono (2004) faktor-faktor tersebut diantaranya:

- kualitas semen,
- proporsi semen terhadap air dalam campuran,
- kekuatan dan kebersihan agregat,
- interaksi adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar,
- perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 50°F pada saat beton hendak mencapai kekuatan,
- kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

4) Jenis – Jenis Beton

Beton dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu :

a. Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkai, 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 struktur beton. Berbagai test uji kekuatan dilakukan pada beton keras ini antara lain :

- 1) Uji kekuatan tekan (compression test)
- 2) Uji kekuatan tarik belah (spillting tensile test)
- 3) Uji kekuatan lentur
- 4) Uji lekatan antara beton dan tulangan
- 5) Uji Modulus Elastisitas dan lain sebagainya.

b. 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 :

- 1) Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras, seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.
- 2) 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.

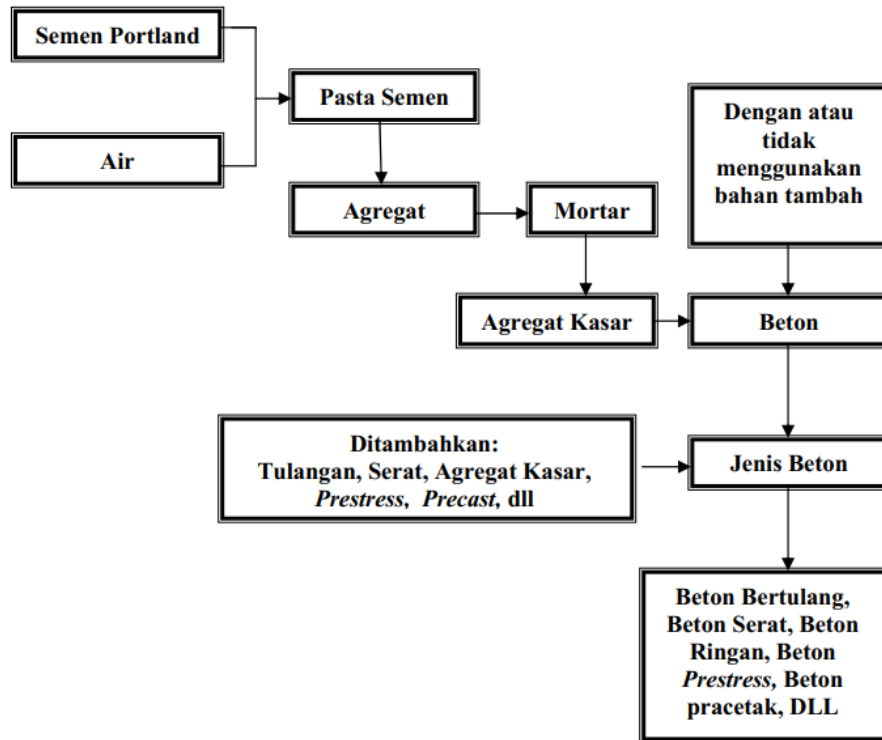
Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas karena penting untuk control kualitas. Pengukuran workabilitas yang telah dikembangkan antara lain:

- a. *Slump test*
- b. *Compaction test*
- c. *Flow test*
- d. *Remoulding test*
- e. *Penetration test*
- f. *Mixer test*

5) Proses Terjadinya Beton

Proses terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dan semen (Mulyono, 2004). selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton.

Adapun proses terbentuknya beton dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Proses Terjadinya Beton

6) Bahan Penyusun Beton

Beton secara umum terdiri atas 3 (tiga) jenis bahan utama yaitu semen, air dan agregat, serta bahan tambahan lainnya yang dikenal sebagai admixture atau bahan campuran kimia yang sewaktu diperlukan dan ditambahkan ke dalam campuran beton.

a. Semen Portland

Semen Portland (Portland cement) merupakan bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat hidrolis, yaitu akan mengalami proses pengerasan jika dicampur air yang digunakan

untuk mengikat bahan material menjadi satu kesatuan yang kuat. Suatu semen jika diaduk dengan semen air akan menjadi adonan pasta semen,

Sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah dengan kerikil menjadi beton (Tjokrodimujo, 1992).

Semen Portland berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam Tabel 3.1 (Tjokrodimuljo, 1992)

Tabel 2. 1 Kandungan Bahan-Bahan Kimia dalam Bahan Baku Semen

Oksida	%
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1

Semen portland dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu (Tjokrodimuljo, 1992):

- Tipe I : untuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.
- Tipe IA : semen air entraining yang penggunaannya sama dengan tipe I.
- Tipe II : untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang.
- Tipe IIA : semen air entraining yang penggunaannya sama dengan tipe II.
- Tipe III : untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.

- Tipe IIIA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe III.
- Tipe IV : untuk konstruksi dimana panas yang rendah dari hidrasi diinginkan.
- Tipe V : untuk konstruksi dimana daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan



Gambar 2. 2 Semen Portland

(Sumber : <https://www.bukalapak.com/products/s/semen-portland>)

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu: trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A) dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF), selain itu pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya: MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau potassium (Na_2O dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat sehingga menimbulkan disintegrasi beton.

Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen, bila semen terkena air maka C_3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur C_3A bereaksi sangat

cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam, semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap sulfat.

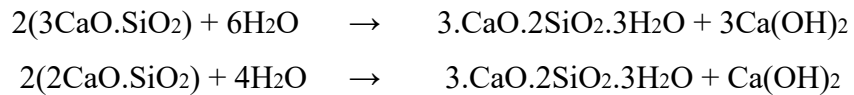
Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah C_3AF sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton. Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SII) mengenal 5 jenis semen seperti diuraikan di bawah ini.

1. Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

Tabel 2. 2 Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84

Semen	Persentase Komponen Penyusun							
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	$CaSO_4$	CaO Bebas	MgO	Hilang Pijar
Jenis I	59	15	12	8	2,9	0,8	2,4	1,2
Jenis II	46	29	6 (≤ 8)	12	2,8	0,6	3,0	1,0
Jenis III	60	12	12 (≤ 15)	8	3,9	1,3	2,6	1,9
Jenis IV	30 (≤ 35)	46 (≥ 40)	5 (≤ 7)	13	2,9	0,3	2,7	1,0
Jenis V	43	36	4 (≤ 5)	12	2,7	0,4	1,6	1,0

Proses hidrasi yang terjadi pada semen *Portland* dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut:



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan sisa dari reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air, kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

b. Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam penerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton.

Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Tjokrodinuljo, 1992).

1. Tidak mengandung organik (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dll) 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

c. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 1992). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 1990).

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu:

1. batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm,
2. kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm,
3. pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Adapun dua jenis agregat adalah:

- 1) Agregat kasar (kerikil, batu pecah)



Gambar 2. 3 Kerikil

(Sumber : <https://siplahetelkom.com/product/batu/3513020-batu-kerikil-beton-hinterland>)

2) Agregat halus (pasir)



Gambar 2. 4 Pasir

(Sumber : <https://bermutu.id/informasi/pasir-beton-sebagai-material-penting-pada-konstruksi/>)

2.2. Polimer

2.2.1. Definisi Polimer

Polimer merupakan molekul besar dari unit-unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani poly, yang berarti “banyak” dan mer yang berarti “bagian”. Makromolekul merupakan istilah yang sinonim dengan polimer. Polimer sintesis dihasilkan dari molekulmolekul sederhana yang disebut monomer (“bagian tunggal”)

Polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Sekalipun biasanya merupakan organik (memiliki rantai karbon), ada juga banyak polimer inorganik. Contoh terkenal dari polimer adalah plastik dan DNA.

Polimer didefinisikan sebagai substansi yang terdiri dari molekul-molekul yang menyertakan rangkaian satu atau lebih dari satu unit

monomer. Manusia sudah berabad-abad menggunakan polimer dalam bentuk minyak, aspal, damar, dan permen karet. Tapi industri polimer modern baru mulai berkembang pada masa revolusi industri.

Di akhir 1830-an, Charles Goodyear berhasil memproduksi sebetulnya karet alami yang berguna melalui proses yang dikenal sebagai “vulkanisasi”. 40 tahun kemudian, seluloid (sebetulnya plastik keras dari nitrocellulose) berhasil dikomersialisasikan. Adalah diperkenalkannya vinyl, neoprene, polystyrene, dan nilon pada tahun 1930-an yang memulai ‘ledakan’ dalam penelitian polimer yang masih berlangsung sampai sekarang.

2.2.2. Klasifikasi Polimer

Polimer dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Berdasarkan sumbernya polimer dapat dikelompokkan dalam 3 kelompok, yaitu:

- 1) Polimer Alam, yaitu polimer yang terjadi secara alami. Contoh: karet alam, amilum dalam beras, selulosa dalam kayu, protein dalam daging.



Gambar 2. 5 Karet Alam

- 2) Polimer Semi Sintetik, yaitu polimer yang diperoleh dari hasil modifikasi polimer alam dan bahan kimia.

Contoh: selulosa nitrat (yang dikenal lewat misnomer nitro selulosa) yang dipasarkan di bawah nama-nama “Celluloid” dan “guncotton”.



Gambar 2. 6 Selulosa Nitro

- 3) Polimer sintesis, yakni polimer yang dibuat melalui polimerisasi dari monomer-monomer polimer. Polimer sintesis sesungguhnya yang pertama kali digunakan dalam skala komersial adalah dammar Fenol formaldehida. Dikembangkan pada permulaan tahun 1900-an oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland (yang telah memperoleh kesuksesan dengan penemuannya mengenai kertas foto sensitif cahaya), dan dikenal secara komersial sebagai *bakelit*. Sampai dekade 1920-an bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai luas, dan penemuannya meraih visibilitas yang paling mewah, yakni dimunculkan di kulit muka majalah *Time*. Contoh: polietena, polipropilena, poly vinyl chloride (PVC), dan nylon.



Gambar 2. 7 Nylon

2.2.3. Manfaat Polimer

Kita hidup dalam era polimer, plastik, serat, elastomer, karet, protein, selulosa semuanya ini merupakan istilah umum yang merupakan bagian dari polimer.

Dari contoh-contoh di atas dapat kita bayangkan bahwa polimer mempunyai manfaat yang besar dalam semua bidang kehidupan. Adapun manfaat dari polimer ini antara lain sebagai berikut:

1. Dalam bidang kedokteran: banyak diciptakan alat-alat kesehatan seperti: termometer, botol infus, selang infus, jantung buatan, dan alat transfusi darah.
2. Dalam bidang pertanian: dengan adanya mekanisasi pertanian.
3. Dalam bidang teknik: diciptakan alat-alat ringan seperti peralatan pesawat.
4. Dalam bidang otomotif: dibuat alat-alat pelengkap mobil.

2.3. Beton Polimer

2.3.1. Definisi Beton Polimer

Beton polimer adalah material komposit dimana seluruh perekatnya terdiri dari polimer organik sintetis. Komposit ini biasa dikenal dengan sebutan beton resin sintetis, beton resin plastik atau beton resin. Pemakaian polimer menggantikan semen portland menyebabkan peningkatan biaya, untuk itu penambahan polimer akan efektif dan sepadan dengan kenaikan biaya pada aplikasi yang sesuai dimana biaya tinggi dapat setara dengan properties yang superior yang dituntut, terkompensasi dengan rendahnya biaya pekerja atau pemakaian energi yang rendah selama proses dan pemeliharaan.

Beton polimer terdiri dari filler mineral (sebagai contoh adalah aggregate) dan perekat polimer yang bisa saja termoplastik tetapi polimer termosetting lebih sering dipakai. Ketika pasir digunakan sebagai filler, komposit ini disebut sebagai mortar polimer.

Filler lain juga dapat digunakan termasuk batu halus, batu kerikil, kapur, bubuk silika, debu silika, granit, kwarsa, lempung *expanded glass* dan filler logam. Secara umum material yang kering, nonabsorbent dan padat dapat menjadi filler. Untuk memproduksi beton polimer, dilakukan pencampuran antara monomer atau prepolymer, hardener (*cross linking agent*), katalis dan filler.

Bahan-bahan aditif juga ditambahkan seperti plasticizer dan fire retardant. Terkadang ditambahkan *silane coupling agent* untuk meningkatkan kekuatan ikatan matriks polimer dan filler. Beton polimer memiliki sifat kedap air, tidak terpengaruh sinar ultraviolet, tahan terhadap larutan agresif seperti bahan kimia serta kelebihan lainnya. Yang lebih istimewa lagi, beton polimer bisa mengeras di dalam air sehingga bisa digunakan untuk memperbaiki bangunan di dalam air.

2.3.2. Sifat Beton Polimer

Sifat beton polimer pernah secara khusus diteliti oleh Ahn (2009). Penelitian ini juga ditujukan untuk mengecek kelayakan manhole polimer

beton melalui uji pengembangan beton polimer berkekuatan tinggi dan menyiapkan data fundamental untuk desain guna menyelesaikan masalah rongga beton semen yang ada.

Adapun kesimpulan dalam penelitian yang dilakukan Ahn (2009) adalah sebagai berikut.

- a. Beton polimer memiliki berat rata-rata 2,30 dan daya serap 0,39%. Adapun berat unitnya tidak jauh berbeda dengan beton semen. Namun, kapasitas penyerapan yang lebih rendah akan lebih menguntungkan pada bangunan pondasi, yakni dekat pada air bawah permukaan.
- b. Dalam penelitian ini, hasil uji beton polimer memiliki nilai 127 MPa untuk kekuatan tekan dan 22 MPa untuk kekuatan lentur.
- c. Rasio kuat tekan dan kuat lentur adalah 5,7 yang menunjukkan bahwa kekuatan lentur dan tarik relatif lebih besar mengingat kekuatan tekan beton polimer tidak lebih kecil dari 120 MPa.

2.3.3. 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.

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
 4. % (antara berat total agregat dan filler abu batu) yaitu sebesar 31,71
 5. MPa. Beton polimer yang dibuat adalah termasuk dalam kategori beton yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi struktural dengan syarat > 17 MPa.

2.3.4. Jenis – Jenis Beton Polimer

Beton polimer ini terdiri dari suatu polimer yang bahan perekatnya berupa thermosetting polimer dan bahan pengisinya berupa agregat (kumpulan pasir atau kerikil).



