

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH SERBUK ALUMINIUM
SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN BAHAN
TAMBAH EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON



MUHAMMAD AFRIZAL
2020250015

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI
2024

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SERBUK ALUMINIUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN BAHAN TAMBAH EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (ST)
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri.

Oleh :

MUHAMMAD AFRIZAL

2020250015

Palembang, 19 Agustus 2024

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil,



**Dr. Sumi Amariena Hamim, S.T.,
M.T., IPM ASEAN Eng.**
NIDN. 0229117101



Sartika Nisumanti, S.T., M.T.
NIDN. 0208057101

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SERBUK ALUMINIUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN BAHAN TAMBAH EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (ST)
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri.

Oleh :

MUHAMMAD AFRIZAL

2020250015

Dosen Pembimbing I,



Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M. Eng.

NIDN. 0230078903

Palembang, 19 Agustus 2024

Dosen Pembimbing II,



Ir. Marguan Fauzi, S.T., M.T.

NIDN. 0207087901

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sartika Nisumanti, S.T., M.T.


NIDN. 0208057101

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Skripsi ini dengan judul "Analisis Pengaruh Serbuk Alumunium Sebagai Substitusi Semen Dengan Bahan Tambah Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri (UIGM) pada tanggal 26 Juli 2024.

Tim Penguji Sidang Skripsi:

Ketua :

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| Dr. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng. | Tanda Tangan  | Tanggal: 19 Agustus 2024 |
|--|--|--------------------------------|

Anggota :

| | | | |
|-----|--|--|--------------------------------|
| I | Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng. NIDN. 0230078903 | Tanda Tangan  | Tanggal: 19 Agustus 2024 |
| II | Ghina Amalia, S.T., M.T. NIDN. 0224119501 | Tanda Tangan  | Tanggal: 16 Agustus 2024 |
| III | Sartika Nisumanti, S.T., M.T. NIDN. 0208057101 | Tanda Tangan  | Tanggal: 19 Agustus 2024 |

Palembang, 19 Agustus 2024

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sartika Nisumanti, S.T., M.T.

NIDN. 0208057101

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Muhammad Afrizal
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 14 April 2002
Alamat : Jl. Irigasi RT009 RW003, Kelurahan Karya Baru, Kecamatan Alang - Alang Lebar, Kota Palembang.
Nama Orang Tua : Bpk. Darul Ahmad dan Ibu Sumarni

Riwayat Pendidikan :

Pada tahun 2014 penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di Sekolah Dasar Negeri 27 Palembang. Pada tahun 2017 penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 22 Palembang, dan pada tahun 2020 penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Palembang dengan jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan. Pada tahun 2020 penulis mengambil Program S1 di Universitas Indo Global Mandiri Palembang pada Fakultas Teknik dengan Program Studi Teknik Sipil.

Berkat petunjuk dan pertolongan Allah SWT, serta usaha disertai doa dari kedua orang tua, pertengahan tahun 2024 penulis dapat menyelesaikan tugas akhir pada semester VIII dan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.



SURAT PERNYATAAN
FM-PM-10.3/13-02/R0

Dengan ini saya menyatakan dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya / pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Acuan / Daftar Pustaka.

Apabila ditemukan suatu jiplakan / plagiat, maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh pihak yang berwenang sesuai ketentuan, peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Palembang, 22 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Muhammad Afrizal

NPM. 202025015

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Afrizal

NPM : 2020250015

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Dosen Pembimbing dan Universitas Indo Global Mandiri (UIGM) Hak Bebas Royalti Non-eksklusif atau karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH SERBUK ALUMINIUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN BAHAN TAMBAH EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini UIGM berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya untuk kepentingan akademis tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, 22 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Muhammad Afrizal

