

**PENGARUH VARIASI KAIT SERAT KALENG KEMASAN
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS
ELASTISITAS BETON RINGAN**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**HALIDAZIA
NIM. 145060101111045**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI KAIT SERAT KALENG KEMASAN TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS BETON RINGAN

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



HALIDAZIA

NIM. 145060101111045

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 18 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
NIP. 197406192 00012 1 002

Bhondana Bayu BK, ST., MT.
NIP. 20160788 07271 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)
NIP. 19810220 200604 1 002

**Terimakasih untuk Keluarga
Bapak dan Ibu Dosen
Sipil UB angkatan 14
Sipil Cantik
Teman – Teman di Kampus
Seluruh Elemen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Yang Selalu Saya Banggakan**

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :
Pengaruh Variasi Kait Serat Kaleng Kemasan Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan
Modulus Elastisitas Beton Ringan

Nama Mahasiswa : Halidazia
NIM : 145060101111045
Program Studi : Teknik Sipil
Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :
Dosen Penguji 1 : Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
Dosen Penguji 2 : Bhondana Bayu BK, ST., MT.

Tanggal Ujian : 12 Januari 2018
SK Penguji : 84/UN 10.F07/SK/2018

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 18 Januari 2018

Halidazia

NIM. 145060101111045

RIWAYAT HIDUP

Halidazia, lahir di Indramayu, 30 Januari 1996, anak ke empat dari Bapak Syafiudin Sirad dan Ibu Titimatun Siddiq. Mulai memasuki bangku sekolah di SD Negeri Kiajaran Kulon II Indramayu sejak tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri Unggulan Sindang Indramayu dan lulus pada tahun 2011. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Sindang Indramayu dan lulus pada tahun 2014. Kemudian berkuliah hingga lulus S1 (Strata 1) pada tahun 2018 dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Selama kuliah aktif berpartisipasi dalam kegiatan organisasi kampus. Aktif sebagai Anggota Bidang Sarana Prasarana Departemen Amera Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2015/2016, Anggota Bidang Humas Departemen Amera Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2016/2017, Kepala Divisi Administrasi Departemen Amera Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2017/2018, serta berbagai kepanitiaan yang diselenggarakan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Serta pada september 2017 telah mengikuti lomba rancang bangunan gedung tahan gempa IDEERS di Taiwan dan meraih juara 3 dalam kompetisi tersebut bersama AKUSARA team.

Malang, Januari 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Kait Serat Kaleng Kemasan terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas Beton Ringan”**.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Bhondana Bayu BK, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Dr. Eng Indradi W., ST, M.Eng (Prac) dan Ibu Christin Remayanti N., ST, MT yang telah banyak membantu dalam Skripsi saya
4. Bapak Dr. Eng Alwafi Pujiraharjo, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya serta Dosen Penasehat Akademik
5. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT. Selaku KKJF Struktur
6. Bapak Syafiudin Sirad, Ibu Titimatun Siddiq, Nabila syafiudin, Fajar Siddiq, dan Kamila Oktaviani sebagai keluarga tersayang
7. Tim skripsi Ida Bagus Saha, Imawan Toriq, Andhika Vikriansyah, Annisa Fitria Utami, dan Dhia Karima
8. Tim kaleng yang terdiri dari Rizal Fatchul Rozak, Farouk Angga, Jodi Bagus dan Ismawan Adhi
9. Tim Kait Kaleng yang terdiri dari Sipil 14 cantik yaitu Finia, Nana, Zudha, Desi, Pritha, Lola, Dinda, Thiya, Arinda, Sonnia
10. Pak Sugeng dan Mas Dino yang telah membantu saya selama di Laboratorium Struktur
11. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil Teknik Sipil Universitas Brawijaya
12. Anggota Departemen AmerA

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penelitian lanjutan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan sipil.

Malang, Januari 2018

Halidazia

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|--|-------------|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| RINGKASAN..... | xvii |
| SUMMARY | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 1 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Peneltitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Beton | 5 |
| 2.1.1 Jenis Beton..... | 5 |
| 2.2 Beton Ringan | 5 |
| 2.2.1 Klasifikasi Agregat Ringan | 5 |
| 2.2.2 Batu Apung..... | 7 |
| 2.2.3 Pelapisan Agregat | 8 |
| 2.3 Beton Serat..... | 8 |
| 2.3.1 Serat Baja..... | 9 |
| 2.3.2 Serat <i>Polypropelene</i> | 10 |
| 2.3.3 Serat Kaca..... | 10 |
| 2.3.4 Serat Karbon | 10 |
| 2.4 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton | 10 |
| 2.5 Sifak Mekanik Beton..... | 11 |
| 2.5.1 Kuat Tekan | 11 |
| 2.5.2 Kuat Tarik Belah | 13 |
| 2.5.3 Modulus Elastisitas | 14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 17 |
| 3.1 Rancangan Penelitian | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian | 17 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 17 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian..... | 19 |
| 3.5. Analisa Bahan..... | 20 |
| 3.5.1 Semen..... | 20 |
| 3.5.2 Air | 20 |
| 3.5.3 Agregat Halus | 21 |
| 3.5.4 Agregat Kasar | 21 |
| 3.5.5 Cat Keramik..... | 21 |
| 3.6 Prosedur Penelitian..... | 21 |
| 3.6.1 Tahap pertama..... | 21 |
| 3.6.2 Tahap Kedua | 21 |
| 3.6.3 Tahap Ketiga..... | 22 |
| 3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik beton..... | 23 |
| 3.7.1 Uji <i>Slump</i> | 23 |
| 3.7.2 Uji Kuat Tarik Belah..... | 24 |
| 3.7.3 Uji Modulus Elastisitas dan Uji Kuat Tekan | 25 |
| 3.8 Variabel Penelitian | 26 |
| | |
| 3.9 Metode Analisis Data | 26 |
| 3.10 Hipotesis Penelitian | 26 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 27 |
| 4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton..... | 27 |
| 4.1.1 Kaleng Kemasan | 27 |
| 4.1.2 Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton | 28 |
| 4.2 Hasil Pengujian Benda Uji..... | 29 |
| 4.2.1 Pengujian Beton Segar (Uji <i>slump</i>)..... | 29 |
| 4.2.2 Pengujian Kuat Tekan | 31 |
| 4.2.3 Kekakuan pada Benda Uji..... | 51 |
| 4.2.4 Pengujian Kuat Tarik Belah..... | 53 |
| 4.2.5 Uji Modulus Elastisitas (<i>Extensometer</i>)..... | 57 |
| 4.2.6 Uji Modulus Elastisitas (<i>Strain Gauge</i>) | 83 |
| BAB V PENUTUP | 85 |
| 5.1 Kesimpulan | 85 |
| 5.2 Saran | 86 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

(Halaman Kosong)

DAFTAR TABEL

| No. | Judul | Halaman |
|------------|--|---------|
| Tabel 2.1 | Persyaratan Susunan Besar Butir Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural. | 6 |
| Tabel 2.2 | Persyaratan Sifat Fisis Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural | 6 |
| Tabel 2.3 | Persyaratan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Rata-Rata untuk Beton Ringan Struktural (kg/cm ³) | 7 |
| Tabel 2.4 | Syarat gradasi agregat kasar/batu apung..... | 7 |
| Tabel 2.5 | Sifat fisik batu apung | 8 |
| Tabel 2.6 | Spesifikasi Serat..... | 8 |
| Tabel 2.7 | Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat | 10 |
| Tabel 3.1 | Nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton | 24 |
| Tabel 4.1 | Berat isi kaleng hasil pengujian | 27 |
| Tabel 4.2 | Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton Normal dengan Menggunakan Perbandingan Volume 1:2:3:1 | 28 |
| Tabel 4.3 | Perencanaan <i>Mix Design</i> Beton dengan Agregat Batu Apung dan Fiber kaleng 10% Menggunakan Perbandingan Volume 1:2:3:1 | 29 |
| Tabel 4.4 | Hasil Pengujian Beton Segar | 30 |
| Tabel 4.5 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder dan Berat Isi Silinder..... | 33 |
| Tabel 4.6 | Hasil Pengujian uji kuat tekan dan nilai slump..... | 35 |
| Tabel 4.7 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait A1 | 36 |
| Tabel 4.8 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait A2..... | 37 |
| Tabel 4.9 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait A3..... | 38 |
| Tabel 4.10 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait B1 | 40 |
| Tabel 4.11 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait B2 | 41 |
| Tabel 4.12 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> kait B3 | 42 |
| Tabel 4.13 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 1 | 43 |
| Tabel 4.14 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 2 | 44 |
| Tabel 4.15 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 3 | 45 |
| Tabel 4.16 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 1..... | 47 |
| Tabel 4.17 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 2..... | 48 |
| Tabel 4.18 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 3..... | 49 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 4.19 | Tabel data kekakuan hasil benda uji | 52 |
| Tabel 4.20 | Hasil Pengujian uji kuat tarik belah (Data Asli) | 54 |
| Tabel 4.21 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A1 (Data Asli) | 57 |
| Tabel 4.22 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A1 (Data yang telah dipilih) | 57 |
| Tabel 4.23 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A2 (Data Asli) | 58 |
| Tabel 4.24 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A2 (Data yang telah dipilih) | 59 |
| Tabel 4.25 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A3 (Data Asli) | 60 |
| Tabel 4.26 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> A3 (Data yang telah dipilih) | 60 |
| Tabel 4.27 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B1 (Data Asli) | 62 |
| Tabel 4.28 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B1 (Data yang telah dipilih) | 62 |
| Tabel 4.29 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B2 (Data Asli) | 63 |
| Tabel 4.30 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B2 (Data yang telah dipilih) | 64 |
| Tabel 4.31 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B3 (Data Asli) | 65 |
| Tabel 4.32 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> B3 (Data yang telah dipilih) | 65 |
| Tabel 4.33 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 1 (Data Asli)..... | 67 |
| Tabel 4.34 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 1 (Data yang telah dipilih) | 68 |
| Tabel 4.35 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 2 (Data Asli)..... | 68 |
| Tabel 4.36 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 2 (Data yang telah dipilih) | 69 |
| Tabel 4.37 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 3 (Data Asli)..... | 69 |
| Tabel 4.38 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton Normal <i>Pumice</i> 3 (Data yang telah dipilih) | 70 |
| Tabel 4.39 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 1 (Data Asli) | 71 |
| Tabel 4.40 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 1 (Data yang telah dipilih) | 72 |
| Tabel 4.41 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 2 (Data Asli) | 73 |
| Tabel 4.42 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 2 (Data yang telah dipilih) | 73 |
| Tabel 4.43 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 3 (Data Asli) | 74 |
| Tabel 4.44 | Hasil Pembacaan <i>Extensometer</i> Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 3 (Data yang telah dipilih) | 74 |
| Tabel 4.45 | Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut cara Eurocode 2 atau Wang dan Salmon | 77 |
| Tabel 4.46 | Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut rumus ASTM C-469 | 79 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 4.47 | Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$) | 80 |
| Tabel 4.48 | Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ($W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$) | 82 |
| Tabel 4.49 | Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut Cara TS 500 (<i>Turkey Standart</i>)...80 | |
| Tabel 4.50 | Nilai Modulus Elastisitas dan Presentase Selisih antar Metode Perhitungan | 83 |
| Tabel 4.51 | Nilai Modulus Elastisitas KAIT B3 dan Normal <i>pumice 3</i> dengan menggunakan <i>Strain Gauge</i> | 85 |
| Tabel 4.52 | Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas benda uji KAIT B3 dan Normal <i>pumice 3</i> dengan alat <i>extensometer</i> dan <i>strain gauge</i> | 86 |

(Halaman Kosong)

DAFTAR GAMBAR

| No. | Judul | Halaman |
|-------------|--|---------|
| Gambar 2.1 | Berbagai Tipe Bentuk Serat baja | 9 |
| Gambar 2.2 | Uji Kuat Tekan Beton | 12 |
| Gambar 2.3 | Tegangan tekan benda uji beton | 12 |
| Gambar 2.4 | Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton..... | 13 |
| Gambar 2.5 | Uji kuat tarik belah beton silinder | 13 |
| Gambar 2.6 | Uji Modulus Elastisitas menggunakan extensometer..... | 15 |
| Gambar 3.1 | Panjang serat kaleng | 22 |
| Gambar 4.1 | Proses Uji <i>Slump</i> | 30 |
| Gambar 4.2 | Proses Pencampuran Material Beton Menggunakan <i>mixer</i> | 32 |
| Gambar 4.3 | Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton. | 32 |
| Gambar 4.4 | Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton..... | 34 |
| Gambar 4.5 | ..Grafik Hubungan antara Variasi Kait serat dengan kuat tekan Beton..... | 34 |
| Gambar 4.6 | Grafik Hubungan antara nilai slump dengan kuat tekan Beton..... | 36 |
| Gambar 4.7 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A1 | 37 |
| Gambar 4.8 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A2 | 38 |
| Gambar 4.9 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A3 | 39 |
| Gambar 4.10 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A | 39 |
| Gambar 4.11 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait B1..... | 40 |
| Gambar 4.12 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait B2..... | 41 |
| Gambar 4.13 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait B3..... | 42 |
| Gambar 4.14 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait B..... | 43 |
| Gambar 4.15 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal <i>Pumice</i> | 144 |
| Gambar 4.16 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal <i>Pumice</i> | 245 |
| Gambar 4.17 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal <i>Pumice</i> | 346 |
| Gambar 4.18 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal <i>Pumice</i> | 46 |
| Gambar 4.19 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 1 | 47 |
| Gambar 4.20 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 2 | 48 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.21 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton <i>Fiber</i> tanpa kait 3 | 49 |
| Gambar 4.22 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton <i>Fiber</i> tanpa kait .. | 50 |
| Gambar 4.22 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton <i>Fiber</i> tanpa kait | 50 |
| Gambar 4.23 | Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi pada seluruh benda uji | 50 |
| Gambar 4.24 | Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton..... | 53 |
| Gambar 4.25 | Grafik Hubungan Variasi Kait Serat dengan Kuat Tarik Belah Beton Ringan | 55 |
| Gambar 4.26 | Gambar persebaran serat kaleng serta batu apung..... | 55 |
| Gambar 4.27 | .Gambar persebaran batu apung..... | 56 |
| Gambar 4.28 | Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton..... | 56 |
| Gambar 4.29 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait A1..... | 58 |
| Gambar 4.30 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait A2..... | 59 |
| Gambar 4.31 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait A3..... | 61 |
| Gambar 4.32 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait A..... | 61 |
| Gambar 4.33 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait B1..... | 63 |
| Gambar 4.34 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait B2..... | 64 |
| Gambar 4.35 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait B3..... | 66 |
| Gambar 4.36 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kait B..... | 66 |
| Gambar 4.37 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton Normal <i>Pumice</i> 1..... | 68 |
| Gambar 4.38 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton Normal <i>Pumice</i> 2..... | 69 |
| Gambar 4.39 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton Normal <i>Pumice</i> 3..... | 70 |
| Gambar 4.40 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton Normal <i>Pumice</i> | 71 |
| Gambar 4.41 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton <i>fiber</i> tanpa kait 1..... | 72 |
| Gambar 4.42 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton <i>fiber</i> tanpa kait 2..... | 72 |
| Gambar 4.43 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton <i>fiber</i> tanpa kait 3..... | 74 |
| Gambar 4.44 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton <i>fiber</i> tanpa kait | 75 |
| Gambar 4.45 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT A1..... | 76 |
| Gambar 4.46 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B2 | 78 |
| Gambar 4.47 | Uji modulus elastisitas dengan menggunakan <i>strain gauge</i> | 84 |
| Gambar 4.48 | Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Normal <i>Pumice</i> 3 (<i>Strain Gauge</i> dan <i>Extensometer</i>) pada benda uji Normal <i>Pumice</i> 3..... | 84 |

Gambar 4.49 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B 3 (*Strain Gauge* dan *Extensometer*) pada benda uji KAIT B 3 85

DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Judul | Halaman |
|------------|---|---------|
| Lampiran 1 | Hasil Uji Modulus Elastisitas Menggunakan <i>Strain Gauge</i> | 91 |
| Lampiran 2 | Dokumentasi penelitian | 93 |
| Lampiran 3 | Serat yang digunakan dalam penelitian..... | 96 |

(Halaman Kosong)

RINGKASAN

Halidazia, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2017, *Pengaruh Variasi Kait Serat kaleng Kemasan terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas Beton Silinder (Fiber Concrete)*, Dosen Pembimbing : Ari Wibowo dan Bhondana Bayu B.K.

Penambahan serat kaleng pada campuran beton merupakan salah satu cara untuk mengurangi kelemahan yang dimiliki beton yaitu tidak kuat dalam menahan gaya tarik dan kuat dalam menahan gaya tekan, juga dapat meningkatkan daktilitas dan *confinement* pada beton tersebut. Beton juga merupakan elemen struktural yang dapat melukai seseorang apabila terjadi bencana karena memiliki massa yang berat, untuk itu penambahan batu apung yang memiliki massa lebih ringan dibandingkan dengan kerikil akan lebih mengurangi massa dari beton itu sendiri dan disebut beton ringan.

Variasi yang digunakan adalah variasi kait A dan B sebanyak 10% serat kaleng serta beton normal yang memiliki 25% batu apung dari volume beton silinder dan beton *fiber* 10% dengan tanpa kait atau berbentuk lurus. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Pengujian dilakukan pada beton yang telah berumur 28 hari. Alat yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan menggunakan *compression machine* atau mesin kuat tekan, sedangkan uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer* dan *strain gauge*. *Strain gauge* hanya digunakan pada benda uji kait B3 dan Normal *Pumice 3*.

Hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan bahwa nilai kuat Tarik rata-rata maksimum diperoleh pada beton *fiber* tanpa kait (lurus) dengan nilai sebesar $f_t = 2,003$ MPa. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum diperoleh pada kait B dengan nilai sebesar $f'_c = 17,55$ MPa. Sedangkan hasil uji modulus elastisitas maksimum terjadi pada kait B menghasilkan nilai modulus elastisitas yang maksimum yaitu dengan metode Eurocode 2 sebesar 56135,36 MPa, pada metode ASTM C469 didapat hasil 38082 Mpa, dengan metode SKSNI T-15-1991 yaitu sebesar 22621,4 Mpa dan pada metode TS 500 (Turkey) memiliki nilai 29689,5 MPa. Hal ini dikarenakan nilai modulus elastisitas beton berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya..

Kata kunci : serat kaleng, batu apung, kuat tarik belah, kuat tekan, modulus elastisitas

SUMMARY

Halidazia, *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2018, The Effects of Fiber Can Hooks on Compressive Strength, Tensile Strength and Modulus of Elasticity of Lightweight Concrete, Academic Supervisor : Ari Wibowo and Bhondana Bayu B.K.*

The addition of can fiber to the concrete mix is one way to reduce the weakness of the concrete is not strong enough to withstand tensile and strong in withstand the compressive force, also can increase the ductility and confinement in the concrete. Concrete is also a structural element that can injure a person in the event of a disaster because it has a heavy mass, therefore the addition of a pumice which has a lighter mass than the gravel will further reduce the mass of the concrete itself and is called lightweight concrete.

Variations used are variations of hooks A and B as much as 10% of can fibers and normal concrete that has 25% pumice from the volume of cylindrical concrete and 10% fiber concrete with no hook or straight-shaped. Tests performed include compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of concrete. Tests were performed on 28-day-old concrete. Tools used in tensile strength testing and compressive strength using compression machine or compressive strength machine, while elasticity modulus test using extensometer and strain gauge. Strain gauge is used only on hook test specimen B3 and Normal Pumice 3.

The result of tensile strength test shows that the maximum value of Maximum Drag pull is obtained on a hooked fiber concrete (straight) with a value of $f_t = 2,003$ MPa. While the results of the compressive strength test showed that the maximum value of compressive strength is obtained at fractional fraction of B with a value of $f'_c = 17.55$ MPa. While the result of maximal elasticity modulus test at hook fraction B yields maximum elasticity modulus value that is by Eurocode 2 method 56135,36 MPa, ASTM C469 method got result 38082 Mpa, with method of SKSNI T-15-1991 that is equal to 22621,4 Mpa and on the TS 500 (Turkey) method has a value of 29689.5 MPa. This is because the value of elastic modulus of concrete is directly proportional to its compressive strength value

Keywords: can fiber, pumice, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan letak geografis Indonesia berada diantara tiga lempeng tektonik aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng pasifik, dan lempeng Indo-Australia, sehingga menyebabkan negara kita kerap diterpa bencana gempa bumi, dengan adanya bencana tersebut, besar kemungkinan memakan banyak kerusakan seperti sarana dan prasarana yang ada, terutama korban jiwa. Korban jiwa akibat gempa banyak ditemui dari kegagalan suatu bangunan, bangunan sendiri dikatakan aman apabila tidak menimbulkan korban jiwa, dan masalah yang sering ditemui dalam kegagalan suatu bangunan adalah dari bahan utama penyusun bangunan tersebut yaitu beton. Beton hanya kuat menahan gaya tekan, dan lemah dalam menahan gaya tarik, juga karena material beton normal yang digunakan antara lain air, pasir, semen, dan kerikil, kerikil yang merupakan agregat kasar dalam pembuatan beton memiliki massa yang cukup berat, sehingga dapat melukai seseorang apabila gempa terjadi.