Gambar 2. 8 Beton Polimer

(Sumber : <https://asiacon.co.id/>)

Berikut jenis – jenis Beton Polimer :

a. Beton Semen yang diimpregnasi dengan Polimer (*Polymer Impregnated Concrete/PIC*)

Yang dimaksud adalah penambahan polimer kedalam beton semend dengan cara vakum sehingga monomer dengan konsentrasi rendah mengalir ke dalam beton.

Tujuannya untuk membuat beton semen tahan radiasi, tahan panas atau tahan serangan kimia agresif. Monomer yang biasa ditambahkan misalnya methyl methacrylate (MMA), styrene, acrylonitrile, t-butyl styrene, dll. Beton ini dibuat dipabrik sebagai beton precast.

b. Beton Semen yang ditambahkan Polimer (*Polymer Cement Concrete/PCC*)

Beton ini terbuat dari semen Portland, air, agregat dan monomer yang diaduk bersama-sama untuk meningkatkan kekuatan dan keawetan beton, sebagai contoh penambahan furfuryl alcohol dan aniline hydrochloride meningkatkan kepadatan, mengurangi retak, membuat beton tahan korosi, kedap air dan tahan terhadap getaran. Beberapa jenis monomer yang biasa dipakai diantaranya polyester styrene, epoxy styrene, furans dan vinylidene chloride.

c. Beton dengan Perekat Polimer (*Polimer Concrete/PC*)

Beton jenis ini yaitu agregat yang diaduk dengan perekat polimer sebagai pengganti semen Portland. Dalam pengerjaannya agregat ditempatkan pada cetakan lalu polimer yang sudah ditambahkan dengan hardener dialirkan melapisi agregat dan pengerasan terjadi baik secara polimerisasi maupun tidak.

Tujuan utama pemakaian polimer sebagai perekat yaitu untuk mereduksi terbentuknya pori akibat pengaruh alkali semen pada proses pengerasan, membuat beton lebih tahan serangan kimia, lebih padat, lebih kedap air dan punya kekuatan tinggi dengan masa

pengerasan yang lebih singkat dibandingkan dengan pengerasan semen Portland.

d. Beton Semen yang diimpregnasi dan dibungkus dengan Polimer (Partially Impregnated & Surface Coated Polymer)

Sama seperti beton semen yang diimpregnasi dengan Polimer dimana monomer dimasukkan ke dalam beton semen melalui cara vakum, kemudian beton semen tersebut dilapisi dengan monomer yang sama pada suhu 70°C jika menggunakan MMA yang sudah ditambah dengan hardener. Hal ini dilakukan untuk membuat permukaan beton lebih tahan serangan kimia agresif

2.3.5. Bahan Penyusun Beton Polimer

Berikut ini adalah material-material yang merupakan komposisi campuran beton polimer yang akan dijadikan bahan penelitian :

a. Resin Epoxy

1. Definisi

Epoxy adalah resin polimer epoxide thermosetting yang mengandung satu atau lebih gugus epoksida. Terdapat dua jenis epoxy, yakni epoxy resin glycidyl dan epoxy resin novolac. Epoxy resin glycidyl jenis yang dibuat menggunakan Bisphenol-A. Jenis ini merupakan epoxy yang paling umum.

Dalam pengaplikasiannya, epoxy membutuhkan ‘pasangan’ katalis yang disebut hardener. Hardener ini dibutuhkan sebagai zat pengawet pada proses curing. Fungsi katalis yakni mempercepat proses pengeringan (curing) pada bahan matrik komposit.

2. Karakteristik

Epoxy secara umum mempunyai karakteristik yang baik, yaitu :

- a) Kemampuan mengikat paduan metalik yang baik

Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gugus hidrolik yang memiliki kemampuan membentuk ikatan via ikatan hidrogen. Gugus hidrosil ini juga dimiliki oleh oksida metal, dimana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal, dimana pada kondisi normal menyebar pada permukaan metal. Keadaan ini menunjang terjadinya ikatan antara atom pada epoxy dengan atom yang berada pada material metal.

b) Ketangguhan

Kegunaan epoxy sebagai bahan matrik dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matrik atau epoxy.

3. Kelebihan Resin Epoxy

Pada dasarnya resin bening epoksi memiliki kelebihan dari segi tampilannya. Resin epoksi memiliki tampilan yang bening dan bersih sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai pelapis. Penggunaan dari resin bening ini paling banyak digunakan di industri atau pabrikan. Penggunaan epoksi sebagai pelapis ini disebabkan karena kelebihan sebagai berikut ini :

- **Memiliki kekuatan tinggi**

Resin bening epoxy memiliki kelebihan dari segi kekuatannya. Resin bening ini memiliki kekuatan tinggi sehingga tidak mudah retak atau pecah. Hal ini membuat epoxy resin bisa menjadi bahan pelapis yang terbaik.

- **Tidak menyusut**

Hal lain yang menjadi kelebihan lainnya adalah sifatnya yang tidak menyusut. Sesungguhnya resin epoksi memiliki penyusutan, akan tetapi jumlah penyusutannya sangat kecil atau minim.

- **Memiliki daya rekat kuat**

Kelebihan selanjutnya, resin bening ini juga memiliki daya rekat kuat pada bagian yang dilapisi. Hal ini membuat epoxy resin tidak mudah copot. Selain itu, epoksi ini juga sangat cocok untuk memberikan lapisan pada benda apapun. Hal ini disebabkan karena bahan kimia ini memang memiliki fleksibilitas yang tinggi.

- **Bukan konduktor listrik**

Selain tahan terhadap tekanan dan benturan, material resin juga bukan merupakan konduktor listrik yang baik. Inilah yang membuatnya jadi salah satu bahan terbaik dan banyak digunakan dalam dunia industri

- **Daya tahan bahan kimia tinggi**

Di dunia industri, benda-benda yang digunakan untuk menjalankan proses produksi memiliki kaitan yang erat dengan bahan Kimia. Akan tetapi produk epoxy resin ini merupakan salah satu produk yang bisa dibilang sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga sangat cocok untuk perlindungan.

- **Harga bersaing**

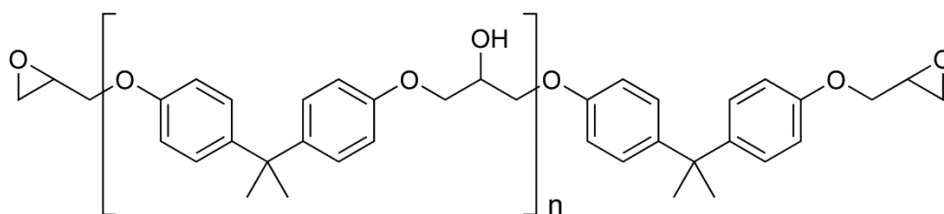
Hal lainnya yang membuat produk ini banyak digunakan di dunia industri adalah harganya yang cukup bersaing. Produk epoksi resin ini memiliki harga yang cukup murah sehingga cocok digunakan untuk kebutuhan yang sangat besar seperti di dunia industri.

- **Risiko minim**

Selanjutnya selain minim risiko kerusakan, resin ini juga memiliki kelebihan lain dari segi risiko keracunan. Meskipun bahan kimia, akan tetapi bahan ini sangat minim terhadap risiko bahan beracun. Inilah yang membuat epoxy resin sangat bermanfaat dalam dunia industri.

Resin epoxy banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan (moulding compound) dan perekat. epoxy menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Gemert V. D, 2004).

Epoxy Resin dan Hardener adalah salah satu komponen dasar atau sembu, produk akhir dari epoxies resin, serta nama sehari-hari epoksida kelompok jabatan fungsional. Epoxies resin, juga dikenal sebagai polyepoxides, adalah kelas reaktif prepolymers dan polimer yang mengandung kelompok epoksida. Epoxies resin dapat bereaksi (cross-linked) baik dengan diri mereka sendiri melalui catalytic homopolymerisation, atau dengan berbagai macam ko-reaktan termasuk polyfunctional amina, asam (asam & anhidrida), fenol, alkohol & tiol.



Gambar 2. 9 Molekul Resin Epoxy dan Hardener

Ini co-reaktan yang sering disebut sebagai pengeras atau curatives, reaksi cross-linking ini sering disebut sebagai curing. Reaksi polyepoxides dengan diri sendiri atau dengan polyfunctional pengeras bentuk termoseting polimer, sering dengan menguntungkan sifat mekanik & termal tinggi dan ketahanan kimia. Epoxi memiliki berbagai macam aplikasi, termasuk pelapis logam, digunakan dalam elektronika/komponen listrik/Led, tegangan tinggi listrik isolator, kuas cat manufaktur, diperkuat serat plastik & bahan perekat struktural.



Gambar 2. 10 Epoxy Resin dan Hardener

b. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangat penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 60% - 80% dari volume total beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus, agregat kasar dapat didapat secara alami dan buatan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan

dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

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

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasi harus memenuhi syarat seperti yang terlihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Tabel Gradasi Agregat Halus

UKURAN SARINGAN				% LOLOS SARINGAN				
				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
mm	SNI	ASTM	inch	Pasir Kasar (Gradasi No. 1)	Pasir Sedang (Gradasi No. 2)	Pasir Agak Halus (Gradasi No. 3)	Pasir Halus (Gradasi No. 4)	Fine Aggregate (Sieve Analysis)
9.50	9.6	¾ inch	0.3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4.75	4.8	No. 4	0.1871	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2.36	2.4	No. 8	0.0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1.18	1.2	No. 16	0.0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0.60	0.6	No. 30	0.0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0.30	0.3	No. 50	0.0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0.15	0.15	No. 100	0.0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

Sumber : <https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-halus.html>

Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN				% LOLOS SARINGAN		
mm	SNI	ASTM	inch	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75.0	76	3 in	3.00			100 - 100
37.5	38	1 ½ in	1.5		100 - 100	95 - 100
19.0	19	¾ in	0.75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9.5	9.6	3/8 in	0.3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4.75	4.8	No. 4	0.1870	0 - 10	0 - 10	0 - 5

1. Agregat Halus

Persyaratan agregat halus (pasir) menurut PBI 1971 Bab 3.3. adalah sebagai berikut ini.

1. Terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir-butirnya harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.

3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram-Harder (dengan larutan NaOH).
4. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat (1), harus memenuhi syarat-syarat:
 - sisa diatas ayakan 4mm harus minimal 2% berat,
 - sisa diatas ayakan 1mm harus minimal 10% berat, dan
 - sisa diatas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80% dan 90% berat.
5. Pasir pantai tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2. Agregat Kasar

Menurut PBI 1971 Bab 3.4. agregat kasar/split harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

- a) Agregat kasar terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Kerikil yang berpori akan menghasilkan beton yang mudah ditembus air. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butirannya tidak melebihi 20% berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar tersebut harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- b) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% apabila lebih dari 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.
- c) Agregat kasar tidak mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif dengan alkali.

- d) Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudelof, atau dengan mesin pengaus Los Angeles dimana tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%.
- e) Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya atau bergradasi baik
- f) Besar butiran maksimum agregat kasar tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat, atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antar tulangan yang ada.

c. Limbah Keramik

1. Definisi Keramik

Keramik merupakan jenis produk yang dibuat dengan bahan utama tanah liat yang dibentuk dan dibakar dengan suhu 600° Celcius hingga lebih dari 1300° Celcius sehingga terjadi perubahan sifat tanah liat menjadi lebih kuat. Keramik sudah dikenal sejak zaman neolitikum. Sejumlah penemuan purbakala seperti pecahan kecil tembikar di bukit kulit kerang Sumatera menjadi bukti keberadaan keramik di masa lampau.

Awalnya keramik hanya dibuat untuk membuat tembikar dan peralatan rumah tangga. Namun penggunaan keramik kini semakin luas dengan adanya paduan dengan unsur logam dan bukan logam. Saat ini, keramik banyak digunakan sebagai bahan pembuatan busi, isolator listrik, dan bahan baku alat cetak. Keramik mampu dipakai pada temperatur tinggi.

Keramik merupakan suatu unsur bangunan yang dipergunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasa berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah liat dan bahan mentah keramik lainnya, dengan cara dibakar sampai suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus. Bahan keramik selain dipergunakan untuk ubin, digunakan juga dalam pembangunan sebagai perlengkapan sanitair (washtafel, kloset, dan sebagainya) dan pada rumah tangga.

2. Jenis Keramik

Keramik dapat dibedakan menjadi keramik tradisional dan keramik industri.

- a) Keramik tradisional - Keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, dll. Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah (dinnerware), keperluan rumah tangga (tile, bricks), dan untuk industri (refractory).
- b) Keramik halus (keramik industri) - Fine ceramics (keramik modern atau biasa disebut keramik teknik, advanced ceramic, engineering ceramic, technical ceramic) adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , dll). Penggunaannya: elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, dan pada bidang medis.

3. Sifat Keramik

Keramik memiliki sifat kimia, mekanik, fisik, dsb yang membedakannya dari bahan lain seperti logam dan plastik. Industri keramik mengubah sifat-sifat keramik dengan mengendalikan jenis dan jumlah bahan yang digunakan untuk pembuatan.

a) Sifat Kimia

Keramik industri sebagian besar adalah oksida (senyawa ikatan oksigen), akan tetapi ada juga senyawa karbida (senyawa ikatan karbon dan logam berat), nitrida (senyawa ikatan nitrogen), borida (senyawa ikatan boron) dan silida (senyawa ikatan silikon). Sebagai contoh, pembuatan keramik alumina menggunakan 85 sampai 99 persen aluminium oksida sebagai bahan utama dan dikombinasikan dengan berbagai senyawa kompleks secara kimia. Beberapa contoh senyawa kompleks adalah barium titanate (BaTiO_3) dan zinc ferrite (ZnFe_2O_4). Material lain yang dapat disebut juga sebagai jenis keramik adalah berlian dan graphite dari karbon.

Keramik lebih resisten terhadap korosi dibanding plastik dan logam. Keramik biasanya tidak bereaksi dengan sebagian besar cairan, gas, alkali dan asam. Jenis-jenis keramik memiliki titik leleh yang tinggi dan beberapa diantaranya masih dapat digunakan pada temperatur mendekati titik lelehnya. Keramik juga stabil dalam waktu yang lama.

b) Sifat Mekanik

Ikatan keramik dapat dibilang sangat kuat, dapat kita lihat dari kekakuan ikatan dengan mengukur kemampuan keramik menahan tekanan dan kelengkungan. Bend Strength atau jumlah tekanan yang diperlukan untuk melengkungkan benda biasanya digunakan untuk menentukan kekuatan keramik. Salah satu keramik yang keras adalah Zirconium dioxide yang memiliki bend strength mendekati senyawa besi. Zirconias (ZrO_2) mampu mempertahankan kekuatannya hingga temperatur $900^{\circ}C$ ($1652^{\circ}F$), dan bahkan silikon carbida dan silikon nitrida dapat mempertahankan kekuatannya pada temperatur diatas $1400^{\circ}C$ ($2552^{\circ}F$). Material-material silikon ini biasanya digunakan pada peralatan yang memerlukan panas tinggi seperti bagian dari Gas-Turbine Engine. Walaupun keramik memiliki ikatan yang kuat dan tahan pada temperatur tinggi, material ini sangat rapuh dan mudah pecah bila dijatuhkan atau ketika dipanaskan dan didinginkan seketika.