2020250015

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH SERBUK ALUMINIUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN BAHAN BAHAN EPOXY TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Beton merupakan material utama dalam konstruksi bangunan yang menawarkan keunggulan seperti kekuatan tekan tinggi dan fleksibilitas desain. Seiring meningkatnya aktivitas konstruksi, kebutuhan semen juga meningkat, sehingga diperlukan alternatif yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang potensial adalah penggunaan serbuk aluminium, limbah dari proses pemotongan aluminium, sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi semen dengan serbuk aluminium dan penambahan epoxy terhadap sifat mekanis beton, khususnya kekuatan tekan dan ketahanan terhadap korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk aluminium sebanyak 0,2% dan 0,5% meningkatkan kuat tekan beton menjadi masing-masing 27,97 MPa dan 28,67 MPa pada umur 28 hari, sementara penambahan 1% serbuk aluminium justru menurunkan kuat tekan menjadi 23,81 MPa. Serbuk aluminium berperan sebagai filler yang efektif dalam campuran beton, dengan sifat mineral yang serupa dengan semen. Selain itu, penambahan epoxy terbukti mempercepat proses pengerasan beton dan meningkatkan kuat tekan menjadi 27,01 MPa pada umur 28 hari, lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa epoxy yang memiliki kuat tekan 25,35 MPa. Penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi serbuk aluminium dan epoxy dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan performa beton serta mendukung praktik pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: Serbuk aluminium, Epoxy, Kuat tekan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ALUMINUM POWDER AS A SUBSTITUTION OF CEMENT WITH MATERIAL EPOXY TO CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Concrete is a key material in building construction that offers advantages such as high compressive strength and design flexibility. As construction activity increases, the demand for cement also increases, so a more cost-effective and environmentally friendly alternative is needed. One potential alternative is the use of aluminum powder, a waste from the aluminum cutting process, as a partial replacement for cement in concrete mixtures. This study aims to evaluate the effect of cement substitution with aluminum powder and epoxy addition on the mechanical properties of concrete, particularly compressive strength and corrosion resistance. The results showed that the addition of 0.2% and 0.5% aluminum powder increased the compressive strength of concrete to 27.97 MPa and 28.67 MPa respectively at the age of 28 days, while the addition of 1% aluminum powder decreased the compressive strength to 23.81 MPa. Aluminum powder acts as an effective filler in concrete mixes, with mineral properties similar to cement. In addition, the addition of epoxy was shown to accelerate the hardening process of the concrete and increased the compressive strength to 27.01 MPa at 28 days, higher than the concrete without epoxy which had a compressive strength of 25.35 MPa. This study indicates that the combination of aluminum powder and epoxy can be a promising alternative to improve concrete performance and support sustainable development practices.

Keywords: *Aluminum powder, Epoxy, Compressive strength.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Analisa Pengaruh Serbuk Alumunium Sebagai Substitusi Semen Dengan Bahan Tambah Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton”**. Adapun Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri Kota Palembang.

Penulis menyadari bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Dr. H. Marzuki Alie, S.E., M.M. selaku Rektor Universitas Indo GlobalMandiri.
2. Dr. Sumi Amariena Hamim, ST., MT., IPM., Asean Eng. selaku Wakil Rektor I Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Universitas Indo Global Mandiri.
3. Dr. Juhaini Alie, S.Kom., M.Si. selaku Wakil Rektor II Bidang SDM dan Keuangan Universitas Indo Global Mandiri.
4. Prof. Erry Yulian Tribblas Adesta, PhD, CEng, MIMechE, IPM selaku Wakil Rektor I Bidang Perencanaan dan Kerja Sama.
5. Ar. Anta Sastika, ST., MT., IAI. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri.
6. Sartika Nisumanti, ST., MT., sebagai Ketua dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri.
7. Khodijah Al Qubro, ST., MT. selaku dosen Pembimbing Akademik.
8. Terimakasih Ibu Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.
9. Terimakasih Bapak Ir. Marguan Fauzi, ST., MT. selakuDosen Pembimbing II yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan sangat baik.
- 10 Terimakasih Bapak Bapak Febryandi, S.T., M.T selaku Dosen yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan sangat baik.