Untuk menjawab masalah tersebut banyak ahli strukur yang telah membuat inovasi, salah satu cara dengan menggunakan bahan tambahan serat atau *fiber* dalam campuran beton, juga dengan mengganti agregat kasar yang material awalnya kerikil diubah menjadi batu apung atau *pumice* agar beton tersebut menjadi beton ringan. Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982).

Adapun serat yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu serat dari kaleng bekas kemasan, tujuannya adalah untuk meminimalisir limbah kaleng yang merupakan masalah di Indonesia dalam mendaur ulang sampah, dan variasi fraksi serat yang digunakan yaitu 10%, dari berat suatu beton silinder dimensi 15x30 cm serta variasi bentuk fiber yaitu menggunakan dua kaitan berbeda disetiap ujung *fiber*. Untuk *pumice* sendiri karena sifatnya yang mudah menyerap air maka dalam penelitian kali ini *pumice* tersebut di lapisi cat agar tidak menyerap campuran beton lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Bahan tambahan serat kaleng kemasan disetiap ujungnya yang berbeda yaitu ujung A dan B (keterangan gambar terdapat pada bab 3) serta material pengganti seperti *pumice* akan menimbulkan suatu permasalahan terhadap beton untuk penelitian kali ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap kuat tekan beton ringan?
2. Bagaimana pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap kuat tarik belah beton ringan?
3. Bagaimana pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap modulus elastisitas beton ringan?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Jenis kaleng yang dipakai adalah kaleng bekas kemasan minuman penyegar yang telah diubah menjadi bentuk plat dengan ukuran 0,2 mm x 4 cm.
2. Beton yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3. Semen yang digunakan adalah semen tipe PPC (*portland pozzolan cement*) yang ada dipasaran.
4. Fas yang dipakai adalah 0,5.
5. Variasi bentuk serat yang digunakan adalah 2 tipe kaitan yang berbeda.
6. Fraksi serat yang digunakan adalah 10% berat beton silinder.
7. Panjang serat yang digunakan adalah 4 cm.
8. Mutu yang direncanakan adalah $f'c = 170 \text{ Kg/cm}^2$.
9. Agregat kasar berupa batu apung atau *pumice*.
10. Agregat halus berupa pasir.
11. Porositas diabaikan.
12. Pengujian dilakukan pada saat beton telah berumur 28 hari atau lebih.

1.4 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap kuat tekan beton ringan.
2. Untuk menganalisis pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap kuat tarik belah beton ringan.

3. Untuk menganalisis pengaruh bentuk kaitan A dan kaitan B serat kaleng kemasan terhadap modulus elastisitas beton ringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian kali ini yaitu agar bermanfaat bagi orang lain, dan merupakan tambahan ilmu pengetahuan yang dapat menyelamatkan kehidupan seseorang apabila terjadi bencana, serta dapat dijadikan referensi untuk inovasi dalam bidang teknik sipil yang dapat direalisasikan tidak hanya sebagai penelitian saja, dan juga dapat diteruskan apabila penelitian ini kurang maksimal, seperti dari penggunaan *pumice*, ataupun variasi bentuk kaitan serat kaleng kemasan dengan menggunakan fraksi 10% dari berat beton silinder ringan.

(Halaman Kosong)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). (SNI, 2847:2013).

2.1.1 Jenis beton

Menurut Mulyono (2005). Terdapat beberapa jenis beton yang digunakan dalam dunia konstruksi bangunan yaitu :

1. Beton normal yaitu beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang merupakan beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah serta luas tulangan tanpa pratekan dan di rencanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama - sama dalam menahan gaya - gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak yaitu beton yang elemen betonya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan yaitu salah satu jenis sbeton yang telah di berikan tegangan dalam suatu bentuk, untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton di akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami dengan pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh malampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

2.2 Beton ringan

Beton ringan yaitu beton yang mempunyai berat satuan kurang dari 1900 kg/m^3 (SNI 03-2847-2002). Beton ringan didapat dengan membuat beton dari agregat ringan, penambahan udara, atau penambahan material yang memiliki berat satuan yang kecil.

2.2.1 klasifikasi agregat ringan

Menurut SNI 03-2461-2002 agregat ringan diklasifikasikan menjadi dua yakni :

1. Agregat ringan buatan yang merupakan hasil proses pengembangan, pemanasan atau sintering dari bahan terak tinggi, lempung, diatome, abu terbang, batu sabak, dan batu obsidian.
2. Agregat ringan alami diperoleh secara alami, seperti batu apung, *scoria*, batu letusan gunung atau batu lahar.

Tabel 2.1 Persyaratan Susunan Besar Butir Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural.

| Ukuran | Prosentase yang lulus angka (% berat) | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
| | 25 | 19 | 12,5 | 9,5 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,6 | 0,3 |
| Agregat halus: | | | | | | | | | |
| (4,75 - 0) mm | - | - | - | 100 | 85-100 | - | 40-80 | 10-35 | 5-25 |
| Agregat kasar: | | | | | | | | | |
| (25,0 - 4,75) mm | 95-100 | - | 25-60 | - | 0-10 | - | - | - | - |
| (19,0 - 4,75) mm | 100 | 90-100 | - | 10-50 | 0-15 | - | - | - | - |
| (12,5 - 4,75) mm | - | 100 | 90-100 | 40-80 | 0-20 | 0-10 | - | - | - |
| (9,5-2,36) mm | - | - | 100 | 80-100 | 5-40 | 0-20 | 0-10 | - | - |
| Kombinasi agregat halus dan kasar: | | | | | | | | | |
| (12,5 - 8,0) mm | - | 100 | 95-100 | - | 50-80 | - | - | 5-20 | 2-15 |
| (9,5 - 8,0) mm | - | - | 100 | 90-100 | 65-90 | 35-65 | - | 10-25 | 5-15 |

(Sumber: SNI 03-2461-2008)

Tabel 2.2 Persyaratan Sifat Fisis Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural

| No | Sifat fisis | Persyaratan |
|----|--|-------------|
| 1 | Berat Jenis | 1,0-1,8 |
| 2 | Penyerapan air maksimum (%), setelah direndam 24 jam | 20 |
| 3 | Berat isi maksimum: | |
| | - gembur kering (kg/cm) | 1120 |
| | - agregat halus | 880 |
| | - agregat kasar | 1040 |
| | - campuran agregat kasar dan halus | 60 |
| 4 | Nilai presentase volume padat (%) | 9-14 |
| 5 | Nilai 10% kehalusan (ton) | |
| 6 | Kadar bagian yang terapung setelah direndam dalam air 10 menit maksimum (%) | 5 |
| 7 | Kadar bahan yang mentah (clay dump) (%) | <1 |
| 8 | Nilai keawetan, jika dalam larutan magnesium sulfat selama 16-18 jam, bagian yang larut maksimum (%) | 12 |

CATATAN :
 Nilai keremukan ditentukan sebagai hasil bagi banyaknya fraksi yang lolos pada ayakan 2,4 mm dengan banyaknya bahan agregat kering oven semula dikalikan 100 %

Tabel 2.3 Persyaratan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Rata-Rata untuk
Beton Ringan Struktural (kg/cm^3)

| Berat isi kering udara 28 hari, maksimum (kg/cm^3) | Kuat tarik belah (tidak langsung) rata-rata (MPa) | Kuat tekan rata-rata, 28 hari, minimum (MPa) |
|---|---|--|
| Semua agregat ringan | | |
| 1760 | 2,2 | 28 |
| 1680 | 2,1 | 21 |
| 1600 | 2 | 17 |
| Agregat ringan dan pasir | | |
| 1840 | 2,3 | 28 |
| 1760 | 2,1 | 21 |
| 1680 | 2 | 17 |

CATATAN 1 Nilai kuat tekan dan berat isi diambil dari rata-rata tiga buah benda uji sedangkan kuat tarik belah diambil rata-rata dari enam benda uji,

CATATAN 2 Nilai antara untuk kekuatan tekan dan nilai berat isi yang berkait dapat dengan penambahan atau interpolasi,

CATATAN 3 Bahan-bahan yang tidak memenuhi persyaratan kuat tarik rata-rata minimum dapat digunakan bila rancangannya dimodifikasi untuk mengimbangi nilai yang lebih rendah,

CATATAN 4 $1 \text{ MPa} \approx 10 \text{ kg/cm}^2$

(Sumber: SNI 03-2461-2008)

2.2.2 Batu apung

Batu apung atau *pumice* adalah batuan yang terbentuk dari magma gunung berapi yang telah mengalami proses pendinginan diluar sehingga sering disebut batu leleran, leleran tersebut mengandung gas sehingga akibat dari pendinginan yang cepat menyebabkan batu apung tidak rata dan berongga-rongga (saputra, 2010).

Distribusi dari batu apung menurut SNI 03-2834-2000, yaitu gradasi yang memiliki diameter maksimum 12,5 mm.

Tabel 2.4 Syarat gradasi agregat kasar/batu apung

| Lubang ayakan (mm) | persen berat tembus kumulati (%) | | |
|-----------------------|----------------------------------|--------|---------|
| | 40 mm | 20 mm | 12,5 mm |
| 40 | 95-100 | 100 | 100 |
| 20 | 30-70 | 95-100 | 100 |
| 12,5 | - | - | 90-100 |
| 10 | 10-35 | 25-55 | 40-85 |

4,8

0-5

0-10

0-10

Adapun beberapa sifat fisik dari batu apung sendiri yaitu dijelaskan dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Sifat fisik batu apung

| Unsur | Kapasitas |
|---------------------------------|----------------------------|
| Bobot isi ruang | 480-960 kg/cm ³ |
| Peresapan air | 16,67% |
| Berat Jenis | 0,8 gr/cm ³ |
| Hantaran Suara | Rendah |
| Ratio kuat tekan terhadap beban | Tinggi |
| Konduktivitas terhadap api | Rendah |
| Ketahanan terhadap api | s/d 6 jam |

(Sumber: Batuan dan Mineral, 1987)

2.2.3 Pelapisan agregat

Pelapisan agregat yakni merupakan metode yang digunakan untuk tujuan tertentu. Pelapisan agregat biasanya menggunakan cat, tanah liat dan debu atau lumpur. Terdapat beberapa teknik pada pelapisan seperti dengan melapisi semua permukaan agregat atau melapisi sebagian agregat tergantung dari tujuannya (Munoz, 2005).

2.3 Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/fiber (ACI Committee 544, 1982). Bahan - bahan serat yang bisa di gunakan untuk memperbaiki sifat beton pada beton serat antara lain yaitu baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (ACI, 1982)

Tabel 2.6 Spesifikasi serat

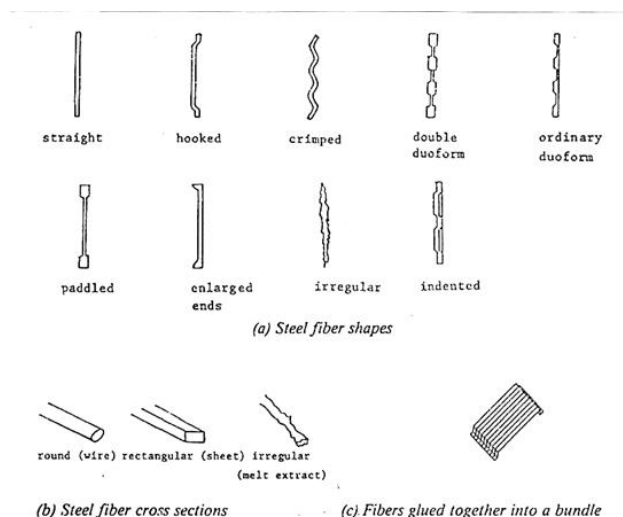
| Serat | Berat jenis | Kuat tarik (Ksi) | Modulus elastisitas (10 ³ Ksi) | Volume fraksi (%) | Diameter (inchi) | Panjang (inchi) |
|---------|-------------|------------------|---|-------------------|------------------|-----------------|
| Baja | 7,86 | 100 - 300 | 30 | 0,79 - 3 | 0,0005 - 0,04 | 0,5 - 1,5 |
| Kaca | 2,7 | > 180 | 11 | 2 - 8 | 0,004 - 0,03 | 0,5 - 1,5 |
| Plastik | 0,91 | > 100 | 0,14 - 1,2 | 1 - 3 | > 0,1 | 0,5 - 1,5 |
| Karbon | 1,6 | > 100 | > 7,2 | 1 - 5 | 0,0004 - 0,0008 | 0,02 - 05 |

(sumber : Soroushian dan Bayasi, 1987)

2.3.1 Serat Baja

Kelebihan serat ini adalah kekuatan dan modulus elastisitasnya yang tinggi, tetapi serat ini juga mempunyai kelemahan yaitu sangat korosif. Ada beberapa jenis fiber baja yang biasa digunakan (Soroushian dan Bayasi, 1991) :

1. Bentuk serat baja (*steel fiber shapes*)
 - a. Lurus (*straight*)
 - b. Berkait (*hooked*)
 - c. Bergelombang (*crimped*)
 - d. Double duo form
 - e. Ordinary duo form
 - f. Bundel (*paddled*)
 - g. Kedua ujung ditekuk (*enlarged ends*)
 - h. Tidak teratur (*irregular*)
 - i. Bergerigi (*indented*)
2. Penampang serat baja (*steel fiber cross section*)
 - a. Lingkaran atau kawat (*round* atau *wire*)
 - b. Persegi atau lembaran (*rectangular* atau *sheet*)
 - c. Tidak teratur atau bentuk dilelehkan (*irregular* atau *melt extract*)
3. Serat dilekatkan bersama dalam satu ikatan (*fiber glued together into a bundle*)



Gambar 2.1 Berbagai Tipe Bentuk Serat Baja

Sumber: (Soroushian dan Bayasi, 1991)

2.3.2 Serat *Polypropelene*

Serat *polypropelene* merupakan serat plastik. Serat plastik memiliki sifat ringan, tahan lama, tahan panas, tidak reaktif dengan semen dan tidak menyerap air. Selain itu modulus elastisitas yang dihasilkan antara 5000-17200 MPa dan kuat tarik 200-3030 MPa (Izzudin dkk, 2014).

2.3.3 Serat Kaca

Penggunaan serat kaca pada campuran beton mempengaruhi berat volume beton. Semakin banyak substitusi serat kaca pada campuran beton akan membuat berat volume beton berkurang. Nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari untuk kaca 6% ; 8% ; dan 10% mengalami peningkatan. Tetapi, nilai kuat beton pada variasi berikutnya yaitu kaca 12% dan 15% mengalami penurunan. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi kaca 10% yaitu 31,1 MPa (Handi Yohanes dkk, 2013).

2.3.4 Serat Karbon

Serat karbon mempunyai beberapa kelebihan yaitu tahan terhadap lingkungan agresif, stabil pada suhu yang tinggi, tahan terhadap abrasi, relatif kaku dan lebih tahan lama. Tetapi persebaran serat karbon di dalam adukan beton lebih sulit di bandingkan dengan serat jenis lain.

2.4 Pemanfaatan Serat dalam Campuran Beton

Beberapa penelitian yang menggunakan serat sebagai tambahan adukan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7

Berbagai Penelitian Tentang Beton Serat

| Nomor | Peneliti | Jenis Serat | Kesimpulan |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|--|
| 1. | Brigg, Bowen, Kolley (1979) | Serat Karnon | Bila $l/d > 100$, penyebaran serat tidak merata, bila $l/d < 100$ ikatan beton dan serat tidak baik |
| 2. | Naan dan Najam (1991) | Serat Baja | Sumbangan mekanis pull out serat baja dideform pada mortar besarnya > 100 kali dibanding serat polos |
| 3. | Bayasi dan Seng (1993) | Serat <i>Polypropylene</i> | Persentase volume serat $< 0,5\%$ tidak mempengaruhi <i>workability</i> , sedangkan apabila volume serat $> 0,5\%$ mempengaruhi <i>workability</i> |
| 4. | Suhendro (1997) | Serat Baja Kawat | Balok beton <i>fiber</i> memiliki kuat lentur dan retak meningkat 20% dibanding <i>non-fiber</i> baik sebelum atau sesudah pembebanan |
| 5. | Sudarmoko (2002) | Serat Baja Harex | Nilai <i>slump</i> menurun dari rata-rata 5,75 cm (non serat) menjadi 0,75 cm (serat 0,49%) |
| 6. | Dessy Chrysnawaty dan Sylvany (2002) | Serat Kain Sintetis | Kuat lentur beton mengalami peningkatan sampai konsentrasi serat 1%. Kuat tekan beton meningkat sampai konsentrasi serat 0,5%. |
| 7. | Ananta Ariatama (2005) | Serat kawat berkait | Kuat tekan meningkat 14,67% dan kuat lentur meningkat 48,06% |

2.5 Sifat Mekanik Beton

2.5.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan mengidentifikasi mutu dari beton. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah Standar Nasional Indonesia (SNI, 2011, p.8). Tegangan tekan beton merupakan perbandingan antara gaya yang mampu ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

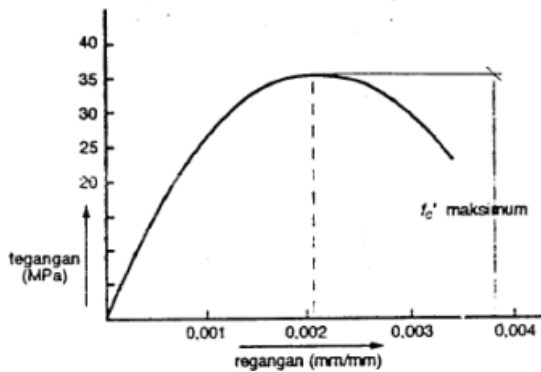
dengan :

- $f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 2.2 Uji kuat tekan beton

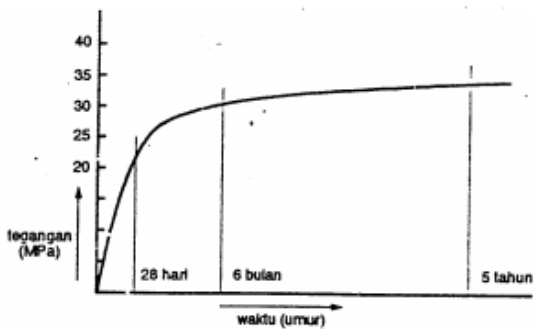
Kuat tekan masing-masing benda uji didapatkan dari tegangan tekan tertinggi ($f'c$) menggunakan mesin uji dengan peningkatan beban tekan bertingkat dan dengan kecepatan pembebanan tertentu. Tegangan tekan ($f'c$) beton yang dihasilkan bukan pada saat beton hancur, namun ketika tegangan maksimum beton mencapai regangan (ϵ_b) mencapai nilai $\pm 0,002$.



Gambar 2.3 Tegangan tekan benda uji beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.7)

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya, biasanya pada beton normal kuat tekan beton ditentukan pada umur 28 hari setelah pengecoran. Pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dari umur 28 hari, dan pada umur 14 hari kuat beton mencapai 85% - 90% dari kuat beton umur 28 hari.



Gambar 2.4 Diagram hubungan kuat beton dengan umur beton

Sumber: (Istimawan, 1996, p.9)

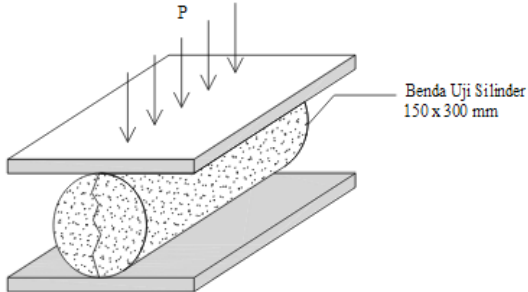
2.5.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan beton. Kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Istimawan, 1996, p.10). Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (SNI 03-2491-2002). Tegangan tarik yang timbul sesaat benda uji silinder terbelah disebut *split cylinder strength*.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2 - 2)$$

dengan :
 f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)

- P = Beban maksimum (N)
- L = Tinggi silinder beton (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 2.5 Uji kuat tarik belah beton silinder

2.5.3 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1999). Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang & Salmon, 1994). Berikut adalah rumus rumus Modulus Elastisitas yang biasa digunakan :

- a. Menurut Eurocode 2 (1992)

$$E_c = \frac{0,4 f'c}{\epsilon (0,4 f'c)} \dots\dots\dots (2 - 3)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

ϵ

= Regangan aksial (mm/mm)

$f'c$ = kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

- b. Menurut ASTM C469

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots (2 - 4)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan untuk regangan 0,00005

σ_2 = Tegangan 40% dari tegangan hancur ultimate

ε_1 = 0,00005

ε_2 = Regangan yang menghasilkan σ_2

c. Menurut SK SNI T-15-1991 :

Ada dua rumus yang tertulis pada SK SNI T-15-1991, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'_c{}^{0,5} \dots\dots\dots (2 - 5)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'_c{}^{0,5} \dots\dots\dots (2 - 6)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

W_c = Berat isi beton (kg/m^3)

f'_c = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

d. Menurut TS 500 (Turkey Standart)

$$E_c = (3250 \times \sqrt{f'_c}) + 14000 \dots\dots\dots (2 - 7)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

f'_c = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Rumus empiris untuk beton normal pada umumnya modulus elastisitas diambil sebesar $4700 \sqrt{f'_c}$. Pengujian modulus elastisitas biasanya menggunakan *extensometer* atau *strain gauge*. Namun pada penelitian ini, peneliti menggunakan alat *extensometer* untuk menguji modulus elastisitas beton. Pembacaan regangan pada *dial extensometer* dilihat untuk setiap penambahan beban dengan interval tertentu.



