

TUGAS AKHIR

**KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN
RESIN *POLYESTER* DAN RESIN *EPOXY***

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Nurul Cholifatul Huda

NIM : 30201900007

Naili Mala Fauzi

NIM : 30201900159

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

TUGAS AKHIR

**KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN
RESIN POLYESTER DAN RESIN EPOXY**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program
Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang**



Disusun Oleh :

Nurul Cholifatul Huda

NIM : 30201900007

Naili Mala Fauzi

NIM : 30201900159

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN
POLYESTER DAN RESIN EPOXY**



Nurul Cholifatul Huda
NIM : 30201900007



Naili Mala Fauzi
NIM : 30201900159

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2023

Tim Penguji

1. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D**
NIDN: 0607046802
2. **Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si**
NIDN: 0631057002
3. **M. Rusli Ahyar, S.T., M.Eng**
NIDN: 0625059102

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 41 / A.2 / SA - T / X / 2022

Pada hari ini tanggal 04 Oktober 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph. D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M. Si
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Nurul Cholifatul Huda
NIM : 30201900007

Naili Mala Fauzi
NIM : 30201900159

Judul: Kuat Tekan Beton Polimer dengan Campuran Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy*

Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	04 Oktober 2022	ACC
2	Seminar Proposal	30 November 2022	ACC
3	Pengumpulan data	1 Desember 2022	ACC
4	Analisis data	Januari 2023	ACC
5	Penyusunan laporan	Januari 2023	ACC
6	Selesai laporan	31 Januari 2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Nurul Cholifatul Huda

NIM : 30201900007

NAMA : Naili Mala Fauzi

NIM : 30201900159

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN
*POLYESTER DAN RESIN EPOXY***

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, /Januari/2023

Yang membuat pernyataan

Yang membuat pernyataan

Nurul Cholifatul Huda
NIM: 30201900007

Naili Mala Fauzi
NIM: 30201900159



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Nurul Cholifatul Huda
NIM : 30201900007
NAMA : Naili Mala Fauzi
NIM : 30201900159
JUDUL TUGAS AKHIR : KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN
CAMPURAN RESIN *POLYESTER* DAN
RESIN *EPOXY*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, /Januari/2023

Yang membuat pernyataan

Yang membuat pernyataan

Nurul Cholifatul Huda
NIM: 30201900007

Naili Mala Fauzi
NIM: 30201900159

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” - QS. Ali 'Imran 3: Ayat 110

“Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baiknya Pelindung” - Q.S. Al Imran : 73

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah diri mereka sendiri” – QS Ar Rad : 11

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali”. - Ali bin Abi Thalib

“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad” – Abu Hamid Al Ghazali

“Pengetahuan tanpa tindakan adalah sia-sia dan tindakan tanpa pengetahuan adalah kegilaan” – Abu Hamid Al Ghazali

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya” – Ali bin Abi Thalib

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” – QS Al Insyirah : 5

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku. Dan apa yang ditakdirkan untukku, takkan melewatkanku” Umar bin Khattab.

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” - QS. Ali 'Imran 3: Ayat 110

“Mencari ilmu itu wajib bagi setiap orang Islam” - Ibnu Majah

“Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman di antara kalian dan orang-orang yang diberi ilmu. Dan Allah Maha Mengetahui terhadap apa yang kalian kerjakan.” - QS. Al-Mujadilah 58: Ayat 11

“Barang siapa kelur untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali”. - Ali bin Abi Thalib
Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” – QS Al Insyirah : 5

“Perjalanan seribu mil dimulai dengan satu langkah.” – LaoTzu

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah diri mereka sendiri” – QS Ar Rad : 11

“Pengetahuan tanpa tindakan adalah sia-sia dan tindakan tanpa pengetahuan adalah kegilaan” – Abu Hamid Al Ghazali

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” – QS Al Insyirah : 5

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku. Dan apa yang ditakdirkan untukku, takkan melewatkanku” Umar bin Khattab.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN *POLYESTER* DAN RESIN *EPOXY*.” Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Orang tua tercinta Ibu Djuriyah dan Ayah Suradi (Alm) terimakasih telah memberikan kasih sayang, motivasi, doa dan dukungan kepada saya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Terimakasih kepada kak Solichun, kak Laili Hidayati, Kak Nur Halimah, Kak Sri Setyowati dan kak Istikhomah telah menjadi kakak-kakak terbaik bagi saya sekaligus pendukung dan pembimbing dalam kehidupan saya selain Ayah dan Ibu.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setyawan, MT., Ph.D dan Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si yang telah membimbing dengan segenap tenaga dan sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan penuh manfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudari Naili Mala Fauzi rekan Tugas Akhir sekaligus teman seperjuangan saya dalam kegiatan apapun semenjak semester awal.
6. Sahabatku Firman, Anugrah, Nunik yang telah membantu dan berkontribusi penuh dalam penelitian Kuat Tekan Beton Polimer dengan Campuran Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy* ini.
7. Semua teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2019.
8. Semua teman – teman dan saudara yang telah memberikan dukungan kepada saya.

Nurul Cholifatul Huda

NIM: 30201900007

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN *POLYESTER* DAN RESIN *EPOXY*.” Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Orang tua tercinta, Ayah Wahyudi dan Ibu Supiatun yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ir. H. Prabowo Setyawan, MT., Ph.D dan Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si yang telah membimbing dengan segenap tenaga dan sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan penuh manfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
4. Saudari Nurul Cholifatul Huda rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan saya dalam kegiatan apapun.
5. Teman – teman dekat saya : Firman, Anugrah, Nunik yang telah membantu dan berkontribusi penuh dalam penelitian Kuat Tekan Beton Polimer dengan Campuran Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy* ini.
6. Semua teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2019.
7. Semua teman – teman dan saudara yang terlibat yg memberikan dukungan kepada saya.

Naili Mala Fauzi

NIM: 30201900159

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN *POLYESTER* DAN RESIN *EPOXY*” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph. D selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, peikiran, kritik dan saran serta dorongan selama penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M. Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan penuh peikiran, kritik dan saran serta dorongan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

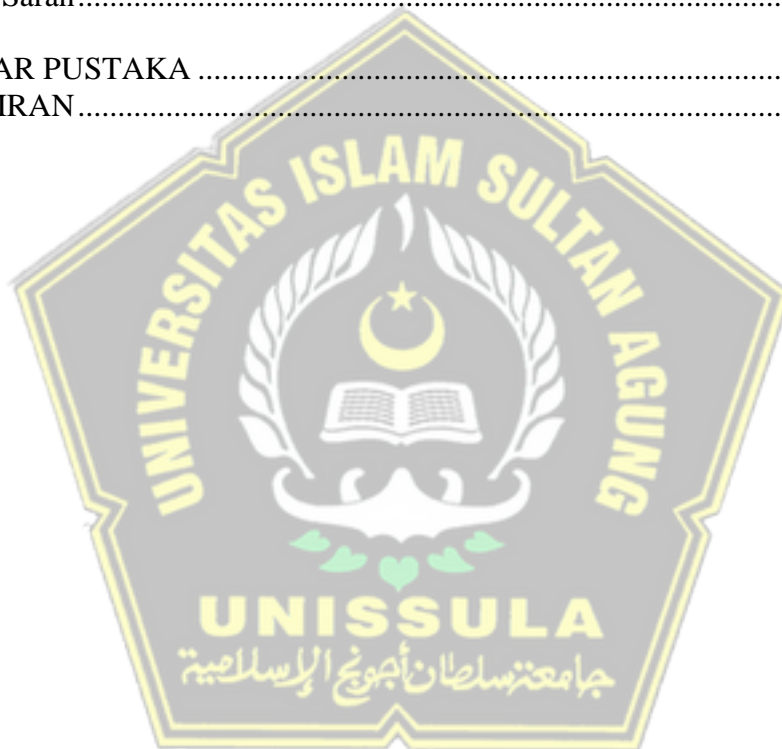
Semarang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
Abstrak.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Beton	5
2.2. Bahan Penyusun Beton.....	6
2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton	11
2.4. Jenis – Jenis Beton	13
2.5. Beton Polimer.....	17
2.6. Resin.....	19
2.7. Penelitian Terdahulu	22
2.8. Kerangka Berpikir	25
2.9. Hipotesis.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Pendekatan Penelitian	26
3.2. Keperluan Data.....	26
3.3. Tempat dan Waktu	27
3.4. Metode Penelitian.....	27
3.5. Bahan dan Peralatan	27
3.6. Tahapan Pelaksanaan	29
3.7. Bagan Alir	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Tinjauan-Umum	34
4.2. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat.....	34
4.2.1. Agregat Halus.....	35

4.2.2. Agregat Kasar.....	41
4.3. Perbandingan Bahan Penyusun Beton.....	48
4.4. Pemeriksaan Beton	49
4.4.1. Pengujian <i>Slump Test</i>	49
4.4.2. Pemeriksaan Berat Volume.....	50
4.4.3. Pengujian Kuat Tekan	58
4.5. Perbandingan Kuat Tekan Beton.....	61
4.5.1. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton <i>Polyester</i>	61
4.5.2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Epoxy	62
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran.....	64
 DAFTAR PUSTAKA	 vii
LAMPIRAN.....	ix



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Rencana Pelaksanaan Penelitian	27
Tabel 4. 1. Pengujian Kadar Air Agregat Halus	36
Tabel 4. 2. Pengujian Kadar Lumpur Endapan Agregat Halus	38
Tabel 4. 3. Pengujian Kadar Lumpur Oven Agregat Halus	38
Tabel 4. 4. Hasil Penyaringan Agregat Halus	39
Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	40
Tabel 4. 6. Pengujian Kadar Air agregat Kasar	43
Tabel 4. 7. Pengujian Kadar Lumpur Endapan Agregat Kasar	45
Tabel 4. 8. Pengujian Kadar Lumpur Oven Agregat Kasar	45
Tabel 4. 9. Hasil Penyaringan Agregat Kasar	46
Tabel 4. 10. Hasil Perhitungan Analisa Agregat Kasar	47
Tabel 4. 11. Takaran Penyusun Beton K-175 per 1 m ³	48
Tabel 4. 12. Perbandingan Bahan Penyusun Beton	49
Tabel 4. 13. Hasil Pemeriksaan Uji Slump Test	49
Tabel 4. 14. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Segar	50
Tabel 4. 15. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras	51
Tabel 4. 16. Berat Volume Beton Segar	55
Tabel 4. 17. Berat Volume Beton Keras	56
Tabel 4. 18. Hasil Uji Kuat Tekan Beton	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Kerangka Berpikir	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	41
Gambar 4. 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	48
Gambar 4. 3. Kurva Berat Volume Beton Resin Polyester	57
Gambar 4. 4. Kurva Berat Volume Beton Resin Epoxy	57
Gambar 4. 5. Kurva Kuat Tekan Beton Resin Polyester	60
Gambar 4. 6. Kurva Kuat Tekan Beton Resin Epoxy	61
Gambar 4. 7. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Polyester	62
Gambar 4. 8. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Epoxy	62



KUAT TEKAN BETON POLIMER DENGAN CAMPURAN RESIN *POLYESTER DAN RESIN EPOXY*

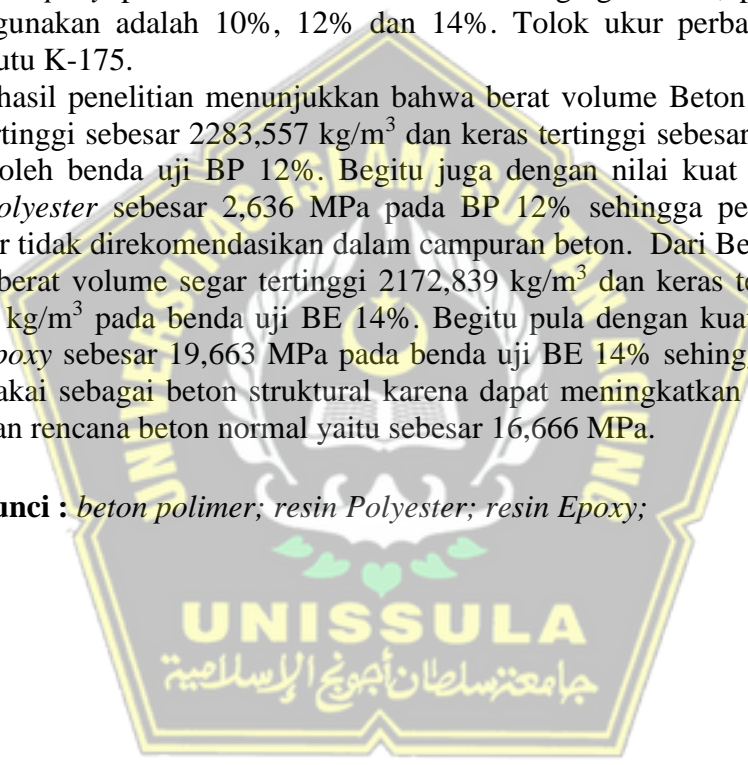
Abstrak

Seiring berjalannya waktu beton tidak selamanya terdiri dari semen, pasir, kerikil dan air. Salah satu modifikasi komposisi beton yaitu beton polimer. Beton polimer memiliki komposisi berupa polimer sintetik organik atau disebut beton resin.

Untuk membandingkan Kuat Tekan beton campuran resin dengan beton konvensional, penelitian ini akan mengkaji pengaruh penambahan resin *Polyester* dan resin *Epoxy* pada beton. Berdasarkan berat agregat halus, persentase resin yang digunakan adalah 10%, 12% dan 14%. Tolok ukur perbandingan adalah beton mutu K-175.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa berat volume Beton *Polyester* (BP) segar tertinggi sebesar $2283,557 \text{ kg/m}^3$ dan keras tertinggi sebesar $2223,17 \text{ kg/m}^3$ didapat oleh benda uji BP 12%. Begitu juga dengan nilai kuat tekan optimum beton *Polyester* sebesar 2,636 MPa pada BP 12% sehingga penggunaan resin *Polyester* tidak direkomendasikan dalam campuran beton. Dari Beton *Epoxy* (BE) didapat berat volume segar tertinggi $2172,839 \text{ kg/m}^3$ dan keras tertinggi sebesar $2147,68 \text{ kg/m}^3$ pada benda uji BE 14%. Begitu pula dengan kuat tekan terbesar beton *Epoxy* sebesar 19,663 MPa pada benda uji BE 14% sehingga beton *Epoxy* bisa dipakai sebagai beton struktural karena dapat meningkatkan kuat tekan dari kuat tekan rencana beton normal yaitu sebesar 16,666 MPa.

Kata Kunci : *beton polimer; resin Polyester; resin Epoxy;*



COMPRESSIVE STRENGTH OF POLYMER CONCRETE WITH POLYESTER RESIN AND EPOXY RESIN MIXTURE

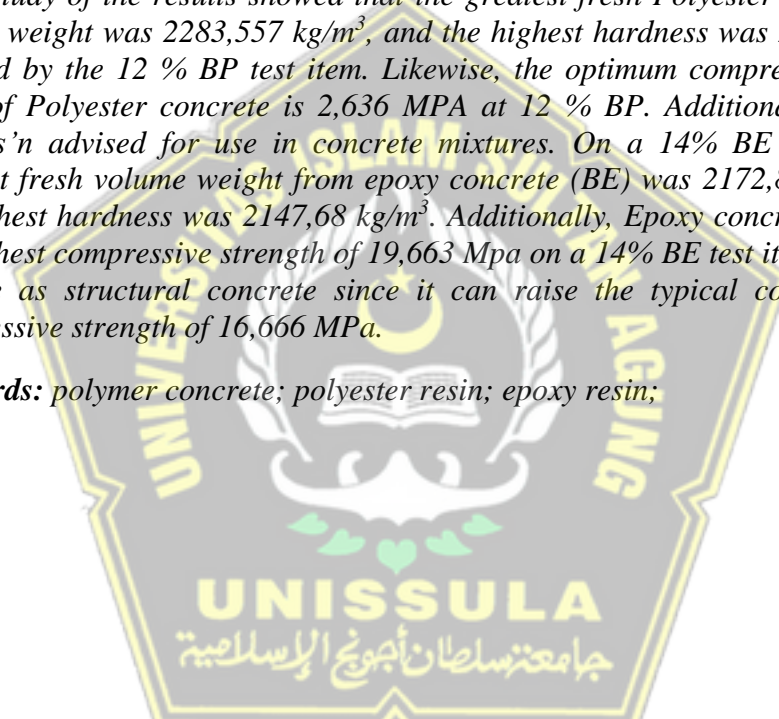
Abstract

Concrete is not usually made of cement, sand, gravel and water over time. Polymer concrete is one of the alterations to the composition of concrete. Polymer concrete, commonly known as resin concrete, contains organic synthetic polymers as part of its makeup.

To evaluate the compressive strength of resin mixed concrete in comparison to standart concrete, this study will examine the effects of adding Polyester and Epoxy resins to concrete. 10%, 12% and 14 % of the resin are used, depending on the weight of the fine aggregate. Concrete of K-175 quality is used as a benchmark for comparison.

An study of the results showed that the greatest fresh Polyester concrete (BP) volume weight was 2283,557 kg/m³, and the highest hardness was 2223,17 kg/m³ attained by the 12 % BP test item. Likewise, the optimum compressive strength value of Polyester concrete is 2,636 MPA at 12 % BP. Additionally, Polyester resin is'n advised for use in concrete mixtures. On a 14% BE test item, the greatest fresh volume weight from epoxy concrete (BE) was 2172,839 kg/m³ and the highest hardness was 2147,68 kg/m³. Additionally, Epoxy concrete which has the highest compressive strength of 19,663 Mpa on a 14% BE test item, is suitable for use as structural concrete since it can raise the typical concrete design compressive strength of 16,666 MPa.

