

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH CANGKANG KERANG PADA AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT LENTUR BETON”** ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademik guna dapat menyusun Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1) pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan do’a dari semua pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan laporan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan do’a, motivasi dan bimbingan, serta dukungan moril maupun materil.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. H. Aripin, IPU. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.
3. Bapak Ir. Pengki Irawan, S.TP., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Siliwangi dan Dosen Pembimbing 2 yang memberikan masukan serta dukungan kepada penulis.
4. Bapak H. Herianto, S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing 1 yang memberikan masukan serta dukungan kepada penulis.
5. Seluruh jajaran Dosen, Staff dan Karyawan di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi atas ilmu serta jasanya kepada penulis selama menuntut ilmu.
6. Teman-teman Teknik Sipil yang telah memberikan bantuan, dorongan dan semangat kepada penulis.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis juga mengharapkan agar laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Tasikmalaya, Maret 2025

Penulis,

## DAFTAR ISI

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>             | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR KEASLIAN .....</b>               | <b>ii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                       | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                      | <b>iv</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                 | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                     | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                  | <b>xii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                  | <b>xiv</b> |
| <b>BAB 1     PENDAHULUAN .....</b>         | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang.....                    | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                  | 2          |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                 | 2          |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                | 2          |
| 1.5 Batasan Masalah.....                   | 3          |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....             | 3          |
| <b>BAB 2     TINJAUAN PUSTAKA.....</b>     | <b>5</b>   |
| 2.1 Definisi Beton.....                    | 5          |
| 2.1.1 Karakteristik Beton .....            | 5          |
| 2.1.2 Sifat Beton Segar .....              | 6          |
| 2.1.3 Sifat Beton Keras .....              | 10         |
| 2.2 Bahan Penyusun Beton.....              | 12         |
| 2.2.1 Semen.....                           | 12         |
| 2.2.2 Semen Portland .....                 | 13         |
| 2.2.3 Agregat Kasar.....                   | 13         |
| 2.2.4 Agregat Halus.....                   | 13         |
| 2.2.5 Air .....                            | 14         |
| 2.2.6 Kerang.....                          | 16         |
| 2.3 Pengujian <i>Properties</i> Beton..... | 17         |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar ( <i>Sieve Analysis</i> )..... | 17 |
| 2.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air .....                                     | 18 |
| 2.3.3 Pengujian Kadar Air Agregat.....                                                   | 21 |
| 2.3.4 Pengujian Berat Isi Padat dan Berat Lepas Agregat .....                            | 22 |
| 2.3.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....                                         | 24 |
| 2.3.6 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles....                      | 25 |
| 2.4 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) .....                               | 27 |
| 2.4.1 Kuat Tekan Beton ( $f'_c$ ) yang Disyaratkan .....                                 | 27 |
| 2.4.2 Deviasi Standar ( $S_r$ ).....                                                     | 28 |
| 2.4.3 Nilai Tambah (Margin) .....                                                        | 29 |
| 2.4.4 Kuat Tekan Rata – rata.....                                                        | 29 |
| 2.4.5 Jenis Semen.....                                                                   | 30 |
| 2.4.6 Jenis Agregat.....                                                                 | 30 |
| 2.4.7 Faktor Air Semen Bebas .....                                                       | 31 |
| 2.4.8 Faktor Air Semen Maksimum.....                                                     | 32 |
| 2.4.9 Nilai <i>Slump</i> .....                                                           | 33 |
| 2.4.10 Ukuran Agregat Maksimum .....                                                     | 34 |
| 2.4.11 Kadar Air Bebas.....                                                              | 34 |
| 2.4.12 Kadar Semen.....                                                                  | 35 |
| 2.4.13 Kadar Semen Maksimum.....                                                         | 35 |
| 2.4.14 Kadar Semen Minimum.....                                                          | 35 |
| 2.4.15 Faktor Air Semen Disesuaikan .....                                                | 35 |
| 2.4.16 Susunan Besar Butir Agregat Halus .....                                           | 35 |
| 2.4.17 Persentase Agregat Halus .....                                                    | 36 |
| 2.4.18 Berat Jenis Relatif, Agregat (Kering Permukaan) .....                             | 36 |
| 2.4.19 Berat Isi Beton .....                                                             | 37 |
| 2.4.20 Kadar Agregat Gabungan .....                                                      | 38 |
| 2.4.21 Kadar Agregat Halus.....                                                          | 38 |
| 2.4.22 Kadar Agregat Kasar.....                                                          | 38 |
| 2.4.23 Proporsi Campuran .....                                                           | 38 |
| 2.4.24 Koreksi Campuran .....                                                            | 38 |