Gambar 2.6 Uji Modulus Elastisitas menggunakan extensometer

(Halaman Kosong)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium, yang merupakan sebuah penelitian eksperimental. Benda uji dalam penelitian ini menggunakan beton silinder yang dicampur dengan serat kaleng kemasan dengan fraksi 10% terhadap berat beton silinder. Dengan panjang serat 4 cm dan lebar 3 mm. Serta dalam penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa batu apung. Pengujian pada penelitian ini antara lain uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas, benda uji setelah beton berumur 28 hari. Pelaksanaan pada penelitian benda uji meliputi dua analisis sebagai berikut :

1. Analisis teori atau studi literatur yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi sifat mekanik beton silinder berserat, sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, dimana dari data teknis pada benda uji beton silinder berserat yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Waktu penelitian yaitu oktober 2017 sampai selesai.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

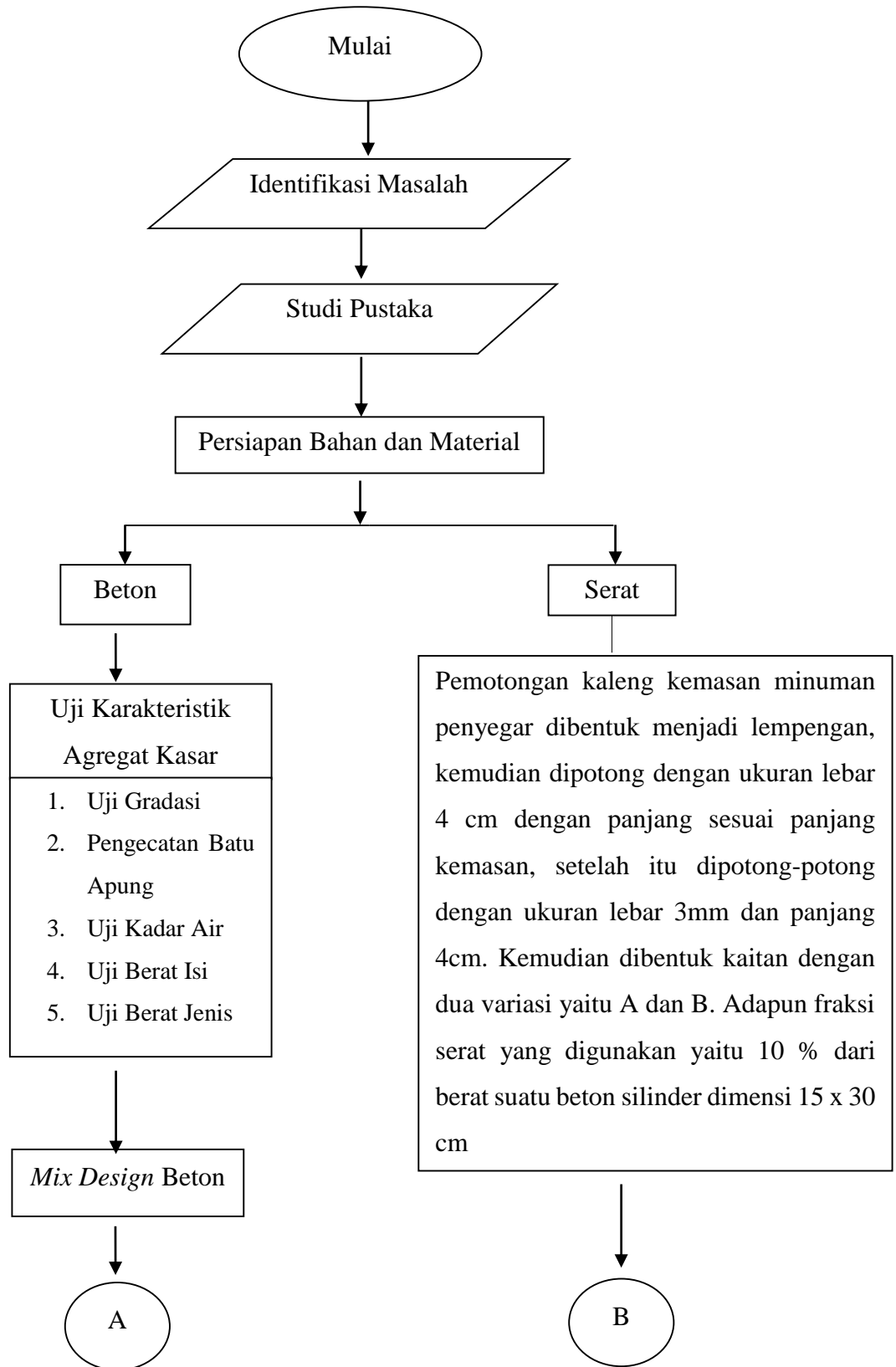
- Satu set ayakan
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 – 10 gr.
- Keranjang besi dilengkapi dengan alat penggantung keranjang untuk pengujian *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar
- Piknometer kapasitas 500 gram untuk pengujian *specific gravity* agregat halus.
- Oven
- Cetakan silinder (*bekisiting*) dengan diameter dalam 15 cm dan tinggi 30 cm yang terbuat dari besi untuk mencetak beton yang digunakan sebagai benda uji.
- Mesin pencampur beton (*concrete mixer*)
- Tongkat pemadat
- Alat uji *slump*
- Alat Uji Tekan Silinder
- Alat Uji Tarik belah Silinder
- Karung Goni
- Alat kompresor
- UTM
- LVDT
- Pemotong kertas
- Penggaris
- Plastik
- Spidol

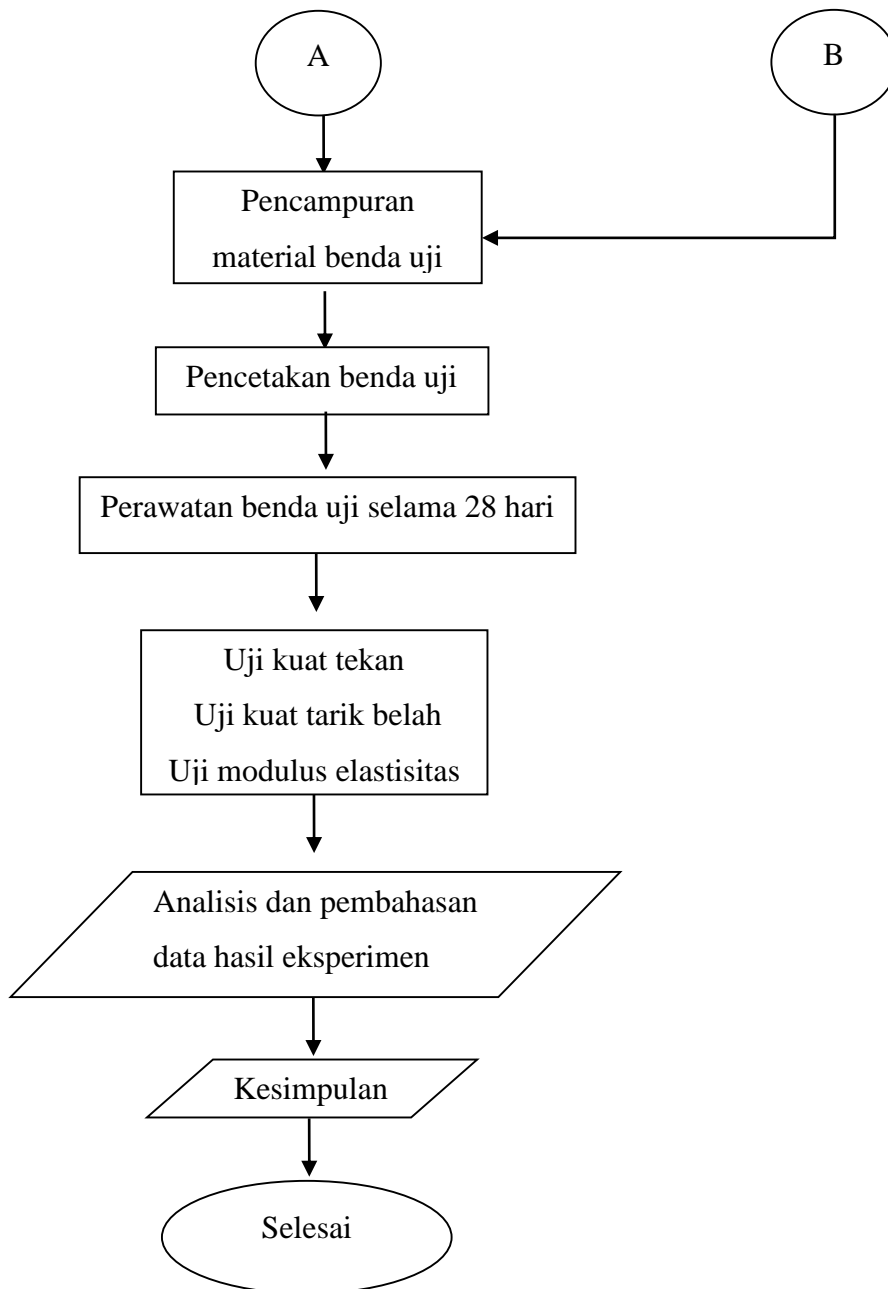
Bahan yang digunakan adalah :

1. Portland Pozzoland Cement (PPC)
2. Serat dari kaleng kemasan minuman penyegar panjang 4cm dan lebar 3mm yang telah dibuat variasi pengaitnya A dan B
3. Agregat halus berupa pasir dari pasaran

4. Agregat kasar berupa batu apung yang didapat dari pasaran
5. Cat jenis keramik
6. Air bersih dari PDAM kota Malang

3.4 Diagram Alir Penelitian





3.5 Analisa Bahan

3.5.1 Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Gresik tipe PPC. Pada bahan semen tidak dilakukan pengujian khusus.

3.5.2 Air

Air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Kota Malang, maka tidak dilakukan pengujian secara khusus.

3.5.3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan yaitu pasir. Pasir yang didapat dari pasaran akan tetap dijaga dari adanya kotoran organik dan non organik maupun lumpur.

3.5.4. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian kali ini ada dua jenis, yaitu kerikil batu pecah dan batu apung.

3.5.5 Cat keramik

Untuk cat jenis keramik menggunakan merk cat yang ada di pasaran.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap pertama

Tahap pertama yaitu tahap persiapan, yakni pengadaan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan benda uji. Tahap – tahap yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan gradasi agregat kasar.
2. Pengujian kadar air agregat kasar.
3. Pengujian berat isi agregat kasar.
4. Pengujian berat jenis agregat kasar.
5. Persiapan perencanaan *mix design* (mutu beton dengan kuat tekan rencana $f'c = 17$ MPa)
6. Persiapan pemotongan serat kaleng dengan panjang kaleng 4 cm serta lebar 3 mm
7. Mengait serat kaleng sesuai variasi
8. Berat serat yang digunakan dalam campuran beton silinder 10% .

3.6.2 Tahap kedua

Tahap kedua adalah tahap pembuatan dan perawatan (*curing*) benda uji untuk masing-masing variasi dari serat kaleng yang telah direncanakan. Jumlah benda uji yang dibuat yaitu total 12 buah, dengan jumlah kebutuhan uji tarik, uji tekan dan modulus elastisitas masing – masing 3 untuk tiap variasi kait serat kaleng A dan B dengan dimensi panjang 4 cm dan lebar 3 mm. Berikut keterangan variasi kait pada serat kelang :



Kait A

Kait B

Gambar 3.1 Panjang serat kaleng

Langkah – langkah yang dimaksud pada tahap kedua antara lain :

1. Persiapan bekisting, yaitu dengan mengolesi bagian dalam bekisting menggunakan oli. Tujuannya adalah untuk memudahkan benda uji untuk dilepaskan dari cetakan setelah 24 jam.
2. Penimbangan dari material benda uji sesuai dengan komposisi berat pada perencanaan *mix design*, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen dan air.
3. Penimbangan berat fraksi serat kaleng sesuai dengan yang direncanakan, yaitu 10% dari berat beton silinder.
4. Pengecoran atau pencampuran material benda uji yang diperlukan yaitu dengan menggunakan *concrete mixer* agar semua material tercampur homogen.
5. Melakukan uji *slump* yaitu untuk mengetahui kelecakan (*workability*) mortar.
6. Pembentukan benda uji ke dalam cetakan silinder (*bekisting*) dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian setelah 24 jam, *bekisting* dilepas.
7. Perawatan (*curing*) untuk benda uji yang dilakukan selama 7 hari.

3.6.3 Tahap ketiga

Tahap ketiga dari prosedur penelitian ini adalah tahap dari pengujian sifat mekanik beton silinder yang berumur 28 hari dan pengolahan data hasil pengujian. Langkah-langkah dari pengujiannya antara lain:

1. Melapisi permukaan atas benda uji beton silinder menggunakan serbuk belerang yang telah dilelehkan *caping*.
2. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas yang dilakukan bersamaan pada benda uji yang sama menggunakan *compression machine* untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan dari benda uji.
3. Uji kuat tarik belah untuk benda uji menggunakan *compression machine* agar mendapatkan nilai kuat tarik belah.
4. Pengamatan dan pencatatan dari data hasil pengujian baik uji kuat tekan, modulus elastisitas dan uji kuat tarik belah.

5. Pengolahan dan analisis data dari hasil pengamatan selama pengujian.
6. Penarikan untuk kesimpulan.

3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.7.1 Uji *Slump*

Uji slump dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) pada setiap pengecoran benda uji baik beton normal, beton ringan, maupun beton serat.

Alat – alat yang digunakan dalam pengujian *slump* yaitu :

1. Cetakan dari logam yang tebal berbentuk kerucut
2. Pelat untuk tempat perletakan cetakan kerucut
3. Tongkat untuk pemadat

Sedangkan langkah–langkah pengujiannya yaitu :

1. Basahi cetakan dan pelat, dengan kain basah
2. Letakan cetakan diatas pelat dengan kokoh dan pastikan permukaannya tidak miring
3. Isi cetakan hingga penuh dengan mortar dalam tiga lapis. Setiap lapisan kira - kira berisi 1/3 dari isi cetakan dan setiap lapisan ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, untuk penusukan tiap tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah pemadatan selesai, ratakanlah permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan–lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian hingga cetakan harus dalam jangka waktu 2,5 menit.
5. Cetakan dibalik dan diletakkan disamping benda uji, kemudian slump diukur dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi dari benda uji, nilai slump yang diharapkan pada penelitian ini adalah 7,5 - 15 cm. Berikut dibawah dijelaskan nilai *slump* yang biasa digunakan, dan kaitannya dengan pengaplikasian beton dalam bidang kosntruksi sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971.

Tabel 3.1

Nilai – nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

| Uraian | Nilai Slump (cm) | |
|--------|------------------|---------|
| | Maksimum | Minimum |
| | | |

| | | |
|--|------|-----|
| Dinding, pelat fondasi, dan fondasi telapak bertulang | 12,5 | 5,0 |
| Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi di bawah tanah | 9,0 | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom, dan dinding | 15,0 | 7,5 |
| Pengerasan jalan | 7,5 | 5,0 |
| Pembetonan masal | 7,5 | 2,5 |

Sumber : PBI 1971 cetakan keempat (1971,p.38)

3.7.2 Uji Kuat Tarik Belah

1. Bahan

Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari

2. Peralatan

- a. *Compression Testing Machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- c. Spidol/alat bantu untuk penandaan
- d. Penggaris atau mistar
- e. Pelat dasar dengan permukaan rata yang terbuat dari besi
- f. Bantalan penekan dari besi serta di bagian bawahnya terdapat lapisan yang terbuat dari *plywood*

3. Pelaksanaan

- a. Timbanglah benda uji dan catat hasilnya.
- b. Memberi tanda pada sisi atas atau bawah dari benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir *specimen*, sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama.
- c. Memusatkan dan meletakkan pelat dasar tepat ditengah mesin uji kuat tekan sebagai tumpuan perletakkan benda uji
- d. Meletakkan benda uji diatas pelat dasar dan pastikan garis yang telah ditandai terletak tepat di tengah dari pelat dasar. Untuk menahan benda uji agar tidak menggelinding, sementara diberi penahan berupa kerikil kecil pada sisi kiri dan kanan benda uji.
- e. Memasang bantalan penekan, pastikan garis diameter yang telah dibuat pada benda uji, terletak segaris dengan bagian tengah dari bantalan penekan. Setelah itu naikkan *compression machine* secara perlahan sampai menyentuh bagian atas bantalan penekan.
- f. Setelah bantalan penekan dipastikan telah menekan benda uji, maka penahan pada sisi kanan dan kiri benda uji dilepaskan.

- g. Lakukan pembebanan secara terus–menerus dengan laju konstan sampai keruntuhan tarik terjadi.
- h. Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji mengalami keruntuhan.

3.7.3 Uji Modulus Elastisitas Dan Kuat Tekan

Pengujian Modulus Elastisitas dilakukan saat bersamaan dengan Uji Kuat Tekan. Sehingga untuk satu benda uji dapat dilakukan dua pengujian sekaligus, yaitu uji kuat tekan dan modulus elastisitas

1. Bahan

Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari yang sudah di *capping*

2. Peralatan

- a. *Compression Testing Machine*
- b. Alat *Extensometer*
- c. Tripod dan kamera

3. Pelaksanaan

- a. Timbanglah benda uji dan catat hasilnya
- b. Mengatur alat *extensometer* pada benda uji, pastikan baut dan mur pada *extensometer* dipasang dengan kencang agar tidak akan lepas saat dilakukan pengujian.
- c. Letakkan benda uji yang telah dipasang alat *extensometer* pada *compression testing machine*
- d. Lepaskan pengeang pada alat *extensometer* kemudian aturlah *dial extensometer* ke angka nol
- e. Siapkan kamera didepan *compression testing machine* untuk merekam perubahan yang terjadi pada *dial extensometer* selama pengujian
- f. Nyalakan *compression testing machine* dan atur agar kenaikan yang didapat konstan
- g. Rekamlah selama proses pengujian berlangsung, hingga benda uji hancur
- h. Setelah benda uji hancur, periksalah hasil dokumentasi dan catat *displacement longitudinal* yang terbaca pada *dial extensometer* setiap penambahan beban 10 kN.

3.8 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi kait serat kaleng kemasan yang dicampurkan ke dalam adukan beton ringan beragregat kasar batu apung atau *pumice.s*

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

3.9 Metode Analisis Data

Pengambilan data yang dilakukan dengan dua cara yaitu data hasil studi literatur dan data hasil pengujian benda uji berupa beton silinder dengan campuran serat kaleng kemasan yang berumur 28 hari. Data hasil studi literatur yaitu data kuat tekan rencana yang dapat diterima beton silinder ($f'_c = 17$ MPa) yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan *mix design*.

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian terhadap beton silinder berserat di laboratorium. Dari pengamatan selama pengujian diperoleh nilai masing-masing kait terhadap pengujian sifat mekanik beton sehingga dapat diketahui kait mana yang lebih efektif dan baik untuk digunakan.