Keywords: polymer concrete; polyester resin; epoxy resin;



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bangunan, jembatan, jalan raya dan struktur lainnya sering menggunakan beton sebagai bahan konstruksi. Selain digunakan untuk tujuan struktural, beton juga digunakan untuk tujuan non struktural (seperti kolom fungsional, peralatan rumah tangga, furnitur dan dekorasi). Komponen beton non struktural didesain untuk menghasilkan beton yang bernilai estetis dan nilai ekonomi yang lebih (Kesuma, 2022).

Untuk membuat beton, digunakan campuran air, semen, agregat kasar dan agregat halus. Kuat tekan yang besar adalah kelebihan beton, sedangkan kelemahannya ada pada kuat tarik yang rendah. Namun karena harganya yang murah, dapat diakses, dan bisa dibentuk menjadi bentuk atau ukuran yang diinginkan menjadikan beton sebagai bahan bangunan yang banyak digunakan (Kesuma, 2022).

Perkembangan teknologi berjalan beriringan dengan perkembangan dunia sipil terutama pada bidang riset beton. Banyak penelitian yang dilakukan untuk menemukan inovasi beton berkualitas yang lebih baik misalnya beton polimer. Penambahan polimer ke beton bertindak sebagai molekul utama dalam bentuk karbon dan hidrogen. Zat polimer biasanya didapatkan dari pengolahan sampah plastik dan bahan kimia lainnya.

Beton resin atau beton polimer adalah bahan komposit yang terbuat dari polimer sintetik organik. Beton polimer memberikan banyak keuntungan dibandingkan beton konvensional, termasuk kekuatan tinggi stabilitas pematangan yang unggul, tahan terhadap zat kimia, korosi dan kedap air. Beton polimer mengeras dalam waktu yang lebih singkat dari beton biasa (Maghfirah et. al., 2019). Menurut penelitian sebelumnya beton polimer memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan beton (Ryanto & Zabbar, 2019).

Resin merupakan senyawa kimia yang berwujud cair dan memiliki viskositas yang relatif rendah (Putra et. al., 2015). Ada dua jenis resin yaitu resin Termoplastik dan resin Thermoset. Dalam penelitian ini, dua jenis resin Thermoset digunakan. Yang pertama adalah resin Polyester dengan sifat yaitu ringan, tidak sulit dibentuk, anti korosi dan harganya terjangkau jika dibandingkan dengan resin lainnya. Resin *Epoxy* adalah jenis resin kedua yang memiliki kelebihan yaitu tahan lama, kuat dan cepat kering.

Polimer cair yang diubah secara kimiawi dan ikatan silang menjadi bahan padat disebut resin Thermoset. Unit molekul yang membentuk resin Thermoset menentukan sifat mekaniknya. Resin Thermoset juga memiliki sifat isotropik, peka terhadap suhu, tidak dapat meleleh dan tidak dapat mengalami pergeseran rantai kimia (Setiyarto & Pradana, 2022).

Menurut temuan penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Pinang dan Resin Epoxy Terhadap Kekuatan Tarik Belah Beton” menambahkan aditif resin pada beton akan membantu meningkatkan kekuatannya dan mengurangi risiko retak dan pelapukan dini (Nasution, 2022). Pengaruh resin terhadap Kuat Tekan beton dikaji dalam penelitian ini dengan memvariasikan persentase resin.

1.2. Rumusan Masalah

Ada beberapa permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan Resin *Polyester* terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Resin *Epoxy* terhadap kuat tekan beton ?
3. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton dengan tambahan Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy* terhadap kuat tekan beton konvensional ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui :

1. Pengaruh penambahan resin Polyester terhadap Kuat Tekan beton;
2. Pengaruh penambahan resin Epoxy terhadap Kuat Tekan beton;
3. Perbandingan kuat tekan beton dengan Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy* terhadap kuat tekan beton konvensional.

1.4. Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan terlalu luas, maka batasan yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Resin yang dipakai adalah Resin *Polyester* dan Resin *Epoxy*; Beton campuran Resin *Epoxy* dengan 3 benda uji masing – masing memiliki persentase 10%, 12%, dan 14%; dan beton campuran Resin *Polyester* dengan 3 benda uji masing – masing memiliki persentase 10%, 12%, dan 14%;
2. 3 buah beton normal mutu K-175 dengan perbandingan 1:2:3 (semen : agregat halus : agregat kasar)
3. Berdasarkan mutu beton K-175 FAS atau WSC yang digunakan adalah sebesar 0,66;
4. Silinder ukuran 150 x 300 mm digunakan sebagai benda uji;
5. Pada saat mencapai umur 28 hari beton akan diuji Kuat Tekan beton.

1.5. Sistematika Laporan

Format penulisan Laporan Tugas Akhir meliputi:

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika laporan dibahas dalam bab ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat sejumlah teori dan pendapat ahli yang bersumber dari buku dan lapangan guna mendapatkan data yang berkaitan dengan pembahasan campuran resin pada beton untuk meningkatkan kuat tekan beton.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan prosedur yang harus diikuti, termasuk pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji, perawatan, pengujian dan analisis hasil.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa dan pengolahan data berasal dari temuan penelitian, serta pembahasan yang terkandung dalam penelitian ini, dibahas dalam bab ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran yang diambil dari temuan dan pembahasan serta yang diperlukan untuk penelitian akan disampaikan pada bab ini.

DAFTAR PUSTAKA

Menampilkan bahan referensi yang digunakan sebagai landasan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir.

LAMPIRAN

Memuat dokumen pendukung dan dokumentasi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

2.1.1. Deskripsi Beton

Pembuatan beton pada dasarnya dilaksanakan dengan menggabungkan sejumlah bahan yang berbeda. Untuk menjadikan agregat menjadi satu massa yang padat yaitu harus dicampur dengan semen dan air. Bahan bangunan yang paling umum dipakai dalam industri konstruksi adalah beton. Beton digunakan untuk membangun jembatan, jalan, gedung dan saluran air. Hal ini dikarenakan beton memiliki banyak kelebihan contohnya yaitu mudah dibuat dan harga yang cukup murah dari bahan bangunan lain.

Beton adalah bahan umum dalam industri konstruksi karena pentingnya pengembangan dan kemudahan pembuatan.

Semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah, kerikil) merupakan bahan yang digunakan untuk membuat beton. Kualitas beton terkadang dapat ditingkatkan dengan menambah campuran tambahan (*admixture*) (Asroni 2010).

Campuran bahan yang digunakan dalam beton disebutkan dengan rasio yang diurutkan dari butiran terkecil (paling lembut) hingga butiran terbesar yaitu : semen, pasir dan kerikil. Oleh karena itu campuran beton dengan perbandingan 1:2:3 terdiri dari 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil (Asroni 2010).

2.1.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Di berbagai bidang termasuk konstruksi, kemajuan teknologi Indonesia semakin maju. Seiring dengan semakin banyaknya bangunan, beton menjadi material yang umum digunakan sebagai salah satu komponen strukturnya. Berikut kelebihan dan kekurangan beton:

a. Kelebihan Beton

Beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan konstruksi lainnya seperti kayu dan baja. Kelebihan yang dimiliki beton yaitu:

- Tidak sulit dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi;
- Perawatan yang relatif murah;
- Dapat menahan temperatur tinggi;
- Tahan terhadap korosi dan pembusukan yang disebabkan lingkungan;
- Memiliki kuat tekan tinggi;
- Tahan beban yang berat;
- Beton tahan terhadap aus.

b. Kekurangan Beton

Disamping kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan kekurangan yaitu:

- Beban sendiri yang berat;
- Lemah terhadap kuat tarik yang dapat menyebabkan mudah retak;
- Beton dapat menyusut dan mengembang, jika terjadi perubahan suhu;
- Membutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Agregat

Dikenal sebagai filler dalam campuran beton, agregat adalah partikel mineral alami. Campuran beton biasanya mengandung banyak agregat, terhitung dari 60 hingga 70 persen volume beton. Karena komposisinya yang substansial, sifat agregat berdampak langsung pada kinerja beton meskipun hanya berfungsi sebagai bahan pengisi.

Kekuatan tekan dan benturan yang mempengaruhi daya rekat agregat pada bubuk semen serta porositas dan penyerapan air yang mempengaruhi ketahanan kimia dan susut merupakan sifat agregat yang paling signifikan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 agregat adalah bahan butiran seperti pasir, kerikil, batu pecah dan terak pijar yang digabungkan dengan pengikat berupa semen hidrolis untuk membuat campuran beton. Ada dua macam agregat yaitu agregat alami dan buatan tergantung pada sumbernya.

Pasir dan kerikil alam merupakan contoh agregat alam sedangkan agregat buatan meliputi *stone crusher*, *blast furnace slag*, *tile chips*, serpihan beton dan lain-lain (Mulyono, 2014).

Tujuan digunakannya agregat dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton ;
- Mendapatkan gradasi yang baik sehingga memiliki susunan yang padat ;
- Mengurangi susut pengerasan pada beton ;
- Campuran beton dengan gradasi yang baik dapat diuji *workability* nya;
- Mengurangi penggunaan semen.

Karakteristik kekuatan dan berat jenis agregat seringkali berbeda-beda karena agregat adalah batuan yang memiliki kandungan senyawa kimia. Sifat-sifat berpengaruh secara signifikan terhadap sifat-sifat beton yang mengeras yaitu sekitar 75% dari total kandungan beton. Kinerja beton maupun sifat agregat berdampak pada daya tahan beton serta ketahanannya terhadap kerusakan yang disebabkan oleh siklus beku-cair.

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat kasar dan agregat halus merupakan dua jenis agregat yang dapat dibedakan berdasarkan ukurannya.

2.2.1.1. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat kasar adalah hasil pemecahan alami batuan atau kerikil menjadi batu pecah dari industri penghancur dengan ukuran partikel 5 sampai 40 mm. Agregat kasar ini harus melekat dengan baik dan tidak mengandung bahan organik apapun.

Berikut persyaratan ASTM C 33 untuk kualitas agregat kasar:

- Jika digunakan pada beton basah atau bersentuhan dengan material yang bereaksi dengan semen, tidak boleh bereaksi dengan alkali. Jika digunakan, alkali tidak boleh mengandung lebih dari 0,6% Natrium Oksida.
- Sistem gradasi harus memenuhi spesifikasi.
- Tidak diperbolehkan mengandung zat atau partikel yang dapat merusak beton
- Sifat fisik meliputi kekerasan butir dan sifat yang diuji dalam Bejana Los Angeles

Dengan menggunakan ayakan butiran agregat dipisahkan menurut ukurannya sebagai langkah awal pembuatan agregat kasar berupa batu pecah. Untuk meningkatkan kualitas agregat, batu pecah dicuci setelah alat pemisah agregat kasar selesai yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran dari agregat.

Berikut batas persyaratan susunan butiran agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan (%)		
	4,8 – 38 mm	2,8 – 19 mm	4,8 – 9,6 mm
38	95 – 100	100	100
19	35 – 70	95 – 100	100
9,6	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,8	0 – 05	0 – 10	0 – 10

(Sumber : SNI 03-2847-1993)

2.2.1.2. Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002:171 pasir alam terbentuk dari penguraian batuan secara alami dan disebut agregat halus. Pasir buatan yang terbuat dari alat pemecah batu berukuran kecil dan memiliki ukuran mulai dari 0,15 mm hingga 5 mm merupakan jenis lain dari agregat halus. Bahan organik, tanah liat dan partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200 atau zat lain yang berpotensi merusak beton tidak boleh ada dalam agregat halus.

Agregat halus terdiri dari mineral alam yang digunakan sebagai *filler* dalam adukan beton yang berukuran lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No. 4 dan dipusatkan pada saringan No. 200. Agregat halus dapat dihasilkan dari penghancur alami, batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan oleh *stone crusher*.

Pasir dipecah menjadi 3 kelompok :

- Pasir dari permukaan disebut pasir galian
- Pasir yang didapat dari sungai disebut pasir sungai
- Pasir yang didapat dari pantai yaitu pasir laut.

Agregat halus biasanya terdapat di sungai-sungai besar. Pemilihan agregat halus untuk bahan bangunan didasarkan pada kebutuhan. Kondisi yang tepat ada untuk memilih agregat halus yang baik. Berikut syarat agregat halus yang baik:

- Butiran pasir berukuran antara 0,15 mm hingga 5 mm;

- Tidak boleh memiliki presentase kadar lumpur melebihi 5%;
- Jika agregat halus memiliki kandungan lumpur melebihi 5%, maka dalam penggunaannya harus dicuci terlebih dahulu;
- Bebas dari zat organik, garam, minyak dan sebagainya.

Tabel 2.2 mencantumkan batasan ukuran agregat halus agar memenuhi persyaratan dalam campuran beton.

Tabel 2. 2 Gradasi Saringan Agregat Halus

Diameter Saringan	Persen Lolos
9,5 mm	100
4,75 mm	95 – 100
2,36 mm	80 – 100
1,18 mm	50 – 85
0,6 mm	25 – 60
0,3 mm	5 – 30
0,15 mm	0 – 10

(Sumber : ASTM C 33/03)

2.2.2. Semen

Beton dibuat sebagian besar dengan semen yang merupakan komponen penting. Semen secara kimia bereaksi dengan air yang digunakan untuk membuat bubur semen memiliki fungsi mengikat agregat kasar maupun agregat halus.

Semen adalah campuran kimia ketika bereaksi dengan air menjadi aktif. Meskipun tidak berperan penting dalam reaksi kimia, agregat berfungsi sebagai mineral filler untuk menjaga keawetan beton dan mencegah perubahan volume setelah pencampuran (Mulyono, 2014).

Fungsi utama semen adalah menyatukan partikel agregat menjadi massa padat. Selain itu, untuk mengisi ruang antara partikel agregat. Karena semen merupakan bahan aktif maka penelitian ilmiah dan kontrol diperlukan meskipun semen hanya menyumbang 10% dari volume beton (Tjokrodimuljo, 1996).

2.2.3. Air

Kemampuan kerja semen sangat dipengaruhi oleh jumlah air dalam campuran beton yang membantu menghidrasi semen. Jumlah air dalam beton segar menentukan ketebalan campuran. Selama proses pembuatan beton, kadar air beton segar harus sesuai dengan desain campuran dan kondisi lapangan. Beton dengan kadar air tinggi dapat mengalir sedangkan beton dengan kadar air rendah dapat kehilangan daya rekatnya.

Karena reaksi antara semen dan air inilah yang menyebabkan beton mengeras, maka penting untuk menegaskan bahwa air tersebut dapat digunakan dan telah sesuai standar tertentu.

Air minum tidak selalu tersedia dan meskipun tersedia sebaiknya diperiksa untuk melihat apakah mengandung zat yang dapat merusak beton. Syarat agar air dapat digunakan dalam beton adalah :

- Tidak mengandung senyawa-senyawa yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan bahan kimia lainnya);
- Bebas klorida (Cl);
- Tidak mengandung senyawa sulfat.

Air juga dipakai dalam perawatan beton, tetapi tidak boleh meninggalkan noda atau endapan yang mengubah warna beton. Biasanya kotoran atau perubahan warna disebabkan oleh zat besi dan bahan organik di dalam air terutama jika perawatannya berkepanjangan. Pembasahan secara kontinu atau perendaman beton yang baru dituang ke dalam air adalah salah satu metode perawatan.

Proses pengerasan akan terganggu atau kualitas beton yang dihasilkan akan menurun akibat banyaknya kotoran didalam air. Secara umum kotoran dapat mengakibatkan :

- Gangguan pengikatan dan hidrasi;
- Hambatan untuk daya tahan;
- Perubahan volume yang dapat menyebabkan retakan;
- Kerusakan beton dan korosi pada tulangan baja;
- Bintik-bintik di permukaan beton.

2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton

2.3.1 *Workability*

Workability didefinisikan sebagai kemudahan dalam penggarapan beton saat dicampur, dicor dan diangkut serta didapatkan tanpa mengurangi homogenitas beton dan beton tak terurai (Joni, 2017).

Workability dipengaruhi oleh proporsi bahan penyusun serta karakteristik material atau yang biasa disebut konsistensi beton. Sedangkan konsistensi beton tersebut dipengaruhi oleh kemampuan pengerjaannya dan tergantung pada :

- a. Sifat – sifat material beton, misalnya tesktur agregat, bentuk agregat, dan lain sebagainya;
- b. Penampang maksimum agregat kasar;
- c. Proporsi bahan campuran yang dipakai;
- d. Temperatur beton;
- e. Jenis konstruksi yang dibangun.

2.3.2 *Durability*

Durability sama pentingnya dengan *workability*, namun *durability* ini sangat sukar untuk dinilai karena memerlukan waktu penyidikan yang cukup lama. Pengujian *durability* dalam waktu cepat akan membuat hasil yang tidak dapat diandalkan dan menghalangi pengukuran *durability* bangunan beton.

Tiga macam ketahanan yang wajib dimiliki beton, yaitu :

1. *Weathering resistance* yaitu ketahanan terhadap keadaan cuaca;
2. *Resistance to chemical deterioration* yaitu ketahanan terhadap efek zat kimia berupa bahan kimia maupun lingkungan agresif;
3. *Resistance to erosion* yaitu ketahanan terhadap erosi akibat gesekan atau tumbukan bahan – bahan dari luar.