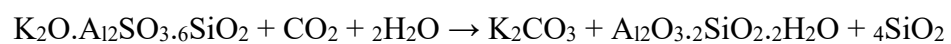
c) Sifat Fisik

Sebagian besar keramik adalah ikatan dari karbon, oksigen atau nitrogen dengan material lain seperti logam ringan dan semilogam. Hal ini menyebabkan keramik biasanya memiliki densitas yang kecil. Sebagian keramik yang ringan mungkin dapat sekeras logam yang berat. Keramik yang keras juga tahan terhadap gesekan. Senyawa keramik yang paling keras adalah berlian, diikuti boron nitrida pada urutan kedua dalam bentuk kristal kubusnya. Aluminum

oksida dan silikon karbida biasa digunakan untuk memotong, menggiling, menghaluskan dan menghaluskan material-material keras lain.

4. Bahan Baku Dasar Keramik

Tiga bahan baku utama yang digunakan untuk membuat produk keramik klasik, atau ‘triaksial’, adalah lempung, feldspar dan pasir. Lempung adalah aluminium silikat hidrat yang tidak terlalu murni yang terbentuk sebagai hasil pelapukan dari batuan beku yang mengandung feldspar sebagai salah satu mineral asli yang penting. Reaksinya dapat dilukiskan sebagai berikut :



Ada sejumlah speises mineral yang disebut mineral lempung (*clay mineral*) yang mengandung terutama campuran kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), montmorilonit $[(\text{Mg}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ dan ilit (K_2O , MgO , Al_2O_3 , $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) masing-masing dalam berbagai kuantitas. Dari sudut pandang keramik, lempung berwujud plastik dan bias dibentuk bila cukup halus dan basah, kaku bila kering, dan kaca (*vitreous*) bila dibakar pada suhu yang cukup tinggi. Prosedur pembuatannya mengandalkan kepada sifat-sifat tersebut diatas.



Gambar 2. 11 Limbah Keramik

Pada penelitian kali ini bahan yang digunakan adalah Limbah Keramik. Limbah Keramik memiliki sifat fisik yang keras dan tersusun dari material padat. Limbah keramik yang akan digunakan untuk pengujian beton polimer sebesar 95%.

2.4. Kuat Tekan Beton

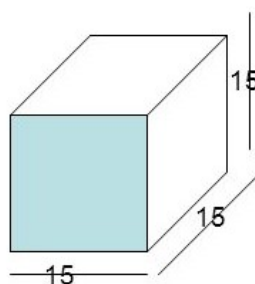
Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a.

$$\sigma = \frac{P}{A}; f_c = \frac{P}{A}; f'_{cr} = \frac{\sum f_c^i}{n} \sigma$$

Dimana :

- σ = kuat tekan benda uji (kg/cm²)
- f_c = kuat tekan benda uji (kg/cm²)
- P = besar beban maksimum (Kg)
- A = penampang benda uji (cm²)
- f'_{cr} = kuat tekan rata-rata dari sejumlah benda uji
- n = jumlah benda uji

Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk kubus dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.



Gambar 2. 12 Ukuran Benda Uji Kuat Tekan Beton Kubus

Pada dasarnya, kuat tekan beton menjadi sifat yang paling penting dalam kualitas beton dibandingkan dengan sifat lainnya. Hal ini karena banyak sifat-sifat fisik utama beton bisa ditentukan dari berbagai kuat tekan beton seperti kuat geser beton, modulus elastisitas beton, kuat tarik belah beton, syarat kedap air, syarat keawetan beton dan lain sebagainya.

Ada 3 faktor yang bisa mempengaruhi kekuatan beton yaitu:

a. Sifat dan Proporsi Campuran Beton

Faktor pertama ini menjadi tindakan awal dalam proses pembuatan beton untuk mencapai mutu yang diinginkan. Anda tentu tahu bahwa setiap komponen yang diperlukan dalam campuran beton memiliki peranan penting. Namun ada beberapa sifat dan proporsi yang memiliki pengaruh dominan yaitu rasio air/semen, tipe semen, air campuran, agregat dan bahan tambahan.

b. Kondisi Pemeliharaan

Faktor yang kedua adalah kondisi pemeliharaan yang dilakukan setelah beton selesai dibuat. Meski menjadi salah satu material terkokoh namun bukan berarti beton tidak membutuhkan pemeliharaan. Faktanya, pemeliharaan secara berkala tetap perlu dilakukan agar beton berada di kondisi yang prima.

c. Faktor Pengujian

Pengujian ini biasa disebut dengan uji kuat tekan beton dan selalu dilakukan agar kita bisa tahu apakah kekuatan beton sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan yang direncanakan.

Pengujian ini sendiri biasanya dilakukan pada material beton segar yang berbentuk kubus atau silinder, di mana material beton ini sudah mewakili campuran beton. Jangan lupa untuk mencatat berat dan ukuran beton yang akan diuji. Selanjutnya, siapkan alat uji tekan beton. Anda harus tahu bahwa alat ini memang dirancang secara khusus untuk menguji kuat beton. Jadi Anda tidak boleh asal menguji kekuatan beton dengan cara atau alat lain.

Jika alat sudah siap, maka Anda bisa meletakkan beton yang akan diuji tepat di bagian tengah mesin uji. Operasikan mesin dengan penambahan beban yang konstan antara 2kg/cm^2 sampai dengan 4kg/cm^2 per detiknya. Lakukan uji tekanan ini hingga beton yang diuji hancur dan pastikan Anda mencaat semuanya termasuk beban maksimum, kondisi beton uji hingga gambar bentuk pecahannya selama pengujian berlangsung.

Waktu ideal untuk melakukan uji kuat tekan beton adalah saat beton berusia 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan minimal pengujian pada 2 beton setiap kali pengujian dilakukan.



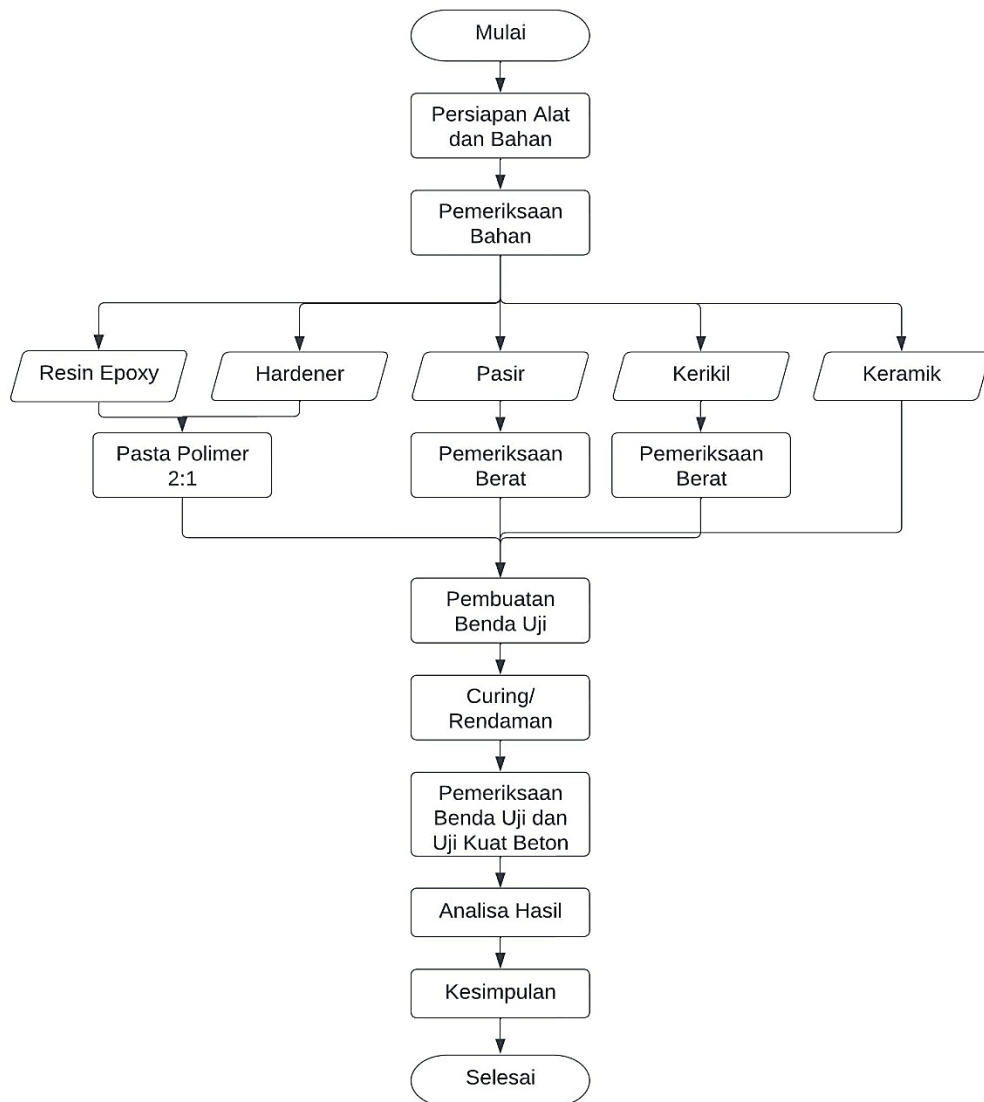
Gambar 2. 13 Uji Kuat Tekan Beton

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini merupakan proses penelitian yang akan dilalui oleh penulis sehingga dapat mengumpulkan data yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Adapun Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. 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

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara experimental, yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Obyek dalam penelitian ini, adalah KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR BERUPA KERAMIK 95% DAN BATU PECAH 5% POLIMER SEBAGAI PEREKAT”.

3.3. Alat dan Bahan yang digunakan

a. Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Ayakan Agregat

Ayakan agregat digunakan untuk mengayak agregat halus dengan lubang diameter 10mm, 4,8mm, 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, dan 0,15mm.



Gambar 3. 2 Ayakan Agregat

2) Cetakan Kubus

Pada penelitian ini menggunakan cetakan beton dengan bentuk kubus dengan panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.



Gambar 3. 3 Cetakan Kubus

3) Ember

Ember digunakan untuk tempat menampung agregat kasar dan agregat halus juga sebagai tempat pencampuran resin epoxy dan pasir.



Gambar 3. 4 Ember

4) Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur takaran resin epoxy dan hardener.



Gambar 3. 5 Gelas Ukur

5) Sendok semen

Sendok semen ini digunakan untuk mengaduk campuran beton polimer dan alat untuk memasukkan dan meratakan campuran beton kedalam cetakan.



Gambar 3. 6 Sendok Semen

6) Sekop

Sekrop digunakan untuk mengaduk dan memasukan agregat ke dalam mixer beton.



Gambar 3. 7 Sekop

7) Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan yang akan diuji.



Gambar 3. 8 Timbangan Digital

8) Tongkat Pemadat

Tongkat ini digunakan untuk memadatkan benda atau bahan yang akan diuji.



Gambar 3. 9 Tongkat Pemadat

9) Sigmat

Sigmat digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang telah mengeras.



Gambar 3. 10 Sigmat

10) *Comppressing Test Machine* (CTM)

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



Gambar 3. 11 Compressing Test Machine (CTM)

b. Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1) Resin Epoxy dan Hardener

Resin yang digunakan adalah jenis epoxy (A) dan Hardener (B) Type Hard.



Gambar 3. 12 Resin Epoxy dan Hardener

2) Agregat

Agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus berupa dan agregat kasar berupa batu pecah. Agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.13 dan Gambar 3.14 berikut ini.

- a) Agregat kasar (kerikil, batu pecah)



Gambar 3. 13 Kerikil

(Sumber : <https://siplahtelkom.com/product/batu/3513020-batu-kerikil-beton-hinterland>)

- b) Agregat halus (pasir)



Gambar 3. 14 Pasir

(Sumber : <https://bermutu.id/informasi/pasir-beton-sebagai-material-penting-pada-konstruksi/>)

3) Limbah Keramik Lantai

Limbah Keramik memiliki sifat fisik yang keras dan tersusun dari material padat. Limbah keramik yang akan digunakan untuk pengujian beton 15%. Limbah pecahan keramik adalah salah satu contoh limbah yang dihasilkan dari pabrik keramik atau hasil pekerjaan konstruksi

bangunan. Rencana campuran beton dibuat sesuai dengan peraturan SNI T-15-1990-03.



Gambar 3. 15 Limbah Keramik

3.4. Variabel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium, benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. Jumlah sampel beton kubus yang dibuat pada pengujian ini adalah berjumlah 3 buah. Benda uji beton kubus dibuat dalam 3 variasi campuran.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Sampel	Limbah Keramik (%)	Perbandingan Campuran Polimer		Perbandingan Pasta Polimer & Pasir (%)	Jumlah Sampel
			Hardener	Resin Epoxy		
1	BPK 95 ₍₁₎	95	1	2	20 : 80	1
2	BPK 95 ₍₂₎	95	1	2	40 : 60	1
3	BPK 95 ₍₃₎	95	1	2	50 : 50	1
Total Sampel						3

Keterangan :

- BPK 95 ₍₁₎= Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 1
- BPK 95 ₍₂₎= Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 2
- BPK 95 ₍₃₎= Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 3
- Rencana campuran pasta polimer yaitu 1:2 (Hardener : Resin)

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.