3.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah untuk membandingkan variasi kait mana yang lebih baik dan efektif digunakan pada kehidupan sehari-hari dengan pengaplikasian serat pada beton ringan, dan apakah berpengaruh terhadap pengujian sifat mekanis beton yaitu uji tekan, uji tarik belah, dan modulus elastisitas. Sehingga serat A dapat menjadi serat yang lebih baik dan efektif dikarenakan mengikuti salah satu bentuk serat baja berupa *hooked* menurut (Soroushian dan Bayasi, 1991), namun belum spesifik karena hasil penelitian serat A tersebut diaplikasikan pada beton normal yang beragregat kasar kerikil.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

4.1.1 Kaleng kemasan

- **Karakteristik Kaleng kemasan**

Jenis Kaleng : Limbah Kaleng Kemasan yang ada dipasaran

Material : Alumunium

Diameter : 40 mm x 2 mm

- **Berat Isi Kawat**

Kaleng kemasan yang digunakan dalam penelitian ini dipotong dengan pajang kaleng sepanjang 40 mm dan lebar 3 mm. Sedangkan variasi kait kaleng yang dicampurkan ke dalam adukan mortar adalah kait A dan B sebanyak 10 % dari berat silinder. Hasil pemeriksaan berat isi Kaleng dijelaskan pada tabel 4.1

Berat air + cawan = 221,2 gr

Berat cawan = 3,2 gr

Berat jenis air = 1 gr/cm³

V silinder = 5298,75 cm³ = 12,717 kg

Tabel 4.1

Berat isi kaleng hasil pengujian

| No | Berat Fiber | | Volume Air (cm3) | Berat isi fiber | | W fiber 1% | |
|----|--------------|--------------|--------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|
| | Loose (gr) | Dense (gr) | | Loose (gr/cm3) | Dense (gr/cm3) | Loose (gr) | Dense (gr) |
| 1 | 17,2 | 26,4 | 218 | 0,0789 | 0,1211 | 4,1807 | 6,4168 |
| 2 | 18 | 26,4 | 218 | 0,0826 | 0,1211 | 4,3751 | 6,4168 |
| 3 | 20,6 | 22 | 218 | 0,0945 | 0,1009 | 5,0071 | 5,3474 |
| 4 | 18,2 | 23,2 | 218 | 0,0835 | 0,1064 | 4,4237 | 5,6390 |
| 5 | 17 | 28,4 | 218 | 0,0780 | 0,1303 | 4,1321 | 6,9030 |
| 6 | 16,4 | 23 | 218 | 0,0752 | 0,1055 | 3,9862 | 5,5904 |
| 7 | 16,6 | 24,2 | 218 | 0,0761 | 0,1110 | 4,0348 | 5,8821 |
| 8 | 17,6 | 24,4 | 218 | 0,0807 | 0,1119 | 4,2779 | 5,9307 |
| 9 | 17,6 | 26,8 | 218 | 0,0807 | 0,1229 | 4,2779 | 6,5141 |
| 10 | 17 | 27,6 | 218 | 0,0780 | 0,1266 | 4,1321 | 6,7085 |
| 11 | 16 | 25,6 | 218 | 0,0734 | 0,1174 | 3,8890 | 6,2224 |
| 12 | 14,8 | 25,2 | 218 | 0,0679 | 0,1156 | 3,5973 | 6,1252 |
| 13 | 15,8 | 24,4 | 218 | 0,0725 | 0,1119 | 3,8404 | 5,9307 |

| | | | | | | | |
|----|----|------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 14 | 18 | 24,2 | 218 | 0,0826 | 0,1110 | 4,3751 | 5,8821 |
|----|----|------|-----|--------|--------|--------|--------|

| No | Berat Fiber | | Volume Air (cm3) | Berat isi fiber | | W fiber 1% | |
|----|--------------|--------------|--------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|
| | Loose (gr) | Dense (gr) | | Loose (gr/cm3) | Dense (gr/cm3) | Loose (gr) | Dense (gr) |
| 15 | 15,8 | 26,4 | 218 | 0,0725 | 0,1211 | 3,8404 | 6,4168 |
| 16 | 15,8 | 24,8 | 218 | 0,0725 | 0,1138 | 3,8404 | 6,0279 |
| 17 | 16 | 25,6 | 218 | 0,0734 | 0,1174 | 3,8890 | 6,2224 |
| 18 | 15,8 | 25,4 | 218 | 0,0725 | 0,1165 | 3,8404 | 6,1738 |
| 19 | 15,8 | 25,4 | 218 | 0,0725 | 0,1165 | 3,8404 | 6,1738 |
| 20 | 16,4 | 25,8 | 218 | 0,0752 | 0,1183 | 3,9862 | 6,2710 |
| 21 | 16,4 | 26,2 | 218 | 0,0752 | 0,1202 | 3,9862 | 6,3682 |
| 22 | 15,8 | 25 | 218 | 0,0725 | 0,1147 | 3,8404 | 6,0765 |
| 23 | 16,4 | 28,8 | 218 | 0,0752 | 0,1321 | 3,9862 | 7,0002 |
| 24 | 16,2 | 26,8 | 218 | 0,0743 | 0,1229 | 3,9376 | 6,5141 |
| 25 | 16,4 | 27 | 218 | 0,0752 | 0,1239 | 3,9862 | 6,5627 |
| 26 | 16 | 29,2 | 218 | 0,0734 | 0,1339 | 3,8890 | 7,0974 |
| 27 | 17,8 | 24,4 | 218 | 0,0817 | 0,1119 | 4,3265 | 5,9307 |
| 28 | 16,6 | 27,8 | 218 | 0,0761 | 0,1275 | 4,0348 | 6,7571 |
| 29 | 15,2 | 26,4 | 218 | 0,0697 | 0,1211 | 3,6945 | 6,4168 |
| 30 | 16 | 24,4 | 218 | 0,0734 | 0,1119 | 3,8890 | 5,9307 |
| | | | Nilai Rata-Rata | 2,4683 | 33,5583 | 18,6782 | 6,3713 |
| | | | Nilai Max | 11,1000 | 156,0000 | 144,5000 | 7,0974 |
| | | | Nilai Min | 0,0697 | 0,1119 | 3,6945 | 5,9307 |

4.1.2 Perencanaan *Mix Design* Beton

Perencanaan *Mix Design* yang digunakan dalam percobaan ini merupakan perbandingan volume komposisi semen : pasir : batu apung 25% dan kerikil 75%

| Jenis Material | Berat jenis | Berat (kg) | Volume | Perb. |
|----------------|----------------------|------------|-------------------|--------|
| | (kg/m ³) | | (m ³) | Volume |
| Semen | 1350 | 363 | 0.268 | 1 |
| Pasir | 1400 | 743 | 0.530 | 2 |
| Kerikil | 1300 | 1069 | 0.822 | 3 |
| Air | 1000 | 225 | 0.225 | 1 |

Tabel 4.2

Perencanaan *Mix Design* Beton Normal dengan Menggunakan Perbandingan Volume 1:2:3:1

| | |
|-----------|----------------------------|
| Benda Uji | Material Untuk 1 Benda Uji |
|-----------|----------------------------|

| | Semen (kg) | Air (kg) | Pasir (kg) | Kerikil (kg) | fiber (gr) | fiber (kg) |
|--------------|--------------|------------|--------------|----------------|------------|------------|
| Beton Normal | 3,02 | 1,51 | 4,53 | 6,04 | 0,00 | 0,00 |

Tabel 4.3

Perencanaan *Mix Design* Beton dengan Agregat Batu Apung dan Fiber kaleng 10% Menggunakan Perbandingan Volume 1:2:3:1

| Benda Uji | Material Untuk 1 Benda Uji | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|--------------|---------------|--------------|------------|------------|
| | Semen (kg) | Air (kg) | Pasir (kg) | Krikil (kg) | Pumis (kg) | fiber (gr) | fiber (kg) |
| Pumis 25% Beton Fiber | 3,02 | 1,51 | 4,53 | 4,53 | 2,13 | 0 | 0 |
| 10% | 3,02 | 1,51 | 4,53 | 4,53 | 2,13 | 242,67 | 0,24 |

Campuran beton menggunakan nilai FAS sebesar 0,5 dari berat semen. Faktor air semen didapatkan dari ketentuan yang berlaku pada SNI 03-3449-2002.

4.2 Hasil pengujian Benda Uji

4.2.1 Pengujian Beton Segar (Uji *slump*)

Beton yang baru keluar dari mesin pengaduk adalah beton segar. Pengujian yang dilakukan adalah uji *slump*. Beton segar dituang dari mesin pengaduk ke bak penampungan. Kemudian didapatkan nilai *slump* yang berguna untuk menunjukkan sifat kelecakan (*workability*) dalam campuran beton. Nilai *slump* diperoleh dari besarnya penurunan campuran beton segar yang telah dimasukkan kedalam kerucut Abrams dan diisi tiap $\frac{1}{3}$ bagian dengan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah itu, alat uji *slump* diangkat searah vertikal untuk memperoleh nilai *slump*. Hasil pengujian *slump* didapatkan nilai *slump* sebesar 9 cm pada benda uji KAIT B, nilai pada pengujian ini menunjukkan bahwa nilai tersebut telah memenuhi untuk dilakukan pengujian selanjutnya.



Gambar 4.1 Proses Uji *Slump*

Tabel 4.4

Hasil Pengujian Beton Segar

| NO | BENDA UJI | NILAI SLUMP (cm) | Rata-Rata (cm) |
|----|--------------------------|---------------------|----------------|
| 1 | KAIT A 1 | 16 | 16 |
| 2 | KAIT A 2 | 16 | |
| 3 | KAIT A 3 | 16 | |
| 4 | KAIT A 4 | 16 | |
| 5 | KAIT A 5 | 16 | |
| 6 | KAIT A 6 | 16 | |
| 7 | KAIT B 1 | 9 | 9 |
| 8 | KAIT B 2 | 9 | |
| 9 | KAIT B 3 | 9 | |
| 10 | KAIT B 4 | 9 | |
| 11 | KAIT B 5 | 9 | |
| 12 | KAIT B 6 | 9 | |
| 13 | BETON NORMAL PUMICE 1 | 24,5 | 24,5 |
| 14 | BETON NORMAL PUMICE 2 | 24,5 | |

| | | | |
|----|-----------------------------|------|------|
| 15 | BETON NORMAL PUMICE 3 | 24,5 | 24,5 |
| 16 | BETON NORMAL PUMICE 4 | 24,5 | |
| 17 | BETON NORMAL PUMICE 5 | 24,5 | |
| 18 | BETON NORMAL PUMICE 6 | 24,5 | |
| 19 | BETON FIBER TANPA KAIT 1 | 24,5 | |
| 20 | BETON FIBER TANPA KAIT 2 | 24,5 | |
| 21 | BETON FIBER TANPA KAIT 3 | 24,5 | |
| 22 | BETON FIBER TANPA KAIT 4 | 24,5 | |
| 23 | BETON FIBER TANPA KAIT 5 | 24,5 | |
| 24 | BETON FIBER TANPA KAIT 6 | 24,5 | |

Berdasarkan hasil uji *slump* pada tabel di atas. diperoleh nilai slump rata – rata sebesar 16, 9, dan 24,5 cm dengan nilai terkecil 9 cm dan nilai terbesar 24,5 cm. Nilai slump tertinggi pada beton normal dan beton dengan *fiber* tanpa kait atau lurus yang beragregat kasar *pumice* dengan nilai 24,5 cm. Sedangkan nilai *slump* terkecil terdapat pada beton dengan variasi Kait B dengan nilai rata – rata 9 cm.

Nilai slump yang tidak konsisten dikarenakan pada saat pelaksanaan pengujian, terjadi beberapa kesalahan, yaitu kurang cepatnya mengangkat cetakan kerucut dan kerucut diangkat dalam keadaan tidak tegak lurus. Namun, sesuai dengan syarat yang telah dijelaskan pada Bab 3 mengenai Peraturan Beton Indonesia (PBI) 1971 mengenai “nilai-nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton” bahwa syarat yang ditetapkan untuk pekerjaan beton pelat, balok, kolom dan dinding adalah 7.5

cm – 15 cm. Sehingga dapat dinyatakan bahwa, hanya nilai uji slump untuk benda uji dengan variasi kait B yang memenuhi syarat.

4.2.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian tekan beton dilakukan pada umur 28 hari untuk mendapatkan nilai dari kuat tekan beton. Benda uji silinder beton dibuat sebanyak 24 buah untuk masing – masing jenis beton, yaitu 6 buah untuk beton normal dan 6 buah untuk beton dengan agregat batu apung 25% berjumlah 6, beton fiber 10% dengan tanpa kait atau lurus 6, 6 buah benda uji dengan serat kaleng kait tipe A, dan 6 buah untuk jenis kait B. sehingga total silinder beton sebanyak 24 buah, dimana ukuran tinggi silinder 30 cm dan diameter 15 cm. Pada setiap benda uji dilakukan perawatan dengan cara merendam benda uji dalam air untuk meminimalisir proses hidrasi pada beton sehingga tidak terjadi retakan atau susut pada beton. Proses ini dilakukan selama 7 hari setelah beton di cor. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah silinder beton berumur 28 hari.

Proses pencampuran dilakukan dengan bantuan mesin *mixer* berkapasitas 150 kilogram. Material yang pertama dimasukkan adalah agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran diameter 1 – 2 mm atau batu apung dengan ukuran diameter 1 – 2 mm, lalu dilanjutkan dengan memasukkan pasir, semen dan air. Air dimasukkan kedalam *mixer* secara perlahan agar air tercampur merata ke setiap material.



Gambar 4.2 Proses Pencampuran Material Beton Menggunakan *mixer*

Setelah proses pencampuran selesai, campuran beton dimasukkan kedalam bekisting silinder dengan cara dituangkan perlahan sambil ditumbuk agar merata ke seluruh bagian bekisting.



Gambar 4.3 Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder dan Berat Isi Silinder

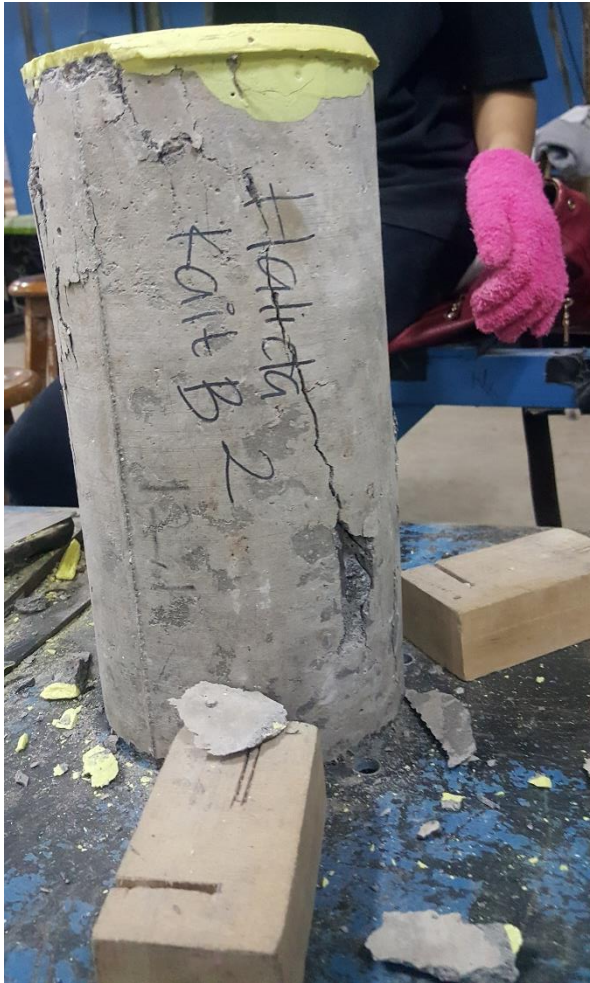
| Benda Uji | Berat Isi (kg/m ³) | Rata - rata | Kuat Tekan (Mpa) | Rata - rata |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Beton Normal Pumice 1 | 2311,320755 | 2270,440252 | 10,861 | 10,408 |
| Beton Normal Pumice 2 | 2245,283019 | | 9,842 | |
| Beton Normal Pumice 3 | 2254,716981 | | 10,521 | |
| KAIT A 1 | 2273,584906 | 2213,836478 | 16,121 | 15,065 |
| KAIT A 2 | 2245,283019 | | 17,309 | |
| KAIT A 3 | 2122,641509 | | 11,766 | |

| | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|--------|--------|
| KAIT B 1 | 2254,716981 | 2232,704403 | 23,305 | 17,366 |
| KAIT B 2 | 2226,415094 | | 14,255 | |
| KAIT B 3 | 2216,981132 | | 14,537 | |
| Beton FIBER TANPA KAIT 1 | 2160,377358 | 2226,415094 | 7,919 | 9,239 |
| Beton FIBER TANPA KAIT 2 | 2207,54717 | | 8,259 | |
| Beton FIBER TANPA KAIT 3 | 2311,320755 | | 11,539 | |

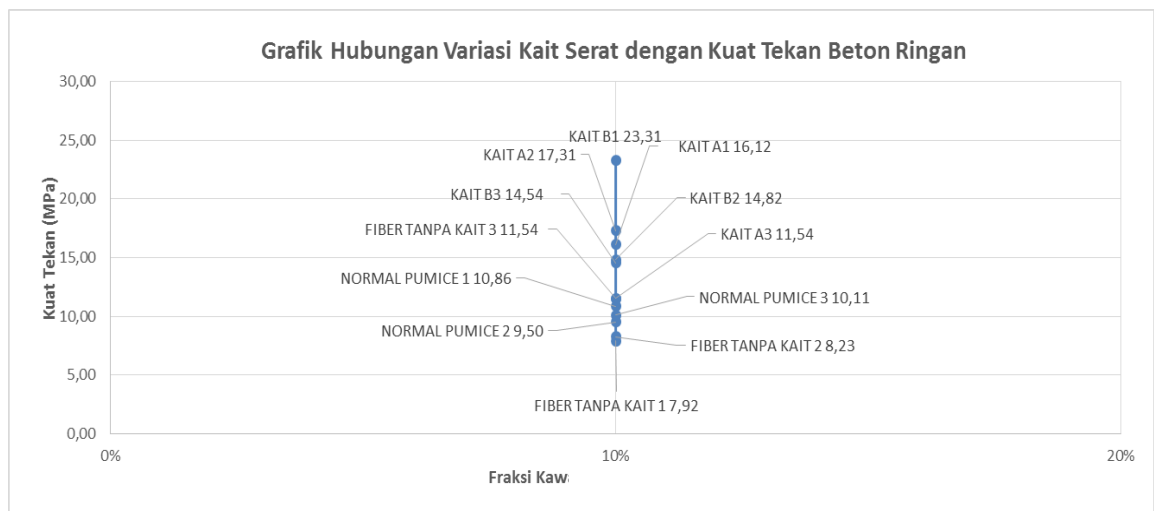
Berdasarkan perhitungan tabel diatas, berat isi beton normal *pumice* lebih tinggi dibandingkan beton yang ditambahkan serat. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan serat Kaleng pada campuran beton, mengakibatkan berkurangnya jumlah agegat kasar maupun agregat halus yang ditambahkan. Sehingga berat beton yang ditambahkan serat menjadi lebih kecil dibandingkan beton normal dan mengakibatkan berat isi beton juga berkurang, karena berat beton berbanding lurus dengan berat isi beton.

Selain itu, kesalahan pada saat pemadatan mortar saat dimasukkan ke dalam cetakan silinder juga menjadi alasan menurunnya berat isi beton. Pemukulan pada bekisting silinder bertujuan untuk mengurangi pori-pori yang ada pada beton. Namun karena terjadi kesalahan. Seperti yang telah dijelaskan, hal ini menimbulkan banyaknya pori-pori kecil pada benda uji, yang berakibat berat beton juga berkurang.