2.3.3 Mutu Beton

Pertanda kekuatan atau mutu sifat – sifat beton yang lazimnya dilambangkan dengan satuan angka dan huruf seperti K , $f'c$, fcr dan lain sebagainya disebut mutu beton.

Di Indonesia sering digunakan satuan K untuk menunjukkan mutu beton. Mutu beton K dikenal sebagai kekuatan karakteristik beton per cm^2 luas penampang. Mutu beton diklasifikasikan dari K-100 sampai dengan K-500. Mutu beton K-100 artinya beton memiliki kekuatan minimal 100 kg/cm^2 . Menurut PBI 1971 klasifikasi beton dibagi menjadi tiga yaitu :

a) Beton Kelas I

Beton Kelas I tidak memerlukan keahlian khusus karena kualitas bahan hanya diperiksa secara ringan dan tidak perlu melakukan pemeriksaan kuat tekan. Beton ini biasanya digunakan untuk proyek nonstruktural. Mutu beton Kelas I ditunjukkan dengan B0.

b) Beton Kelas II

Beton Kelas II digunakan untuk pekerjaan struktur umum. Berbeda dengan Beton Kelas I, pada Beton Kelas II diperlukan keahlian dan harus dilakukan dengan pengawasan tenaga ahli pada penerapannya. Beton Kelas II dinyatakan dengan mutu B1 yaitu K-125, K175 dan K-225. Pengawasan mutu B1 terbatas pada pengawasan mutu bahan-bahan dan kekuatan tekan tidak diperlukan. Dengan persyaratan yaitu memeriksa kuat tekan beton secara kontinu.

c) Beton Kelas III

Pekerjaan struktural yang membutuhkan kuat tekan lebih dari K-225 dapat menggunakan Beton Kelas III. Pada pengerjaannya diperlukan keahlian dan harus dikerjakan dengan pengawasan tenaga ahli. Untuk pengawasan mutu beton harus dilakukan secara kontinu oleh tenaga ahli dan diharuskan adanya laboratorium dengan peralatan yang lengkap.

2.3.4 Kuat Tekan Beton

Beban terbesar per satuan luas yang membuat beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan spesifik disebut Kuat Tekan..

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai Kuat Tekan beton (Siregar, 2009) :

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

keterangan :

$f'c$: kuat tekan beton (Mpa)

P : beban maksimum (N)

A : Luas penampang benda uji (mm^2).

2.3.5 Berat Jenis

Berat jenis adalah proporsi massa padat agregat dengan massa air dalam volume tertentu. Berat jenis agregat dipecah menjadi dua istilah, yaitu:

1. Kerapatan mutlak, apabila volume padatan tidak memiliki pori – pori;
2. Berat jenis semu (densitas), apabila volume benda padat termasuk pori – pori tertutup.

Beton bertulang memiliki berat jenis yaitu 2400 kg/m^3 sedangkan beton mortar memiliki berat jenis sebesar 2200 kg/m^3 .

2.4. Jenis – Jenis Beton

Jenis beton dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelompok berdasarkan fungsi dan kegunaannya. Berikut klasifikasinya beton berdasarkan :

1. Kuat Tekan Beton

❖ Beton Mutu Rendah

Beton mutu rendah biasanya digunakan untuk pasangan batu kosong, lantai kerja, timbunan kembali dan segala konstruksi tanpa tulangan lainnya seperti siklop. Kuat tekan yang dimiliki berkisar $f'c < 20 \text{ Mpa}$.

❖ Beton Mutu Sedang

Beton bertulang seperti plat lantai jembatan, gelegar beton bertulang, kerb beton pra cetak dan lain sebagainya umumnya dipakai beton dengan mutu sedang. Kekuatan tekakn yang dimiliki berkisar $f'c$ 21 Mpa - 40 Mpa.

❖ Beton Mutu Tinggi

Menurut SNI 03-6468-2000 beton mutu tinggi memiliki kuat tekan minimum $f'c \geq 41$ yang menunjukkan bahwa beton tersebut relatif kuat. Beton mutu tinggi umumnya digunakan untuk komponen struktur yang menahan beban berat seperti jembatan, pilar, pondasi tiang pancang, struktur bangunan bertingkat tinggi dan sebagainya. Selain itu, beton mutu tinggi memiliki kelemahan salah satunya adalah peningkatan kegetasan. Akibatnya

beton mutu tinggi sering dimodifikasi dengan bahan serat untuk meningkatkan keuletannya.

2. Bahan Penyusun Beton

❖ **Beton Normal**

Beton normal merupakan salah satu jenis beton yang paling umum digunakan. Pada jenis beton normal ini unsur utamanya adalah semen, pasir, agregat dan air yang diolah dan dicampur dengan air dalam jumlah tertentu. Rasio elemen utama dapat bervariasi. Perbandingan campuran yang umum digunakan yaitu dengan perbandingan 1:2:3.

❖ **Beton Mortar**

Mortar, air dan pasir merupakan bahan baku yang digunakan untuk membuat beton ini. Ada tiga jenis mortar yang biasa digunakan yaitu semen, kapur dan lumpur. Beton mortar memiliki kuat tarik dan daktilitas yang sangat baik.

❖ **Beton Non-Pasir**

Sama seperti namanya, beton ini dibuat tanpa menggunakan pasir melainkan hanya kerikil dan semen. Hal ini mengakibatkan terjadinya pembentukan pori-pori pada rongga udara di celah-celah kerikil, yang menghasilkan densitas keseluruhan yang lebih rendah. Kebutuhan semen pada beton jenis ini semakin sedikit karena tidak menggunakan pasir.

❖ **Beton Polimer**

Komponen beton polimer dikenal sebagai beton resin yang merupakan polimer sintetik organik. Beton polimer adalah bahan komposit dengan pengikat polimer seperti polimer *Epoxy* dan pengisi mineral beton polimer dapat berupa agregat halus atau agregat kasar.

3. Pelaksanaan Beton

❖ **Beton Bertulang**

Beton bertulang dibuat dari campuran beton dan tulangan baja. Seperti yang telah diketahui bahwa beton lemah dalam gaya tarik tetapi kuat dalam gaya tekan. Untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, batang baja sengaja

ditanam didalamnya. Pada struktur dengan bentang yang panjang biasanya digunakan beton bertulang, seperti pada pelat lantai, jembatan, jalan, maupun pada kolom bangunan.

❖ **Beton Pra-Tegang**

Produksi beton pratekan serupa dengan produksi beton bertulang. Dalam beton pra-tegang tulangan yang dimasukkan ke dalam beton perlu dikencangkan terlebih dahulu. Meskipun beton mengalami beban lentur yang signifikan tujuannya adalah agar beton tidak retak. Beton pra-tegang juga sering digunakan untuk mendukung struktur dengan bentang lebar.

4. Cara Pembuatan Beton

❖ **Beton Pra-Cetak**

Beton pracetak adalah beton yang dibuat di luar area proyek konstruksi. Agar kualitas beton yang lebih baik, beton ini sengaja dibuat di tempat lain. Beton pra-cetak sering dipilih karena lokasi proyek terlalu kecil atau tidak tersedia cukup pekerja. Perusahaan konstruksi dan pengadaan material biasanya memproduksi beton pracetak.

❖ **Beton Case In Situ**

Jenis beton yang dikenal sebagai beton *case in-situ* dibuat di tempat dengan menggunakan rencana atau cetakan yang dipasang di lokasi pekerjaan. beton *case in-situ* membuatnya lebih mudah untuk memilih bentuk yang diinginkan.

5. Berat Volume Beton

❖ **Beton Ringan**

Agregat ringan digunakan untuk membuat beton ringan seperti namanya. Selain itu zat aditif sering ditambahkan oleh beberapa peneliti yang dapat menyebabkan gelembung udara pada beton. Pori-pori akan semakin banyak, dan ukurannya juga akan bertambah, semakin banyak pula gelembung udara yang tersimpan di dalam beton. Akibatnya berat beton lebih ringan dari beton lain dengan ukuran yang sama. Dinding non-struktural sering

menerima aplikasi beton ringan. Berat satuan beton ringan kurang dari 1900 kg/m³.

❖ **Beton Normal**

Salah satu jenis beton yang banyak digunakan adalah beton normal. Semen, pasir, agregat, dan air merupakan komponen utama dari beton normal ini yang diolah dan dicampur dengan air dalam jumlah yang telah ditentukan. Proporsi komponen utama dapat bervariasi. Berat satuan beton normal dalam SNI 7656:2012 berkisar antara 2200 kg/m³ sampai dengan 2500 kg/m³.

❖ **Beton Berat**

Beton berat adalah beton yang memiliki berat melebihi 2500 kg/m³ (SNI 03-2847-2002). Beton berat digunakan pada struktur khusus seperti dinding nuklir, ruang penelitian atom, fasilitas kesehatan dan lain-lain yang membutuhkan struktur dengan tingkat kepadatan dan massa yang padat sehingga sulit ditembus jika terkena gas atau radiasi. Beton yang berat juga memiliki bobot yang padat dan berat.

6. Bahan Tambahan Beton

❖ ***Accelerator***

Bahan kimia yang disebut *Accelerator* ditambahkan ke beton untuk mempercepat pengerasan ikatan campuran beton. Beton dicampur di dekat tempat penuangannya. Dengan menggunakan *Accelerator* kekuatan awal beton dapat ditingkatkan dan mempersingkat waktu pengerasannya.

❖ ***Retarder***

Proses pengikatan beton diperlambat dengan penambahan *Retarder*. Beton yang tidak dibuat di lokasi proyek biasanya menggunakan *Retarder*. Pengikatan campuran beton membutuhkan waktu sekitar satu jam. Jika beton telah dicampur dengan *Retarder* dan penuangan beton membutuhkan waktu lebih dari satu jam maka bahan *Retarder* harus ditambahkan.

❖ ***Water Reducing***

Tujuan pengurangan air dalam beton adalah membuat beton menggunakan lebih sedikit air. Hal ini dimaksudkan untuk menghasilkan campuran dengan

ketebalan yang sama atau nilai FAS yang tetap namun dihasilkan campuran beton yang lebih encer. Dengan mengencerkan campuran beton untuk mempermudah penuangan *Water Reducing* dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang konstan atau mencapai kuat tekan yang lebih tinggi tanpa mengurangi ketebalan beton.

❖ **Beton Anti Korosi**

Dikenal sebagai bahan yang tahan korosi sebenarnya beton dapat menimbulkan korosi seperti korosi atau karat yang terjadi pada struktur baja. Korosi yang dimaksud pada beton yaitu rusaknya material beton akibat proses kimiawi yang terjadi didalam beton.

Bangunan yang mengalami korosi biasanya terletak dilingkungan laut, didalam tanah dan lingkungan yang terkena bahan kimia serta lingkungan yang mengandung karbondioksida yang tinggi contoh seperti offshore, dermaga, jetty, pondasi, basement, terowongan dan sebagainya.

2.5. Beton Polimer

2.5.1. Deskripsi Beton Polimer

Beton polimer atau dikenal dengan beton resin adalah bahan komposit yang matriksnya terbuat dari polimer sintetik organik. Dengan bahan pengikat polimer seperti polimer termoplastik atau termoset dan bahan pengisi mineral seperti agregat, kerikil atau batu pecah. Beton polimer memiliki banyak keunggulan antara lain : stabilitas pepadatan yang tinggi, ketahanan terhadap abrasi (erosi) dan tahan air jika dibandingkan dengan beton konvensional (Siregar, 2009).

Beton polimer dapat dikeringkan dalam beberapa jam sedangkan beton semen konvensional biasanya membutuhkan 28 hari untuk mencapai kondisi optimal. Polimer ditambahkan pada beton bebas semen untuk mempercepat produksi dan meningkatkan sifat-sifatnya.

Produk yang terbuat dari beton polimer dapat digunakan untuk pembangunan pondasi pembuatan kapal, tangga, saniter, lantai, jalan raya dan sebagainya. Hal ini disebabkan beton polimer dapat mengeras dalam air, tahan terhadap larutan korosif seperti bahan kimia, sinar UV dan air (Prian, 2009).

Ada dua jenis polimer yaitu polimer alami dan polimer sintetik. Polimer dapat dipecah menjadi tiga kategori, yang semuanya dapat disebut sebagai resin :

1. Termoplastik

Termoplastik merupakan plastik yang dapat diproses ulang saat dipanaskan dengan cara reversibel. Dengan kata lain, bahan meleleh saat dipanaskan memungkinkannya ditekan atau dikeluarkan dari zona panas cetakan. Dalam daur ulang bahan ini dapat dipanaskan kembali.

Polimerisasi aditif menghasilkan produksi bahan termoplastik. Ikatan atom dalam termoplastik dapat terjadi dengan cara *Van Der Waals*. Termoplastik lebih tahan lama daripada Thermoset, dapat dicetak atau diproduksi dalam waktu yang lebih singkat dan dapat dibentuk serta dipanaskan (Arif et al., 2015).

2. Thermoset

Polimeri yang dibuat dengan proses polikondensasi dikenal sebagai Thermoset. Bahan ini adalah bahan plastik yang tidak dapat dibentuk kembali sebelum mengering. Sifat-sifat bahan ini adalah sebagai berikut: rantai dapat disuntikkan dalam cetakan panas dan tidak mengeras karena atomnya yang tidak meleleh dan tirkat kuat (Arif et al., 2015).

3. Elastomer

Elastomer adalah polimer yang tidak tergolong dalam kategori Termoplastik maupun Thermoset. Elastomer juga dikenal sebagai karet yang merupakan bahan polimer dengan sifat unik memiliki rantai lurus non-kristal dan kinerja doformasi yang sangat tinggi (hingga 1000 persen). Elastomer sendiri terbuat dari karet sintetis. Dalma produksi komponen otomotif dan peralatan industri seperti ban, pengepakan, kotak baterai, segel kaca, dan isolasi listrik Elastomer sering dipergunakan (Arif et al., 2015).

2.5.2. Fungsi Beton Polimer

Beton polimer berbahan dasar lateks pada umumnya memiliki sifat rekat yang baik sehingga dapat memperkuat tulangan ketahanan beton dari segi elastisitas, ketahanan karat dan pencegahan kerusakan.

Beton polimer memiliki tujuan yang sama dengan beton konvensional. Beton polimer juga dapat digunakan untuk jembatan jalan, pondasi bangunan, dinding seismik (rekonstruksi dinding bata) dan aplikasi lainnya. Selain itu struktur bawah air dapat diperbaiki menggunakan beton polimer (Supriatna, 2020).

2.5.3. Keistimewaan Beton Polimer

Hasil percobaan Kajian Pemanfaatan Abu *Stone Crusher* Terhadap Karakteristik Beton Polimer dengan Bahan Resin menunjukkan bahwa beton polimer memiliki beberapa keunggulan tambahan antara lain:

- Pada komposisi 80:20 persen (antara berat total agregat dan pengisi batu kapur), berat jenis maksimum beton polimer adalah $2,1312 \text{ g/cm}^3$. Beton polimer dikategorikan sebagai beton biasa karena berat jenisnya lebih besar dari $2,016 \text{ g/cm}^3$. Beton biasa memiliki berat jenis kurang dari $2,016 \text{ g/cm}^3$
- Pada komposisi 80:20 persen (antara berat total agregat dan bahan pengisi batu gamping) beton polimer memiliki daya serap air minum sebesar 0,0790% melebihi standart daya serap air maksimum beton polimer sebesar 0,2% (ASTM C-20).
- Beton polimer memiliki kuat tekan maksimum sebesar 31,71 MPa dengan komposisi 80:20 antara berat total agregat dan bahan pengisi kapur). Beton yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan struktural pada kondisi lebih besar dari 17 MPa termasuk beton polimer siap pakai.
- Beton polimer memiliki kuat tarik belah maksimum 6,38 MPa dengan komposisi 80:20 persen (antara berat total agregat dan bahan pengisi kapur).
- Kuat tarik lentur maksimum beton polimer adalah 25,3794 MPa dengan komposisi 80:20 persen.
- Beton dengan kualitas setinggi mungkin memiliki komposisi 80:20 persen (antara berat total agregat dan pengisi batu kapur) dan dapat mengandung agregat resin *Epoxy* hingga 25%.
- Proses penggunaan polimer sebagai pengganti semen memiliki keuntungan karena membutuhkan waktu yang singkat dan kekuatan yang tinggi.
- Menggunakan pemindai *Scanning Electron Microscope* (SEM) analisis mikrostruktur beton mengungkapkan rongga yang terdistribusi secara merata.

2.6. Resin

2.6.1. Resin Polyester

Resin *Polyester* termasuk jenis Thermoset yang berupa Resin berbentuk cair dengan viskositas rendah yang mengering pada suhu ruang dengan bantuan katalis dan tidak melepaskan gas setelah pengeringan sehingga tidak diperlukan penyegelan untuk pencetakan. *Resin Polyester* adalah sistem Resin yang paling banyak digunakan, terutama di industri kelautan. *Polyester* digunakan dalam perekat baut jangkar meskipun bahan berbasis *Epoxy* juga digunakan. Banyak perusahaan telah dan terus memperkenalkan sistem bebas *styrene* terutama karena masalah bau, tetapi juga karena kekhawatiran bahwa *styrene* adalah karsinogen potensial.