3.6.1. Pemeriksaan Agregat Halus

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
- 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, 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 (BK)

- 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 Wssd
- 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 Bj kering, Bj SSD, Bj semu dan penyerapan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

d) Prosedur Pengujian

- Berat Jenis Curah $= \frac{BK}{B+500-Bt}$ 3.1
- Berat Jenis SSD $= \frac{500}{B+500-Bt}$ 3.2
- Berat Jenis Semu $= \frac{BK}{B+BK-Bt}$ 3.3
- Penyerapan Air $= \frac{500-BK}{BK}$ 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*)

1. 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 kuningan, talam

b) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan 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

$$MHB = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan 0.15}}{100}$$

Dengan :

$$MHB = \text{Modulus Halus Butir}$$

2. 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 kapasitas 5 liter
- 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

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

d) Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V}$$

Dengan :

W_3 = Berat benda uji (*gram*)

V = Volume kubus (cm^3)

3. Pengujian kandungan lumpur agregat halus

Pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dilakukan dengan memeriksa butiran yang lolos saringan dan bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat halus.

a) Peralatan

- Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- Saringan
- Tempat untuk pencucian dengan saluran air mengalir
- Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ C$
- Cawan

b) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan 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 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

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Dengan :

W_1 = Berat benda uji kering oven (*gram*)

V = Berat uji kering oven setelah dicuci (*gram*)

3.6.2. 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

- Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{Bj - Ba}$ 3.8
- Berat Jenis SSD $= \frac{Bj}{Bj - Ba}$ 3.9
- Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{Bk - Ba}$ 3.10
- Penyerapan Air $= \frac{Bj - bk}{Bk} \times 100\%$ 3.11

Dengan :

Bk = Berat benda uji kering oven (*gram*)

B = Berat piknometer berisi air (*gram*)

Bj = Berat piknometer berisi benda uji 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

$$MHB = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0.15 \text{ mm}}{100}$$

Dengan :

MHB = Modulus Halus Butir

3. Pemeriksaan berat isi agregat kasar

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 kapasitas 10 liter
- 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

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

d) Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V}$$

Dengan :

W_3 = Berat benda uji (*gram*)

V = Volume kubus (cm^3)

3.6. Pembuatan Benda Uji

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. Langkahlangkah 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*, 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 kubus beton dengan oli sebelum memasukan adukan beton polimer ke dalam cetakan kubus 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. Masukan campuran resin *epoxy* dan katalis dengan persentase takaran yang telah dihitung sebelumnya ke dalam ember yang berisi agregat 81 halus, lalu aduk dengan sendok semen hingga merata selama kurang lebih 3 menit.
7. Setelah tercampur rata, masukan agregat kasar dan keramik 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 kubus.

9. Setelah campuran telah tertuang kedalam cetakan kubus beton, kemudian pukul sisi luar cetakan kubus beton dengan tongkat penggetar berulang-ulang untuk membantu mempercepat proses pemadatan campuran yang ada di dalam cetakan kubus beton.
10. Setelah campuran menyebar secara merata ke dalam cetakan kubus 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 kubus 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.

Proses pelaksanaan pembuatan benda uji diharuskan memenuhi beberapa syarat. Persyaratan tersebut meliputi proses penuangan dan pemadatan.

- Penuangan lapisan adukan pada cetakan perlu dilakukan secara bertahap. Penuangan akhir diharuskan tidak boleh lebih dari 6 mm.
- Selain itu, proses pemadatan dapat dilakukan dengan penusukan jika slump lebih besar dari 75 mm.
- Pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan dan penggetaran apabila nilai slump berkisar antara 25-75 mm.
- Sedangkan, nilai slump kurang dari 25 mm dapat dilakukan dengan cara penggetaran.
- Selain itu, hal yang perlu diperhatikan saat melakukan pemadatan dengan cara penggetaran.

- Jangan sampai mengenai bagian dasar maupun sisi pada cetakan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan benda uji sesuai syarat pengujian kuat tekan beton.

3.7. Proses Curing

Curing secara umum ialah perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai.

A. Tujuan Proses curing beton

Memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak.

B. Pelaksanaan Proses curing beton

Metoda dan lama pelaksanaan curing tergantung dari :

- a. Jenis atau tipe semen dan beton yang digunakan, termasuk bahan tambahan atau pengganti yang dipakai
- b. Jenis/tipe dan luasan elemen struktur yang dilaksanakan
- c. Kondisi cuaca, suhu dan kelembaban di area atau lokasi pekerjaan
- d. Penetapan nilai dan waktu yang digunakan untuk kuat tekan karakteristik beton (28 hari atau selain 28 hari, tergantung dari spesifikasi yang ditentukan oleh Konsultan Perencana/Desain)

Kualitas dan durasi/lama pelaksanaan curing/perawatan beton berpengaruh pada :

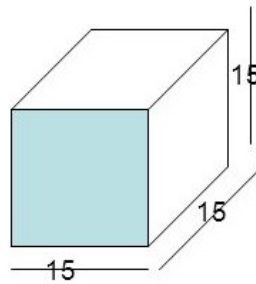
- Mutu/kekuatan beton (strength)
- Keawetan struktur beton (durability)
- Kekedapan air beton (water-tightness)

- Kestabilan volume, yang berhubungan dengan susut atau pengembangan (volume stability : shrinkage and expansion)
- **SNI 03-2847-2002** mensyaratkan curing selama :
 - 7 (tujuh) hari untuk beton normal
 - 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi
- **ACI 318** mensyaratkan curing dilakukan : sampai tercapai min 70% kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c')
- **ASTM C-150** mensyaratkan :
 - Semen tipe I, waktu minimum curing 7 hari
 - Semen tipe II, waktu minimum curing 10 hari
 - Semen tipe III, waktu minimum curing 3 hari
 - Semen tipe IV atau V minimum curing 14 hari

3.8. Pengujian Kuat Tekan Beton

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

- a) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel,
- b) Timbanglah berat dan ukurlah dimensi benda uji,
- c) Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris,
- d) Jalankan mesin tekan dan lakukan pembebanan secara perlahan dengan penambahan konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm² perdetik,
- e) Catat beban maksimum selama beton mengalami kehancuran,
- f) Kemudian hitung kuat tekan beton.
- g) Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk kubus dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.



Gambar 3. 16 Benda Uji Tekan Kubus

$$\sigma = \frac{P}{A}; f_c = \frac{P}{A}; f'_{cr} = \frac{\sum f_c^i}{n} \sigma$$

Dimana :

- σ = kuat tekan benda uji (kg/cm²)
- f_c = kuat tekan benda uji (kg/cm²)
- P = besar beban maksimum (Kg)
- A = penampang benda uji (cm²)
- f'_{cr} = kuat tekan rata-rata dari sejumlah benda uji
- n = jumlah benda uji

3.9. Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut berdasarkan peraturan SNI-03-2834-2000 untuk mengetahui hubungan/korelasi antara satu pengujian dengan pengujian lainnya. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh bahan tambah dan penggunaan polimer pada mutu beton.

3.10. Proposal Pembiayaan 3 Benda Uji Beton Polimer

- Perhitungan campuran beton polimer

$$\begin{aligned} \text{Volume Kubus} &= S \times S \times S \\ &= 0.15 \times 0.15 \times 0.15 \\ &= 0.003375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

A. Benda Uji 1 (BPK 95₍₁₎)

$$\begin{aligned} 1) \text{ Kebutuhan agregat kasar / kerikil} \\ &= V_{Kubus} \times 80\% \times \text{Berat isi padat} \\ &= 0.003375 \times 0.80 \times 1752.17 \\ &= 0.0027 \times 1712.865 \\ &= \mathbf{4.7 \text{ kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Kebutuhan agregat halus / kerikil} \\ &= V_{Kubus} \times 20\% \\ &(\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener, dan pasir}) \\ &= 0.003375 \times 0.2 \\ &= 0.000675 \\ &= 0.000675 \times 20\% (\text{Perbandingan pasir dan resin epoxy}) \\ &= 0.000675 \times 0.2 \\ &= 0.00054 \times \text{Berat isi padat} \\ &= 0.00054 \times 1830.8 \\ &= \mathbf{0.25 \text{ kg}} \end{aligned}$$

3) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 990 ml
- Hardener (1) = 450 ml

4) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 4.7 kg
- Berat Pasir = 0.25 kg
- Berat Resin = 900 ml ~ 0.90 kg
- Berat Hardener = 450 ml ~ 0.45 kg
- Berat Total = 6.3 kg**

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 6.3 \times 0.95 = \mathbf{5.98 \text{ kg (Kebutuhan keramik)}}$$

5) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 4.7 kg
- Berat Pasir = 0.25 kg
- Berat Resin = 900 ml ~ 0.90 kg
- Berat Hardener = 450 ml ~ 0.45 kg
- Kebutuhan Keramik = 5.98 kg

Tabel 3. 2 Kebutuhan Material Benda Uji 1

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	95%
4.7	0.25	900	450	5.98

B. Benda Uji 2 (BPK 95₍₂₎)

- 1) Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$= V_{Kubus} \times 60\% \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 0.003375 \times 0.60 \times 1673.56$$

$$= 0.002025 \times 1673.56$$

$$= \mathbf{3.4 \text{ kg}}$$

2) Kebutuhan agregat halus / pasir

$$= V_{Kubus} \times 40\%$$

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

$$= 0.003375 \times 0.4$$

$$= 0.00135$$

$$= 0.00135 \times 60\% \text{ (Perbandingan pasir dan resin epoxy)}$$

$$= 0.00135 \times 0.60$$

$$= 0.00081 \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 0.00081 \times 1845.02$$

$$= \mathbf{1.5 \text{ kg}}$$

3) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 600 ml
- Hardener (1) = 300 ml

4) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 3.4 kg
- Berat Pasir = 1.5 kg
- Berat Resin = 600 ml ~ 0.60 kg
- Berat Hardener = 300 ml ~ 0.30 kg
- Berat Total = 5.8 kg**

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 5.8 \times 0.95 = \mathbf{5.51 \text{ Kg (Kebutuhan keramik)}}$$

5) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 3.4 kg
- Berat Pasir = 1.5 kg
- Berat Resin = 600 ml ~ 0.60 kg
- Berat Hardener = 300 ml ~ 0.30 kg
- Kebutuhan Keramik = 5.51 kg

Tabel 3. 3 Kebutuhan Material Benda Uji 2

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	
3.4	1.5	600	300	5.51

C. Benda Uji 3 (BPK 95₍₃₎)

1) Kebutuhan agregat kasar / kerikil

$$= V_{Kubus} \times 50\% \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 0.003375 \times 0.5 \times 1752.17$$

$$= 0.0016875 \times 1752.17$$

$$= \mathbf{2.95 \text{ kg}}$$

2) Kebutuhan agregat halus / kerikil

$$= V_{Kubus} \times 50\%$$
(Dianggap 100% guna perbandingan resin, hardener, dan pasir)

$$= 0.003375 \times 0.5$$

$$= 0.0010125$$

$$= 0.0010125 \times 50\% \text{ (Perbandingan pasir dan resin epoxy)}$$

$$= 0.0010125 \times 0.5$$

$$= 0.00050625 \times \text{Berat isi padat}$$

$$= 0.00050625 \times 1830.8$$

$$= \mathbf{0.93 \text{ kg}}$$

3) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 500 ml
- Hardener (1) = 250 ml

4) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 2.95 kg
- Berat Pasir = 0.93 kg
- Berat Resin = 500 ml ~ 0.50 kg
- Berat Hardener = 250 ml ~ 0.25 kg
- Berat Total = 4.63 kg**

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 4.63 \times 0.95 = \mathbf{4.39 \text{ Kg}} \text{ (Kebutuhan keramik)}$$

5) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 2.95 kg
- Berat Pasir = 0.93 kg
- Berat Resin = 500 ml ~ 0.50 kg
- Berat Hardener = 250 ml ~ 0.25 kg
- Kebutuhan Keramik = 4.39 kg

Tabel 3. 4 Kebutuhan Material Benda Uji 3

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	95%
2.95	0.93	500	250	4.39

Rencana Anggaran Biaya

Harga material sebagai berikut :

- Kerikil $= R_p 194.000/m^3$
 $= R_p 10.778/kg$
- Pasir $= R_p 242.500/m^3$
 $= R_p 17.322/kg$
- Resin $= R_p 1.000.000/ 10 kg/Pail$
 $= R_p 100.000/kg$
- Hardener $= R_p 500.000/ 5kg/jrg$
 $= R_p 100.000/kg$
- Keramik $= R_p 60.000/ kg$

a) Kebutuhan biaya benda uji 1

- Kerikil $= 4.7 \times R_p 10.778$
 $= R_p 50.656$
- Pasir $= 0.25 \times R_p 17.322$
 $= R_p 4.330$
- Resin $= 0.9 \times R_p 100.000$
 $= R_p 90.000$
- Hardener $= 0.45 \times R_p 100.000$
 $= R_p 45.000$
- Keramik $= 5.98 \times R_p 60.000$
 $= R_p 358.800$

Total biaya untuk pengujian benda uji 1 = R_p . 548.786

b) Kebutuhan biaya benda uji 2

- Kerikil $= 3.4 \times R_p 10.778$
 $= R_p 36.645$
- Pasir $= 1.5 \times R_p 17.322$
 $= R_p 25.983$

- Resin $= 0.6 \times R_p 100.000$
 $= R_p 60.000$
- Hardener $= 0.3 \times R_p 100.000$
 $= R_p 30.000$
- Keramik $= 5.51 \times R_p 60.000$
 $= R_p 330.600$

Total biaya untuk pengujian benda uji 2 = $R_p 483.228$

c) Kebutuhan biaya benda uji 3

- Kerikil $= 2.95 \times R_p 10.778$
 $= R_p 31.795$
- Pasir $= 0.93 \times R_p 17.322$
 $= R_p 16.109$
- Resin $= 0.5 \times R_p 100.000$
 $= R_p 50.000$
- Hardener $= 0.25 \times R_p 100.000$
 $= R_p 25.000$
- Keramik $= 4.39 \times R_p 60.000$
 $= R_p 263.400$

Total biaya untuk pengujian benda uji 3 = $R_p 386.304$

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, keramik, resin epoxy dan katalis.

Hasil penelitian ini dianalisis guna mengetahui seberapa besar kuat tekan polimer dengan menggunakan bahan campuran resin epoxy, katalis (*hardener*), agregat halus berupa pasir yang diambil dari pasir lokal Bandung, agregat kasar berupa kerikil yang diambil dari kerikil lokal Bandung serta penambahan keramik dengan kadar 95% .

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 :

2. 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
3. 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
- 4. Pengujian resin epoxy
 - a. Pengujian berat jenis
- 5. 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 kubus dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 15 cm.

- 6. Pengujian beton polimer

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian kuat tekan beton polimer.