|                                                                                                            |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5 Pengujian <i>Slump</i> .....                                                                           | 39        |
| 2.5.1 Peralatan .....                                                                                      | 39        |
| 2.5.2 Benda Uji .....                                                                                      | 40        |
| 2.5.3 Cara Pengujian .....                                                                                 | 40        |
| 2.5.4 Pengukuran <i>Slump</i> .....                                                                        | 41        |
| 2.6 Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ).....                                                                 | 41        |
| 2.7 Pengujian Benda Uji.....                                                                               | 42        |
| 2.7.1 Kuat Tekan Beton .....                                                                               | 43        |
| 2.7.2 Kuat Lentur Beton.....                                                                               | 44        |
| 2.7.3 Hubungan Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton.....                                                       | 47        |
| 2.8 Penelitian Sebelumnya .....                                                                            | 47        |
| 2.8.1 Muhammad Hasbi Arbi (2015) .....                                                                     | 47        |
| 2.8.2 Restu Andika, Hermawan Aski Safarizki (2019).....                                                    | 48        |
| 2.8.3 Aditya Dandy Firatama, Qomariah, Sugiharti (2020).....                                               | 48        |
| 2.8.4 Dinda Alma Esa, Agustinus Agus Setiawan, Galih Wulandari<br>Subagyo (2021).....                      | 49        |
| 2.8.5 Yudi Wahyu Setiawan, Bayu Adhy Septyawan, Ibnu Toto Husodo,<br>Slamet Budirahardjo (2022).....       | 50        |
| 2.8.6 Daliana Elvira , Meilandy Purwandito , Irwansyah (2023) .....                                        | 51        |
| <b>BAB 3     METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                                                                | <b>52</b> |
| 3.1 Lokasi Penelitian .....                                                                                | 52        |
| 3.2 Teknik Pengumpulan Data Penelitian .....                                                               | 52        |
| 3.3 Bahan dan Alat Penelitian .....                                                                        | 52        |
| 3.3.1 Bahan Penelitian.....                                                                                | 52        |
| 3.3.2 Peralatan Penelitian.....                                                                            | 53        |
| 3.3.3 Proses Pengolahan Cangkang Kerang.....                                                               | 55        |
| 3.4 Rancangan Bahan Penelitian .....                                                                       | 56        |
| 3.5 Alur Penelitian.....                                                                                   | 58        |
| <b>BAB 4     HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                                 | <b>59</b> |
| 4.1 Hasil Pengujian <i>Properties</i> Beton .....                                                          | 59        |
| 4.1.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar ( <i>Sieve<br/>        Analysis</i> )..... | 59        |
| 4.1.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....                                                  | 63        |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.3 Pengujian Kadar Air.....                                                     | 66 |
| 4.1.4 Hasil Pengujian Berat Isi Padat dan Lepas Agregat Halus .....                | 68 |
| 4.1.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....                             | 69 |
| 4.1.6 Hasil Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i><br>69 |    |
| 4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) .....                   | 70 |
| 4.2.1 Kuat Tekan Beton ( $f'_c$ ) yang disyaratkan .....                           | 74 |
| 4.2.2 Deviasi Standar ( $S_r$ ).....                                               | 74 |
| 4.2.3 Nilai Tambah (Margin) .....                                                  | 74 |
| 4.2.4 Kuat Tekan Rata - rata .....                                                 | 74 |
| 4.2.5 Jenis Semen.....                                                             | 74 |
| 4.2.6 Jenis Agregat.....                                                           | 75 |
| 4.2.7 Faktor Air Semen Bebas .....                                                 | 75 |
| 4.2.8 Faktor Air Semen Maksimum.....                                               | 76 |
| 4.2.9 Nilai <i>Slump</i> .....                                                     | 76 |
| 4.2.10 Ukuran Agregat Maksimum .....                                               | 76 |
| 4.2.11 Kadar Air Bebas.....                                                        | 77 |
| 4.2.12 Kadar Semen.....                                                            | 77 |
| 4.2.13 Kadar Semen Maksimum.....                                                   | 77 |
| 4.2.14 Kadar Semen Minimum.....                                                    | 77 |
| 4.2.15 Faktor Air Semen Disesuaikan .....                                          | 77 |
| 4.2.16 Susunan Besar Butir Agregat Halus .....                                     | 77 |
| 4.2.17 Persentase Agregat Halus .....                                              | 77 |
| 4.2.18 Berat Jenis Relatif, Agregat (Kering Permukaan) .....                       | 78 |
| 4.2.19 Berat Isi Beton .....                                                       | 79 |
| 4.2.20 Kadar Agregat Gabungan .....                                                | 80 |
| 4.2.21 Kadar Agregat Halus.....                                                    | 80 |
| 4.2.22 Kadar Agregat Kasar.....                                                    | 80 |
| 4.2.23 Proporsi Campuran tiap $m^3$ .....                                          | 80 |
| 4.2.24 Koreksi Campuran .....                                                      | 81 |
| 4.3 Kebutuhan 1 Spesimen Benda Uji.....                                            | 83 |
| 4.3.1 Kebutuhan 1 Spesimen Benda Uji Silinder.....                                 | 83 |