Polyester sering digunakan sebagai struktur yang ringan karena biayanya rendah dibandingkan dengan resin lainnya. Sifat-sifat resin ini identik bisa juga diwarnai. *Polyester* berwarna bening, dapat dibentuk fleksibel ataupun kaku. *Polyester* tahan terhadap bahan kimia, cuaca dan air. *Polyester* dapat digunakan pada suhu 79° C atau lebih tinggi, tergantung pada persyaratan dan partikel resin (Lhokseumawe et al., 2020).

Polyester memiliki daya rekat yang baik, stabilitas bentuk yang baik dan kekuatan mekanik yang baik di lingkungan yang panas dan basah dengan biaya yang murah dari resin lainnya (Maghfirah et al., 2019).

Polyester mengandung senyawa kimia berupa ethylene glycol ($C_2H_6O_2$) dan asam tereftalat ($C_8H_6O_4$) yang di kombinasikan dengan polyethylene terephthalate (PET).

2.6.2. Resin Epoxy

Resin *Epoxy* umumnya masih tersedia di pasaran dikenal sebagai bahan *Epoxy*. Resin *Epoxy* adalah jenis polimer dengan gugus *Epoxy* yang termasuk dalam golongan Thermoset. Dengan menghubungkan polimerisasi dan reaksi kimia untuk membentuk rantai polimer tiga dimensi resin Thermoset yang merupakan polimer cair menjadi padat. Karena resin *Epoxy* sering digunakan dalam bahan struktural penerapannya pada beton dapat mempercepat proses pengeringan karena kemampuannya menghasilkan panas dan mempercepat pengerasan.

Resin *Epoxy* telah ada selama hampir satu abad. Resin *Epoxy* adalah pengikat yang populer karena sifat mekaniknya yang unggul dan ketahanan terhadap bahan

kimia. Diantara banyak manfaatnya adalah sebagai berikut: tahan minyak, alkali, pelarut aromatik, asam, alkohol, cuaca panas dan dingin dan tidak kehilangan kekuatannya seiring waktu.

Resin *Epoxy* memiliki kekuatan ikatan yang lebih tinggi yang mampu menahan tekanan hingga 2000 psi, Resin *Epoxy* juga memiliki sifat yang baik terhadap keausan, retak pengelupasan dan korosi, proses pengeringannya yang tidak membutuhkan waktu lama Resin *Epoxy* memiliki sifat yang tahan terhadap lembab, sebaliknya Resin *Epoxy* sangat tidak tahan terhadap sinar UV sehingga penggunaan Resin *Epoxy* tidak dianjurkan digunakan di luar ruangan. Akan tetapi Resin *Epoxy* memiliki umur simpan yang lama selama belum tercampur dengan senyawa apapun dan kondisi penyimpanan yang benar.

Resin *Epoxy* dihasilkan dari reaksi antara epichlorohydrin dan bisphenol-A. Resin *Epoxy* bereaksi dengan hardener atau pengeras yang terdiri dari monomer polyamine. Ketika kedua senyawa tersebut bercampur, kelompok amina dan kelompok epoksida akan membentuk ikatan kovalen sehingga polimer yang dihasilkan sangat kuat dan kaku.

2.6.3. Katalis (*Hardener*)

2.6.3.1. Deskripsi Katalis (*Hardener*)

Katalis merupakan senyawa yang dikenal untuk mempercepat reaksi menuju kesetimbangan tanpa menyebabkan perubahan komposisi kimia pada akhir reaksi. Energi aktivasi berkurang sementara nilai kesetimbangan tidak diubah oleh katalis.

Aktivasi, stabilitas, selektivitas, masa pakai, regenerasi dan kekuatan mekanik adalah karakteristik khas dari katalis. Secara umum, katalis memiliki dua tujuan : satu untuk meningkatkan selektivitas atau produk reaksi yang diinginkan dan yang lainnya untuk mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau aktivasi.

Suatu zat yang mempercepat reaksi kimia yang dimungkinkan secara termodinamika dikenal sebagai katalis. Ini karena dapat membentuk zat antara yang lebih reaktif dengan berinteraksi dengan setidaknya satu molekul reaktan.

Ada tiga bagian katalis : situs aktif, penyangga atau pendukung dan promotor. Struktur katalis dipengaruhi oleh promotor, situs aktif bertanggung jawab atas

reaksi yang diinginkan, pendukung bertanggung jawab untuk mengubah komponen aktif, memberikan luas permukaan yang besar dan meningkatkan stabilitas katalis.

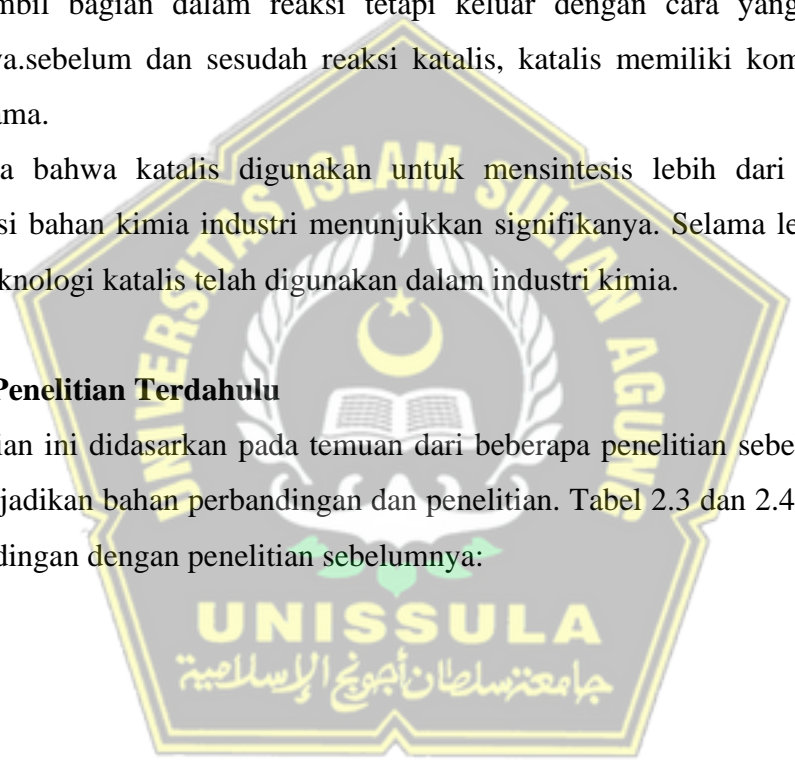
2.6.3.2. Fungsi Katalis

Dengan menurunkan energi aktivasi reaksi dan membentuk langkah reaksi baru, katalis meningkatkan laju reaksi (mempercepat reaksi). Pada suhu yang sama reaksi berlangsung lebih cepat dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Satu hal yang perlu diketahui tentang cara kerja katalis adalah bahwa katalis tetap mengambil bagian dalam reaksi tetapi keluar dengan cara yang sama pada akhirnya. Sebelum dan sesudah reaksi katalis, katalis memiliki komposisi kimia yang sama.

Fakta bahwa katalis digunakan untuk mensintesis lebih dari 75% proses produksi bahan kimia industri menunjukkan signifikannya. Selama lebih dari satu abad teknologi katalis telah digunakan dalam industri kimia.

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada temuan dari beberapa penelitian sebelumnya yang akan dijadikan bahan perbandingan dan penelitian. Tabel 2.3 dan 2.4 memberikan perbandingan dengan penelitian sebelumnya:



Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

NO	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	METODE PENELITIAN	HASIL
1	Johan B.K., dkk (2020)	Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan <i>Polyester</i> Dengan Kadar 1% - 12% Terhadap Kuat Tekan Beton	Untuk mengetahui selisih biaya produksi beton normal tanpa bahan tambah dengan biaya produksi menggunakan bahan tambah <i>Resin Polyester</i> dengan persentase 1%-12%. Serta untuk mengetahui pemanfaatan <i>Resin Polyester</i> terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.	Penelitian dilakukan dengan metode experimental di Laboratorium Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan dengan menguji kuat tekan beton dengan variasi penambahan resin yaitu 1 %, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11% dan 12%.	Berdasarkan pengujian kuat tekan didapatkan nilai rata-rata sebesar : <ul style="list-style-type: none"> - 20,75 MPa untuk beton normal - 13,68 MPa beton Resin 1% - 14,15 MPa beton Resin 2 % - 20,56 MPa beton Resin 3 % - 22,64 MPa beton Resin 4 % - 18,85 MPa beton Resin 5 % - 17,52 MPa beton Resin 6 % - 15,97 MPa beton Resin 7 % - 14,89 MPa beton Resin 8 % - 11,97 MPa beton Resin 9 % - 12,42 MPa beton Resin 10 % - 11,19 MPa beton Resin 11 % - 11,03 MPa beton Resin 12 %
2	Indra Supriatna (2020)	Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perekat Resin Epoksi (Kadar 30%) Serta Penambahan Fiberglass (Serat Kaca) dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton	Untuk mengetahui variasi komposisi bahan terbaik terhadap karakteristik beton polimer. Untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik beton polimer dengan uji tekan setelah penambahan <i>fiberglass</i> pada beton polimer. Dan untuk mengetahui aplikasi dari pembuatan beton polimer dengan penambahan <i>fiberglass</i> .	Pelaksanaan penelitian dilakukan metode experimental, yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Resin Epoxy sebagai bahan perekat dengan kadar 60 % serta penambahan <i>Fiberglass</i> dengan kadar bervariasi.	- Nilai kuat tekan terendah sebesar 9,06 MPa yaitu beton polimer BPF30(2) dengan kadar resin 30% - Dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 32,27 MPa yaitu beton polimer BPF60(2) dengan kadar resin 60%.

Lanjutan Tabel 2.3

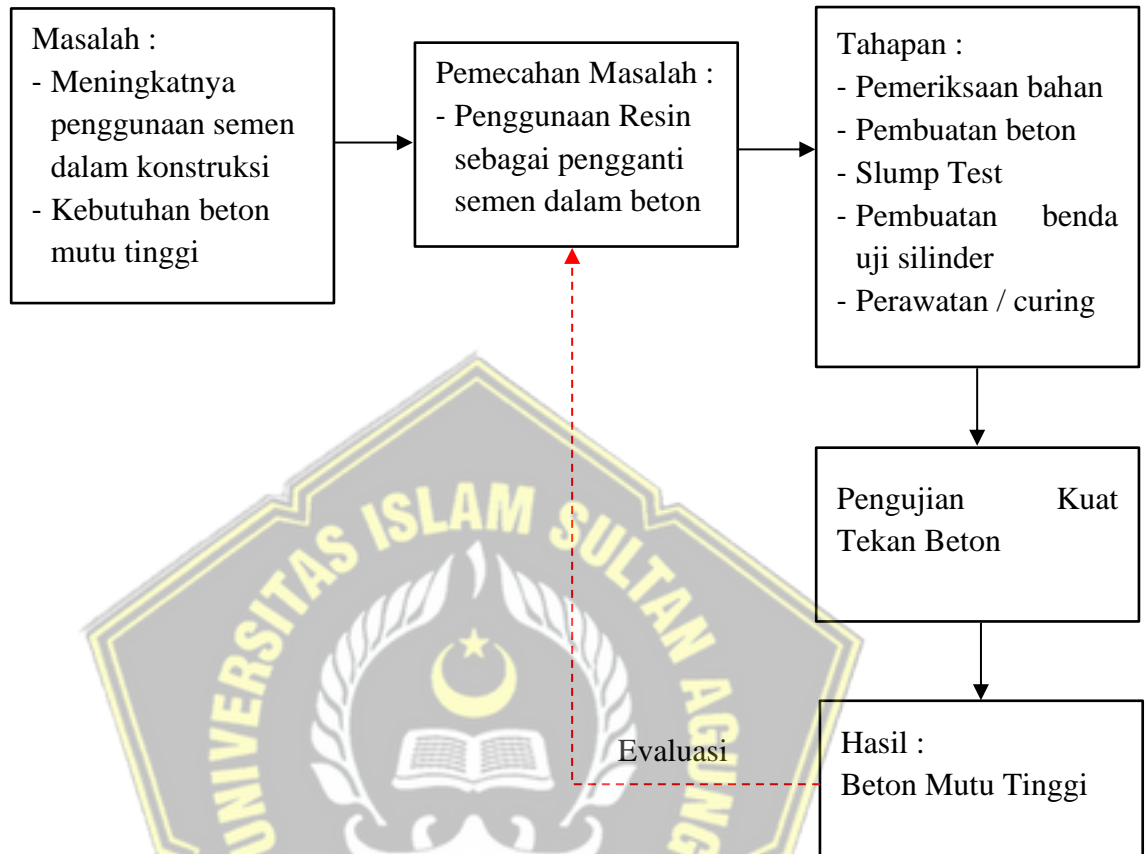
NO	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	METODE PENELITIAN	HASIL
3	Abdurrazak Shabab, dkk (2020)	Kuat Tekan dan Porositas Beton Berpori dengan Bahan Tambah <i>Fly Ash</i> dan <i>Polyester Resin</i>	Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan porositas beton berpori dengan bahan tambah material polymer berupa polyester resin agar bisa menjadi salah satu referensi untuk pengembangan beton berpori.	Metode yang dilakukan berupa metode studi literatur dan metode eksperimental di Laboratorium Beton Jurusan Teknik sipil Universitas Trisakti. Penelitian dilakukan dengan menguji kuat tekan dan porositas benda uji berupa : Beton Pori Semen, Beton Pori <i>Polyester Resin</i> , Beton Pori Semen <i>Polyester Resin</i> , Beton Pori <i>Fly Ash Polyester Resin</i> dan Beton Pori <i>Fly Ash Semen Polyester Resin</i> .	Berdasarkan hasil pengujian didapatkan data sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Kuat tekan Beton Polyester 20% (BPPR20%) sebesar 24,98 MPa. - Kuat tekan Beton <i>Polyester</i> 15% (BPPR15%) sebesar 19,85 MPa. - Kuat tekan Beton Polyester 10% (BPPR10%) sebesar 11,91 MPa.

Tabel 2. 4 Rencana Penelitian

NO	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	METODE	HASIL YANG DIHARAPKAN
1	Nurul Cholifatul H. & Naili Mala F. (2022)	Kuat Tekan Beton Polimer Dengan Campuran <i>Resin Epoxy</i> dan <i>Resin Polyester</i> .	Untuk mengetahui pengaruh penambahan Resin Polyester dan Resin Epoxy terhadap kuat tekan beton.	Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di Laboratorium Teknologi dan Bahan Konstruksi Fakultas Teknik UNISSULA. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Resin Epoxy dan Polyester dengan variasi persentase yaitu 10%, 12% dan 14%.	Berdasarkan pengujian diharapkan hasil berupa penambahan resin dalam beton mampu menaikkan kuat tekan beton.

2.8. Kerangka Berpikir

Gambaran singkat kerangka berpikir yang disajikan dalam bentuk diagram sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Diagram Kerangka Berpikir

2.9. Hipotesis

Berdasarkan kajian pustaka dan kerangka berpikir maka dapat dirumuskan hipotesis yaitu variasi penambahan Resin sebagai bahan pengikat beton mampu meningkatkan Kuat Tekan beton dan dapat menghasilkan beton dengan mutu tinggi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Semua kegiatan penelitian dirancang dengan pendekatan penelitian. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menjawab pertanyaan yang diajukan untuk penelitian. Pendekatan Kualitatif dan Pendekatan Kuantitatif adalah dua jenis pendekatan penelitian.

Pendekatan yang menggunakan tatap muka atau interaksi langsung dengan orang-orang dilokasi penelitian untuk mengumpulkan data disebut pendekatan kualitatif atau pendekatan investigasi. Pendekatan kualitatif disini lain menggunakan data numerik untuk menyajikan informasi.

Karena semua data disajikan berasal dari percobaan Laboratorium dapat disimpulkan dari uraian sebelumnya bahwa penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif.

3.2. Keperluan Data

Metodologi adalah salah satu cara untuk mencari solusi suatu masalah dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan mengevaluasi data. Beberapa data yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah Data Primer.

Informasi yang dikumpulkan dari temuan pelaksanaan laboratorium disebut sebagai data primer. Data yang dikumpulkan dari laboratorium berupa:

- a. Analisa saringan agregat;
- b. Berat jenis dan penyerapan;
- c. Berat isi agregat;
- d. Kadar air agregat;
- e. Perbandingan dalam campuran beton;
- f. Nilai *Slump*;
- g. Uji Kuat Tekan beton.

3.3. Tempat dan Waktu

Berikut lokasi dan waktu penelitian :

a) Tempat Penelitian

Lokasi penelitian berada di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

b) Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sesuai jadwal rencana pada Tabel 3.1 di bawah ini :

Tabel 3. 1. Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Okto 2022				Nov 2022				Des 2022				Jan 2023			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Menentukan Ide Penelitian																
2	Studi Literatur																
3	Penyusunan Proposal dan Ujian																
4	Perizinan Laboratorium																
5	Pengumpulan Data																
6	Pengolahan Data																
7	Penyusunan Laporan																
8	Laporan Selesai dan Ujian																

3.4. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen yang mengharuskan dilakukannya percobaan untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data sekunder untuk keperluan pengujian bahan dasar agregat dan bahan campuran beton untuk percobaan merupakan penelitian tahap pertama. Bahan uji silinder ukuran 150 x 300 mm digunakan dalam penelitian.