Sesuai dengan SNI 03-2834-2000 bahwa berat isi beton pada umumnya berkisar antara 2200 – 2500 kg/m³. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berat isi benda uji pada penelitian ini telah memenuhi syarat yang ditetapkan.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Variasi Kait serat dengan kuat tekan Beton

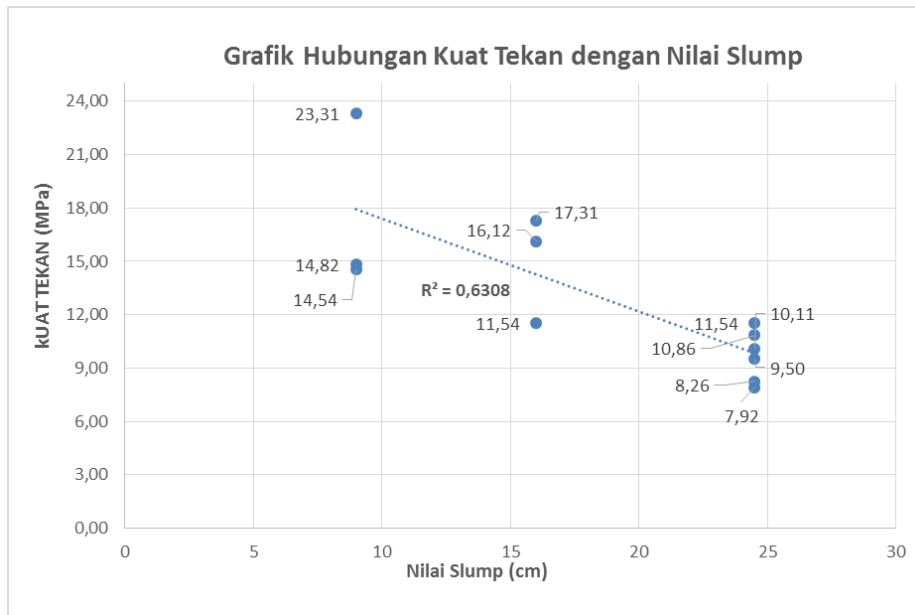
Dari gambar grafik tersebut dapat terlihat KAIT B memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 23,31 MPa, sedangkan KAIT A hanya 17,31 MPa kuat tekanya yang tertinggi dan beton normal *pumice* dengan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 10,86 Mpa. Serta

nilai *fiber* tanpa kait hanya 11,54 Mpa. Berikut merupakan hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai slump yang didapat selama penelitian kami yang akan ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian uji kuat tekan dan nilai slump

| NO | KODE BENDA UJI | KUAT TEKAN (Mpa) | KUAT TEKAN RATA-RATA (Mpa) | Slump |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------|---|--------------|
| 1 | KAIT A 1 | 16,12 | 14,95 | 16 |
| 2 | KAIT A 2 | 17,31 | | 16 |
| 3 | KAIT A 3 | 11,43 | | 16 |
| 4 | KAIT B 1 | 23,31 | 17,18 | 9 |
| 5 | KAIT B 2 | 14,82 | | 9 |
| 6 | KAIT B 3 | 13,41 | | 9 |
| 7 | BETON NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 10,16 | 24,5 |
| 8 | BETON NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | | 24,5 |
| 9 | BETON NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | | 24,5 |
| 10 | BETON FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 9,24 | 24,5 |
| 11 | BETON FIBER TANPA KAIT 2 | 8,259 | | 24,5 |
| 12 | BETON FIBER TANPA KAIT 3 | 11,539 | | 24,5 |

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai uji slump yang memiliki nilai terendah adalah KAIT B yaitu dengan nilai slump 9, semakin kecil nilai slump maka nilai kuat tekannya akan semakin besar, karena beton yang memiliki nilai slump tinggi yaitu memiliki kadar air yang diatas rata-rata atau diatas standar sehingga sifat dari beton tersebut akan kurang kuat dalam menerima gaya. Berikut gambar grafik dari hubungan antara kuat tekan dan nilai slump pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara nilai slump dengan kuat tekan Beton

Dari gambar 4.6 telah kita ketahui bahwa semakin tinggi kuat tekan nya karena memiliki nilai *slump* yang rendah, sebagai contoh kait B kuat tekanya mencapai 23,31 Mpa, dengan nilai *slump* 9, dan beton fiber tanpa kait hanya memiliki kuat tekan 7,92 Mpa karena memiliki nilai slump yang tinggi yaitu 24,5 cm. Berikut adalah hasil kuat tekan dengan deformasi yang terjadi pada masing-masing benda uji :

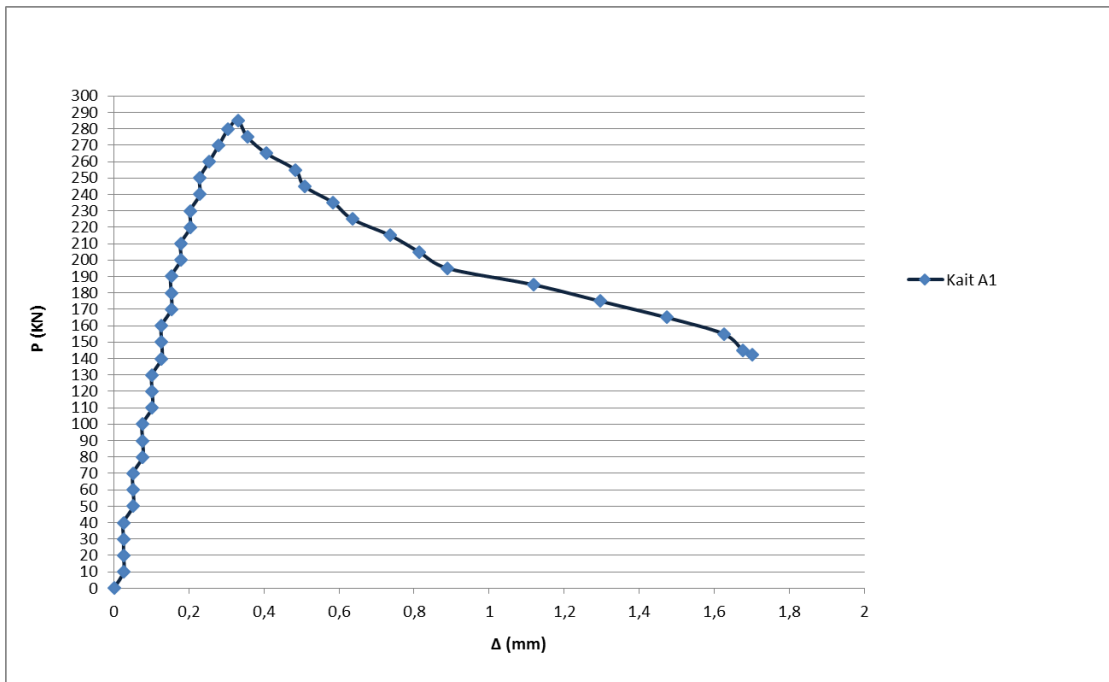
1. Kait A
 - Kait A1

Tabel 4.7 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait A1

| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,001 | 0,0254 |
| 20 | 0,001 | 0,0254 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,002 | 0,0508 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,003 | 0,0762 |
| 90 | 0,003 | 0,0762 |
| 100 | 0,003 | 0,0762 |
| 110 | 0,004 | 0,1016 |
| 120 | 0,004 | 0,1016 |
| 130 | 0,004 | 0,1016 |
| 140 | 0,005 | 0,127 |
| 150 | 0,005 | 0,127 |
| 160 | 0,005 | 0,127 |
| 170 | 0,006 | 0,1524 |

| | | |
|-----|-------|--------|
| 180 | 0,006 | 0,1524 |
| 190 | 0,006 | 0,1524 |
| 200 | 0,007 | 0,1778 |
| 210 | 0,007 | 0,1778 |
| 220 | 0,008 | 0,2032 |
| 230 | 0,008 | 0,2032 |
| 240 | 0,009 | 0,2286 |
| 250 | 0,009 | 0,2286 |
| 260 | 0,01 | 0,254 |
| 270 | 0,011 | 0,2794 |
| 280 | 0,012 | 0,3048 |
| 285 | 0,013 | 0,3302 |
| 275 | 0,014 | 0,3556 |
| 265 | 0,016 | 0,4064 |
| 255 | 0,019 | 0,4826 |
| 245 | 0,02 | 0,508 |
| 235 | 0,023 | 0,5842 |

| | | |
|-------|-------|--------|
| 225 | 0,025 | 0,635 |
| 215 | 0,029 | 0,7366 |
| 205 | 0,032 | 0,8128 |
| 195 | 0,035 | 0,889 |
| 185 | 0,044 | 1,1176 |
| 175 | 0,051 | 1,2954 |
| 165 | 0,058 | 1,4732 |
| 155 | 0,064 | 1,6256 |
| 145 | 0,066 | 1,6764 |
| 142,5 | 0,067 | 1,7018 |



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A1

Pada kait A1 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 285 KN tercantum dalam tabel 4.7 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,3302 mm.

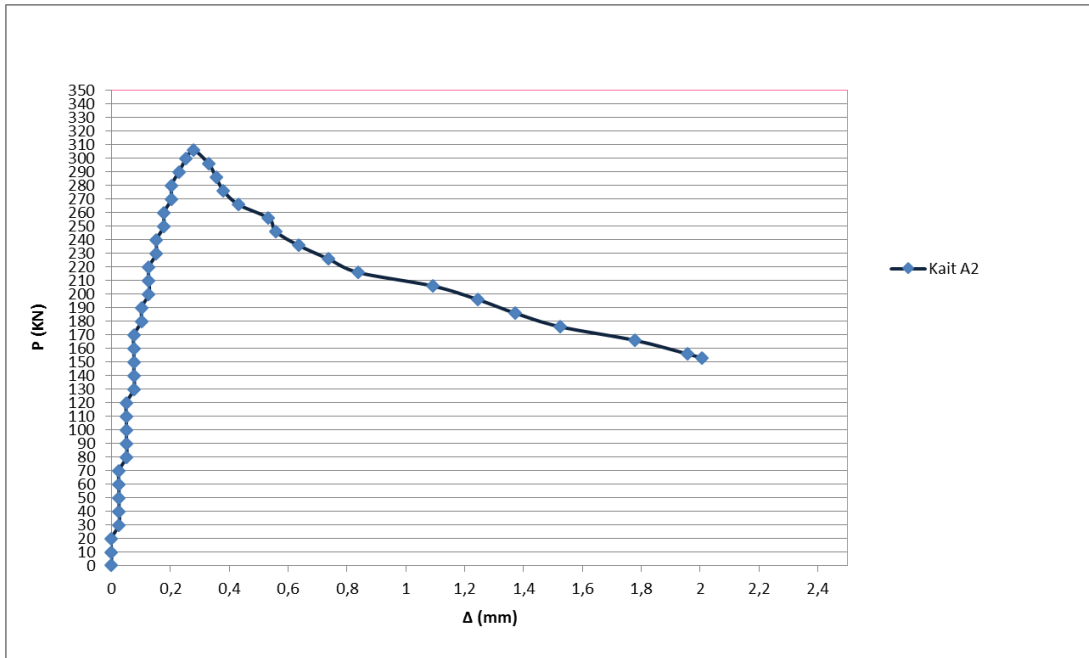
- Kait A2

Tabel 4.8 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait A2

| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-----------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,001 | 0,0254 |
| 70 | 0,001 | 0,0254 |
| 80 | 0,002 | 0,0508 |
| 90 | 0,002 | 0,0508 |
| 100 | 0,002 | 0,0508 |
| 110 | 0,002 | 0,0508 |
| 120 | 0,002 | 0,0508 |
| 130 | 0,003 | 0,0762 |
| 140 | 0,003 | 0,0762 |
| 150 | 0,003 | 0,0762 |
| 160 | 0,003 | 0,0762 |
| 170 | 0,003 | 0,0762 |

| | | |
|-----|-------|--------|
| 180 | 0,004 | 0,1016 |
| 190 | 0,004 | 0,1016 |
| 200 | 0,005 | 0,127 |
| 210 | 0,005 | 0,127 |
| 220 | 0,005 | 0,127 |
| 230 | 0,006 | 0,1524 |
| 240 | 0,006 | 0,1524 |
| 250 | 0,007 | 0,1778 |
| 260 | 0,007 | 0,1778 |
| 270 | 0,008 | 0,2032 |
| 280 | 0,008 | 0,2032 |
| 290 | 0,009 | 0,2286 |
| 300 | 0,01 | 0,254 |
| 306 | 0,011 | 0,2794 |
| 296 | 0,013 | 0,3302 |
| 286 | 0,014 | 0,3556 |
| 276 | 0,015 | 0,381 |
| 266 | 0,017 | 0,4318 |

| | | |
|-----|-------|--------|
| 256 | 0,021 | 0,5334 |
| 246 | 0,022 | 0,5588 |
| 236 | 0,025 | 0,635 |
| 226 | 0,029 | 0,7366 |
| 216 | 0,033 | 0,8382 |
| 206 | 0,043 | 1,0922 |
| 196 | 0,049 | 1,2446 |
| 186 | 0,054 | 1,3716 |
| 176 | 0,06 | 1,524 |
| 166 | 0,07 | 1,778 |
| 156 | 0,077 | 1,9558 |
| 153 | 0,079 | 2,0066 |



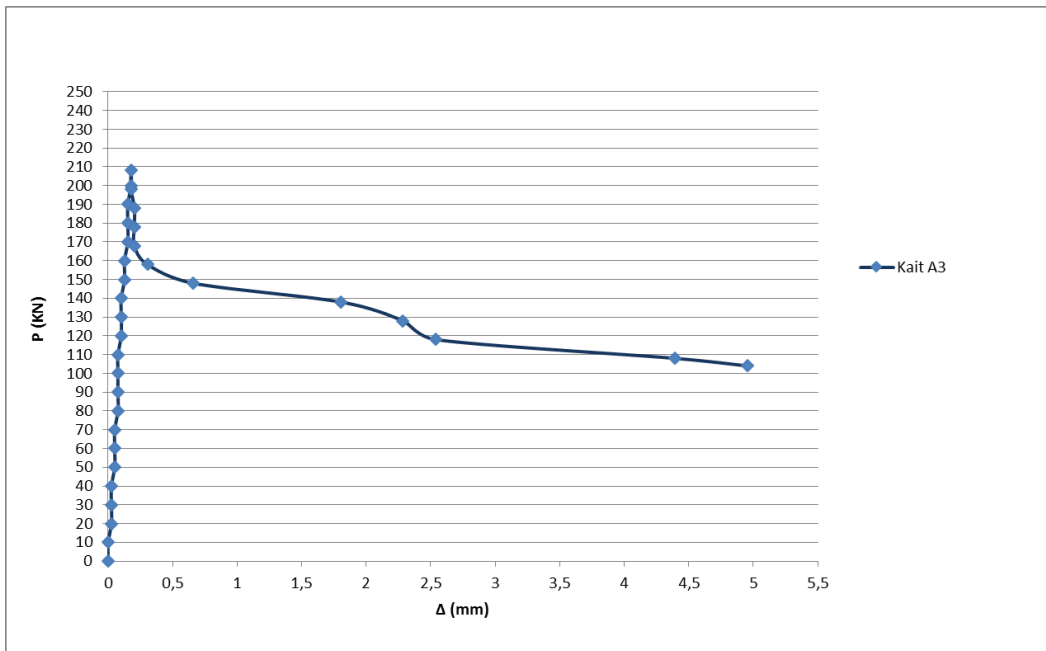
Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A2

Pada kait A2 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 306 KN tercantum dalam tabel 4.8 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,2794 mm.

- Kait A3

Tabel 4.9 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait A3

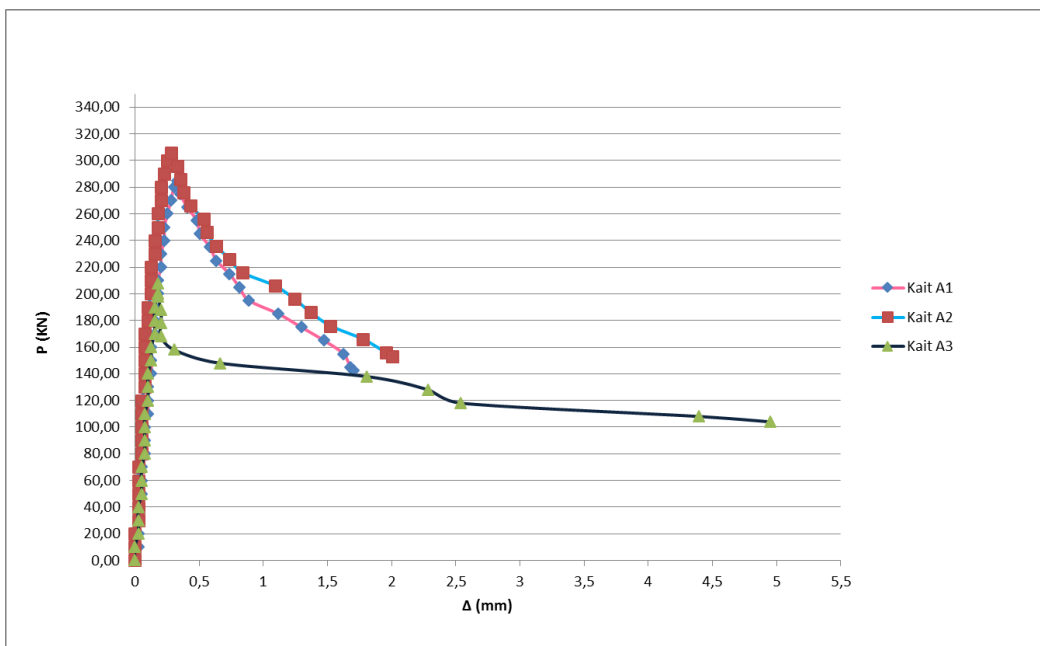
| BEBAN (KN) | ΔL (inch) | ΔL (mm) |
|------------|-----------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0,001 | 0,0254 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,002 | 0,0508 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,003 | 0,0762 |
| 90 | 0,003 | 0,0762 |
| 100 | 0,003 | 0,0762 |
| 110 | 0,003 | 0,0762 |
| 120 | 0,004 | 0,1016 |
| 130 | 0,004 | 0,1016 |
| 140 | 0,004 | 0,1016 |
| 150 | 0,005 | 0,127 |
| 160 | 0,005 | 0,127 |
| 170 | 0,006 | 0,1524 |
| 180 | 0,006 | 0,1524 |
| 190 | 0,006 | 0,1524 |
| 200 | 0,007 | 0,1778 |
| 208 | 0,007 | 0,1778 |
| 198 | 0,007 | 0,1778 |
| 188 | 0,008 | 0,2032 |
| 178 | 0,008 | 0,2032 |
| 168 | 0,008 | 0,2032 |
| 158 | 0,012 | 0,3048 |
| 148 | 0,026 | 0,6604 |
| 138 | 0,071 | 1,8034 |
| 128 | 0,09 | 2,286 |
| 118 | 0,1 | 2,54 |
| 108 | 0,173 | 4,3942 |
| 104 | 0,195 | 4,953 |



Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A3

Pada kait A3 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 208 KN tercantum dalam tabel 4.9 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1778 mm.

- Gabungan Kait A



Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait A

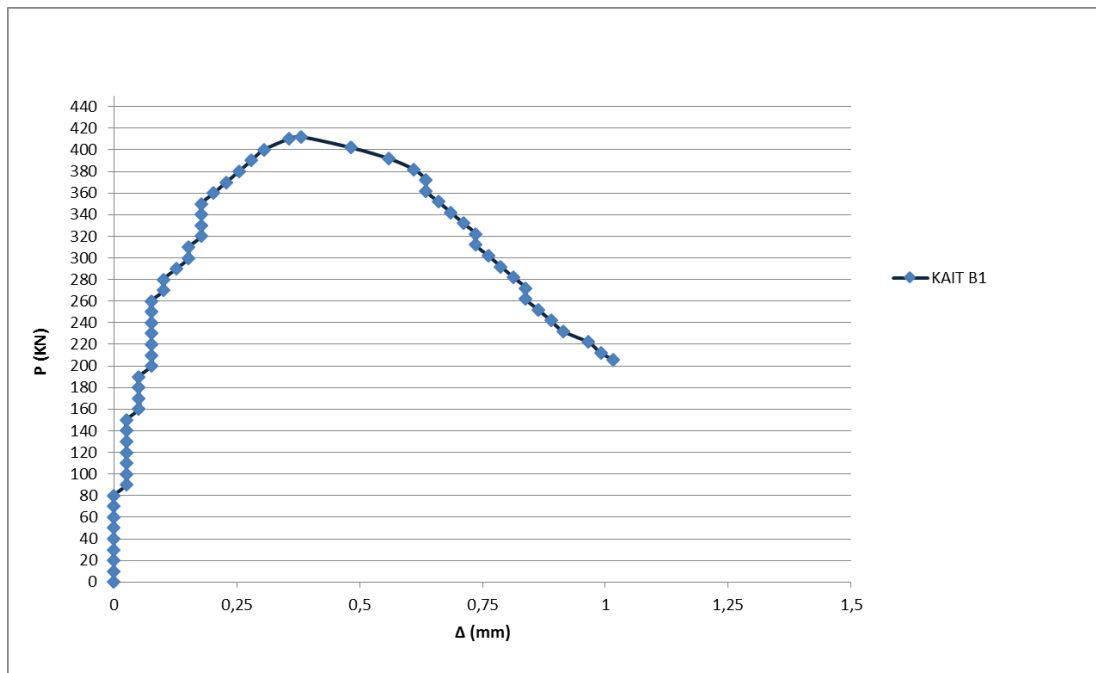
Pada grafik gabungan kait A diatas didapatkan kait A2 lebih kuat dalam menahan kuat tekan atau beban dan lebih daktail dibandingkan dengan kait A1 dan A3, dengan nilai beban maksimum sebesar 306 KN tercantum dalam tabel 4.8 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,2794 mm pada kait A2.