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.2 Kebutuhan 1 Spesimen Benda Uji Balok.....                     | 83         |
| 4.4 Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....                              | 84         |
| 4.5 Hasil Pengujian Beton Keras.....                                | 85         |
| 4.5.1 Uji Kuat Tekan Beton .....                                    | 85         |
| 4.5.2 Uji Kuat Lentur Beton.....                                    | 89         |
| 4.5.3 Nilai Rata-rata Kuat Lentur Beton .....                       | 94         |
| 4.6 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Penelitian Sebelumnya ..... | 96         |
| 4.7 Hasil Hubungan Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton .....           | 97         |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                              | <b>99</b>  |
| 5.1 Kesimpulan.....                                                 | 99         |
| 5.2 Saran.....                                                      | 99         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                          | <b>100</b> |
| <b>LAMPIRAN - LAMPIRAN .....</b>                                    | <b>102</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Gradasi Standar Agregat Kasar .....                                                                                           | 13 |
| Tabel 2.2 Gradasi Standar Agregat Halus .....                                                                                           | 14 |
| Tabel 2.3 Persentase Senyawa Kimia pada Kerang Dara dan Kerang Hijau .....                                                              | 16 |
| Tabel 2.4 Mutu Beton dan Penggunaannya .....                                                                                            | 27 |
| Tabel 2.5 Faktor Pengali Deviasi Standar .....                                                                                          | 28 |
| Tabel 2.6 Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan .....                                                                                     | 29 |
| Tabel 2.7 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan dan Deviasi Standar .....                                                                     | 29 |
| Tabel 2.8 Tipe Semen dan Fungsinya .....                                                                                                | 30 |
| Tabel 2.9 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang biasa dipakai di Indonesia .....         | 31 |
| Tabel 2.10 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus ..... | 32 |
| Tabel 2.11 Penetapan Nilai <i>Slump</i> .....                                                                                           | 34 |
| Tabel 2.12 Perkiraan Kadar Air Bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton ..... | 34 |
| Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji Kuat Lentur Beton .....                                                                               | 56 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus .....                                                                         | 59 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan pada Kerang Dara .....                                                                      | 60 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan pada Kerang Hijau .....                                                                     | 61 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar .....                                                                         | 62 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus .....                                                            | 63 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Cangkang Kerang Dara Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus .....              | 64 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Cangkang Kerang Hijau Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus .....             | 65 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Cangkang Kerang Hijau Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar .....             | 65 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....                                                                                 | 66 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kadar Air Cangkang Kerang Dara sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus .....                                  | 67 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kadar Air Cangkang Kerang Hijau sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus .....                                 | 67 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar .....                                                                                | 68 |
| Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus pada Penakar Silinder .....                                                    | 68 |
| Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus pada Penakar Silinder .....                                                    | 68 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus .....                                                                             | 69 |