3.5. Bahan dan Peralatan

1. Bahan

Berikut bahan yang digunakan dalam penelitian :

- Air

Air yang digunakan adalah air laboratorium dari Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

- Agregat

Dua jenis agregat adalah agregat halus dan agregat kasar, pasir Muntilan merupakan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan batu pecah atau agregat kasar didapat dari Magelang.

- Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Gresik.

- *Resin Epoxy*

Resin Epoxy yang digunakan dalam penelitian adalah *Resin Epoxy* merek IUX.

- *Resin Polyester*

Resin Polyester yang digunakan dalam penelitian adalah *Resin Polyester* dari toko Indrasari Semarang

- Katalis

Katalis yang digunakan dalam penelitian adalah Katalis dari toko Indrasari Semarang.

2. Peralatan

Pembuatan benda uji menggunakan peralatan, antara lain :

- Timbangan digital

Timbangan dipakai untuk menaksir berat agregat dan beton.

- Ayakan

Ayakan dipakai untuk menyaring agregat yang sesuai standar dalam pembuatan beton.

- Piknometer

Piknometer digunakan untuk mengukur kadar lumpur agregat.

- Cetakan beton silinder

Cetakan beton silinder digunakan untuk mencetak adukan beton atau mortar telah buat.

- Oven

Oven dipakai untuk mengeringkan agregat sesuai ketentuan yang diperlukan.

- Mesin uji tekan
Alat untuk mengukur kuat tekan beton yang akan diuji.
- Alat pendukung
Alat pendukung dalam penelitian ini berupa ember, sekop, selang air, dan lain sebagainya.

3.6. Tahapan Pelaksanaan

3.6.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan material benda uji harus dilakukan sebelum pembuatan benda uji, agar beton memiliki kualitas yang baik. Berikut pemeriksaan yang perlu dilakukan:

1. Agregat Halus

Tiga jenis pemeriksaan untuk agregat halus, sebagai berikut :

a. Kadar Lumpur

Untuk menghitung kadar lumpur dalam agregat halus digunakan rumus:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

v_1 = volume pasir

v_2 = volume lumpur (mm^3)

b. Kadar Air

Untuk mendapatkan nilai kadar air digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

a : Berat cawan (gr)

b : Berat cawan + agregat sebelum di oven (gr)

c : Berat cawan + agregat setelah di oven (gr)

c. Analisa Saringan

Perhitungan analisa saringan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Berat Kehilangan} = \frac{b_1-b_2}{b_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

b_2 : Berat agregat semula (gr)

b_1 : Berat agregat setelah disaring (gr)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Jumlah Berat Tertahan}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

MHB : Modulus Halus Butir (%)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar diperiksa dengan beberapa pengujian berupa:

a. Kadar Lumpur

Kadar lumpur dalam pengujian agregat kasar dapat dihitung setelah pengujian dengan rumus:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

v_1 = volume pasir

v_2 = volume lumpur (mm^3)

b. Kadar Air

Kadar air didapat dengan menghitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

a : Berat cawan (gr)

b : Berat cawan + agregat sebelum di oven (gr)

c : Berat cawan + agregat setelah di oven (gr)

c. Analisa Saringan

Perhitungan analisa saringan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Berat Kehilangan} = \frac{b_1-b_2}{b_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

b_2 : Berat agregat semula (gr)

b_1 : Berat agregat setelah disaring (gr)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Jumlah Berat Tertahan}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana :

MHB : Modulus Halus Butir (%)

3.6.2 Pembuatan Beton

Benda uji beton dibuat dengan tahapan berupa :

1. Pembuatan beton diawali dengan penakaran komposisi campuran beton. Setelah semua bahan diukur sesuai takaran kemudian dimasukkan ke mesin pengaduk beton. Penambahan air dimasukkan secara bertahap ke dalam mesin.
2. Sementara itu dibuat campuran resin, katalis dan semen kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam mesin pengaduk dan dilakukan pencampuran selama 10 menit.
3. Setelah campuran tercampur rata dilakukan *Slump Test*. Mortar kemudian dituang kedalam kerucut Abram dan dipadatkan dengan tongkat pematik. Ketika kerucut Abram ditarik dan permukaan mortar mengalami penurunan sehingga nilai slump dapat dihitung. Pengukuran slump berdasarkan SNI 03-1972-1990.
4. Selanjutnya adalah pengecoran dalam cetakan silinder berukuran 150 x 300 mm dengan cara pengisian bertahap. Pengisian bertahap ini dilakukan secara 3 lapis atau $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakan, tiap lapisannya dipadatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 25 kali kemudian beton dibiarkan selama 24 jam.

3.6.3 Perawatan

Perawatan beton dilakukan setelah 48 jam benda uji dibuka dari cetakan yaitu perendaman benda uji kemudian dilanjutkan perawatan secara bertahap pada hari ke 7, hari ke 14, hari ke 21 dan hari ke 28.

3.6.4 Pengukuran Berat Volume

Rumus di bawah ini digunakan untuk menentukan berat volume beton:

$$\gamma = \frac{w}{v} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

γ = Berat jenis beton (gr/cm³)

W = Berat beton (gr)

V = Volume silinder beton (cm³)

3.6.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada saat beton mencapai umur 28 hari akan diuji kuat tekan dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Berikut tahapan pengujian berdasarkan SNI 03-1947-1990:

1. Benda uji diambil dari bak perendam kemudian bersihkan dengan kain, kemudian ukur berat dan volume benda uji;
2. Beri lapisan pada permukaan atas dan bawah beton, kemudian letakkan di mesin dengan centris;
3. Nyalakan mesin, lakukan pembebanan catat beban maksimum ketika benda uji hancur.

Kuat Tekan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

f_c = Kuat Tekan beton (kg/cm²)

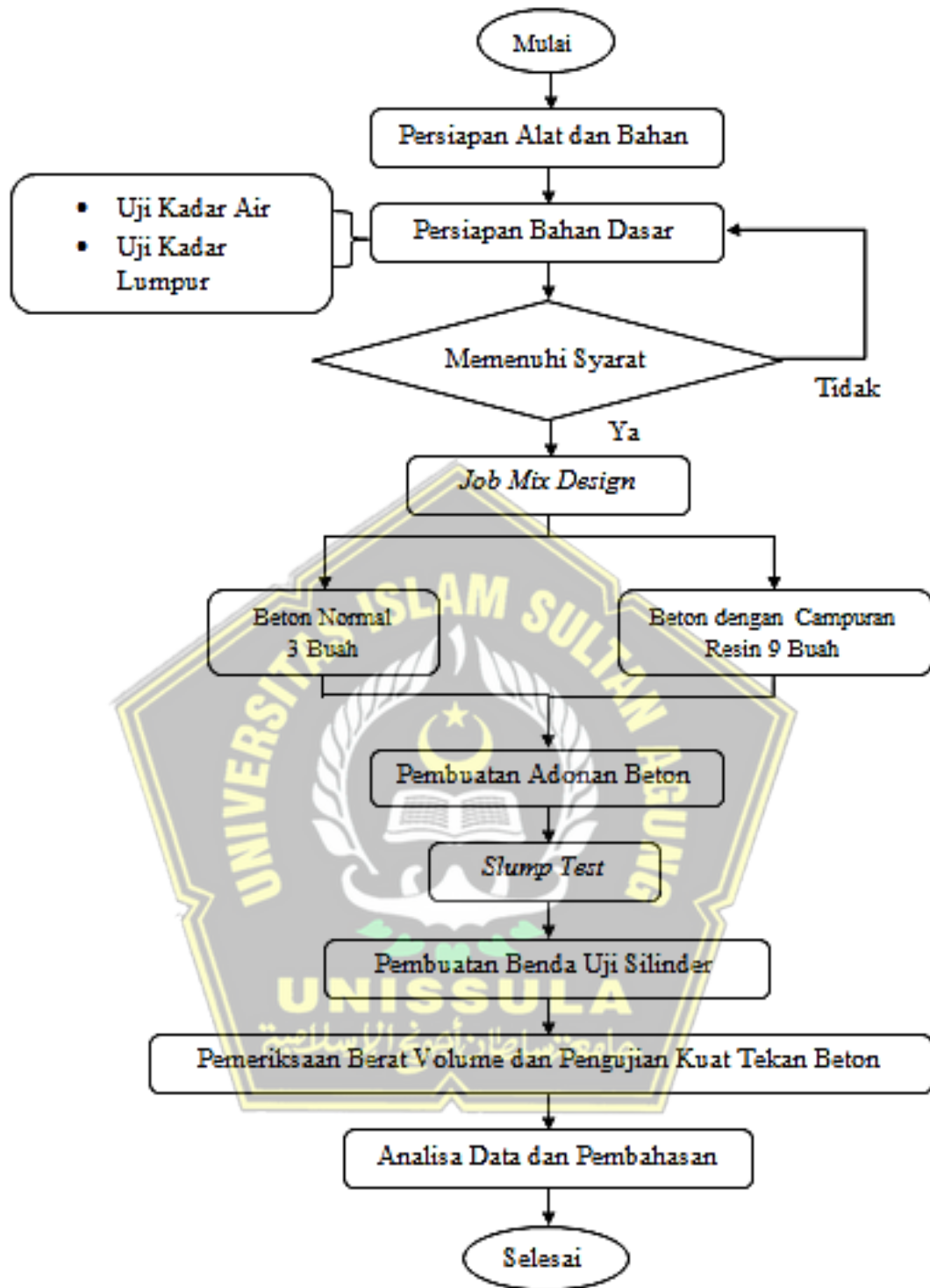
P = Beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

A = Luas penampang tertekan benda uji (cm²)

3.7. Bagan Alir

Berikut tahapan pelaksanaan dalam penelitian dapat diamati dengan Gambar 3.1 dibawah ini:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Hasil dari berbagai pemeriksaan dan pengujian (pemeriksaan bahan, perencanaan campuran beton / *Mix Design*, dan pengujian Kuat Tekan) yang sudah dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung. Bahan yang digunakan yaitu pasir, kerikil, semen, air, Resin *Polyester*, Resin *Epoxy* dan katalis.

Hasil dari penelitian ini kemudian dianalisa untuk mengetahui berapa besar kuat tekan yang dihasilkan dari campuran beton dengan resin. Untuk campuran Resin *Epoxy* dan Resin *Polyester* dengan prosentase 10%, 12% dan 14%, katalis, agregat halus, agregat kasar. Pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat Halus dan Agregat Kasar
 - Kadar Air
 - Kadar Lumpur
 - Analisa Saringan
2. Pemeriksaan Beton
 - Berat Volume
 - Uji Slump Test
 - Uji Kuat Tekan

4.2. Pemeriksaan Sifat – Sifat Teknis Agregat

Pengujian material dari campuran beton polimer dan beton normal yang dilakukan yaitu terhadap agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan agregat ini terdiri dari pemeriksaan kadar air, kadar lumpur dan analisa saringan. Data perhitungan dan pengujian sebagai berikut :

4.2.1. Agregat Halus

1. Pemeriksaan Kadar Air

SNI 1971 : 2011 digunakan sebagai acuan pada pemeriksaan kadar air. Pemeriksaan kadar air pada agregat halus digunakan untuk komposisi pembuatan beton normal. Data yang didapat yaitu :

- Bahan Uji I

- Berat cawan = 45 gr
- Berat cawan + agregat = 250 gr
- Berat cawan + agregat kering oven = 240 gr
- Berat benda uji (W1) = 250 gr – 45 gr
= 205 gr
- Berat benda uji kering oven (W2) = 243 gr – 45 gr
= 198 gr

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \\ &= \frac{205 \text{ gr} - 198 \text{ gr}}{198 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 3,535 \%\end{aligned}$$

- Bahan Uji II

- Berat cawan = 45 gr
- Berat cawan + agregat = 250 gr
- Berat cawan + agregat kering oven = 242 gr
- Berat benda uji (W1) = 250 gr – 45 gr
= 205 gr
- Berat benda uji kering oven (W2) = 242 gr – 45 gr
= 197 gr

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{W1-W2}{W2} \times 100\% \\ &= \frac{205 - 197}{197} \times 100\% \\ &= 4,061 \%\end{aligned}$$

- **Kadar Air Rata – Rata**

Kadar air benda uji I = 3,535 %

Kadar air benda uji II = 4,061%

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar air rata – rata} &= \frac{\text{kadar air benda uji I} + \text{kadar air benda uji II}}{2} \\ &= \frac{3,535 \% + 4,061 \%}{2} \\ &= 3,798 \% \end{aligned}$$

Tabel 4. 1. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gr)	Berat Cawan + agregat (gr)	Berat Benda Uji (gr) (W1)	Berat Cawan + agregat kering oven (gr)	Berat Benda Uji Kering Oven (gr) (W2)	Kadar Air Total (%)	Kadar Air Rata Rata (%)
I	45	250	205	243	198	3,535	3,798
II	45	250	205	242	197	4,061	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Tabel diatas menunjukkan bahwa kadar air rata-rata dari agregat halus yang akan dipakai pada penelitian yaitu sebesar 3,798 %. Berdasarkan ASTM C70 persyaratan kadar air yang digunakan untuk agregat halus adalah 0,2 % - 4,00 % dengan demikian penggunaan agregat halus telah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Acuan yang digunakan dalam pemeriksaan kadar lumpur adalah SNI ASTM C117 : 2012. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode endapan dan metode oven adapun data yang didapat sebagai berikut :

a. Metode Endapan

- **Bahan Uji I**

Volume pasir (V1) = 330 ml

Volume lumpur (V2) = 10 ml

Volume pasir + lumpur = 340 ml

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ ml}}{330 \text{ ml}+10 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 2,941 \%\end{aligned}$$

- Bahan Uji II

$$\text{Volume pasir (V1)} = 331 \text{ ml}$$

$$\text{Volume lumpur (V2)} = 9 \text{ ml}$$

$$\text{Volume pasir + lumpur} = 340 \text{ ml}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \\ &= \frac{9 \text{ ml}}{331 \text{ ml}+9 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 2,647 \%\end{aligned}$$

- Kadar Lumpur Rata – Rata

$$\text{Kadar lumpur benda uji I} = 2,941 \%$$

$$\text{Kadar lumpur benda uji II} = 2,647 \%$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur rata – rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{2,94 \% + 2,647\%}{2} \\ &= 2,794\%\end{aligned}$$

b. Metode Oven

- Bahan Uji I

$$\text{Berat cawan (a)} = 45 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + benda uji (b)} = 250 \text{ gr}$$

$$\text{Berat cawan + benda uji kering oven (c)} = 235 \text{ gr}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{b - c}{b - a} \times 100\% \\ &= \frac{250 \text{ gr} - 235 \text{ gr}}{250 \text{ gr} - 45 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 7,317 \%\end{aligned}$$

- **Bahan Uji II**

Berat cawan (a)	= 45 gr
Berat cawan + benda uji (b)	= 250 gr
Berat cawan + benda uji kering oven (c)	= 250 gr

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{b-c}{b-a} \times 100\% \\ &= \frac{250 \text{ gr} - 250 \text{ gr}}{250 \text{ gr} - 45 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

- **Kadar Lumpur Rata – Rata**

Kadar lumpur benda uji I	= 7,317 %
Kadar lumpur benda uji II	= 0 %

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur rata – rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{7,317 + 0}{2} \\ &= 3,659\% \end{aligned}$$

Tabel 4. 2. Pengujian Kadar Lumpur Endapan Agregat Halus

Percobaan	V. Pasir (ml) (V1)	V. Lumpur (ml) (V2)	V. Pasir + lumpur (ml)	Kadar Lumpur	Kadar Lumpur Rata-rata
I	330	10	340	2,941 %	2,794%
II	331	9	340	2,647 %	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Tabel 4. 3. Pengujian Kadar Lumpur Oven Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gr) (a)	Berat Cawan + agregat (gr) (b)	Berat Cawan + agregat kering oven (gr) (c)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata Rata (%)
I	45	250	235	7,317	3,659
II	45	250	250	0	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Dari perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Kadar lumpur rata-rata agregat halus dengan cara endapan adalah 2,794%
- Kadar lumpur rata-rata agregat halus dengan cara oven adalah 3,659 %
- Kadar lumpur agregat rata-rata adalah 3,226 %

Hal tersebut menunjukkan bahwa agregat halus sudah memenuhi persyaratan kandungan maksimal kadar lumpur agregat halus yaitu 5%, dan tidak perlu dicuci.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan

Tujuan Analisa Saringan adalah untuk mengetahui distribusi butiran agregat dalam perencanaan beton. Hasil analisis saringan disajikan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. 4. Hasil Penyaringan Agregat Halus

No.	Ukuran saringan (mm)	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + agregat (gr)	Berat Agregat (c)
1	9,5	540	540	0
2	4,7	440	475	35
3	2,38	470	570	100
4	1,19	500	540	40
5	0,59	410	665	255
6	0,27	320	500	180
7	0,15	330	480	150
8	0	365	365	0
Jumlah				760

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Berdasarkan Tabel 4.4 Hasil Penyaringan Agregat Halus maka dapat dihitung prosentase masing-masing sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Prosentase Agregat Tertinggal} &= \frac{c}{\sum c} \times 100\% \\
 1. \text{ Tertahan komulatif } \phi 9,5 &= \frac{0}{760} \times 100\% = 0\% \\
 2. \text{ Tertahan komulatif } \phi 4,7 &= \frac{35}{760} \times 100\% = 4,61\% \\
 3. \text{ Tertahan komulatif } \phi 2,38 &= \frac{100}{760} \times 100\% = 13,16\% \\
 4. \text{ Tertahan komulatif } \phi 1,19 &= \frac{40}{760} \times 100\% = 5,26\%
 \end{aligned}$$