2. Kait B

- Kait B1

Tabel 4.10 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait B1

| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 0 |
| 50 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 0 |
| 70 | 0 | 0 |
| 80 | 0 | 0 |
| 90 | 0,001 | 0,0254 |
| 100 | 0,001 | 0,0254 |
| 110 | 0,001 | 0,0254 |
| 120 | 0,001 | 0,0254 |
| 130 | 0,001 | 0,0254 |
| 140 | 0,001 | 0,0254 |
| 150 | 0,001 | 0,0254 |
| 160 | 0,002 | 0,0508 |
| 170 | 0,002 | 0,0508 |
| 180 | 0,002 | 0,0508 |
| 190 | 0,002 | 0,0508 |
| 200 | 0,003 | 0,0762 |
| 210 | 0,003 | 0,0762 |
| 220 | 0,003 | 0,0762 |
| 230 | 0,003 | 0,0762 |
| 240 | 0,003 | 0,0762 |
| 250 | 0,003 | 0,0762 |
| 260 | 0,003 | 0,0762 |
| 270 | 0,004 | 0,1016 |
| 280 | 0,004 | 0,1016 |
| 290 | 0,005 | 0,127 |
| 300 | 0,006 | 0,1524 |
| 310 | 0,006 | 0,1524 |
| 320 | 0,007 | 0,1778 |
| 330 | 0,007 | 0,1778 |
| 340 | 0,007 | 0,1778 |
| 350 | 0,007 | 0,1778 |
| 360 | 0,008 | 0,2032 |
| 370 | 0,009 | 0,2286 |
| 380 | 0,01 | 0,254 |
| 390 | 0,011 | 0,2794 |
| 400 | 0,012 | 0,3048 |
| 410 | 0,014 | 0,3556 |
| 412 | 0,015 | 0,381 |
| 402 | 0,019 | 0,4826 |
| 392 | 0,022 | 0,5588 |
| 382 | 0,024 | 0,6096 |
| 372 | 0,025 | 0,635 |
| 362 | 0,025 | 0,635 |
| 352 | 0,026 | 0,6604 |
| 342 | 0,027 | 0,6858 |
| 332 | 0,028 | 0,7112 |
| 322 | 0,029 | 0,7366 |
| 312 | 0,029 | 0,7366 |
| 302 | 0,03 | 0,762 |
| 292 | 0,031 | 0,7874 |
| 282 | 0,032 | 0,8128 |
| 272 | 0,033 | 0,8382 |
| 262 | 0,033 | 0,8382 |
| 252 | 0,034 | 0,8636 |
| 242 | 0,035 | 0,889 |
| 232 | 0,036 | 0,9144 |
| 222 | 0,038 | 0,9652 |
| 212 | 0,039 | 0,9906 |
| 206 | 0,04 | 1,016 |



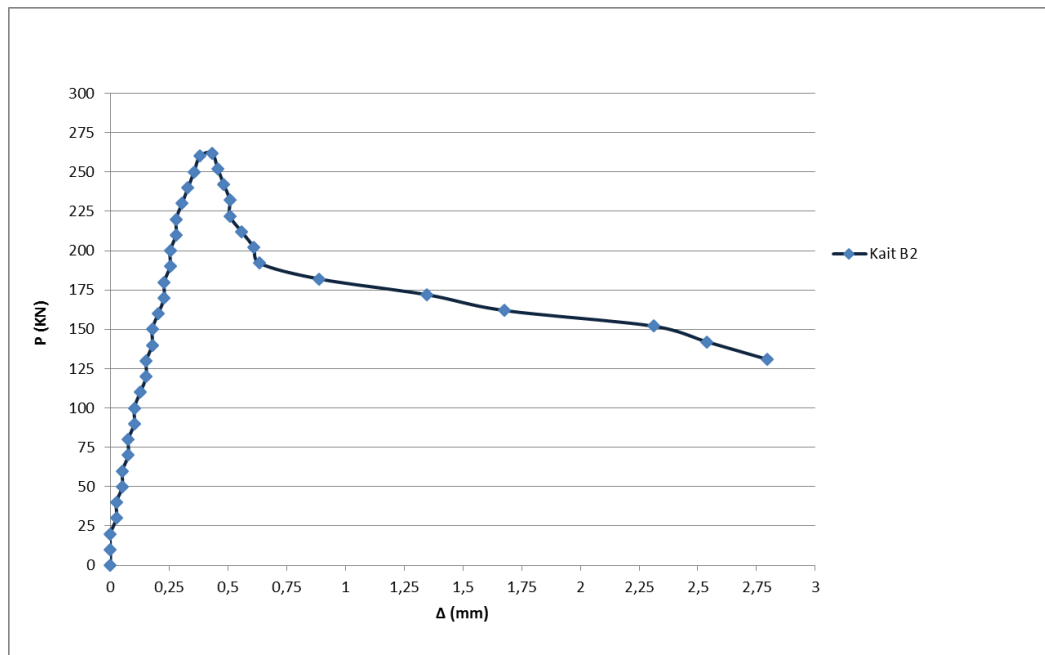
Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi B1

Pada kait B1 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 412 KN tercantum dalam tabel 4.10 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,381 mm.

- Kait B2

Tabel 4.11 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait B2

| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,002 | 0,0508 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,003 | 0,0762 |
| 80 | 0,003 | 0,0762 |
| 90 | 0,004 | 0,1016 |
| 100 | 0,004 | 0,1016 |
| 110 | 0,005 | 0,127 |
| 120 | 0,006 | 0,1524 |
| 130 | 0,006 | 0,1524 |
| 140 | 0,007 | 0,1778 |
| 150 | 0,007 | 0,1778 |
| 160 | 0,008 | 0,2032 |
| 170 | 0,009 | 0,2286 |
| 180 | 0,009 | 0,2286 |
| 190 | 0,01 | 0,254 |
| 200 | 0,01 | 0,254 |
| 210 | 0,011 | 0,2794 |
| 220 | 0,011 | 0,2794 |
| 230 | 0,012 | 0,3048 |
| 240 | 0,013 | 0,3302 |
| 250 | 0,014 | 0,3556 |
| 260 | 0,015 | 0,381 |
| 262 | 0,017 | 0,4318 |
| 252 | 0,018 | 0,4572 |
| 242 | 0,019 | 0,4826 |
| 232 | 0,02 | 0,508 |
| 222 | 0,02 | 0,508 |
| 212 | 0,022 | 0,5588 |
| 202 | 0,024 | 0,6096 |



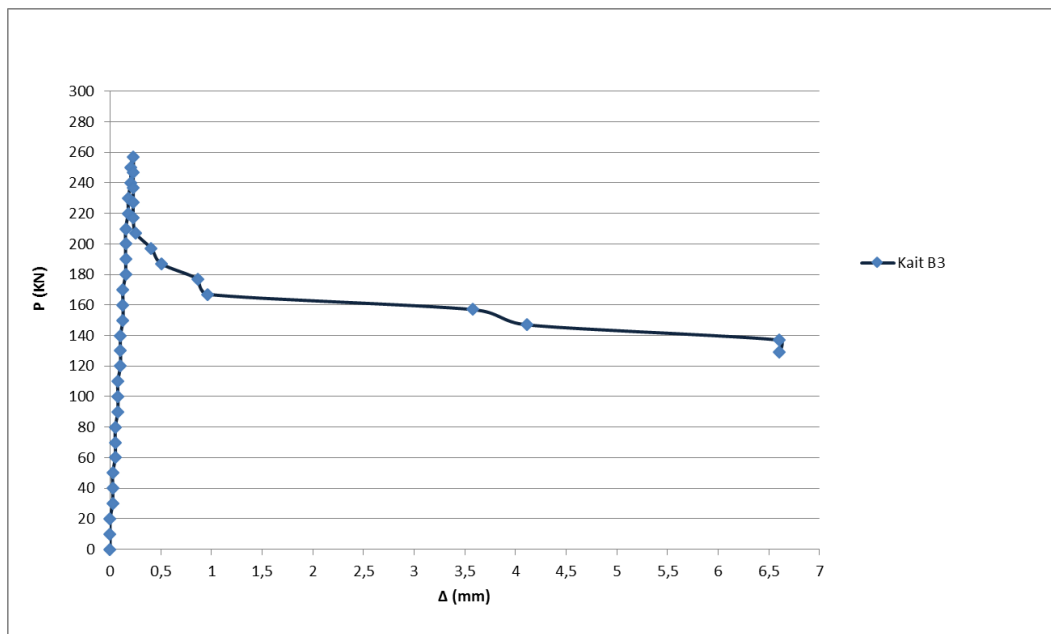
Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi B2

Pada kait B2 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 262 KN tercantum dalam tabel 4.11 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,4381 mm.

- Kait B3

Tabel 4.12 Hasil Pembacaan *Extensometer* kait B3

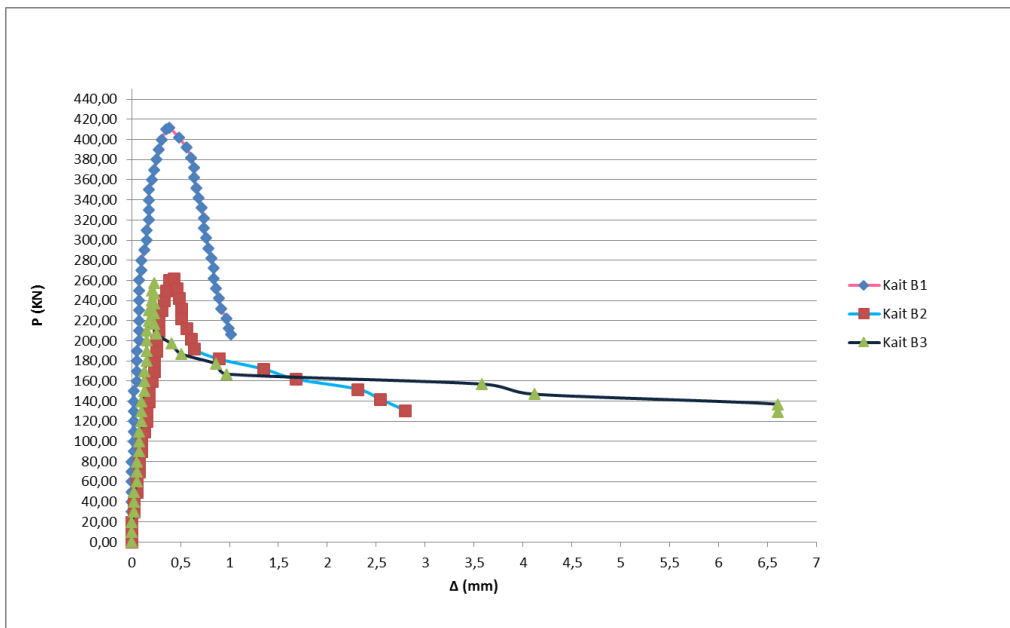
| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,002 | 0,0508 |
| 90 | 0,003 | 0,0762 |
| 100 | 0,003 | 0,0762 |
| 110 | 0,003 | 0,0762 |
| 120 | 0,004 | 0,1016 |
| 130 | 0,004 | 0,1016 |
| 140 | 0,004 | 0,1016 |
| 150 | 0,005 | 0,127 |
| 160 | 0,005 | 0,127 |
| 170 | 0,005 | 0,127 |
| 180 | 0,006 | 0,1524 |
| 190 | 0,006 | 0,1524 |
| 200 | 0,006 | 0,1524 |
| 210 | 0,006 | 0,1524 |
| 220 | 0,007 | 0,1778 |
| 230 | 0,007 | 0,1778 |
| 240 | 0,008 | 0,2032 |
| 250 | 0,008 | 0,2032 |
| 257 | 0,009 | 0,2286 |
| 247 | 0,009 | 0,2286 |
| 237 | 0,009 | 0,2286 |
| 227 | 0,009 | 0,2286 |
| 217 | 0,009 | 0,2286 |
| 207 | 0,01 | 0,254 |
| 197 | 0,016 | 0,4064 |
| 187 | 0,02 | 0,508 |
| 177 | 0,034 | 0,8636 |
| 167 | 0,038 | 0,9652 |
| 157 | 0,141 | 3,5814 |
| 147 | 0,162 | 4,1148 |
| 137 | 0,26 | 6,604 |
| 129 | 0,26 | 6,604 |



Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi

Pada kait B3 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 257 KN tercantum dalam tabel 4.11 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,2286 mm.

- Gabungan Kait B



Gambar 4.14 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi kait B

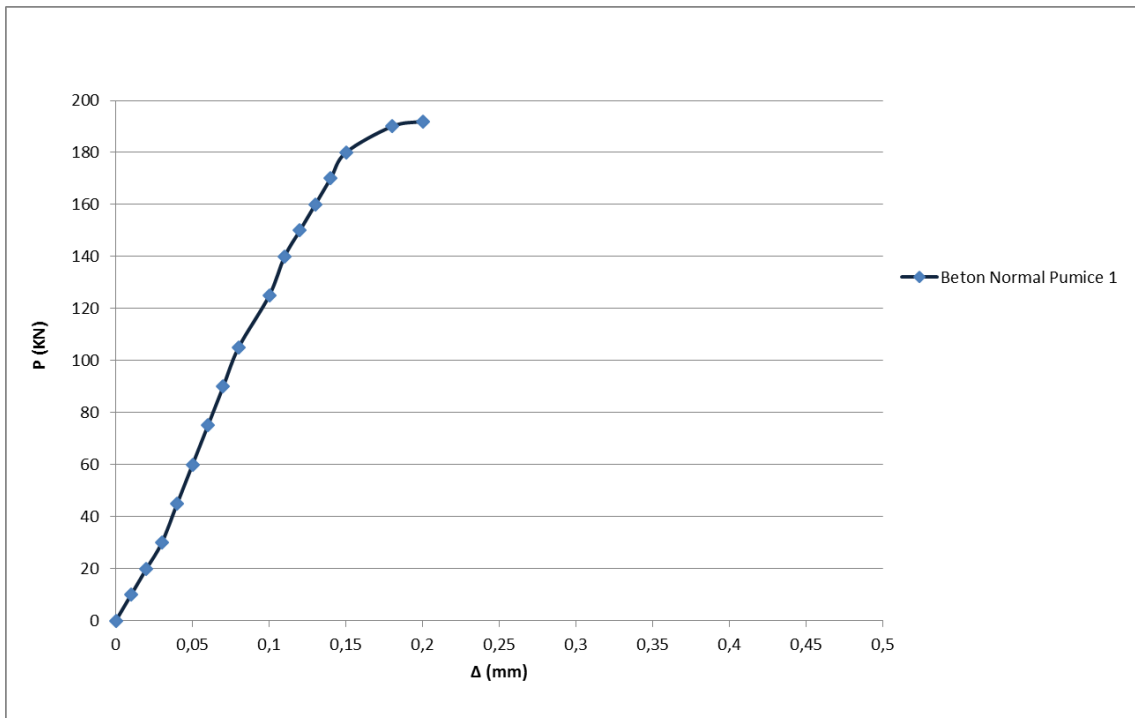
Pada grafik gabungan kait B diatas didapatkan kait B2 lebih kuat dalam menahan kuat tekan atau beban dan lebih daktail dibandingkan dengan kait B1 dan B3, dengan nilai beban maksimum sebesar 262 KN tercantum dalam tabel 4.11 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,4381 mm pada kait B2.

3. Beton Normal *Pumice*

- Beton Normal *Pumice* 1

Tabel 4.13 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice* 1

| BEBAN (KN) | ΔL (mm) |
|------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| 10 | 0,01 |
| 20 | 0,02 |
| 30 | 0,03 |
| 40 | 0,04 |
| 50 | 0,04 |
| 60 | 0,05 |
| 70 | 0,06 |
| 80 | 0,06 |
| 90 | 0,07 |
| 100 | 0,08 |
| 110 | 0,08 |
| 120 | 0,1 |
| 130 | 0,1 |
| 140 | 0,11 |
| 150 | 0,12 |
| 160 | 0,13 |
| 170 | 0,14 |
| 180 | 0,15 |
| 190 | 0,18 |
| 192 | 0,2 |



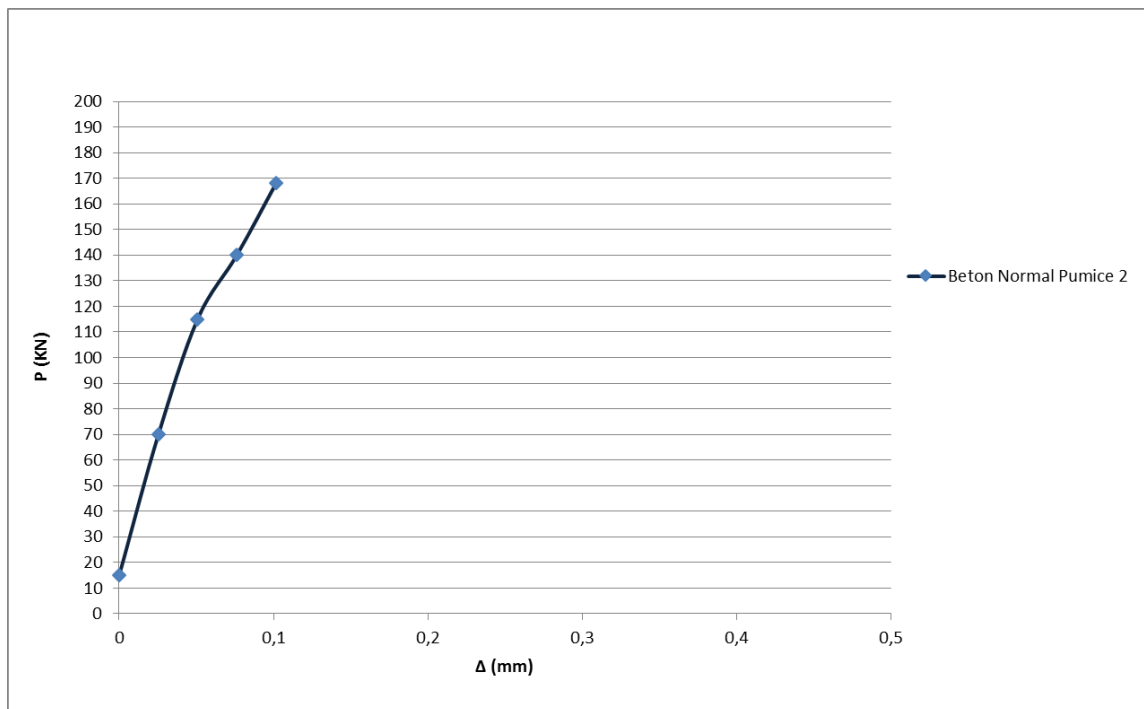
Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal *Pumice* 1

Pada Beton Normal *Pumice* 1 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 192 KN tercantum dalam tabel 4.13 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,2 mm

- Beton Normal *Pumice* 2

Tabel 4.14 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice* 2

| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-----------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,001 | 0,0254 |
| 70 | 0,001 | 0,0254 |
| 80 | 0,001 | 0,0254 |
| 90 | 0,001 | 0,0254 |
| 100 | 0,001 | 0,0254 |
| 110 | 0,002 | 0,0508 |
| 120 | 0,002 | 0,0508 |
| 130 | 0,003 | 0,0762 |
| 140 | 0,003 | 0,0762 |
| 150 | 0,003 | 0,0762 |
| 160 | 0,004 | 0,1016 |
| 170 | 0,004 | 0,1016 |
| 174 | 0,004 | 0,1016 |



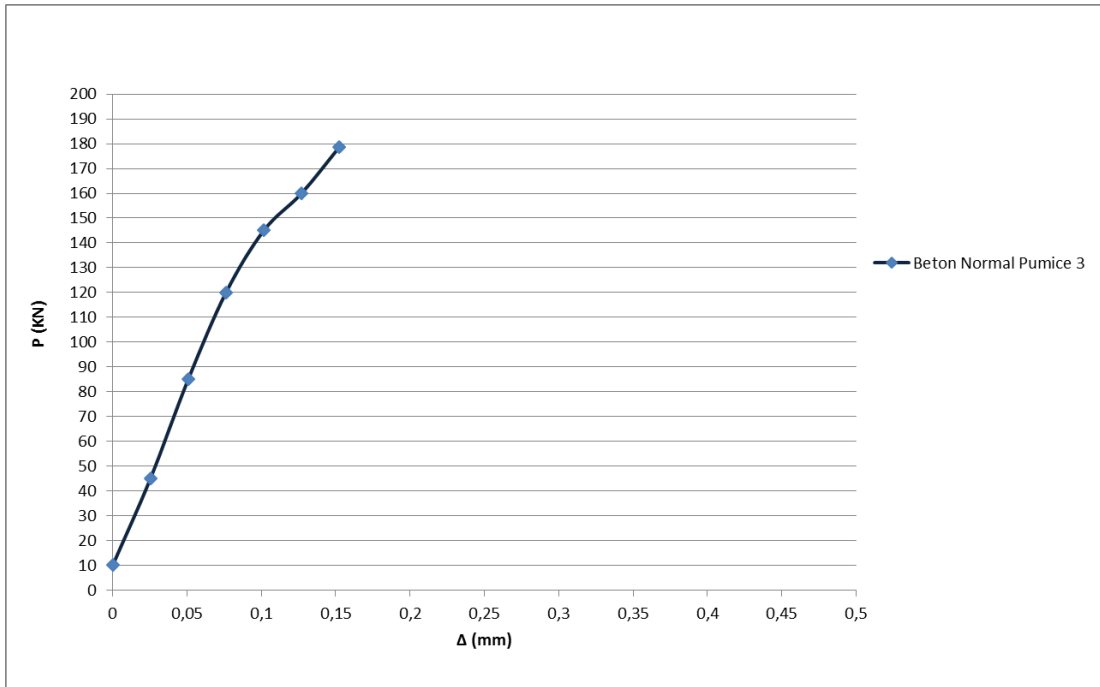
Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal *Pumice 2*

Pada Beton Normal *Pumice 2* didapatkan nilai beban maksimum sebesar 174 KN tercantum dalam tabel 4.14 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1016 mm.