- 7. Analisis hasil pengujian beton polimer

Pada penelitian ini resin epoxy yang digunakan adalah epoxy bening Type Hard, Keramik yang digunakan berjenis keramik lantai standar, 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 kubus dengan diameter 15 cm serta tinggi 15 cm, kadar/komposisi resin epoxy bervariasi yaitu 20%, 40%, 50% perbandingan resin epoxy dan katalis (*hardener*) yaitu 2:1, pada penelitian ini, masing masing pengujian yaitu uji tekan, membuat 3 benda uji, dengan kadar Keramik 95%.

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 Pasir lokal, agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari lokal Bandung, serta pengujian berat jenis pada resin epoxy dan katalis sebagai bahan pengganti semen pada penelitian beton polimer ini.

4.2.1. Pengujian Agregat Halus

- a) 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

- 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- 2) Berat benda uji kering oven (A) = 478.27 gr
- 3) Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- 4) 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)

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

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

$$= 4.543\%$$

B. Bahan uji II

- 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- 2) Berat benda uji kering oven (A) = 478.27 gr
- 3) Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- 4) 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)

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

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

$$= 4.543\%$$

C. Bahan uji III

- 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- 2) Berat benda uji kering oven (A) = 478.27 gr
- 3) Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- 4) 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 (s_a)
- $$= A / (B + A - C)$$
- $$= 478.27 / (1308.75 + 478.27 - 1611.77)$$
- $$= 2,729 \text{ g/cm}^3$$
- d. Penyerapan air (s_w)
- $$= ((S - A) / A) \times 100\%$$
- $$= ((500 - 478.27) / 478.27) \times 100\%$$
- $$= 4.543\%$$

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

b) 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

1) Massa wadah + Benda uji	= 325.13 gr
2) Massa wadah	= 125.06 gr
3) Massa benda uji (w1)	= 200.07 gr
4) Massa wadah + Benda uji kering oven	= 314.68 gr
5) Massa wadah	= 125.06 gr
6) 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

1) Massa wadah + Benda uji	= 317.59 gr
2) Massa wadah	= 177.55 gr
3) Massa benda uji (w1)	= 200.04 gr
4) Massa wadah + Benda uji kering oven	= 307.16 gr
5) Massa wadah	= 117.55 gr
6) Massa benda uji kering oven (w2)	= 189.61 gr

Perhitungan

a. Kadar air

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

C. Bahan uji III

- 1) Massa wadah + Benda uji = 317.59 gr
- 2) Massa wadah = 177.55 gr
- 3) Massa benda uji (w1) = 200.04 gr
- 4) Massa wadah + Benda uji kering oven = 307.16 gr
- 5) Massa wadah = 117.55 gr
- 6) Massa benda uji kering oven (w2) = 189.61 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$= ((w_1 - w_2) / w_2) * 100\%$$

$$= ((200.04 - 189.61) / 189.61) * 100\%$$

$$= 5.501\%$$

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	Benda Uji III
Massa wadah + benda uji	325.13	317.59	317.59
Massa wadah	125.06	117.55	117.55
Massa benda uji (w1)	200.07	200.04	200.04
Massa wadah + benda uji kering oven	314.68	307.16	307.16
Massa wadah	125.06	117.55	117.55
Massa benda uji (w2)	189.62	189.62	189.62
Kadar air total (P) = $(w_1 - w_2 / w_3) \times 100\%$	5.511%	5.501%	5.501%
Kadar air total rata - rata	5.506%		

c) 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

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

Perhitungan

a. Kadar lumpur

$$\begin{aligned}
 &= ((A - B) / A) \times 100\% \\
 &= ((189.62 - 159.8) / 189.62) \times 100\% \\
 &= 15.726 \%
 \end{aligned}$$

B. Bahan uji II

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

Perhitungan

a. Kadar lumpur

$$\begin{aligned}
 &= ((A - B) / A) \times 100\% \\
 &= ((189.61 - 150.67) / 189.61) \times 100\% \\
 &= 20.537 \%
 \end{aligned}$$

C. Bahan uji III

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

Perhitungan

a. Kadar lumpur

$$\begin{aligned}
 &= ((A - B) / A) \times 100\% \\
 &= ((189.61 - 150.67) / 189.61) \times 100\% \\
 &= 20.537 \%
 \end{aligned}$$

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	III
Berat kering oven 1	A	189.62	189.61	189.61
Berat kering oven 1	B	159.8	150.67	150.67
Kadar lumpur	A-B/A	15.726%	20.537%	20.537%
Kadar lumpur rata - rata		18.132%		

d) Pengujian bobot isi / berat isi agregat halus

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

- **Bahan uji I**

- 1) Berat gembur = 1631 gr
- 2) Berat padat = 1830.8 gr

- **Bahan uji II**

- 1) Berat gembur = 1625.26 gr
- 2) Berat padat = 1845.02 gr

- **Bahan uji III**

- 1) Berat gembur = 1631 gr
- 2) Berat padat = 1830.8 gr

- **Berat rata – rata**

- 1) Berat gembur = 1629.08 gr/l
- 2) Berat padat = 1835.54 gr/l

Tabel 4. 4 Pengujian bobot isi agregat halus

Pengujian	I	II	III
Berat Gembur	1631	1625.26	1631
Berat Padat	1830.8	1845.02	1830.8
Rata-Rata	1835.54		

e) Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan agregat halus

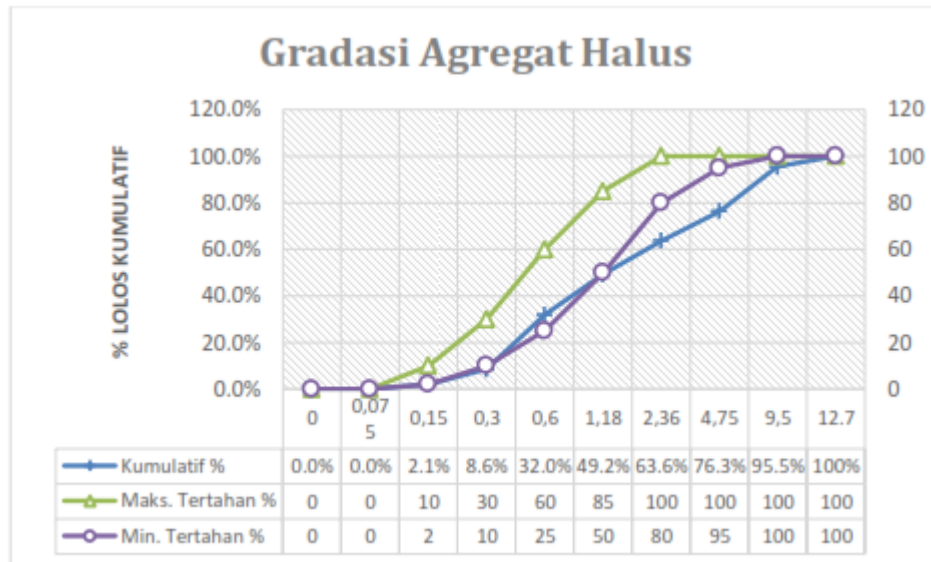
Pada pengujian modulus kehalusan agregat halus, penulis mengacu pada SNI ASTM C136 - 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Pengujian gradasi / modulus kehalusan agregat halus

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan					Kumulatif		Spek ASTM C.33	
	Berat (gram)		Prosen (%)			Tertahan	Lolos		
	I	II	I	II	Rata-rata	(%)	(%)	Min	Maks
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			

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

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

a) 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

- 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500 gr
- 2) Berat benda uji kering oven (A) = 492.99 gr
- 3) Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- 4) Berat piknometer + air + benda uji (C) = 1627.31 gr

Perhitungan

- a. Berat jenis curah kering (sd)

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

$$= 492.99 / (1308.75 + 500 - 1627.31)$$

$$= 2,717 \text{ g/cm}^3$$
- b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (ss)

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

$$= 500 / (1308.75 + 500 - 1627.31)$$

$$= 2,756 \text{ g/cm}^3$$
- c. Berat jenis semu (sa)

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

$$= 492.99 / (1308.75 + 492.99 - 1627.31)$$

$$= 2,826 \text{ g/cm}^3$$
- d. Penyerapan air (sw)

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

$$= ((500 - 492.99) / 492.99) \times 100\%$$

$$= 1,422 \%$$

B. Bahan uji II

- 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) = 500.49 gr
- 2) Berat benda uji kering oven (A) = 493.25 gr
- 3) Berat piknometer berisi air (B) = 1308.75 gr
- 4) Berat piknometer + air + benda uji (C) = 1627.56 gr

Perhitungan

- a. Berat jenis curah kering (sd)

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

$$= 493.25 / (1308.75 + 500.49 - 1627.56)$$

$$= 2,715 \text{ g/cm}$$
- 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 (s_a)

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

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

$$= 2,828 \text{ g/cm}^3$$
- d. Penyerapan air (s_w)

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

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

$$= 1,468 \%$$

C. Bahan uji III

- | | |
|---|--------------|
| 1) Berat benda uji jenuh kering permukaan (S) | = 500 gr |
| 2) Berat benda uji kering oven (A) | = 492.99 gr |
| 3) Berat piknometer berisi air (B) | = 1308.75 gr |
| 4) Berat piknometer + air + benda uji (C) | = 1627.31 gr |

Perhitungan

- a. Berat jenis curah kering (s_d)

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

$$= 492.99 / (1308.75 + 500 - 1627.31)$$

$$= 2,717 \text{ g/cm}^3$$
- b. Berat jenis curah jenuh kering permukaan (s_s)

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

$$= 500 / (1308.75 + 500 - 1627.31)$$

$$= 2,756 \text{ g/cm}^3$$
- c. Berat jenis semu (s_a)

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

$$= 492.99 / (1308.75 + 492.99 - 1627.31)$$

$$= 2,826 \text{ g/cm}^3$$
- d. Penyerapan air (s_w)

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

$$= ((500 - 492.99) / 492.99) \times 100\%$$

$$= 1,422 \%$$

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	III	Satuan
Berat benda uji jenuh kering permukaan	S	500	500.01	500.01	Gram
Berat benda uji kering oven	A	492.99	493.25	493.25	Gram
Barat piknometer yang berisi air	B	1308.75	1308.75	1308.75	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1627.31	1627.56	1627.56	Gram
*g/cm ³					
Perhitungan	Notasi	I	II	III	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (sd)	$A/(B+S-C)$	2.717	2.715	2.715	2.716
BJ curah jenuh kering permukaan (ss)	$S/(B+S-C)$	2.756	2.755	2.755	2.755
Berat jenis semu (sa)	$A/(B+S-C)$	2.826	2.828	2.828	2.827
penyerapan air	$((S-A)/A) \times 100\%$	1.422%	1.468%	1.468%	1.445%

b) 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

- 1) Massa wadah + Benda uji = 325.62 gr
- 2) Massa wadah = 125.35 gr
- 3) Massa benda uji (w1) = 200.27 gr
- 4) Massa wadah + Benda uji kering oven = 324,48 gr
- 5) Massa wadah = 125.35 gr
- 6) Massa benda uji kering oven (w2) = 199,13 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$\begin{aligned}
 &= ((w_1 - w_2) / w_2) * 100\% \\
 &= ((200.27 - 199,13) / 199,13) * 100\% \\
 &= 0,572 \%
 \end{aligned}$$

B. Bahan uji II

1) Massa wadah + Benda uji	= 321.37 gr
2) Massa wadah	= 120.93 gr
3) Massa benda uji (w1)	= 200.44 gr
4) Massa wadah + Benda uji kering oven	= 319.46 gr
5) Massa wadah	= 120.93 gr
6) Massa benda uji kering oven (w2)	= 198.53 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$\begin{aligned}
 &= ((w_1 - w_2) / w_2) * 100\% \\
 &= ((200.44 - 198.53) / 198.53) * 100\% \\
 &= 0.962 \%
 \end{aligned}$$

C. Bahan uji III

1) Massa wadah + Benda uji	= 325.62 gr
2) Massa wadah	= 125.35 gr
3) Massa benda uji (w1)	= 200.27 gr
4) Massa wadah + Benda uji kering oven	= 324,48 gr
5) Massa wadah	= 125.35 gr
6) Massa benda uji kering oven (w2)	= 199,13 gr

Perhitungan

a. Kadar air

$$\begin{aligned}
 &= ((w_1 - w_2) / w_2) * 100\% \\
 &= ((200.27 - 199,13) / 199,13) * 100\% \\
 &= 0,572 \%
 \end{aligned}$$

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

c) 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

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

Perhitungan

a. Kadar lumpur

$$\begin{aligned}
 &= ((A - B) / A) \times 100\% \\
 &= ((199.13 - 198.23) / 199.13) \times 100\% \\
 &= 0.452 \%
 \end{aligned}$$

B. Bahan uji II

1) Berat benda uji kering oven 1 (A) = 198.521 gr

2) Berat kering oven 2 (B) = 198.271 gr

Perhitungan

a. Kadar lumpur

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

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

$$= 0.126 \%$$

C. Bahan uji III

1) Berat benda uji kering oven 1 (A) = 199.13 gr

2) Berat kering oven 2 (B) = 198.23 gr

Perhitungan

a. Kadar lumpur

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

$$= ((199.13 - 198.23) / 199.13) \times 100\%$$

$$= 0.452 \%$$

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	III
Berat kering oven 1	A	199.13	198.521	199.13
Berat kering oven 2	B	198.23	198.271	198.23
Kadar lumpur	A-B/A	0.452%	0.126%	0.452%
Kadar lumpur rata - rata		0.289%		

d) Pengujian bobot isi / berat isi agregat kasar

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

• **Bahan uji I**

1) Berat gembur = 1473.71 gr

2) Berat padat = 1752.17 gr

• **Bahan uji II**

1) Berat gembur = 1477.81 gr

2) Berat padat = 1673.56 gr

• **Bahan uji III**

1) Berat gembur = 1473.71 gr

2) Berat padat = 1752.17 gr

• **Berat rata – rata**

1) Berat gembur = 1475.08 gr/l

2) Berat padat = 1725.96 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	III
Berat Gembur	473.71	1477.81	473.71
Berat Padat	1752.17	1673.56	1752.17
Rata-Rata	1725.96		

e) Pengujian analisis saringan / modulus kehalusan agregat kasar

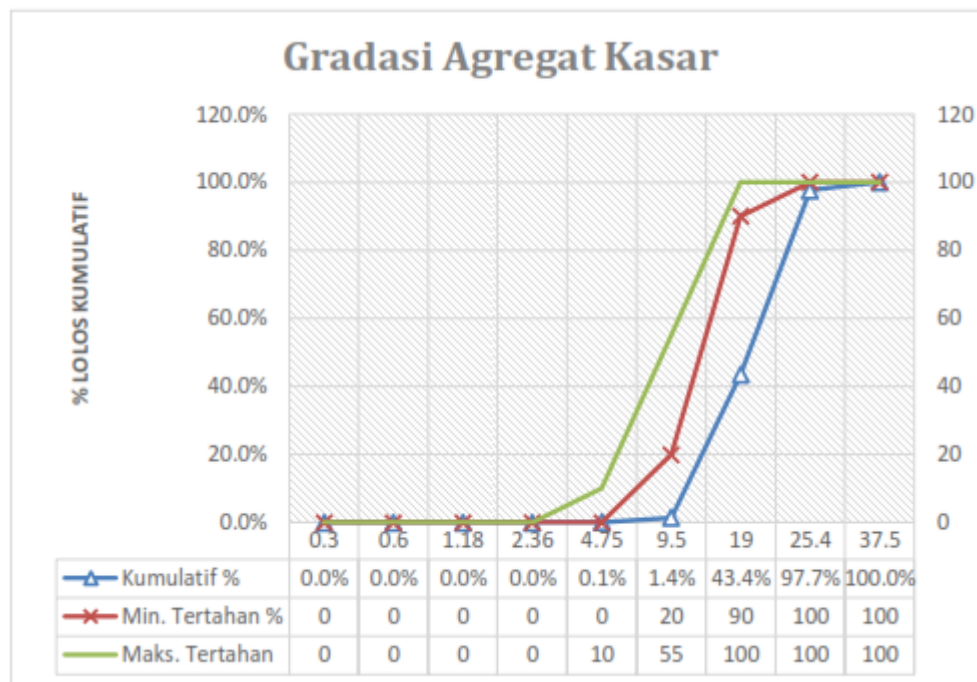
Pada pengujian modulus kehalusan agregat kasar, penulis mengacu pada SNI ASTM C136 - 2012. Didapat hasil sebagai berikut:

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).