5. Tertahan komulatif ϕ 0,59 = $\frac{255}{760} \times 100\% = 33,55\%$
 6. Tertahan komulatif ϕ 0,27 = $\frac{180}{760} \times 100\% = 23,68\%$
 7. Tertahan komulatif ϕ 0,15 = $\frac{150}{760} \times 100\% = 19,74\%$

b. Komulatif Agregat Tertinggal

1. Lolos Saringan ϕ 9,5 = (0 + 0) % = 0 %
 2. Lolos Saringan ϕ 4,7 = (0 + 4,61) % = 4,61 %
 3. Lolos Saringan ϕ 2,38 = (4,61 + 13,16) % = 17,76 %
 4. Lolos Saringan ϕ 1,19 = (17,76 + 5,26) % = 23,03 %
 5. Lolos Saringan ϕ 0,59 = (23,03 + 33,55) % = 56,58 %
 6. Lolos Saringan ϕ 0,27 = (56,58 + 23,68) % = 80,26 %
 7. Lolos Saringan ϕ 0,15 = (80,26 + 17,74) % = 100 %

c. Present Finner

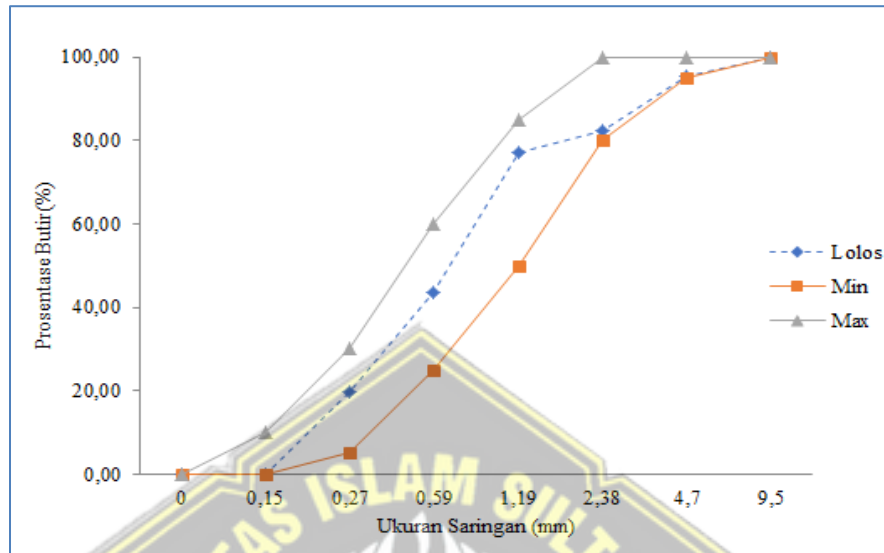
1. Saringan ϕ 9,5 = 100 % - 0 % = 100 %
 2. Saringan ϕ 4,7 = 100 % - 4,61 % = 95,39 %
 3. Saringan ϕ 2,38 = 100 % - 17,76 % = 82,24 %
 4. Saringan ϕ 1,19 = 100 % - 23,03 % = 76,97 %
 5. Saringan ϕ 0,59 = 100 % - 56,58 % = 43,42 %
 6. Saringan ϕ 0,27 = 100 % - 80,26 % = 19,74 %
 7. Saringan ϕ 0,15 = 100 % - 100 % = 0 %

Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran saringan (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + agregat (g)	Berat Agregat (g)	Prosentase Agregat tertinggal (%)	Kumulatif Agregat tertinggal (%)	Present Finner (f) (%)	Spesifikasi ASTM C33	
								Min	Max
1	9,5	540	540	0	0,00	0,00	100,00	100	100
2	4,7	440	475	35	4,61	4,61	95,39	95	100
3	2,38	470	570	100	13,16	17,76	82,24	80	100
4	1,19	500	540	40	5,26	23,03	76,97	50	85
5	0,59	410	665	255	33,55	56,58	43,42	25	60
6	0,27	320	500	180	23,68	80,26	19,74	5	30
7	0,15	330	480	150	19,74	100,00	0,00	0	10
8	0	365	580	0	0	100,00	0,00	0	0
Jumlah				760	100	382,24	417,76	-	-

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{382,24 \%}{100} \\
 &= 3,82\%
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Menurut standar ASTM C33-2016, prosentase agregat halus yang lolos pada Gambar 4.1 sudah berada diantara batas gradasi maksimum dan minimum. Sehingga pasir tersebut adalah pasir yang baik dan bisa dipakai dalam campuran beton. Pasir tersebut memiliki modulus kehalusan sebesar 3,82 %. MHB agregat halus biasanya berkisar antara 1,5 - 3,80 sehingga pasir tersebut dapat dikategorikan sebagai kategori standar.

4.2.2. Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Kadar Air

- Bahan Uji I

- Berat cawan = 45 gr
- Berat cawan + agregat = 400 gr
- Berat cawan + agregat kering oven = 385 gr
- Berat benda uji (W1) = 400 gr – 45 gr = 355 gr
- Berat benda uji kering oven (W2) = 385 gr – 45 gr = 340 gr

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{355 \text{ gr} - 340 \text{ gr}}{340 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 4,412 \%\end{aligned}$$

- Bahan Uji II

- Berat cawan = 35 gr
- Berat cawan + agregat = 400 gr
- Berat cawan + agregat kering oven = 390 gr
- Berat benda uji (W1) = 400 gr – 35 gr = 365 gr
- Berat benda uji kering oven (W2) = 390 gr – 35 gr = 355 gr

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar air} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{365 \text{ gr} - 355 \text{ gr}}{355 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 2,817 \%\end{aligned}$$

- Kadar Air Rata – Rata

- Kadar air benda uji I = 4,412 %
- Kadar air benda uji II = 2,817 %

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar air rata – rata} &= \frac{\text{kadar air benda uji I} + \text{kadar air benda uji II}}{2} \\ &= \frac{4,412 \% + 2,817 \%}{2} \\ &= 3,614 \%\end{aligned}$$

Tabel 4. 6. Pengujian Kadar Air agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gr)	Berat Cawan + agregat (gr)	Berat Benda Uji (gr) (W1)	Berat Cawan + agregat kering oven (gr)	Berat Benda Uji Kering Oven (gr) (W2)	Kadar Air (%)	Kadar Air Rata Rata (%)
I	45	400	355	385	340	4,412	3,614
II	35	400	365	390	355	2,817	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Dari perhitungan kadar air di atas menunjukkan agregat kasar yang akan digunakan pada penelitian memiliki kadar air sebesar 3,614%. Berdasarkan peraturan ASTM C70 kadar air yang diperbolehkan dalam agregat kasar berupa 0,2 % - 4 %. Sehingga agregat tersebut sudah memenuhi persyaratan dan dapat dipakai dalam penelitian.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Metode Endapan

- Bahan Uji I

Volume kerikil (V1) = 490 ml

Volume lumpur (V2) = 10 ml

Volume pasir + lumpur = 500 ml

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \\ &= \frac{10 \text{ ml}}{490 \text{ ml}+10 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 2 \% \end{aligned}$$

- Bahan Uji II

Volume kerikil (V1) = 495 ml

Volume lumpur (V2) = 5 ml

Volume pasir + lumpur = 500 ml

Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\%$$

$$= \frac{5 \text{ ml}}{495 \text{ ml} + 5 \text{ ml}} \times 100\%$$

$$= 1 \%$$

- **Kadar Lumpur Rata – Rata**

Kadar lumpur benda uji I = 2 %

Kadar lumpur benda uji II = 1 %

Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur rata – rata} = \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2}$$

$$= \frac{2 \% + 1 \%}{2}$$

$$= 1,5 \%$$

b. Metode Oven

- **Bahan Uji I**

Berat cawan (a) = 45 gr

Berat cawan + benda uji (b) = 445 gr

Berat cawan + benda uji kering oven (c) = 425 gr

- **Perhitungan**

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

$$= \frac{445 \text{ gr} - 425 \text{ gr}}{445 \text{ gr} - 45 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$= 5,00 \%$$

- **Bahan Uji II**

Berat cawan (a) = 45 gr

Berat cawan + benda uji (b) = 445 gr

Berat cawan + benda uji kering oven (c) = 430 gr

Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

$$= \frac{445 \text{ gr} - 430 \text{ gr}}{445 \text{ gr} - 45 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$= 3,75 \%$$

- **Kadar Lumpur Rata – Rata**

Kadar lumpur benda uji I = 5 %

Kadar lumpur benda uji II = 3,75 %

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur rata - rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{5\% + 3,75\%}{2} \\ &= 4,375\%\end{aligned}$$

Tabel 4. 7. Pengujian Kadar Lumpur Endapan Agregat Kasar

Percobaan	V. Kerikil (V1) (ml)	V. Lumpur (V2) (ml)	V. Kerikil + lumpur (ml)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata (%)
I	490	10	500	2,00	1,5
II	490	5	500	1,00	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Tabel 4. 8. Pengujian Kadar Lumpur Oven Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gr) (a)	Berat Cawan + agregat sebelum di oven (gr) (b)	Berat Cawan + agregat setelah dioven (gr) (c)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata Rata (%)
I	45	445	425	5,000	4,375
II	45	445	430	3,750	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Dari perhitungan kadar lumpur agregat kasar diatas dapat disimpulkan bahwa :

- Kadar lumpur agregat kasar rata-rata dengan cara endapan adalah 1,5 %
- Kadar lumpur agregat kasar rata-rata dengan cara oven adalah 4,375 %
- Kadar lumpur agregat kasar rata-rata adalah 2,9375 %

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik (1979) menyatakan bahwa kadar lumpur maksimal pada agregat kasar adalah 1%, sedangkan kadar lumpur rata-rata agregat kasar dalam pengujian sebesar 2,9375% yang kadar lumpur agregat kasar belum memenuhi persyaratan, oleh karena itu agregat kasar perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan

Berikut data analisa saringan agregat kasar ng akan digunakan sebagai bahancampuran beton, tercantum pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9. Hasil Penyaringan Agregat Kasar

Ukuran saringan (mm)	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + agregat (gr)	Berat Agregat (gr)
25	695	695	0
19	650	755	105
12,5	580	1125	545
9,5	540	810	270
4,7	440	470	30
2,38	470	480	10
1,19	500	500	0
PAN	365	365	0
Jumlah			960

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Berdasarkan Tabel 4.9. Hasil Penyaringan Agregat Kasar maka dapat dihitung prosentase masing-masing sebagai berikut:

a. Prosentase Agregat Tertinggal $= \frac{c}{\sum c} \times 100\%$

1. Tertahan komulatif ϕ 25 $= \frac{0}{960} \times 100\% = 0\%$

2. Tertahan komulatif ϕ 19 $= \frac{105}{960} \times 100\% = 10,94 \%$

3. Tertahan komulatif ϕ 12,5 $= \frac{545}{960} \times 100\% = 56,77 \%$

4. Tertahan komulatif ϕ 9,5 $= \frac{270}{960} \times 100\% = 28,13 \%$

5. Tertahan komulatif ϕ 4,7 $= \frac{30}{960} \times 100\% = 3,13 \%$

6. Tertahan komulatif ϕ 2,38 $= \frac{10}{960} \times 100\% = 1,04 \%$

7. Tertahan komulatif ϕ 1,19 $= \frac{0}{960} \times 100\% = 0 \%$

b. Komulatif Agregat Tertinggal

1. Lolos Saringan ϕ 25 $= (0 + 0) \%$ $= 0 \%$

2. Lolos Saringan ϕ 19 $= (0 + 10,94) \%$ $= 10,94 \%$

3. Lolos Saringan ϕ 12,5 $= (10,94 + 56,77) \%$ $= 67,71 \%$

4. Lolos Saringan ϕ 9,5 $= (67,71 + 28,13) \%$ $= 95,83 \%$

5. Lolos Saringan ϕ 4,7 = (95,83 + 3,13) % = 98,96 %
 6. Lolos Saringan ϕ 2,38 = (98,96 + 1,04) % = 100 %
 7. Lolos Saringan ϕ 1,19 = (100 + 0) % = 100 %

c. Present Finner

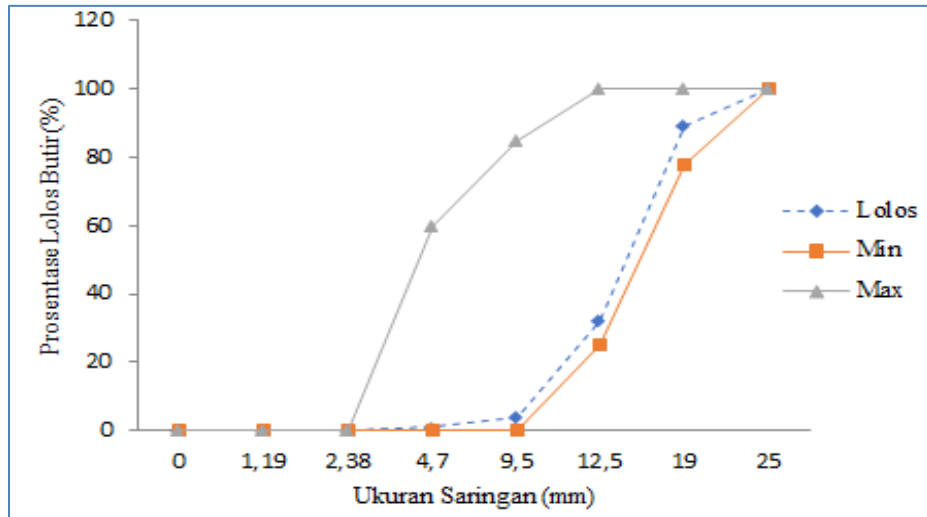
1. Saringan ϕ 25 = 100 % - 0 % = 100 %
 2. Saringan ϕ 19 = 100 % - 10,94 % = 89,06 %
 3. Saringan ϕ 12,5 = 100 % - 67,71 % = 32,29 %
 4. Saringan ϕ 9,5 = 100 % - 95,83 % = 4,17 %
 5. Saringan ϕ 4,7 = 100 % - 98,96 % = 1,04 %
 6. Saringan ϕ 2,38 = 100 % - 100 % = 0 %
 7. Saringan ϕ 1,19 = 100 % - 100 % = 0 %

Tabel 4. 10. Hasil Perhitungan Analisa Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Agregat (gr)	Berat Agregat (gr)	Prosen Tertinggal (%)	Komulatif Tertinggal (%)	Persen Finner (%)	Spesifikasi ASTM	
							Min (%)	Max (%)
25	695	695	0	0	0	100	100	100
19	650	755	105	10,94	10,94	89,06	78	100
12,5	580	1125	545	56,77	67,71	32,29	25	100
9,5	540	810	270	28,13	95,83	4,17	0	85
4,7	440	470	30	3,13	98,96	1,04	0	60
2,38	470	480	10	1,04	100,00	0	0	0
1,19	500	500	0	0	100,00	0	0	0
PAN	365	415	0	0	100,00	0	0	0
Jumlah			960	100,00	573,44	226,56	-	-

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{573,44 \%}{100} \\
 &= 5,73\%
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Menurut standar ASTM C33-2016, prosentase agregat kasar yang lolos pada Gambar 4.2 sudah berada diantara batas gradasi maksimum dan minimum. Sehingga kerikil tersebut adalah kerikil yang baik dan cocok digunakan dalam campuran beton. Kerikil tersebut memiliki modulus kehalusan sebesar 5,73%. MHB agregat kasar biasanya berkisar antara 5 - 8 sehingga kerikil tersebut dapat dikategorikan sebagai kategori standar.

4.3. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

Beton uji yang dibuat ada 3 macam dengan prosentase resin Polyester dan resin Epoxy masing – masing 10%, 12%, dan 14% dihitung dari berat agregat halus. Sebagai acuan dan parameter digunakan beton normal dengan mutu K-175. Berikut proporsi takaran bahan penyusun yang digunakan berdasarkan SNI-7394-2008 per 1 m³ dengan Faktor Air Semen (FAS) untuk beton K-175 adalah 0,66:

Tabel 4. 11. Takaran Penyusun Beton K-175 per 1 m³

Takaran Bahan Penyusun Beton K-175			
Air	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
215	326	760	1029

(Sumber : SNI -7394-2008)

Cetakan yang digunakan adalah silinder berukuran 150 mm x 300 mm dengan volume cetakan sebesar 0,0053 m³. Kemudian untuk menentukan job mix design per benda uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat komposisi} = \frac{\text{berat takaran per } 1 \text{ m}^3}{\text{volume 1 benda uji}}$$

Dari rumus diatas didapat perbandingan bahan penyusun beton dengan campuran resin yang disajikan pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4. 12. Perbandingan Bahan Penyusun Beton

No	Kode	Takaran Bahan Penyusun Beton				
		Air (l)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Resin (l)
1	BN K-175	1,14	1,73	4,03	5,45	-
2	BE 10%	1,14	1,73	3,62	5,45	0,40
3	BE 12%	1,14	1,73	3,54	5,45	0,48
4	BE 14%	1,14	1,73	3,46	5,45	0,56
5	BP 10%	1,14	1,73	3,62	5,45	0,40
6	BP 12%	1,14	1,73	3,54	5,45	0,48
7	BP 14%	1,14	1,73	3,46	5,45	0,56

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

4.4. Pemeriksaan Beton

4.4.1. Pengujian *Slump Test*

Nilai *slump* berkaitan dengan kebutuhan air dalam campuran, penggunaan air dalam campuran ditentukan berdasarkan *slump* rencana. Berikut hasil *slump* tes beton pada beda uji ditunjukkan pada Tabel 4.13

Tabel 4. 13. Hasil Pemeriksaan Uji *Slump Test*

No	Nama	Nilai <i>Slump</i> (mm)
1	BN K-175	120
2	B E 10%	230
3	B E 12%	200
4	B E 14%	250
5	BP 10%	85
6	B P 12%	65
7	B P 14%	42

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Hasil dari pemeriksaan slump didapatkan bahwa dari ke-enam benda uji nilai *slump* yang paling mendekati beton normal adalah beton *Polyester* 10% yaitu 85 mm.