11. Ayahanda Darul Ahmad, terima kasih telah percaya atas semua keputusan yang telah penulis ambil untuk melanjutkan mimpinya, serta do'a. Support dan Motivasi yang selalu diberikan.
12. Pintu Surgaku, Ibunda Sumarni. Mustahil saya mampu melewatise semua permasalahan yang penulis alami selama ini jika tanpa do'a ridha, dan dukungan dari beliau
13. Kepada cinta kasih saudara saya, Hadi Wiranto dan Nurul Istiqomah. Terima kasih telah memberi semangat
14. Teman Seperjuangan saya teknik sipil angkatan 2020 yang turut andil dalam perjalanan saya sampai saat ini.
15. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan, informasi serta memberikan dukungan, dalam menyelesaikan penelitian ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
16. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri, Muhammad Afrizal. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai dititik ini, namun tidak pernah menyerah selalu diusahakan sampai tercapai.

Oleh karena itu, apabila ada kritik dan saran yang bersifat membangun dan berguna untuk penyelesaian dan kesempurnaan skripsi ini, penulis akan menerimanya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb

Palembang, 22 Agustus 2024

Penulis



Muhammad Afrizal
Npm : 2020250015

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| RIWAYAT HIDUP PENULIS | iv |
| SURAT PERNYATAAN | v |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4. Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.5. Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II | 4 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Beton | 4 |
| 2.2. Material Pembentukan Beton | 8 |
| 2.2.1. Agregat..... | 8 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.2.2. | Semen Portland..... | 15 |
| 2.2.3. | Air..... | 18 |
| 2.2.4. | Bahan Tambah..... | 19 |
| 2.3. | Limbah Bubuk Aluminium..... | 20 |
| 2.4. | Sifat Mekanik Beton..... | 21 |
| 2.4.1. | Slump..... | 21 |
| 2.4.2. | Berat Volume Beton..... | 22 |
| 2.4.3. | Kuat Tekan..... | 22 |
| 2.4.4. | Poisson Ratio..... | 23 |
| 2.4.5. | Pola Retak Dan Kehancuran..... | 23 |
| 2.5. | Penelitian Terdahulu..... | 24 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 26 |
| 3.1 | Studi Literatur..... | 26 |
| 3.2 | Persiapan Alat dan Material..... | 26 |
| 3.2.1 | Persiapan Alat..... | 26 |
| 3.2.2 | Persiapan Material..... | 30 |
| 3.3 | Pengujian Material..... | 32 |
| 3.2.1 | Agregat Halus..... | 32 |
| 3.2.2 | Agregat Kasar..... | 35 |
| 3.4 | Perencanaan Campuran Beton/DMF (<i>Design Mix Formula</i>)..... | 36 |
| 3.5 | Pembuatan Benda Uji..... | 42 |
| 3.6 | Pemeriksaan Nilai Slump..... | 43 |
| 3.7 | Pengujian Kuat Tekan Beton..... | 44 |
| 3.8 | Metode Analisis..... | 44 |
| 3.9 | Diagram Alir..... | 46 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 47 |