4.2.3. Pengujian Resin Epoxy Dan Katalis Hardener

a) Pengujian berat jenis resin epoxy dan katalis

Tabel 4. 11 Pengujian bobot isi resim dan hardener

NO	Nama Material	Volume wadah uji	Berat benda uji	Berat jenis
			Kg	Kg/m ³
1	Resin Epoxy	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 kubus dengan diameter 15 cm dan tinggi 15 cm. Jumlah sampel beton kubus yang dibuat pada pengujian ini adalah berjumlah 3 buah, dengan jumlah masing – masing 3 benda uji untuk pengujian kuat tekan beton.

Variabel penelitian pada karakterisasi beton polimer dengan tambahan keramik dan resin epoxy. Variasi komposisi bahan yang digunakan terdapat pada tabel 4.12. dibawah ini.

A. Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4. 12 Variabel Penelitian Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Sampel	Limbah Keramik (%)	Perbandingan Campuran Polimer		Perbandinga n Pasta Polimer & Pasir (%)	Jumlah Sampel
			Hardener	Resin Epoxy		
1	BPK 95 ⁽¹⁾	95	1	2	20 : 80	1
2	BPK 95 ⁽²⁾	95	1	2	40 : 60	1
3	BPK 95 ⁽³⁾	95	1	2	50 : 50	1
	Total Sampel					3

Keterangan :

- BPK 95 ⁽¹⁾ = Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 1
- BPK 95 ⁽²⁾ = Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 2
- BPK 95 ⁽³⁾ = Beton Polimer Limbah Keramik No Sampel 3
- Rencana campuran pasta polimer yaitu 1:2 (Hardener : Resin)

4.3.2. Perhitungan Campuran Beton Polimer

- Perhitungan campuran beton polimer

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Kubus} &= S \times S \times S \\
 &= 0.15 \times 0.15 \times 0.15 \\
 &= 0.003375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

A. Benda Uji 1 (BPK 95₍₁₎)

$$\begin{aligned}
 6) \text{ Kebutuhan agregat kasar / kerikil} \\
 &= V_{Kubus} \times 80\% \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 0.003375 \times 0.80 \times 1752.17 \\
 &= 0.0027 \times 1712.865 \\
 &= \mathbf{4.7 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7) \text{ Kebutuhan agregat halus / kerikil} \\
 &= V_{Kubus} \times 20\% \\
 &(\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener, dan pasir}) \\
 &= 0.003375 \times 0.2 \\
 &= 0.000675 \\
 &= 0.000675 \times 20\% (\text{Perbandingan pasir dan resin epoxy}) \\
 &= 0.000675 \times 0.2 \\
 &= 0.00054 \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 0.00054 \times 1830.8 \\
 &= \mathbf{0.25 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

8) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 990 ml
- Hardener (1) = 450 ml

9) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 4.7 kg
- Berat Pasir = 0.25 kg
- Berat Resin = 900 ml ~ 0.90 kg
- Berat Hardener = 450 ml ~ 0.45 kg

$$\text{Berat Total} = 6.3 \text{ kg}$$

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 6.3 \times 0.95 = 5.98 \text{ kg (Kebutuhan keramik)}$$

10) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 4.7 kg
- Berat Pasir = 0.25 kg
- Berat Resin = 900 ml ~ 0.90 kg
- Berat Hardener = 450 ml ~ 0.45 kg
- Kebutuhan Keramik = 5.98 kg

Tabel 4. 13 Kebutuhan Material Benda Uji 1

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	
4.7	0.25	900	450	5.98

B. Benda Uji 2 (BPK 95₍₂₎)

$$\begin{aligned}
 &6) \text{ Kebutuhan agregat kasar / kerikil} \\
 &= V_{Kubus} \times 60\% \times \text{Berat isi padat} \\
 &= 0.003375 \times 0.60 \times 1673.56 \\
 &= 0.002025 \times 1673.56 \\
 &= 3.4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &7) \text{ Kebutuhan agregat halus / pasir} \\
 &= V_{Kubus} \times 40\% \\
 &(\text{Dianggap } 100\% \text{ guna perbandingan resin, hardener, dan pasir}) \\
 &= 0.003375 \times 0.4 \\
 &= 0.00135
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0.00135 \times 60\% \text{ (Perbandingan pasir dan resin epoxy)} \\
&= 0.00135 \times 0.60 \\
&= 0.00081 \times \text{Berat isi padat} \\
&= 0.00081 \times 1845.02 \\
&= \mathbf{1.5 \text{ kg}}
\end{aligned}$$

8) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 600 ml
- Hardener (1) = 300 ml

9) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 3.4 kg
- Berat Pasir = 1.5 kg
- Berat Resin = 600 ml ~ 0.60 kg
- Berat Hardener = 300 ml ~ 0.30 kg
- Berat Total = 5.8 kg**

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 5.8 \times 0.95 = \mathbf{5.51 \text{ Kg (Kebutuhan keramik)}}$$

10) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 3.4 kg
- Berat Pasir = 1.5 kg
- Berat Resin = 600 ml ~ 0.60 kg
- Berat Hardener = 300 ml ~ 0.30 kg
- Kebutuhan Keramik = 5.51 kg

Tabel 4. 14 Kebutuhan Material Benda Uji 2

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	
3.4	1.5	600	300	5.51

C. Benda Uji 3 (BPK 95₍₃₎)

6) Kebutuhan agregat kasar / kerikil
 $= V_{Kubus} \times 50\% \times \text{Berat isi padat}$
 $= 0.003375 \times 0.5 \times 1752.17$
 $= 0.0016875 \times 1752.17$
 $= \mathbf{2.95 \text{ kg}}$

7) Kebutuhan agregat halus / kerikil
 $= V_{Kubus} \times 50\%$
(Dianggap 100% guna perbandingan resin, hardener, dan pasir)
 $= 0.003375 \times 0.5$
 $= 0.0010125$
 $= 0.0010125 \times 50\%$ *(Perbandingan pasir dan resin epoxy)*
 $= 0.0010125 \times 0.5$
 $= 0.00050625 \times \text{Berat isi padat}$
 $= 0.00050625 \times 1830.8$
 $= \mathbf{0.93 \text{ kg}}$

8) Kebutuhan Resin dan Hardener

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

- Resin Epoxy (2) = 500 ml
- Hardener (1) = 250 ml

9) Kebutuhan Keramik

Kebutuhan keramik dihitung berdasarkan berat campuran total beton polimer, maka kebutuhan keramik sebagai berikut :

Diketahui :

- Berat kerikil = 2.95 kg
- Berat Pasir = 0.93 kg
- Berat Resin = 500 ml ~ 0.50 kg
- Berat Hardener = 250 ml ~ 0.25 kg
- Berat Total = 4.63 kg**

Berat total tersebut dikali dengan kebutuhan keramik

$$= \text{Berat total} \times 95\%$$

$$= 4.63 \times 0.95 = \mathbf{4.39 \text{ Kg} \text{ (Kebutuhan keramik)}}$$

10) Rekap Kebutuhan Material

- Kebutuhan kerikil = 2.95 kg
- Berat Pasir = 0.93 kg
- Berat Resin = 500 ml ~ 0.50 kg
- Berat Hardener = 250 ml ~ 0.25 kg
- Kebutuhan Keramik = 4.39 kg

Tabel 4. 15 Kebutuhan Material Benda Uji 3

Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Resin & Polimer (ml)		Keramik (kg)
		2	1	95%
2.95	0.93	500	250	4.39

Rencana Anggaran Biaya

Harga material sebagai berikut :

- Kerikil = $R_p 194.000/m^3$
= $R_p 10.778/kg$

- Pasir $= R_p 242.500/m^3$
 $= R_p 17.322/kg$
- Resin $= R_p 1.000.000/ 10\ kg/Pail$
 $= R_p 100.000/kg$
- Hardener $= R_p 500.000/ 5kg/jrg$
 $= R_p 100.000/kg$
- Keramik $= R_p 60.000/ kg$

d) Kebutuhan biaya benda uji 1

- Kerikil $= 4.7 \times R_p 10.778$
 $= R_p 50.656$
- Pasir $= 0.25 \times R_p 17.322$
 $= R_p 4.330$
- Resin $= 0.9 \times R_p 100.000$
 $= R_p 90.000$
- Hardener $= 0.45 \times R_p 100.000$
 $= R_p 45.000$
- Keramik $= 5.98 \times R_p 60.000$
 $= R_p 358.800$

Total biaya untuk pengujian benda uji 1 = R_p . 548.786

e) Kebutuhan biaya benda uji 2

- Kerikil $= 3.4 \times R_p 10.778$
 $= R_p 36.645$
- Pasir $= 1.5 \times R_p 17.322$
 $= R_p 25.983$
- Resin $= 0.6 \times R_p 100.000$
 $= R_p 60.000$
- Hardener $= 0.3 \times R_p 100.000$
 $= R_p 30.000$

- Keramik $= 5.51 \times R_p 60.000$
 $= R_p 330.600$

Total biaya untuk pengujian benda uji 2 = $R_p 483.228$

f) Kebutuhan biaya benda uji 3

- Kerikil $= 2.95 \times R_p 10.778$
 $= R_p 31.795$
- Pasir $= 0.93 \times R_p 17.322$
 $= R_p 16.109$
- Resin $= 0.5 \times R_p 100.000$
 $= R_p 50.000$
- Hardener $= 0.25 \times R_p 100.000$
 $= R_p 25.000$
- Keramik $= 4.39 \times R_p 60.000$
 $= R_p 263.400$

Total biaya untuk pengujian benda uji 3 = $R_p 386.304$

4.4. Curing / Rendaman

Setelah benda uji beton polimer berbentuk kubus dibuat lalu direndam kedalam air selama kurang lebih 3 hari. Curing 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.



Gambar 4. 3 Curing/Rendaman

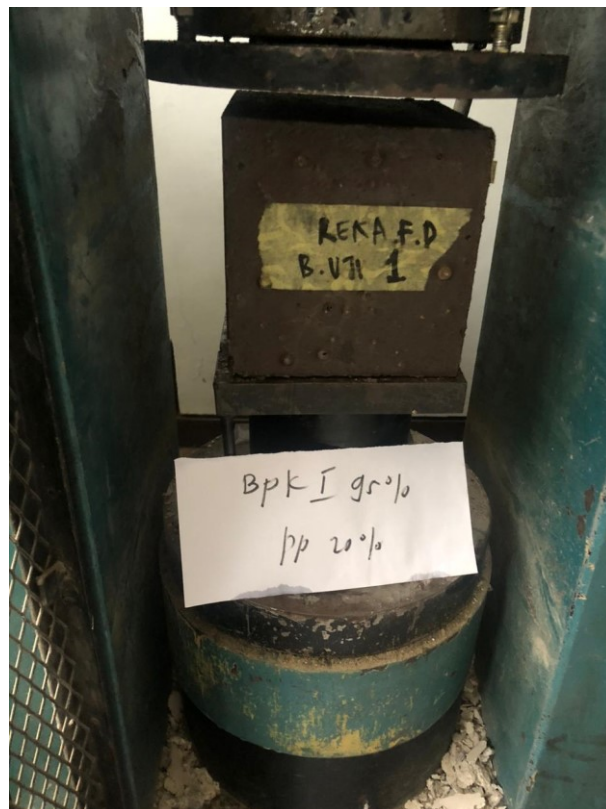
4.5. Analisa Hasil Pengujian Tekan Beton Polimer

Setelah benda uji beton polimer direndam kedalam air dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam, kemudian disiapkan untuk dilakukan pengujian tekan beton dengan alat CTM (*Compression testing machine*) yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP.