- Beton Normal *Pumice 3*

Tabel 4.15 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice 3*

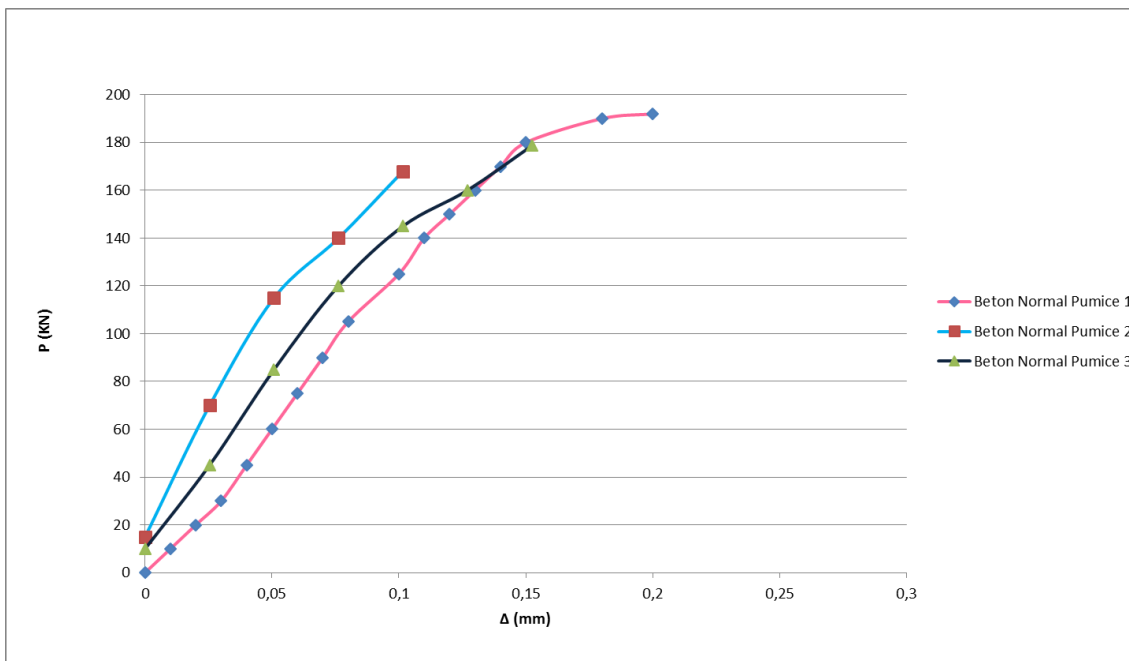
| BEBAN (KN) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) |
|------------|-----------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,001 | 0,0254 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,002 | 0,0508 |
| 90 | 0,002 | 0,0508 |
| 100 | 0,002 | 0,0508 |
| 110 | 0,003 | 0,0762 |
| 120 | 0,003 | 0,0762 |
| 130 | 0,003 | 0,0762 |
| 140 | 0,004 | 0,1016 |
| 150 | 0,004 | 0,1016 |
| 160 | 0,005 | 0,127 |
| 170 | 0,006 | 0,1524 |
| 180 | 0,006 | 0,1524 |
| 186 | 0,006 | 0,1524 |



Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal *Pumice 3*

Pada Beton Normal *Pumice 3* didapatkan nilai beban maksimum sebesar 186 KN tercantum dalam tabel 4.14 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1524 mm.

- Gabungan Beton Normal *Pumice*



Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton Normal *Pumice*

Pada grafik gabungan Beton Normal *Pumice* diatas tidak bisa gambarkan hingga dibawah kondisi P maksimum, dikarenakan data dari hasil penelitian yang tidak dapat

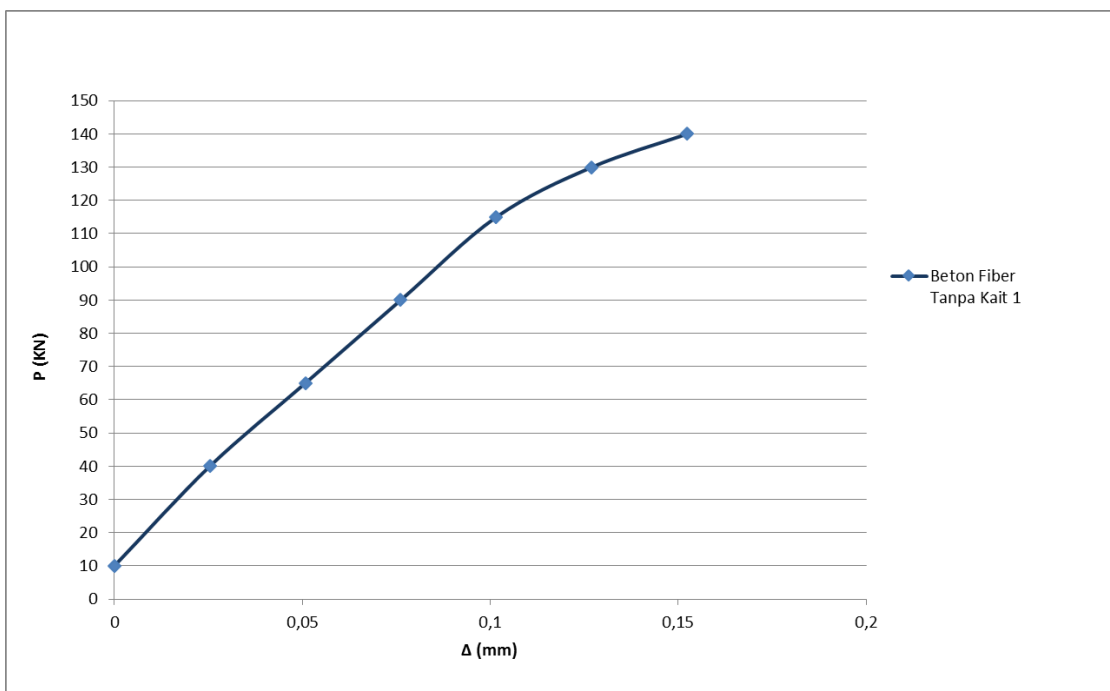
terbaca, sehingga grafik hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi hanya sampai beban maksimum saja, dan pada Beton Normal *Pumice* 1 didapatkan nilai P terbesar senilai 192 KN, dibandingkan dengan Beton Normal *Pumice* 2 dan 3. Serta nilai deformasi Beton Normal *Pumice* 1 tercantum dalam tabel 4.13 sebesar 0,2 mm

4. Beton Fiber Tanpa Kait

- Beton Fiber Tanpa Kait 1

Tabel 4.16 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *fiber* tanpa Kait 1

| BEBAN (KN) | ΔL (inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,003 | 0,0762 |
| 90 | 0,003 | 0,0762 |
| 100 | 0,003 | 0,0762 |
| 110 | 0,004 | 0,1016 |
| 120 | 0,004 | 0,1016 |
| 130 | 0,005 | 0,127 |
| 140 | 0,006 | 0,1524 |



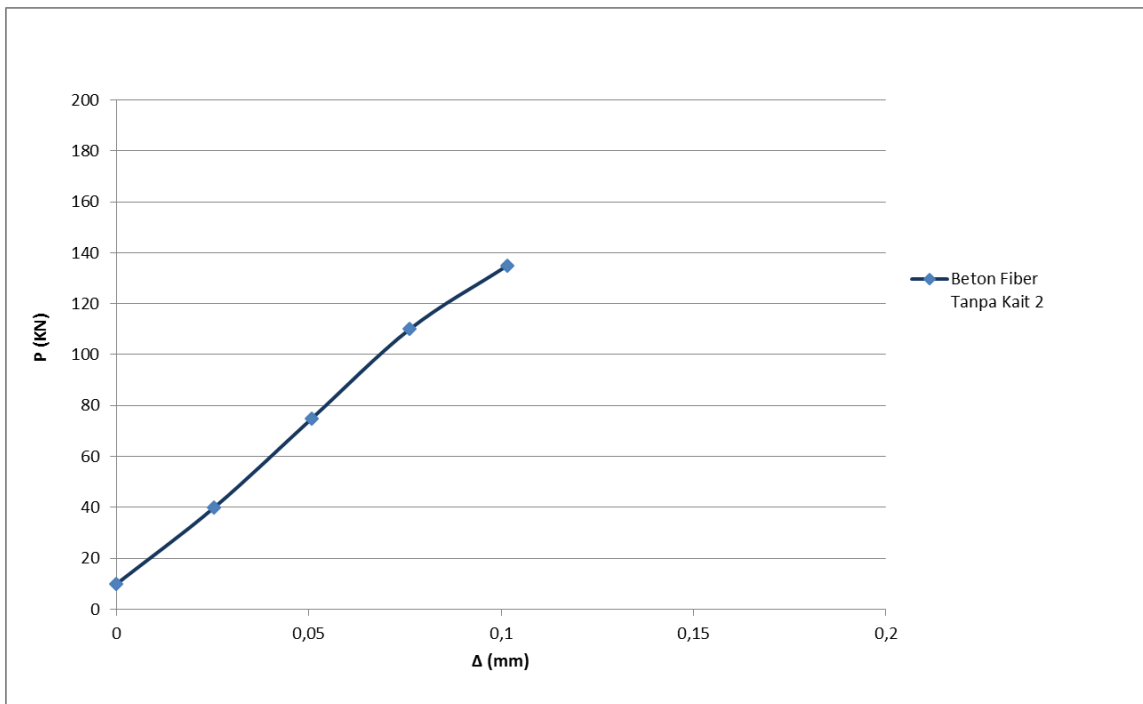
Gambar 4.19 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton *fiber* tanpa Kait 1

Pada Beton *fiber* tanpa Kait 1 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 140 KN tercantum dalam tabel 4.15 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1524 mm.

- Beton Fiber Tanpa Kait 2

Tabel 4.17 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *fiber* tanpa Kait 2

| BEBAN (KN) | ΔL (inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,002 | 0,0508 |
| 90 | 0,002 | 0,0508 |
| 100 | 0,003 | 0,0762 |
| 110 | 0,003 | 0,0762 |
| 120 | 0,003 | 0,0762 |
| 130 | 0,004 | 0,1016 |
| 140 | 0,004 | 0,1016 |



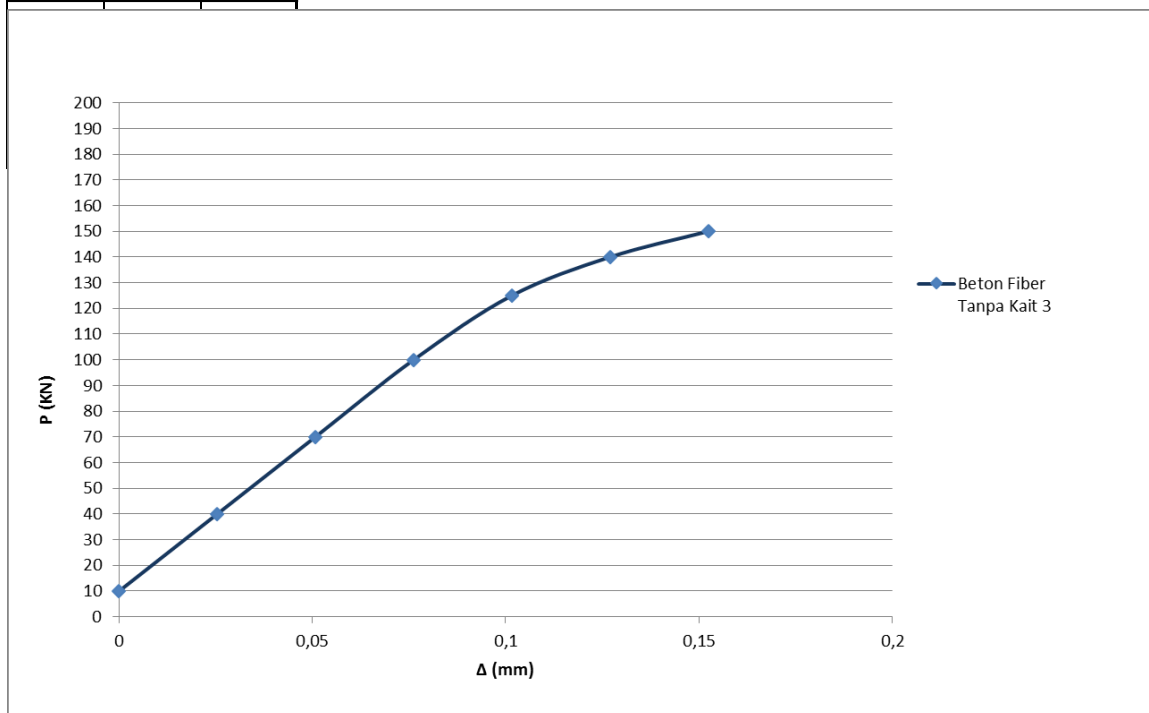
Gambar 4.20 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton *fiber* tanpa Kait 2

Pada Beton *fiber* tanpa Kait 2 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 140 KN tercantum dalam tabel 4.16 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1016 mm.

- Beton Fiber Tanpa Kait 3

Tabel 4.18 Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *fiber* tanpa Kait 3

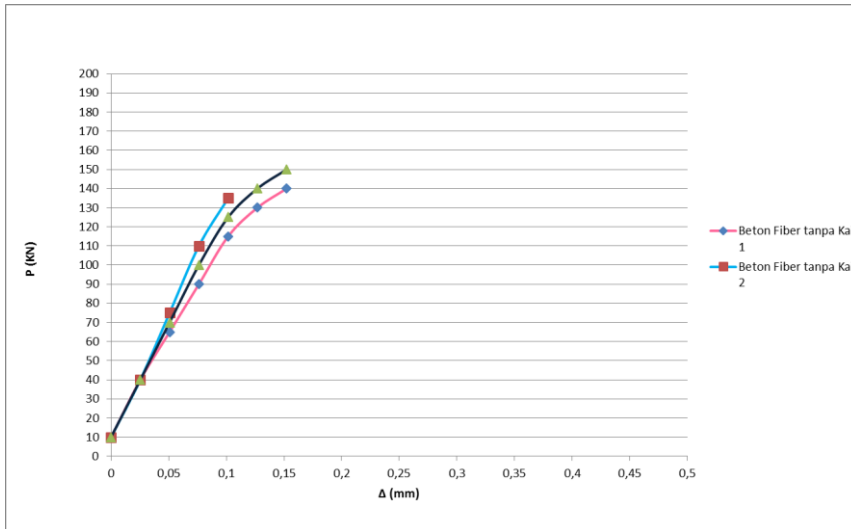
| BEBAN (KN) | ΔL (inch) | ΔL (mm) |
|------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 30 | 0,001 | 0,0254 |
| 40 | 0,001 | 0,0254 |
| 50 | 0,001 | 0,0254 |
| 60 | 0,002 | 0,0508 |
| 70 | 0,002 | 0,0508 |
| 80 | 0,002 | 0,0508 |
| 90 | 0,003 | 0,0762 |



Gambar 4.21 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton *fiber* tanpa Kait 3

Pada Beton *fiber* tanpa Kait 3 didapatkan nilai beban maksimum sebesar 150 KN tercantum dalam tabel 4.17 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,1524 mm.

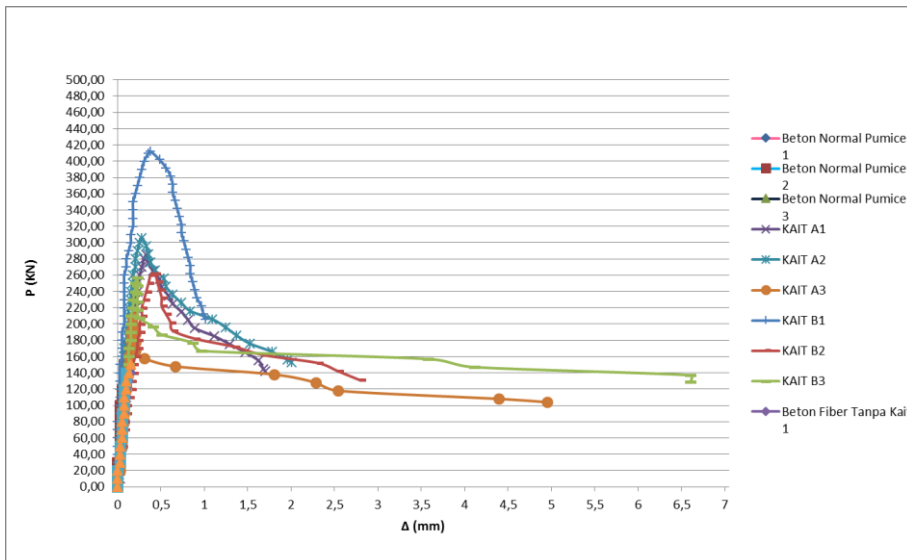
- Gabungan Beton *Fiber* Tanpa Kait



Gambar 4.22 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi Beton *Fiber* Tanpa Kait

Pada grafik gabungan Beton *Fiber* Tanpa Kait diatas tidak bisa gambarkan hingga dibawah kondisi P maksimum, dikarenakan data dari hasil penelitian yang tidak dapat terbaca, sehingga grafik hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi hanya sampai beban maksimum saja, dan pada Beton *Fiber* Tanpa Kait 3 didapatkan nilai P terbesar senilai 150 KN, dibandingkan dengan Beton *Fiber* Tanpa Kait 1 dan 2. Serta nilai deformasi Beton *Fiber* Tanpa Kait 1 tercantum dalam tabel 4.17 sebesar 0,1524 mm.

Berikut merupakan hasil gabungan seluruh benda uji antar beban dan deformasi yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan gambar 4.20 :



Gambar 4.23 Grafik Hubungan antara beban dengan deformasi pada seluruh benda uji

Dari gambar 4.20 diatas merupakan hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi pada seluruh benda uji, dan benda uji yang paling kuat dalam menahan beban (P) dan memiliki nilai daktilitas yang tinggi adalah kait B1, karena kait B1 mampu menahan beban

maksimum sebesar 412 KN tercantum dalam tabel 4.10 dan deformasi yang dihasilkan senilai 0,381 mm dibandingkan dengan benda uji lain yang memiliki nilai deformasi 0,38 mm namun tidak akan mampu menahan beban hingga mencapai 412 KN.

4.2.3 Kekakuan pada Benda Uji

Dalam penelitian ini hasil dari gaya tekan dan deformasi akan didapatkan nilai kekakuan. Dimana nilai kekakuan pada suatu struktur merupakan bagian yang penting dan perlu diperhatikan. Kekakuan digunakan sebagai pembatas agar menjaga konstruksi untuk tidak melendut melebihi dari lendutan yang disyaratkan. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit *displacement*. Nilai kekakuan merupakan sudut kemiringan dari hubungan antara beban dan deformasi.

Nilai kekakuan didapatkan dari rumus :

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

Dimana :

k = Kekakuan Struktur (kN/mm)

P = Gaya Tekan (kN)

Δ = Deformasi (mm)

Pada analisis data untuk mencari nilai modulus elastisitas seluruh benda uji memakai metode yang dilakukan oleh Park (1988) yakni, untuk nilai gaya tekan diambil dari 75 % nilai gaya tekan atau beban maksimum dan nilai deformasi diambil dari nilai deformasi pada saat nilai gaya tekan yang didapat 75% gaya tekan maksimum.