Beton *Polyester* didapat nilai slump yang kecil dikarenakan pada proses pembuatan air dalam campuran mengalami bleeding, sehingga benda uji yang dibuat mengalami segregasi atau pemisahan berbagai butir dalam campuran beton yang menyebabkan beton cenderung rapuh. Oleh karena itu, pada penelitian didapatkan benda uji yang mengalami kerusakan sehingga pada persentase 12% dan 14% hanya tersisa masing-masing 1 benda uji. Kerusakan beton *Polyester* dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3. Kerusakan Beton Polyester

4.4.2. Pemeriksaan Berat Volume

Pemeriksaan berat volume dilakukan saat beton masih dalam keadaan segar dan pada saat beton keras usia 28 hari. Berikut data hasil pemeriksaan berat volume yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Segar

No.	Kode	Berat Cetakan (BC) (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)
1	BN 1	10,34	22,64	12,30
2	BN 2	12,60	24,96	12,36
3	BN 3	10,56	22,69	12,13
4	BE 10 1	10,34	21,22	10,88
5	BE 10 2	12,60	23,60	11,00
6	BE 10 3	12,18	23,50	11,32
7	BE 12 1	9,84	21,40	11,56
8	BE 12 2	13,46	24,78	11,32
9	BE 12 3	11,14	22,76	11,62

Lanjutan Tabel 4.14

No.	Kode	Berat Cetakan (BC) (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)
10	BE 14 1	10,56	22,02	11,46
11	BE 14 2	12,24	23,80	11,56
12	BE 14 3	10,86	22,38	11,52
13	BP 10 1	10,88	22,46	11,58
14	BP 10 2	12,26	24,26	12,00
15	BP10 3	10,56	22,76	12,20
16	BP 12 1	-	-	-
17	BP 12 2	-	-	-
18	BP 12 3	11,14	23,24	12,10
19	BP 14 1	-	-	-
20	BP 14 2	12,58	24,02	11,44
21	BP 14 3	-	-	-

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Tabel 4. 15. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Keras

No	Kode	Berat Cetakan (BC) (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)
1	BN 1	10,34	22,76	12,42
2	BN 2	12,6	24,98	12,38
3	BN 3	10,56	22,86	12,30
4	BE 10 1	10,34	21,08	10,74
5	BE 10 2	12,6	23,66	11,06
6	BE 10 3	12,18	23,6	11,42
7	BE 12 1	9,84	21,26	11,42
8	BE 12 2	13,46	24,7	11,24
9	BE 12 3	11,14	22,6	11,46
10	BE 14 1	10,56	21,9	11,34
11	BE 14 2	12,24	23,7	11,46
12	BE 14 3	10,86	22,2	11,34
13	BP 10 1	10,88	22,02	11,14
14	BP 10 2	12,26	23,86	11,60
15	BP10 3	10,56	22,36	11,80
16	BP 12 1	-	-	-
17	BP 12 2	-	-	-
18	BP 12 3	11,14	22,92	11,78
19	BP 14 1	-	-	-
20	BP 14 2	12,58	23,74	11,16
21	BP 14 3	-	-	-

(Sumber : Hasil Pengujian Januari 2023)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Wadah Ukur (Vm)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

a. Berat Volume

Beton Segar

1. BN 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,30}{0,0053} = 2321,30 \text{ kg/m}^3$
2. BN 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,36}{0,0053} = 2332,63 \text{ kg/m}^3$
3. BN 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,13}{0,0053} = 2289,22 \text{ kg/m}^3$
4. BE 10 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{10,88}{0,0053} = 2053,31 \text{ kg/m}^3$
5. BE 10 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,00}{0,0053} = 2075,96 \text{ kg/m}^3$
6. BE 10 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,32}{0,0053} = 2136,35 \text{ kg/m}^3$
7. BE 12 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,56}{0,0053} = 2181,65 \text{ kg/m}^3$
8. BE 12 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,32}{0,0053} = 2136,35 \text{ kg/m}^3$
9. BE 12 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,62}{0,0053} = 2192,97 \text{ kg/m}^3$
10. BE 14 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,46}{0,0053} = 2162,77 \text{ kg/m}^3$
11. BE 14 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,56}{0,0053} = 2181,65 \text{ kg/m}^3$
12. BE 14 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,52}{0,0053} = 2174,10 \text{ kg/m}^3$
13. BP 10 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,58}{0,0053} = 2185,42 \text{ kg/m}^3$
14. BP 10 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,00}{0,0053} = 2264,69 \text{ kg/m}^3$
15. BP 10 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,20}{0,0053} = 2302,43 \text{ kg/m}^3$
16. BP 12 3 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,10}{0,0053} = 2283,56 \text{ kg/m}^3$
17. BP 14 2 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,44}{0,0053} = 2159,00 \text{ kg/m}^3$

Beton Keras

1. BN 1 = $\frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,42}{0,0053} = 2343,95 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
2. \text{ BN } 2 &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,38}{0,0053} = 2336,40 \text{ kg/m}^3 \\
3. \text{ BN } 3 &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{12,30}{0,0053} = 2321,30 \text{ kg/m}^3 \\
4. \text{ BE } 10 \text{ 1} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{10,74}{0,0053} = 2026,89 \text{ kg/m}^3 \\
5. \text{ BE } 10 \text{ 2} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,06}{0,0053} = 2087,28 \text{ kg/m}^3 \\
6. \text{ BE } 10 \text{ 3} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,42}{0,0053} = 2155,23 \text{ kg/m}^3 \\
7. \text{ BE } 12 \text{ 1} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,42}{0,0053} = 2155,23 \text{ kg/m}^3 \\
8. \text{ BE } 12 \text{ 2} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,24}{0,0053} = 2121,26 \text{ kg/m}^3 \\
9. \text{ BE } 12 \text{ 3} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,46}{0,0053} = 2162,77 \text{ kg/m}^3 \\
10. \text{ BE } 14 \text{ 1} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,34}{0,0053} = 2140,13 \text{ kg/m}^3 \\
11. \text{ BE } 14 \text{ 2} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,46}{0,0053} = 2162,77 \text{ kg/m}^3 \\
12. \text{ BE } 14 \text{ 3} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,34}{0,0053} = 2140,13 \text{ kg/m}^3 \\
13. \text{ BP } 10 \text{ 1} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{011,14}{0,0053} = 2102,38 \text{ kg/m}^3 \\
14. \text{ BP } 10 \text{ 2} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,60}{0,0053} = 2189,20 \text{ kg/m}^3 \\
15. \text{ BP } 10 \text{ 3} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,80}{0,0053} = 2226,94 \text{ kg/m}^3 \\
16. \text{ BP } 12 \text{ 3} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,78}{0,0053} = 2223,17 \text{ kg/m}^3 \\
17. \text{ BP } 14 \text{ 2} &= \frac{\text{berat benda uji}}{Vm} = \frac{11,16}{0,0053} = 2106,16 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

b. Rata – rata berat volume beton segar benda uji

Beton Segar

$$\begin{aligned}
\text{BN} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BN } 1,2,3}{3} \\
&= \frac{2321,30+2332,63+2289,22}{3} \\
&= 2314,38 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{BE } 10\% &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE } 10\% \text{ } 1,2,3}{3} \\
&= \frac{2053,31+2075,96+2136,35}{3} \\
&= 2088,54 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BE 12\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE 12\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2181,65+2136,35+2192,97}{3} \\
 &= 2170,32 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BE 14\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE 14\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2162,77+2181,65+2174,10}{3} \\
 &= 2172,84 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BP 10\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 10\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2185,42+2264,69+2302,43}{3} \\
 &= 2250,85 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BP 12\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 12\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{0+0+2283,56}{1} \\
 &= 2283,56 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BP 14\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 14\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{0+2159,00+0}{1} \\
 &= 2159,00 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Beton Keras

$$\begin{aligned}
 \text{BN} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BN 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2343,95+2336,40+2321,30}{3} \\
 &= 2333,88 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BE 10\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE 10\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2026,89+2087,28+2155,23}{3} \\
 &= 2089,80 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BE 12\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE 12\% 1,2,3}}{3} \\
 &= \frac{2174,10+2136,35+22264,69}{3} \\
 &= 2191,71 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BE 14\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BE 14\% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{2160,89+2174,10+2208,07}{3} \\ &= 2181,02 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BP 10\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 10\% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{2102,38+2189,20+2226,94}{3} \\ &= 2172,84 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BP 12\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 12\% 1,2,3}}{1} \\ &= \frac{0+0+2223,17}{1} \\ &= 2223,17 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BP 14\%} &= \frac{\sum \text{Berat Volume BP 14\% 1,2,3}}{1} \\ &= \frac{0+2106,16+0}{1} \\ &= 2106,16 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.15. dan Tabel 4.16.

Tabel 4. 16. Berat Volume Beton Segar

No	Kode	Berat Cetakan (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Wadah (m ³)	Berat Volume (Kg/m ³)	Rata-Rata (Kg/m ³)
1	BN 1	10,34	22,64	12,3	0,0053	2321,302	2314,382
2	BN 2	12,6	24,96	12,36	0,0053	2332,626	
3	BN 3	10,56	22,69	12,13	0,0053	2289,219	
4	BE 10 1	10,34	21,22	10,88	0,0053	2053,314	2088,543
5	BE 10 2	12,6	23,6	11	0,0053	2075,961	
6	BE 10 3	12,18	23,5	11,32	0,0053	2136,353	
7	BE 12 1	9,84	21,4	11,56	0,0053	2181,647	2170,323
8	BE 12 2	13,46	24,78	11,32	0,0053	2136,353	
9	BE 12 3	11,14	22,76	11,62	0,0053	2192,97	
10	BE 14 1	10,56	22,02	11,46	0,0053	2162,774	2172,84
11	BE 14 2	12,24	23,8	11,56	0,0053	2181,647	
12	BE 14 3	10,86	22,38	11,52	0,0053	2174,098	
13	BP 10 1	10,88	22,46	10,88	0,0053	2185,421	2250,845
14	BP 10 2	12,26	24,26	12,26	0,0053	2264,685	
15	BP 10 3	10,56	22,76	10,56	0,0053	2302,43	

Lanjutan Tabel 4.16

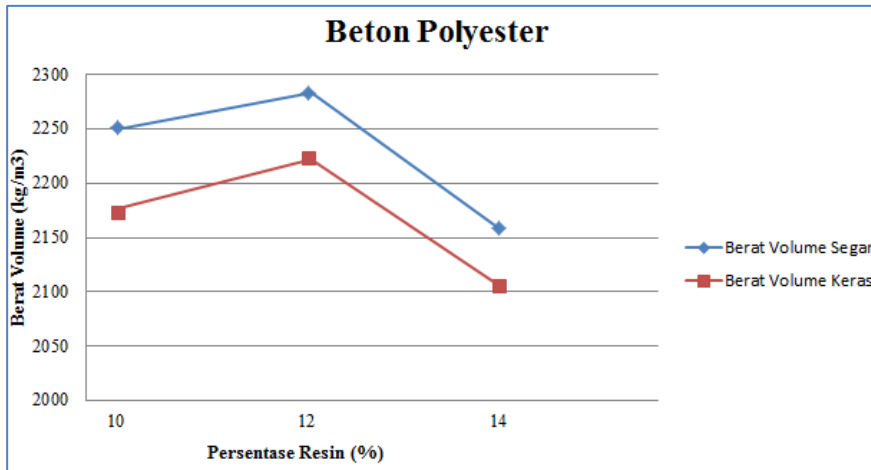
No	Kode	Berat Cetakan (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Wadah (m ³)	Berat Volume (Kg/m ³)	Rata-Rata (Kg/m ³)
16	BP 12 1	-	-	-	-	-	2283,557
17	BP 12 2	-	-	-	-	-	
18	BP 12 3	11,14	23,24	11,14	0,0053	2283,557	
19	BP 14 1	-	-	-	-	-	2159,00
20	BP 14 2	12,58	24,02	12,58	0,0053	2159	
21	BP 14 3	-	-	-	-	-	

(Sumber : Hasil Pengujian Desember 2022)

Tabel 4. 17. Berat Volume Beton Keras

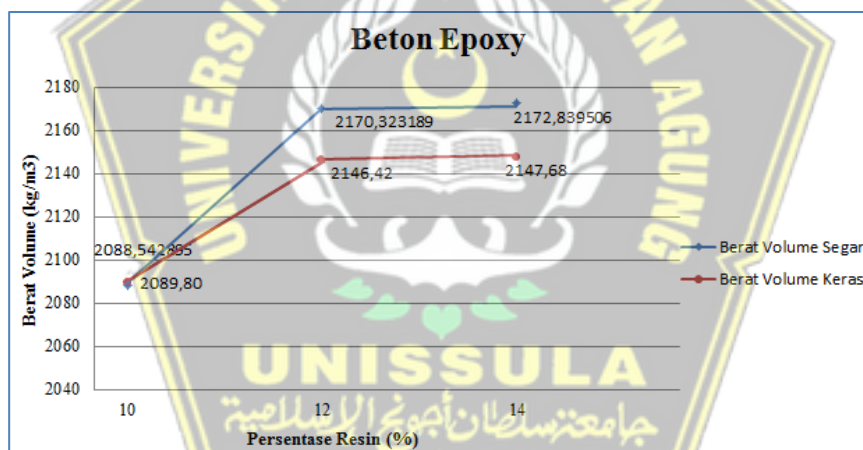
No	Kode	Berat Cetakan (Kg)	BC+Benda Uji (Kg)	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Wadah (m ³)	Berat Volume (Kg/m ³)	Rata-Rata (Kg/m ³)
1	BN 1	10,34	22,76	12,42	0,0053	2343,95	2333,88
2	BN 2	12,60	24,98	12,38	0,0053	2336,40	
3	BN 3	10,56	22,86	12,30	0,0053	2321,30	
4	BE 10 1	10,34	21,08	10,74	0,0053	2026,89	2089,80
5	BE 10 2	12,60	23,66	11,06	0,0053	2087,28	
6	BE 10 3	12,18	23,60	11,42	0,0053	2155,23	
7	BE 12 1	9,84	21,26	11,42	0,0053	2155,23	2146,42
8	BE 12 2	13,46	24,70	11,24	0,0053	2121,26	
9	BE 12 3	11,14	22,60	11,46	0,0053	2162,77	
10	BE 14 1	10,56	21,90	11,34	0,0053	2140,13	2147,68
11	BE 14 2	12,24	23,70	11,46	0,0053	2162,77	
12	BE 14 3	10,86	22,20	11,34	0,0053	2140,13	
13	BP 10 1	10,88	22,02	11,14	0,0053	2102,38	2172,84
14	BP 10 2	12,26	23,86	11,60	0,0053	2189,20	
15	BP 10 3	10,56	22,36	11,80	0,0053	2226,94	
16	BP 12 1	-	-	-	-	-	2223,17
17	BP 12 2	-	-	-	-	-	
18	BP 12 3	11,14	22,92	11,78	0,0053	2223,17	
19	BP 14 1	-	-	-	-	-	2106,16
20	BP 14 2	12,58	23,74	11,16	0,0053	2106,16	
21	BP 14 3	-	-	-	-	-	

(Sumber : Hasil Pengujian Januari 2023)



Gambar 4. 4. Kurva Berat Volume Beton Resin *Polyester*

Gambar 4.4. menunjukkan berat volume beton segar dan berat volume beton keras dengan campuran resin *Polyester* terbesar dari beton ada pada persentase 12% yaitu masing-masing memiliki berat sebesar 2283,55 kg/m³ beton segar dan 2223,17 kg/m³ beton keras.



Gambar 4. 5. Kurva Berat Volume Beton Resin *Epoxy*

Berat volume beton segar dan beton keras dengan campuran resin *Epoxy* terbesar ada pada prosentase 14%. Masing-masing nilanya yaitu beton segar 2172, 84 kg/m³ dan beton keras 2147,68 kg/m³ (Gambar 4.5)

4.4.3. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan beton dilakukan dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*).