| | | |
|-------------------------------|--|-----------|
| 4.1 | Hasil Pengujian Material | 47 |
| 4.1.1 | Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan | 47 |
| 4.1.2 | Hasil Pemeriksaan Berat Jenis | 50 |
| 4.1.3 | Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur | 52 |
| 4.1.4 | Hasil Pengujian Kadar Air | 52 |
| 4.1.5 | Hasil Pengujian Berat Volume | 53 |
| 4.2 | <i>Slump Test</i> | 55 |
| 4.3 | Pengujian Setting Time | 56 |
| 4.4 | Pengujian Berat Jenis Beton..... | 57 |
| 4.5 | Pengujian Kuat Tekan Beton..... | 59 |
| 4.5.1 | Analisis Kuat Tekan Beton Normal f_c' 25 MPa..... | 59 |
| 4.5.2 | Analisis Kuat Tekan Terhadap Pengaruh Persentase Serbuk Aluminium..... | 60 |
| 4.6 | Perbandingan Hasil Kuat Tekan Beton | 65 |
| BAB V KESIMPULAN | | 67 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 67 |
| 5.2 | Saran..... | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 68 |
| LAMPIRAN..... | | 70 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Grafik Gradasi Agregat Halus No.1 | 9 |
| Gambar 2.2. Grafik Gradasi Agregat Halus No. 2..... | 9 |
| Gambar 2.3. Grafik Gradasi Agregat Halus No.3..... | 10 |
| Gambar 2.4. Grafik Gradasi Agregat Halus No.4..... | 10 |
| Gambar 2.5. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maks.10 mm..... | 12 |
| Gambar 2.6. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maks.20 mm..... | 12 |
| Gambar 2.7. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maks.40 mm..... | 13 |
| Gambar 2.8. Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm | 13 |
| Gambar 2.9. Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm | 14 |
| Gambar 2.10. Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm | 14 |
| Gambar 2.11. Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton Basah Yang Ditempatkan Secara Penuh | 15 |
| Gambar 2.12. Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen | 17 |
| Gambar 2.15. Pola kehancuran berdasarkan SNI 1974-2011 | 24 |
| Gambar 3.1 Ayakan Saringan | 26 |
| Gambar 3.2 Sieve Shaker..... | 27 |
| Gambar 3.3 Specific Gravity..... | 27 |
| Gambar 3.4 Concrete Mixer..... | 28 |
| Gambar 3.5 Kerucut Abrams | 28 |
| Gambar 3.6 Bekisting..... | 29 |
| Gambar 3.7 Universal Testing Machine | 29 |
| Gambar 3.8 Semen Portland | 30 |
| Gambar 3.9 Agregat Halus..... | 30 |
| Gambar 3.10 Agregat Kasar..... | 31 |
| Gambar 3.11 Air..... | 31 |
| Gambar 3.12 Serbuk Aluminium | 31 |
| Gambar 3.13 Epoxy | 32 |
| Gambar 3.14 Pembuatan Benda Uji..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian | 46 |
| Gambar 4.1 Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus | 48 |
| Gambar 4.2 Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar (20 mm)..... | 49 |
| Gambar 4.3 Hasil Pengujian Slump Test | 55 |
| Gambar 4.4 Grafik Setting Time..... | 56 |
| Gambar 4.5 Berat Jenis Benda Uji (Beton)..... | 58 |
| Gambar 4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal f_c' 25 MPa | 60 |
| Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0% AP + 0,8% EP | 61 |
| Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0,2% AP + 0,8% EP | 62 |
| Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0,5% SA + 0,8% EP | 63 |
| Gambar 4.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 1% AP + 0,8% EP | 64 |
| Gambar 4.11 Rekapitulasi Rata-Rata Kuat Tekan Beton Pengujian..... | 65 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Kelas dan mutu beton..... | 5 |
| Tabel 2.2. Batas gradasi agregat halus | 8 |
| Tabel 2.3. Batas gradasi agregat kasar | 11 |
| Tabel 2.4. Perkiraan Kekuatan Tekan (N/mm^2) Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 Dan Jenis Semen Dan Agregat Kasar | 17 |
| Tabel 2.5. Kadar semen minimum dan faktor air semen | 18 |
| Tabel 2.6. Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) | 19 |
| Tabel 3.1. Perencanaan Campuran Beton $F_c'20$ MPa | 36 |
| Tabel 3.2. Deviasi Standar MPa..... | 38 |
| Tabel 3.3. Komposisi campuran beton 1 m ³ | 40 |
| Tabel 3.4. DMF Beton $F_c'25$ MPa | 41 |
| Tabel 3.5. Jumlah Benda Uji Silinder | 42 |
| Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus | 47 |
| Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar | 49 |
| Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus | 50 |
| Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar | 51 |
| Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus | 52 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus | 52 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar | 53 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus | 54 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar | 54 |
| Tabel 4.10 Tabel Hasil Slump Test..... | 55 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Setting Time | 56 |
| Tabel 4.12 Hasil pengujian berat jenis beton normal dan beton substitusi | 57 |
| Tabel 4.13 Hasil Pengujian Beton Normal $F_c' 25$ MPa..... | 59 |
| Tabel 4.14 Hasil Pengujian Beton Substitusi 0%..... | 61 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian Beton Substitusi 0,5%..... | 62 |
| Tabel 4.16 Hasil Pengujian Beton Substitusi 0,5%..... | 63 |
| Tabel 4.17 Hasil Pengujian Beton Substitusi 1%..... | 64 |
| Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal dan Substitusi | 65 |