4.5.1 Benda Uji BPK 95(1)



Gambar 4. 4 Benda Uji 1 Pasta Polimer 20%





Gambar 4. 5 Pengujian Benda Uji 1 Pasta Polimer 20%

- Berat benda uji 1 $= 6.194 K_g$
- 1 KN $= 1.000 N$
- Beton Polimer Keramik 95% $= \text{Umur 3 Hari}$
- Faktor konversi benda uji kubus ke silinder $= 0.83$
- Area Kubus $= a^2$
 $= 150^2 mm$
 $= 22500 mm$
- Nilai kuat tekan $= 1050 KN$
 $= 1050 \times 1000$
 $= 1050000 N$
- F'_{ck} $= 1050000 / 22500$
 $= 46.66 N/mm^2$
 $= 46.66 Mpa$

- $F'_c = (46.66 \text{ N/mm}^2 \times 100) / 9.81$
 $= 475.63 \text{ Kg/cm}^2$
- Koefisien Silinder $= 475.63 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.83$
 $= 394.77 \text{ Kg/cm}^2$
- Jadi, $F'_c = (394.77 \text{ Kg/cm}^2 \times 9.81) / 100$
 $= 38.72 \text{ mpa}$

Tabel 4. 16 Hasil pengujian kuat tekan benda uji 1 kadar keramik 95%

Benda Uji	Luas Bidang	Beban	F'ck	F'c	σ_{ck}	F'c
	(mm ²)	(N)	(N/mm ²)(Mpa)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(N/mm ²)(Mpa)
BPK95 ₍₁₎	22500	1050000	46.66	475.63	394.77	38.72

4.5.2 Benda Uji BPK 95₍₂₎



Gambar 4. 6 Benda Uji 2 Pasta Polimer 40%)



Gambar 4. 7 Pengujian Benda Uji 2 Pasta Polimer 40%

- Berat benda uji 2 $= 6.373 K_g$
- 1 KN $= 1.000 N$
- Beton Polimer Keramik 95% $= \text{Umur 3 Hari}$
- Faktor konversi benda uji kubus ke silinder $= 0.83$
- Area Kubus $= a^2$
 $= 150^2 mm$
 $= 22500 mm$
- Nilai kuat tekan $= 400 KN$
 $= 400 \times 1000$
 $= 400000 N$
- F'_{ck} $= 400000 / 22500$
 $= 17.77 N/mm^2$
 $= 17.77 Mpa$
- F'_c $= (17.77 N/mm^2 \times 100) / 9.81$
 $= 181.14 K_g/cm^2$
- Koefisien Silinder $= 181.14 K_g/cm^2 \times 0.83$
 $= 150.34 K_g/cm^2$
- Jadi, F'_c $= (150.34 K_g/cm^2 \times 9.81) / 100$
 $= 14.74 mpa$

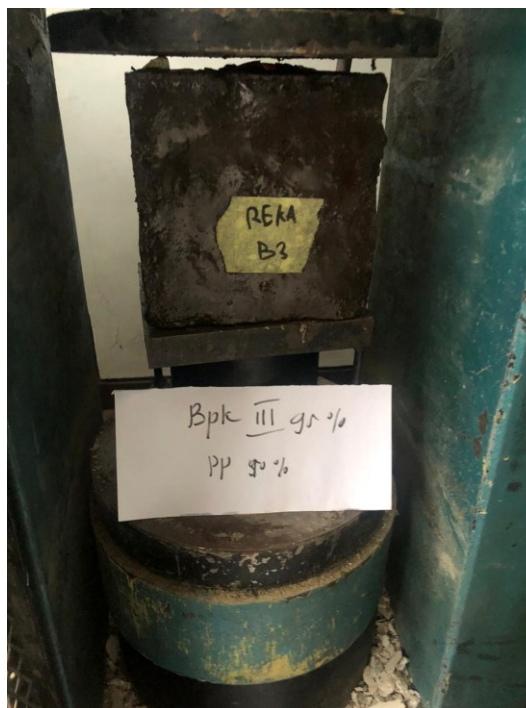
Tabel 4. 17 Hasil pengujian kuat tekan benda uji 2 kadar keramik 95%

Benda Uji	Luas Bidang	Beban	F'_{ck}	F'_c	σ_{ck}	F'_c
	(mm ²)	(N)	(N/mm ²)(Mpa)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(N/mm ²)(Mpa)
BPK95 ₍₂₎	22500	400000	17.77	181.14	150.34	17.74

4.5.3. Benda Uji BPK 95₍₃₎



Gambar 4. 8 Benda Uji 3 Pasta Polimer 50%





Gambar 4. 9 Pengujian Benda Uji 3 Pasta Polimer 50%

- Berat benda uji 2 $= 5.552 K_g$
- 1 KN $= 1.000 N$
- Beton Polimer Keramik 95% $= \text{Umur 3 Hari}$
- Faktor konversi benda uji kubus ke silinder $= 0.83$
- Area Kubus $= a^2$
 $= 150^2 mm$
 $= 22500 mm$
- Nilai kuat tekan $= 700 KN$
 $= 700 \times 1000$
 $= 700000 N$
- F'_{ck} $= 700000 / 22500$
 $= 31.11 N/mm^2$
 $= 31.11 Mpa$
- F'_c $= (31.11 N/mm^2 \times 100) / 9.81$

- $$= 317.12 \text{ Kg/cm}^2$$
- $$\text{Koefisien Silinder} = 317.12 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.83$$

$$= 263.20 \text{ Kg/cm}^2$$
- $$\text{Jadi, } F'_c = (263.20 \text{ Kg/cm}^2 \times 9.81) / 100$$

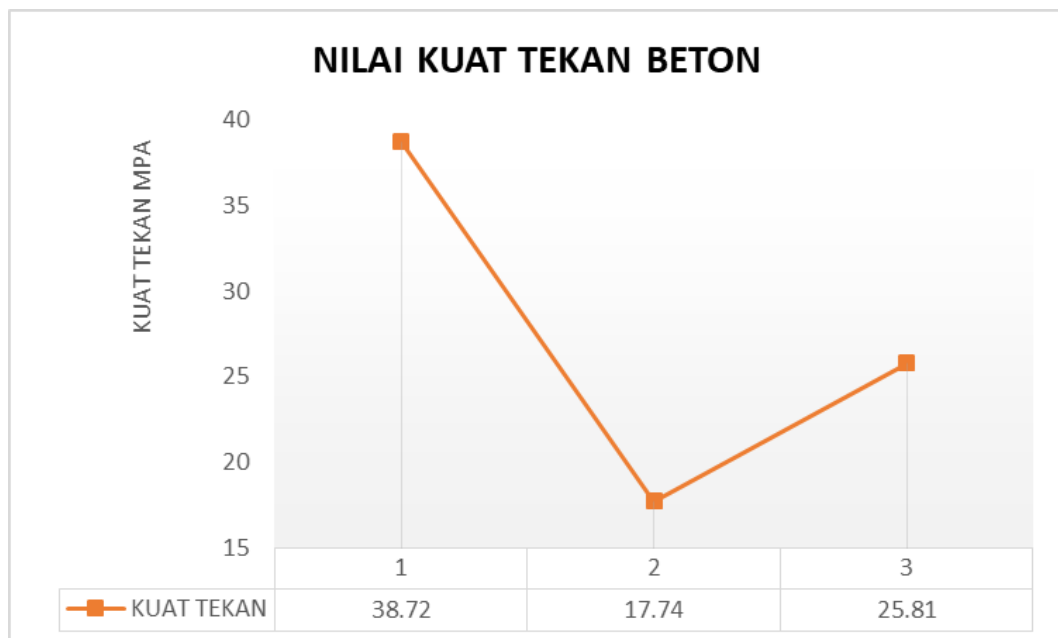
$$= 25.81 \text{ mpa}$$

Tabel 4. 18 Hasil pengujian kuat tekan benda uji 3 kadar keramik 95%

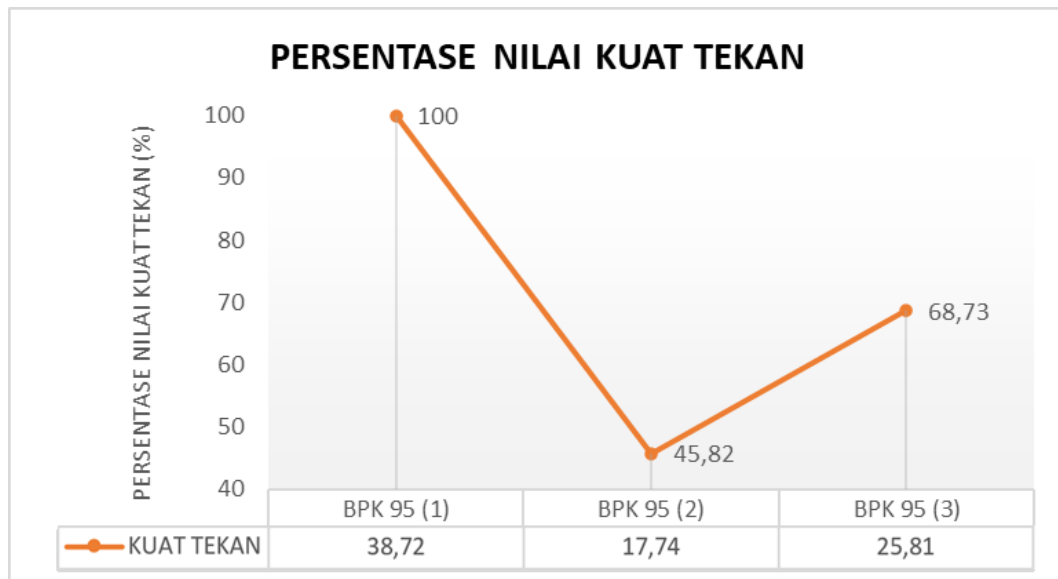
Benda Uji	Luas Bidang	Beban	F'ck	F'c	σ_{ck}	F'c
	(mm ²)	(N)	(N/mm ²)(Mpa)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(N/mm ²)(Mpa)
BPK95 ₍₃₎	22500	700000	31.11	317.12	263.20	25.81

4.5.4. Perbandingan Uji Tekan dengan Pasta Polimer

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

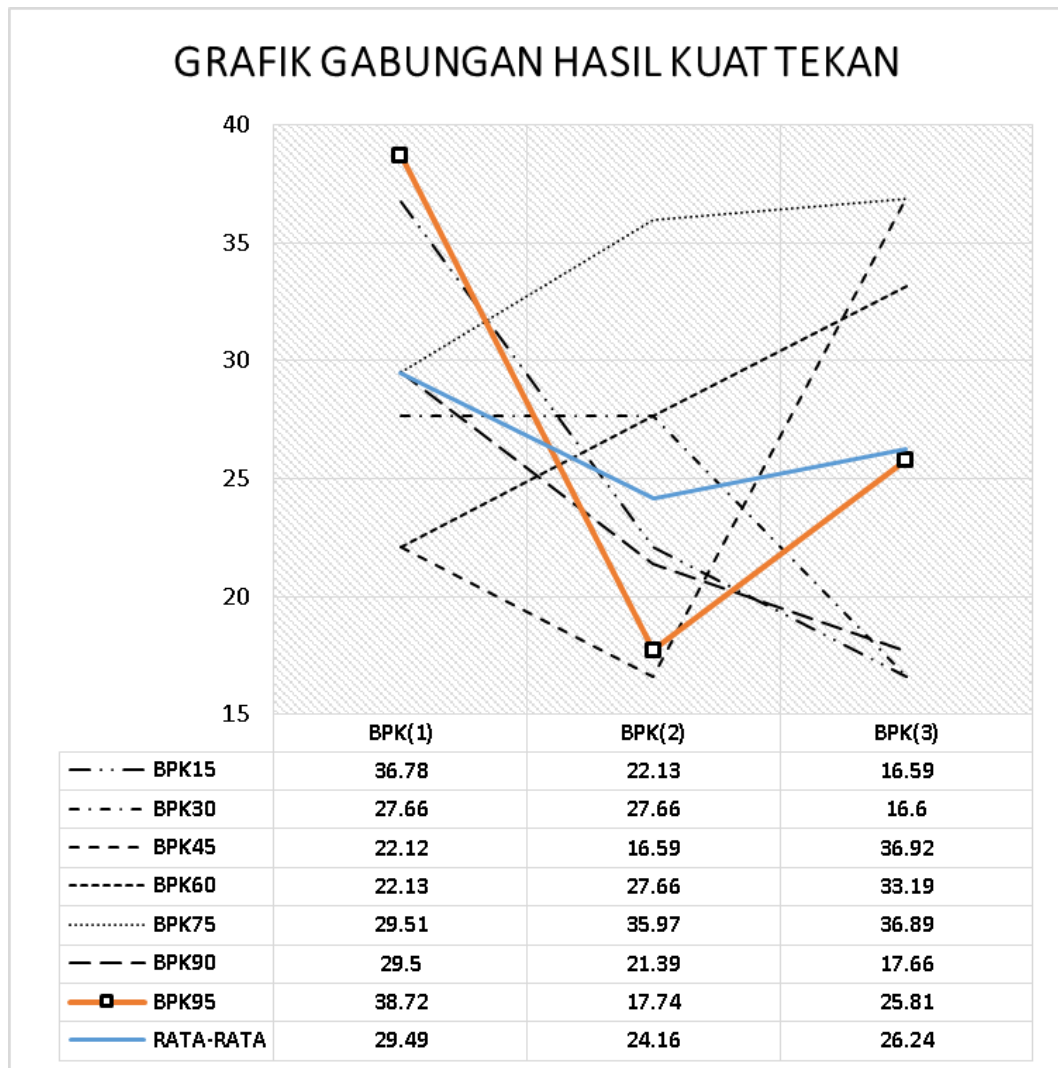


Gambar 4. 10 Grafik perbandingan kuat tekan dengan pasta polimer berbeda



Gambar 4. 11 Grafik persentase nilai kuat tekan beton

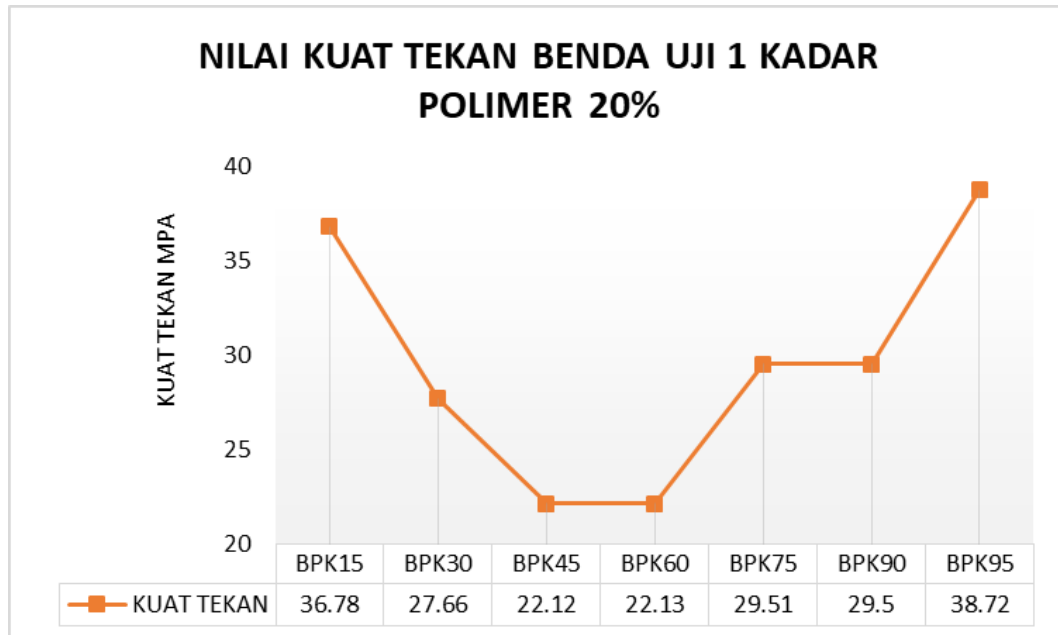
Dari data diatas, kita bisa mengetahui bahwa pasta polimer sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karna sistem polimer mengikat campuran beton menjadi lebih maksimal. Pengujian Kuat Tekan beton yang telah dilakukan mendapatkan nilai kuat tekan pada Benda Uji diantaranya 38,72 Mpa, 17,74 Mpa, dan 25,81 Mpa dengan komposisi konsentrat varian diantaranya 20%, 40%, dan 50%. Sehingga dapat selisih nilai kuat tekan BPK95₍₁₎ terhadap BPK95₍₂₎ sebesar 54,18% dan terjadi kenaikan BPK95₍₂₎ terhadap BPK95₍₃₎ sebesar 22,92%.