- **Rata - Rata Kuat Tekan Beton**

$$\begin{aligned} \text{Beton Normal} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton normal 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{16,253+16,216+17,529}{3} \\ &= 16,666 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Epoxy 10\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 10 \% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{11,364+12,24+9,688}{3} \\ &= 11,095 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Epoxy 12\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 12 \% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{18,230+17,322+16,833}{3} \\ &= 17,462 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Epoxy 14\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 14 \% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{18,604+20,276+20,109}{3} \\ &= 19,663 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Polyester 10\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 10 \% 1,2,3}}{3} \\ &= \frac{1,079+1,153+0,798}{3} \\ &= 1,01 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Polyester 12\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 12 \% 1,2,3}}{1} \\ &= \frac{2,636+0+0}{1} \\ &= 17,462 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton Polyester 14\%} &= \frac{\sum \text{Kuat tekan beton epoxy 14 \% 1,2,3}}{1} \\ &= \frac{0+0,578+0}{1} \\ &= 0,193 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

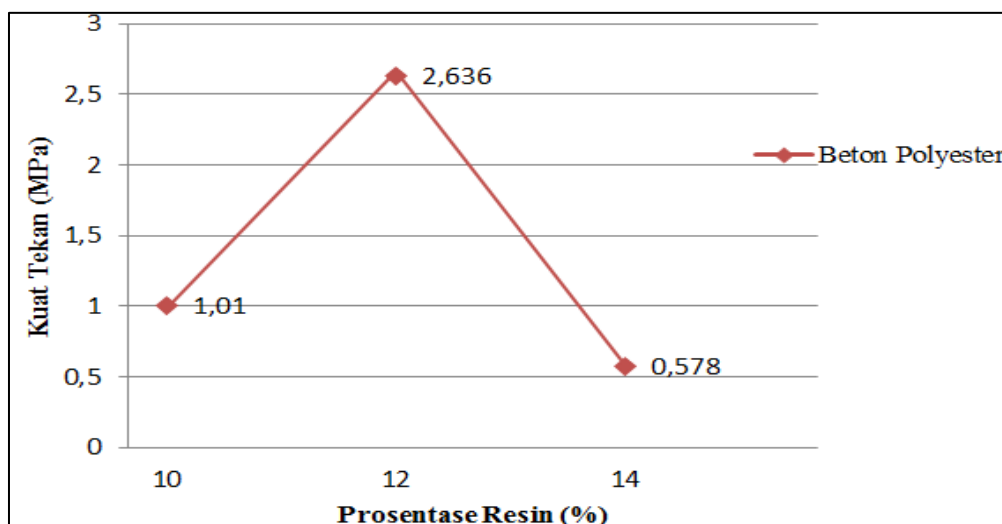
Pengolahan data hasil uji Kuat Tekan dapat dilihat pada Tabel 4.18 dibawah ini :

Tabel 4. 18. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	Kode	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
1	BN 1	287,222	17671,46	16,253	16,666
2	BN 2	286,558	17671,46	16,216	
3	BN 3	309,76	17671,46	17,529	
4	BE 10 1	200,82	17671,46	11,364	11,095
5	BE 10 2	216,19	17671,46	12,234	
6	BE 10 3	171,199	17671,46	9,688	
7	BE 12 1	322,145	17671,46	18,23	17,462
8	BE 12 2	306,107	17671,46	17,322	
9	BE 12 3	297,472	17671,46	16,833	
10	BE 14 1	328,753	17671,46	18,604	19,663
11	BE 14 2	358,302	17671,46	20,276	
12	BE 14 3	355,36	17671,46	20,109	
13	BP 10 1	19,059	17671,46	1,079	1,010
14	BP 10 2	20,383	17671,46	1,153	
15	BP10 3	14,093	17671,46	0,798	
16	BP 12 1	-	-	-	2,636
17	BP 12 2	-	-	-	
18	BP 12 3	46,583	17671,46	2,636	
19	BP 14 1	-	-	-	0,578
20	BP 14 2	10,215	17671,46	0,578	
21	BP 14 3	-	-	-	

(Sumber : Hasil Pengujian Januari 2023)

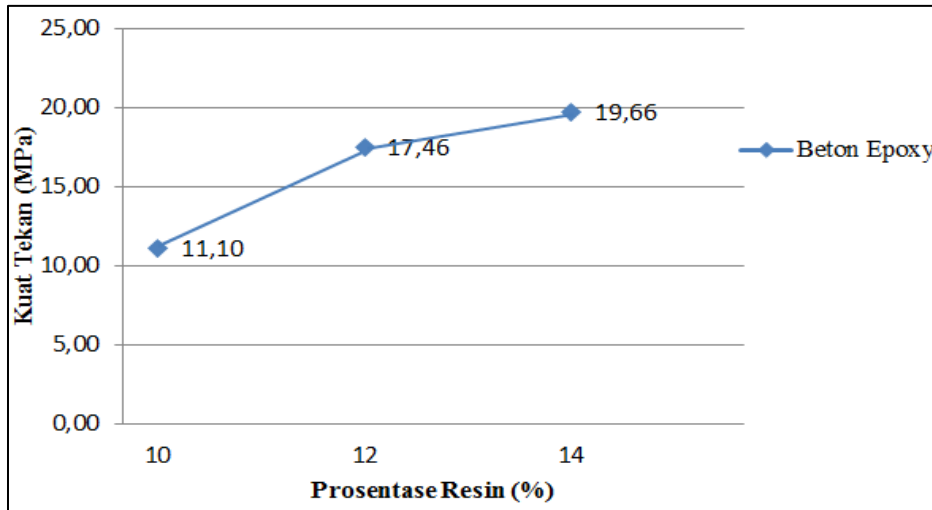
Hasil uji kuat tekan beton diatas menunjukkan bahwa nilai rata – rata Kuat Tekan beton Resin *Epoxy* tertinggi ada pada BE (Beton *Epoxy*) 14% yaitu 19,663 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dari Kuat Tekan rata – rata beton normal yaitu 16,666 MPa. Sedangkan nilai rata-rata Kuat Tekan beton *Polyester* optimum ada pada BP (Beton *Polyester*) 12% yaitu 2,636 MPa, namun nilai rata-rata kuat tekan beton *Polyester* ini berada dibawah nilai rata-rata kuat tekan beton normal. Kuat Tekan optimum didapat pada kondisi terbaik dalam beton *Polyester*, dimana apabila persentase resin yang digunakan lebih banyak atau kurang dari kondisi optimum tersebut Kuat Tekan beton akan mengalami penurunan sebagaimana yang terjadi pada persentase 10 % dan 14%.



Gambar 4. 6. Kurva Kuat Tekan Beton Resin *Polyester*

Dengan demikian dapat disampaikan bahwa penggunaan resin *Polyester* tidak dapat diaplikasikan dalam beton karena dapat mempengaruhi nilai kuat tekan menjadi lebih kecil (Gambar 4.6.). Hal ini terjadi karena pada resin *Polyester* memiliki kandungan ethylene glycol ($C_2H_6O_2$) dan asam tereftalat ($C_8H_6O_4$). Kedua senyawa tersebut apabila bertemu dengan kandungan senyawa kimia dari semen yaitu kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ maka akan menghasilkan H_2O atau air.

Semakin banyak resin *Polyester* yang digunakan, maka semakin banyak produksi air yang dihasilkan. Padahal air dalam semen sangat berperan aktif pada proses hidrasi / pengerasan semen, apabila jumlah air sedikit atau bahkan hilang dalam campuran semen maka beton akan menjadi rapuh dan berrongga. Oleh karena itu, beton dengan campuran resin *Polyester* mempengaruhi kuat tekan beton menjadi lebih rendah sehingga tidak direkomendasikan pemakaian resin *Polyester* dalam campuran beton.



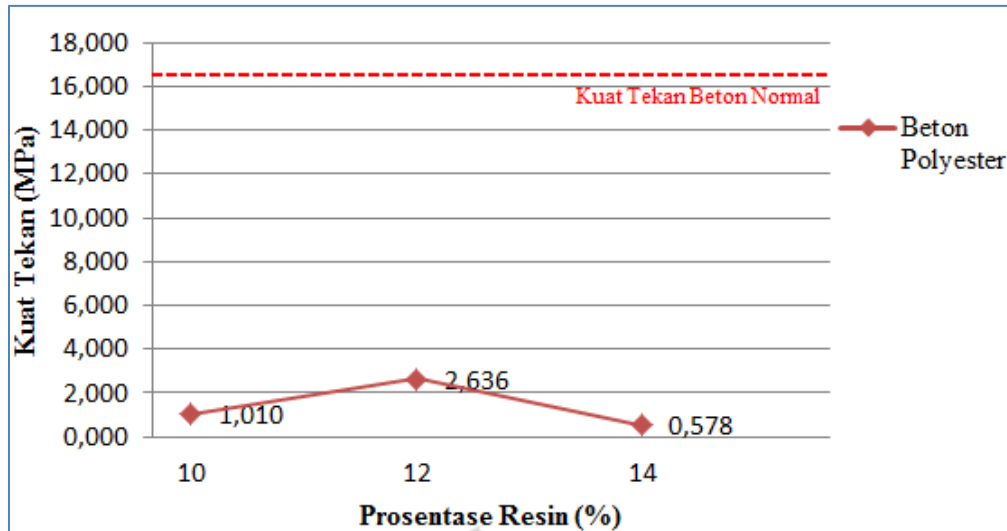
Gambar 4. 7. Kurva Kuat Tekan Beton Resin *Epoxy*

Dari Gambar 4.7 dapat disampaikan bahwa BE 14% dapat digunakan untuk beton struktural karena kuat tekannya lebih tinggi dari kuat tekan beton normal. Penggunaan resin *Epoxy* dapat meningkatkan rata-rata kuat tekannya karena resin *Epoxy* harus disertai dengan hardener, salah satu kandungan hardener pada umumnya adalah polyamine yang memiliki sifat pengikat. Sehingga pada pencampuran Resin *Epoxy* dalam beton, polyamine memiliki peran sebagai pengikat antara resin dengan campuran semen dan air sehingga campuran resin dan beton memiliki ikatan yang kuat.

4.5. Perbandingan Kuat Tekan Beton

4.5.1. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Polyester

Perbandingan Kuat Tekan beton Polyester berada dibawah Kuat Tekan beton normal. Penurunan Kuat Tekan beton Polyester ini diakibatkan reaksi kimia yang ada dalam beton sehingga terjadi *bleeding* sesuai dengan sifat Polyester yang kedap terhadap air. Sehingga air dalam campuran beton keluar dengan jumlah banyak dan dapat menghambat proses hidrasi semen atau bahkan merusak proses hidrasi hingga menyebabkan beton menjadi rapuh.

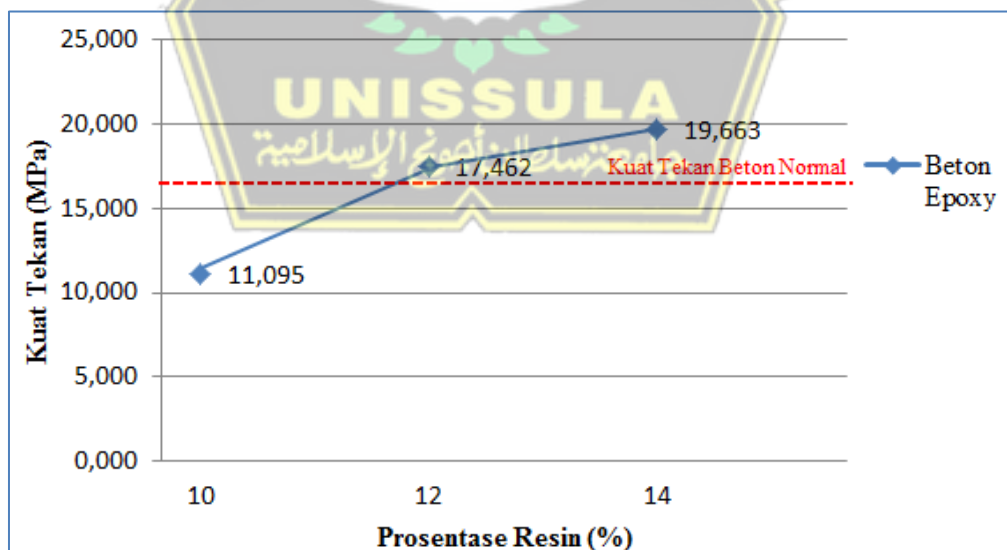


Gambar 4. 8. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Polyester

4.5.2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Epoxy

Berikut perbandingan Kuat Tekan beton normal dengan beton *Epoxy*. Dari Gambar 4.9 dapat dilihat beton *Epoxy* mengalami kenaikan Kuat Tekan. Hal ini dinilai dari Kuat Tekan beton normal yang digunakan sebagai acuan.

Peningkatan Kuat Tekan beton *Epoxy* diakibatkan adanya ikatan silang yang kuat antara resin dan beton. Reaksi yang terjadi pada resin *Epoxy* dan beton menghasilkan panas sehingga mempercepat pengerasan.



Gambar 4. 9. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Epoxy

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat diambil dari temuan dan pembahasan pada bab sebelumnya :

1. Berat volume rata-rata beton segar BN sebesar $2314,38 \text{ kg/m}^3$; BE 10% $2088,54 \text{ kg/m}^3$; BE 12% $2170,32 \text{ kg/m}^3$; BE 14% $2172,84 \text{ kg/m}^3$; BP 10% $2250,85 \text{ kg/m}^3$; BP 12% $2283,56 \text{ kg/m}^3$; dan BP 14% $2159,00 \text{ kg/m}^3$. Berat volume rata-rata beton keras BN adalah $2333,88 \text{ kg/m}^3$; BE 10% $2089,80 \text{ kg/m}^3$; BE 12% $2146,42 \text{ kg/m}^3$; BE 14% $2157,68 \text{ kg/m}^3$; BP 10% $2172,84 \text{ kg/m}^3$; BP 12% $2223,17 \text{ kg/m}^3$; dan BP 14% $2106,16 \text{ kg/m}^3$.
2. Beton Epoxy dengan berat volume rata-rata tertinggi adalah BE 14% sebesar $2172,84 \text{ kg/m}^3$ pada saat beton segar, dan saat beton keras berat volume rata-rata nya adalah $2157,68 \text{ kg/m}^3$. Pada beton Polyester berat volume rata-rata tertinggi adalah BP 12% yaitu sebesar $2283,56 \text{ kg/m}^3$ pada saat beton segar, dan pada saat beton keras berat volume rata-rata nya sebesar $2223,17 \text{ kg/m}^3$.
3. Kuat tekan rata-rata BN adalah $16,666 \text{ MPa}$, BE 10% $11,10 \text{ MPa}$; BE 12% $17,46 \text{ MPa}$; BE 14% $19,66 \text{ MPa}$; BP 10% $1,01 \text{ MPa}$; BP 12% $2,64 \text{ MPa}$; dan BP 14% yaitu $0,578 \text{ MPa}$.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata Kuat Tekan beton Epoxy tertinggi ada pada BE 14 sebesar $19,663 \text{ MPa}$. Nilai rata-rata kuat tekan beton Polyester optimum ada pada BP 10% sebesar $1,01 \text{ MPa}$.
5. Dari hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa beton dengan campuran resin Epoxy bisa digunakan sebagai beton struktural karena Kuat Tekan beton Epoxy memenuhi persyaratan beton struktural.

5.2. Saran

Dari kesimpulan di atas, maka dapat dipaparkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlunya pengujian komposisi kimia dalam resin untuk mengetahui pengaruh perubahan reaksi kimia akibat bercampurnya dengan komposisi beton.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan komposisi campuran untuk menentukan nilai kuat tekan rata-rata optimum beton *Epoxy* dikarenakan pada prosentase 10%, 12% dan 14% belum mendapatkan nilai kuat tekan optimum.



DAFTAR PUSTAKA

- Arif, J., Hasti, R. H., & Surya, S. (2015). Pengaruh Resin Epoksi Terhadap Mortar Polimer Ditinjau dari Kuat Tekan , Kuat Tarik Belah , Daya Serap Air dan Scanning Electron Microscope. *JRSDD*, 3(3), 361–370.
- Asriyati. (2016). *Pengaruh Penambahan Serat Batang Pisang Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Papan Partikel Dari Sabut Kelapa Dan Polyester*. Tugas Akhir . UIN Alauddin Makassar.
- Joni, I Gede Putu. (2017). *SIFAT FISIS DAN MEKANIS BETON*. Universitas Udayana : Bali.
- Kesuma, A. (2022). *Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Epoxy Resin Terhadap Kuat Tekan Beton*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- Lhokseumawe, P. N., Pengantar, K., Alwie, Rahayu Deny Danar dan Alvi Furwanti, Prasetio, A. B., & Andespa, R. (2020). In *Jurnal Ekonomi Nomor 1 Maret201* (Vol. 2, Issue 1).
- Maghfirah, A., Meilanda, H., Marlianto, E., & Iskandar, M. (2019). Pemanfaatan Serat Cangkang Kulit Kopi Dalam Pembuatan Beton Polimer Dengan Resin Polyester Sebagai Perekat. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 3(2), 51–61.
- Nasution, B. I. P. (2022). *PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT PINANG DAN EPOXY RESIN TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON (Studi Penelitian)*. Tugas Akhir : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Putra, A. S., Kartolo, J., Yosuanita, D., & Tandi, W. (2015). Pengaruh Penambahan *Unsaturated Polyester Resin*. *Inersia*, VII(2), 11–15.
- Ryanto, M., & Zabbar, Z. (2019). Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perekat Resin Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Pengujian Kuat Tekan Beton. *Techno-Socio Ekonomika*, 12(1), 1–4.

<https://doi.org/10.32897/techno.2019.12.1.1>

Setiyarto, Y. D., & Pradana, D. (2022). Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(1), 12–21. <https://doi.org/10.34010/crane.v3i1.7135>

Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan Kulit Kerang Dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer. Tesis. Universitas Sumatera Utara Medan.

Supriatna, I. (2020). Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perekat Resin Epoksi (Kadar 30%) Serta Penambahan Fiberglass (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton”. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