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.16 Tabel Ketentuan Gradasi B untuk Pengujian Keausan Agregat Kasar                                                             | 70 |
| Tabel 4.17 Hasil Uji Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> .....                                                                     | 70 |
| Tabel 4.18 Hasil Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ).....                                                                 | 70 |
| Tabel 4.19 Tabel Proporsi campuran tiap m <sup>3</sup> .....                                                                           | 80 |
| Tabel 4.20 Kebutuhan 1 Spesimen Benda Uji Silinder.....                                                                                | 83 |
| Tabel 4.21 Kebutuhan 1 Spesimen Benda Uji Balok.....                                                                                   | 83 |
| Tabel 4.22 Nilai <i>Slump</i> Rata-rata .....                                                                                          | 84 |
| Tabel 4.23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Silinder 28 Hari) .....                                                                   | 86 |
| Tabel 4.24 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal .....                                                                              | 89 |
| Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 2%.....                                                            | 90 |
| Tabel 4.26 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 5%.....                                                            | 90 |
| Tabel 4.27 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 7%.....                                                            | 91 |
| Tabel 4.28 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 2% .....                                                          | 91 |
| Tabel 4.29 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 5% .....                                                          | 92 |
| Tabel 4.30 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 7% .....                                                          | 92 |
| Tabel 4.31 Rekapitulasi Koefisien Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton Beton Normal dengan Substitusi Kerang Dara.....   | 97 |
| Tabel 4.32 Rekapitulasi Koefisien Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton Beton Normal dengan Substitusi Kerang Hijau ..... | 97 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Proses Terbentuknya Beton.....                                                                                              | 5  |
| Gambar 2.2 Potongan Beton .....                                                                                                        | 6  |
| Gambar 2.3 Faktor yang mempengaruhi <i>workability</i> beton segar .....                                                               | 7  |
| Gambar 2.4 (a) Kerang Dara dan (b) Kerang Hijau.....                                                                                   | 17 |
| Gambar 2.5 Grafik 1 Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji berbentuk Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)..... | 32 |
| Gambar 2.6 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm .....                           | 36 |
| Gambar 2.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Didapatkan. ....                                                  | 37 |
| Gambar 2.8 Peralatan Pengujian <i>slump</i> .....                                                                                      | 40 |
| Gambar 2.9 Pengujian <i>Slump</i> Beton .....                                                                                          | 41 |
| Gambar 2.10 Dimensi Benda Uji Silinder .....                                                                                           | 43 |
| Gambar 2.11 Dimensi Benda Uji Balok .....                                                                                              | 44 |
| Gambar 2.12 Mesin Uji Lentur .....                                                                                                     | 44 |
| Gambar 2.13 Benda uji, Perletakan dan Pembebanan .....                                                                                 | 45 |
| Gambar 2.14 Patah 1/3 bentang tengah.....                                                                                              | 46 |
| Gambar 2.15 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah < 5% dari bentang .....                                                   | 47 |
| Gambar 2.16 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah >5% dari bentang.....                                                     | 47 |
| Gambar 3.1 Lokasi Penelitian .....                                                                                                     | 52 |
| Gambar 3.2 Gambar Proses Pengolahan Cangkang Kerang.....                                                                               | 55 |
| Gambar 3.3 Alur Penelitian.....                                                                                                        | 58 |
| Gambar 4.1 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus.....                                                                                     | 60 |
| Gambar 4.2 Grafik Batas Gradasi Kerang Dara.....                                                                                       | 61 |
| Gambar 4.3 Grafik Batas Gradasi Kerang Hijau .....                                                                                     | 62 |
| Gambar 4.4 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar 20 mm.....                                                                               | 63 |
| Gambar 4.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang biasa dipakai di Indonesia .....       | 75 |
| Gambar 4.6 Grafik 1 Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji berbentuk Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)..... | 76 |
| Gambar 4.7 Persen (%) Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm .....                       | 78 |
| Gambar 4.8 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah selesai didapatkan .....                                                  | 80 |
| Gambar 4.9 Grafik Nilai <i>Slump</i> Rata-rata.....                                                                                    | 85 |
| Gambar 4.10 Grafik Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Substitusi Kerang Dara .....                                                      | 86 |

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Substitusi Kerang Hijau.....                                                        | 87 |
| Gambar 4.12 Grafik Nilai Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal dan Variasi Kerang Umur 28 Hari.....                                          | 87 |
| Gambar 4.13 Grafik <i>Polynomial</i> Nilai Optimum Kuat Tekan Beton .....                                                                | 88 |
| Gambar 4.14 Grafik Kuat Lentur Beton Normal .....                                                                                        | 90 |
| Gambar 4.15 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 2%.....                                                                      | 90 |
| Gambar 4.16 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 5%.....                                                                      | 91 |
| Gambar 4.17 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 7%.....                                                                      | 91 |
| Gambar 4.18 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 2%.....                                                                     | 92 |
| Gambar 4.19 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 5%.....                                                                     | 92 |
| Gambar 4.20 Grafik Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 7%.....                                                                     | 93 |
| Gambar 4.21 Grafik <i>Polynomial</i> Nilai Optimum Kuat Lentur Beton.....                                                                | 93 |
| Gambar 4.22 Grafik Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Beton dengan Variasi Kerang pada Umur 7 Hari.....                                         | 94 |
| Gambar 4.23 Grafik Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Beton dengan Variasi Kerang pada Umur 14 Hari.....                                        | 95 |
| Gambar 4.24 Grafik Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Beton dengan Variasi Kerang pada Umur 28 Hari.....                                        | 95 |
| Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Dara 28 Hari dengan Penelitian Sebelumnya .....                      | 96 |
| Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Beton Substitusi Kerang Hijau 28 Hari dengan Penelitian Sebelumnya .....                     | 97 |
| Gambar 4.27 Hubungan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton Umur Perawatan 28 Hari dengan Substitusi Kerang Dara dan Hijau 2%, 5%, 7% ..... | 98 |
| Gambar 4.28 Hubungan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton Umur Perawatan 28 Hari dengan Substitusi Kerang Dara dan Hijau 2%, 5%, 7% ..... | 98 |