Gambar 4. 12 Grafik Gabungan Hasil Kuat Tekan

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPK95 yaitu 38.72 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPK15 yaitu 16.59 Mpa.

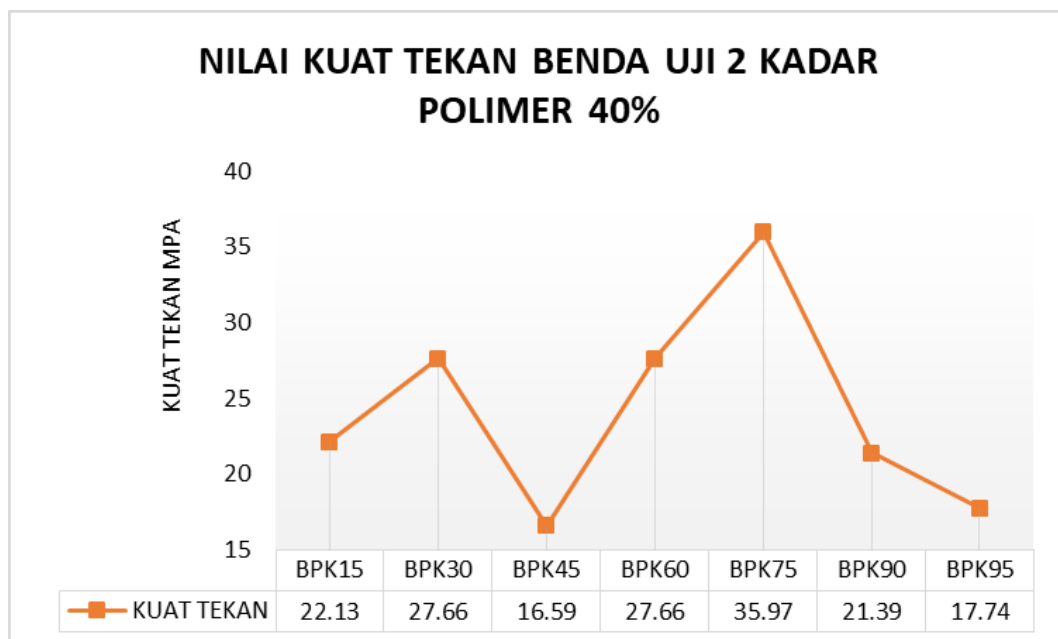
A. Perbandingan Kadar Keramik 95% dengan Pasta Polimer 20%



Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 1

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPK95 yaitu 38.72 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPK45 yaitu 22.12 Mpa.

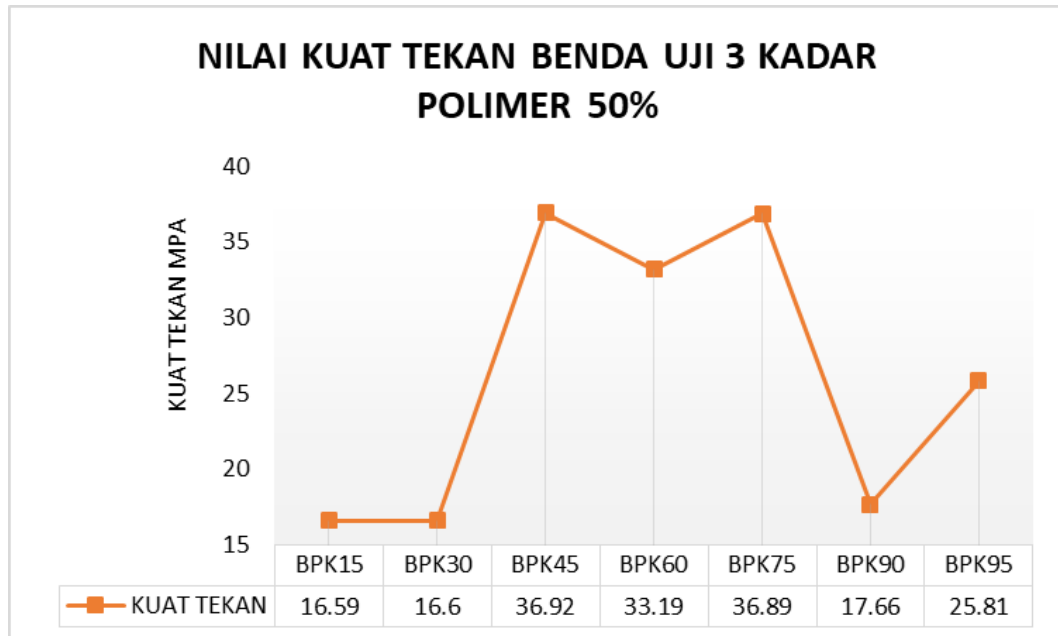
B. Perbandingan Kadar Keramik 95% dengan Pasta Polimer 40%



Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 2

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPK75 yaitu 35.97 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPK45 yaitu 16.59 Mpa.

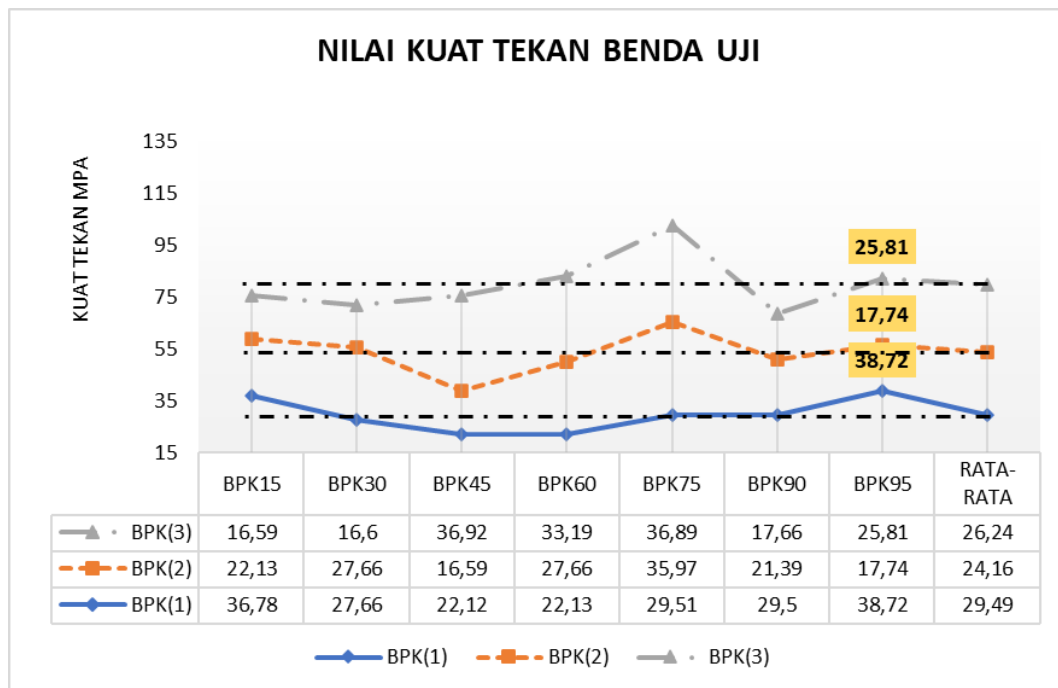
C. Perbandingan Kadar Keramik 95% dengan Pasta Polimer 50%



Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Benda Uji 3

Didapatkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi didapat pada campuran beton polimer BPK45 yaitu 33.19 Mpa, dan hasil kuat tekan terendah didapat pada campuran beton BPK15 yaitu 16.59 Mpa.

D. Gabungan Perbandingan Kadar Keramik dengan Pasta Polimer



Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Kuat Tekan dengan Kadar Keramik Berbeda

Catatan :

- Nilai Kuat Tekan BPK15 (Sumber Chandra Muhamad Darajat, 2023)
“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 15% dan batu pecah 85% polimer sebagai perekat.”
- Nilai Kuat Tekan BPK30 (Sumber Adi Mulyadi, 2023)
“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 30% dan batu pecah 70% polimer sebagai perekat.”
- Nilai Kuat Tekan BPK45 (Sumber Angga Ari Saputra, 2023)
“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 45% dan batu pecah 55% polimer sebagai perekat.”
- Nilai Kuat Tekan BPK60 (Sumber Danni Taufik Hidayat, 2023) “Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 60% dan batu pecah 40% polimer sebagai perekat.”
- Nilai Kuat Tekan BPK75 (Sumber Pipit Rohmana, 2023)

“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 75% dan batu pecah 25% polimer sebagai perekat.”

- f) Nilai Kuat Tekan BPK90 (Sumber Pasha Izza Maulana, 2023)

“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 90% dan batu pecah 10% polimer sebagai perekat.”

- g) Nilai Kuat Tekan BPK95 (Sumber Reka Fadhilah Deliana, 2023)

“Kajian kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar berupa keramik 95% dan batu pecah 5% polimer sebagai perekat.”

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

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

1. BPK95(1) dengan komposisi pasta polimer 20% dan penambahan Keramik dengan kadar 95% memiliki nilai kuat tekan sebesar 38.72 MPa.
2. BPK95 (2) dengan komposisi pasta polimer 40% dan penambahan Keramik dengan kadar 95% memiliki nilai kuat tekan sebesar 17.74 MPa.
3. BPK95 (3) dengan komposisi pasta polimer 50% dan penambahan Keramik dengan kadar 95% memiliki nilai kuat tekan sebesar 25.81 MPa.
4. BPK95 (1), BPK95 (2), dan BPK95 (3) termasuk dalam klasifikasi beton berat dengan mutu tinggi (*high strength concrete*).
5. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kuat tekan terendah sebesar 17.74 MPa yaitu beton polimer BPK95(2) dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 38.72 MPa yaitu beton polimer BPK95(3).
6. Selisih nilai kuat tekan BPK95(1) terhadap BPK95(2) sebesar 54,18% dan terjadi kenaikan BPK95(2) terhadap BPK95(3) sebesar 22,92%.
7. Dari semua hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan terendah sebesar 16.59 MPa yaitu beton polimer BPK15(3) dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 38.72 MPa yaitu beton polimer BPK95(1).
8. Daya rekat agregat terhadap polimer terjadi dengan baik, dengan ditandai tidak adanya keretakan ataupun korosi beton akibat proses pencampuran.
9. Komposisi campuran resin epoxy dan hardener sudah sesuai yaitu 2 : 1, ini dibuktikan dengan resin epoxy dapat mengeras sempurna dan mendapatkan nilai kuat tekan yang baik.

10. Dari data pengujian beton polimer diatas, yaitu pengujian kuat tekan beton didapatkan fakta bahwa penambahan keramik sebagai bahan tambah campuran beton polimer, sangat berpengaruh besar terhadap nilai kuat tekan 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, keramik, 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

- A, Arman. 2018. *Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 Dan ASTM C 136-06*. Diakses pada November 2022 dari <https://jurnal.umsb.ac.id/> .
- 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
- Brook, K.M. dan Murdock, L.J. 1979. *Bahan dan Praktik Beton*. Jakarta:Penerbit Erlangga.
- F, Sampe. 2018. *BAB II TINJAUAN PUSTAKA*, 7-8. Diakses pada Oktober 2022, dari E-Journal Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Indoprecast. 2020. *Inilah Proses Membuat Benda Uji Kubus dan Silinder*. Diakses pada November 2022 <https://indoprecast.com/inilah-proses-membuat-benda-uji-kubus-dan-silinder/> .
- Nn. 2019. *Jenis-jenis Beton Polimer dan Penjelasannya*. Diakses pada Oktober 2022. <http://area-tekniksipil.blogspot.com/2019/09/jenis-jenis-beton-polimer-dan.html> .
- Mufasa. 2018. *Epoxy Resin dan Hardener*. Diakses pada November 2022. <https://www.mufasaspecialties.biz/jual-epoxy-resin-dan-hardener/> .
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Jakarta:Penerbit Andi.
- Pertemuan Ilmiah Sains Materi 1996 Badan Standardisasi Nasional. SNI 1947:2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji
- 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.
- Siburian, dkk. (2017). *Polimer: Ilmu Material (edisi ke-2)*. Medan: USU Press. ISBN 979-458-356-1.
- Supriatna, Indra. 2020. *KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN PEREKAT RESIN EPOKSI (KADAR 30%) SERTA PENAMBAHAN LIMBAH KERAMIK DENGAN KADAR BERVARIASI*

TERHADAP KUAT TEKAN BELAH BETON. Diakses pada Oktober 2022 dari <http://repository.usbypkp.ac.id> .

Wikipedia. 2022. *Keramik*. Diakses pada Oktober 2022. <https://id.wikipedia.org/wiki/Keramik>

Zabbar, Zaid. 2019. *KAJIAN BETON POLIMER MENGGUNAKAN BAHAN CAMPURAN PEREKAT RESIN TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON*. Diakses pada Oktober 2022 dari <http://jurnal.usbypkp.ac.id/> .