Tabel 4.19

Tabel data kekakuan hasil benda uji

| Benda Uji | Beban Maksimum, P (N) KN | 75% Beban maksimum (KN) | Δ (mm) | kekakuan (KN/mm) | kekakuan rata-rata (KN/mm) |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|------------------|----------------------------|
| Beton Normal Pumice 1 | 192 | 144 | 0,11 | 1309 | 1465 |
| Beton Normal Pumice 2 | 174 | 131 | 0,0762 | 1713 | |
| Beton Normal Pumice 3 | 186 | 140 | 0,1016 | 1373 | |
| KAIT A 1 | 285 | 214 | 0,1778 | 1202 | 1312 |
| KAIT A 2 | 306 | 230 | 0,1524 | 1506 | |
| KAIT A 3 | 208 | 156 | 0,127 | 1228 | |
| KAIT B 1 | 412 | 309 | 0,1524 | 2028 | 1345 |
| KAIT B 2 | 252 | 189 | 0,254 | 744 | |
| KAIT B 3 | 257 | 193 | 0,1524 | 1265 | |
| BETON FIBER TANPA KAIT 1 | 140 | 105 | 0,1016 | 1033 | 1296 |
| BETON FIBER TANPA KAIT 2 | 140 | 105 | 0,0762 | 1378 | |
| BETON FIBER TANPA KAIT 3 | 150 | 113 | 0,0762 | 1476 | |

Contoh perhitungan kekakuan pada Beton Normal *Pumice 1* :

Dik :

$$P_{\max} = 192 \text{ KN}$$

$$75\% P_{\max} = 75 \% \times 192 = 144 \text{ kN}$$

$$\Delta = 0,11 \text{ mm}$$

Dit : k ?

Jawab :

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

$$k = \frac{144 \text{ kN}}{0,11 \text{ mm}}$$

$$k = 1309 \text{ kN/mm}$$

Pada tabel 4.19 didapat rekapitulasi mengenai kekakuan yang terjadi pada seluruh benda uji dan kekakuan rata-rata yang tertinggi didapat pada Beton normal

Pumice dengan nilai 1465 KN/mm jauh lebih besar dibandingkan rata-rata benda uji yang memiliki tambahan serat kaleng didalamnya.

4.2.4 Uji Kuat Tarik Belah

Benda uji kuat tarik belah ini berupa beton silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm yang berumur 28 hari. Benda uji diletakkan pada posisi horizontal di antara dua pelat landasan mesin uji tekan. Apabila beban diberikan sepanjang sumbu, maka elemen pada diameter vertikal akan mengalami tegangan tekan vertikal dan tegangan tarik horizontal.



Gambar 4.24 Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Silinder Beton

Adapun perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots(4 - 2)$$

dimana :

- f_t = kuat tarik belah beton (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- L = Tinggi silinder beton (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

Contoh perhitungan :

Misal menghitung nilai kuat tarik belah I.N.A

- Diketahui: $P = 108000$ N
- $L = 300$ mm
- $D = 150$ mm

$$f_t = \frac{2 \times 108000}{\pi \times 300 \times 150} = 1,527 \text{ MPa}$$

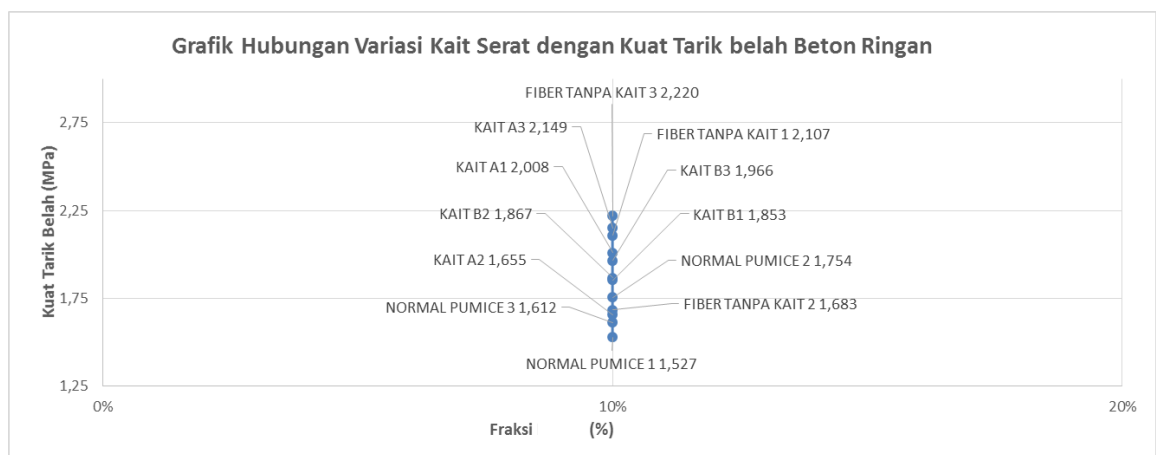
Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.20

Tabel 4.20

Hasil Pengujian uji kuat tarik belah (Data Asli)

| Benda Uji | Beban Maksimum, P (N) | Kuat Tarik Belah(MPa) | Rata - rata |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Beton Normal Pumice 1 | 108000 | 1,527 | 1,631 |
| Beton Normal Pumice 2 | 124000 | 1,754 | |
| Beton Normal Pumice 3 | 114000 | 1,612 | |
| KAIT A 1 | 142000 | 2,008 | 1,937 |
| KAIT A 2 | 117000 | 1,655 | |
| KAIT A 3 | 152000 | 2,149 | |
| KAIT B 1 | 131000 | 1,853 | 1,895 |
| KAIT B 2 | 132000 | 1,867 | |
| KAIT B 3 | 139000 | 1,966 | |
| BETON FIBER TANPA KAIT 1 | 149000 | 2,107 | 2,003 |
| BETON FIBER TANPA KAIT 2 | 119000 | 1,683 | |
| BETON FIBER TANPA KAIT 3 | 157000 | 2,22 | |

Pada tabel 4.20 bisa disimpulkan bahwa kuat tarik belah rata-rata terbesar terdapat pada *fiber* tanpa kait dengan nilai 2,003 MPa. Jika dibandingkan dengan benda uji lainnya nilai kuat tarik pada Kait A dan kait B memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal *pumice*. Serta nilai kuat tarik belah rata-rata memiliki nilai yang paling kecil yaitu senilai 1,631 Mpa. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 4.25



Gambar 4.25 Grafik Hubungan Variasi Kait Serat dengan Kuat Tarik Belah Beton Ringan

Berdasarkan perbandingan hasil pengujian pada gambar 4.21 mengenai grafik hubungan variasi kait serat dengan kuat tarik belah beton ringan dapat disimpulkan bahwa *fiber* tanpa kait merupakan variasi kait serat kaleng yang lebih baik untuk mencapai nilai kuat tarik yang maksimum.

Hal ini dikarenakan bentuk fiber yang lurus ternyata yang mampu mengikat satu sama lain sehingga kuat dalam menahan kuat tarik belah. Dapat dilihat pada gambar 4.26 ketika beton telah diuji kuat tarik belah maka yang terlihat adalah ujung serat kaleng yang putus, artinya serat kaleng mampu mengikat campuran mortar dengan baik saat pengecoran sampai beton berumur 28 hari serta persebaran agregat kasar berupa batu apung yang merata.



Gambar 4.26 Gambar persebaran serat kaleng serta batu apung

Namun pada benda uji Normal *pumice* tanpa adanya tambahan fiber batu apung atau *pumice* berada pada bagian atas beton silinder sehingga tidak tercampur dengan merata diseluruh bagian beton silinder, meskipun telah diberi pelat baja sampai pelepasan bekisting beton, untuk menekan supaya batu apung tersebut tidak naik ke permukaan atau ke atas beton silinder, dan ternyata hal itu masih terjadi pada beton normal *pumice* seperti gambar 4.27.



Gambar 4.27 Gambar persebaran batu apung

4.2.5 Uji Modulus Elastisitas (*Extensometer*)

Uji modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan uji kuat tekan dengan tambahan alat pembaca regangan yang disebut *extensometer*. Perubahan yang terjadi pada *dial* dibaca seiring dengan bertambahnya beban hingga benda uji mengalami keruntuhan yang artinya benda uji tidak mampu lagi menahan beban tekan yang diberikan dan saat itulah pembacaan *dial* pada *extensometer* dihentikan.

Modulus Elastisitas beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan agregat penyusun beton. Dalam menghitung modulus elastisitas, peneliti mengacu pada empat jenis perhitungan modulus elastisitas, antara lain sebagai berikut :



Gambar 4.28 Proses Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Berikut merupakan hasil dari benda uji dalam pengujian Modulus Elastisitas menggunakan *extensometer* :

1. Kait A
 - Kait A1

Tabel 4.21 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A1 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 20 | 1,13 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 90 | 5,09 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 120 | 6,79 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 130 | 7,35 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 140 | 7,92 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 150 | 8,48 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 160 | 9,05 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 170 | 9,62 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 180 | 10,18 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 190 | 10,75 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 200 | 11,31 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 210 | 11,88 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 220 | 12,44 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 230 | 13,01 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 240 | 13,58 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 250 | 14,14 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |

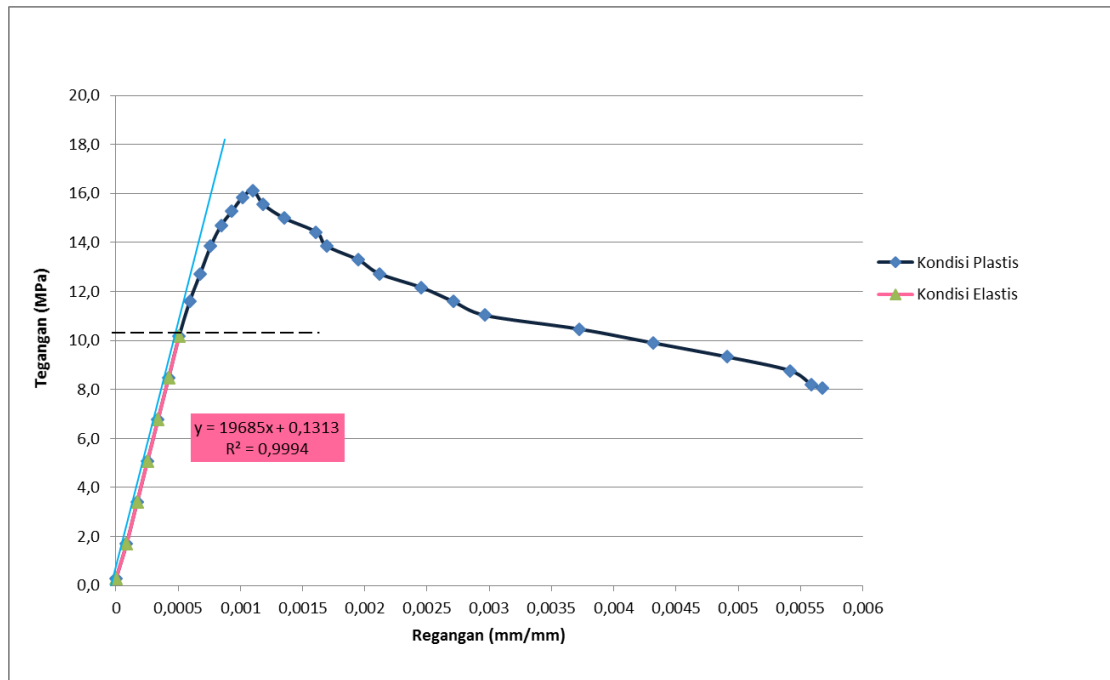
| | | | | |
|-------|-------|-------|--------|---------|
| 260 | 14,71 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 270 | 15,27 | 0,011 | 0,2794 | 0,00093 |
| 280 | 15,84 | 0,012 | 0,3048 | 0,00102 |
| 285 | 16,12 | 0,013 | 0,3302 | 0,00110 |
| 275 | 15,56 | 0,014 | 0,3556 | 0,00119 |
| 265 | 14,99 | 0,016 | 0,4064 | 0,00135 |
| 255 | 14,42 | 0,019 | 0,4826 | 0,00161 |
| 245 | 13,86 | 0,02 | 0,508 | 0,00169 |
| 235 | 13,29 | 0,023 | 0,5842 | 0,00195 |
| 225 | 12,73 | 0,025 | 0,635 | 0,00212 |
| 215 | 12,16 | 0,029 | 0,7366 | 0,00246 |
| 205 | 11,60 | 0,032 | 0,8128 | 0,00271 |
| 195 | 11,03 | 0,035 | 0,889 | 0,00296 |
| 185 | 10,46 | 0,044 | 1,1176 | 0,00373 |
| 175 | 9,90 | 0,051 | 1,2954 | 0,00432 |
| 165 | 9,33 | 0,058 | 1,4732 | 0,00491 |
| 155 | 8,77 | 0,064 | 1,6256 | 0,00542 |
| 145 | 8,20 | 0,066 | 1,6764 | 0,00559 |
| 142,5 | 8,06 | 0,067 | 1,7018 | 0,00567 |

Tabel 4.22 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A1 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,3 | 0 | 0 |
| 1,70 | 0,0254 | 0 |
| 3,39 | 0,0508 | 0,00017 |
| 5,09 | 0,0762 | 0,00025 |
| 6,79 | 0,1016 | 0,00034 |
| 8,48 | 0,127 | 0,00042 |
| 10,18 | 0,1524 | 0,00051 |
| 11,60 | 0,1778 | 0,00059 |
| 12,73 | 0,2032 | 0,00068 |
| 13,86 | 0,2286 | 0,00076 |
| 14,71 | 0,25 | 0,00085 |
| 15,27 | 0,2794 | 0,00093 |
| 15,84 | 0,3048 | 0,00102 |
| 16,12 | 0,3302 | 0,00110 |
| 15,56 | 0,3556 | 0,00119 |
| 14,99 | 0,4064 | 0,00135 |
| 14,42 | 0,4826 | 0,00161 |
| 13,86 | 0,5080 | 0,00169 |

| | | |
|-------|--------|---------|
| 13,29 | 0,5842 | 0,00195 |
| 12,73 | 0,6350 | 0,00212 |
| 12,16 | 0,7366 | 0,00246 |
| 11,60 | 0,8128 | 0,00271 |
| 11,03 | 0,8890 | 0,00296 |
| 10,46 | 1,1176 | 0,00373 |
| 9,90 | 1,2954 | 0,00432 |
| 9,33 | 1,4732 | 0,00491 |
| 8,77 | 1,6256 | 0,00542 |
| 8,20 | 1,6764 | 0,00559 |
| 8,06 | 1,7018 | 0,00567 |

Data yang dipilih dari data asli adalah data yang memiliki nilai deformasi yang sama sehingga nilai reganganpun sama, dan tegangan yang memiliki nilai deformasi yang sama tadi akan dirata-rata sehingga hanya ada satu data tegangan untuk setiap data regangan.



Gambar 4.29 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait A1

Pada kait A1 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 10,18 Mpa, dan regangan 0,00051 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.22

- Kait A2

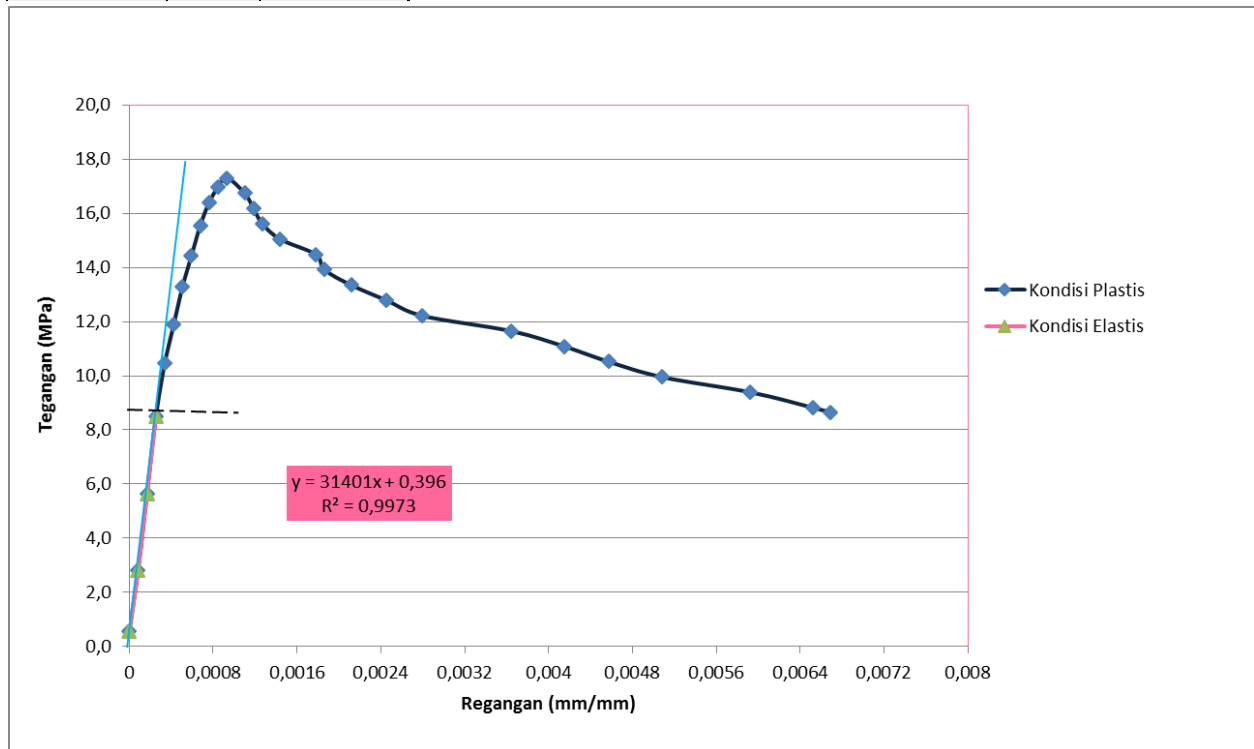
Tabel 4.23 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A2 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, ΔL/L (mm/mm) |
|------------|----------------|-----------|---------|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 70 | 3,96 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 80 | 4,53 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 90 | 5,09 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 100 | 5,66 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 110 | 6,22 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 120 | 6,79 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 130 | 7,35 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 140 | 7,92 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 150 | 8,48 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 160 | 9,05 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 170 | 9,62 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 180 | 10,18 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 190 | 10,75 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 200 | 11,31 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 210 | 11,88 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 220 | 12,44 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 230 | 13,01 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 240 | 13,58 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 250 | 14,14 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 260 | 14,71 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 270 | 15,27 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 280 | 15,84 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 290 | 16,40 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 300 | 16,97 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 306 | 17,31 | 0,011 | 0,2794 | 0,00093 |
| 296 | 16,74 | 0,013 | 0,3302 | 0,00110 |
| 286 | 16,18 | 0,014 | 0,3556 | 0,00119 |
| 276 | 15,61 | 0,015 | 0,381 | 0,00127 |
| 266 | 15,05 | 0,017 | 0,4318 | 0,00144 |
| 256 | 14,48 | 0,021 | 0,5334 | 0,00178 |
| 246 | 13,92 | 0,022 | 0,5588 | 0,00186 |
| 236 | 13,35 | 0,025 | 0,635 | 0,00212 |
| 226 | 12,78 | 0,029 | 0,7366 | 0,00246 |
| 216 | 12,22 | 0,033 | 0,8382 | 0,00279 |
| 206 | 11,65 | 0,043 | 1,0922 | 0,00364 |
| 196 | 11,09 | 0,049 | 1,2446 | 0,00415 |
| 186 | 10,52 | 0,054 | 1,3716 | 0,00457 |
| 176 | 9,96 | 0,06 | 1,524 | 0,00508 |
| 166 | 9,39 | 0,07 | 1,778 | 0,00593 |
| 156 | 8,82 | 0,077 | 1,9558 | 0,00652 |
| 153 | 8,65 | 0,079 | 2,0066 | 0,00669 |

Tabel 4.24 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A2 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,83 | 0,0254 | 0,00008 |
| 5,66 | 0,0508 | 0,00017 |
| 8,48 | 0,0762 | 0,00025 |
| 10,46 | 0,1016 | 0,00034 |
| 11,88 | 0,127 | 0,00042 |
| 13,29 | 0,1524 | 0,00051 |
| 14,42 | 0,1778 | 0,00059 |
| 15,56 | 0,2032 | 0,00068 |
| 16,40 | 0,2286 | 0,00076 |
| 16,97 | 0,254 | 0,00085 |
| 17,31 | 0,2794 | 0,00093 |
| 16,74 | 0,3302 | 0,00110 |
| 16,18 | 0,3556 | 0,00119 |
| 15,61 | 0,381 | 0,00127 |
| 15,05 | 0,4318 | 0,00144 |
| 14,48 | 0,5334 | 0,00178 |

| | | |
|-------|--------|---------|
| 13,92 | 0,5588 | 0,00186 |
| 13,35 | 0,635 | 0,00212 |
| 12,78 | 0,7366 | 0,00246 |
| 12,22 | 0,8382 | 0,00279 |
| 11,65 | 1,0922 | 0,00364 |
| 11,09 | 1,2446 | 0,00415 |
| 10,52 | 1,3716 | 0,00457 |
| 9,96 | 1,524 | 0,00508 |
| 9,39 | 1,778 | 0,00593 |
| 8,82 | 1,9558 | 0,00652 |
| 8,65 | 2,0066 | 0,00669 |



Gambar 4.30 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait A2

Pada kait A2 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 8,48 Mpa, dan regangan 0,00025 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.24

- Kait A3

Tabel 4.25 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A3 (Data asli)

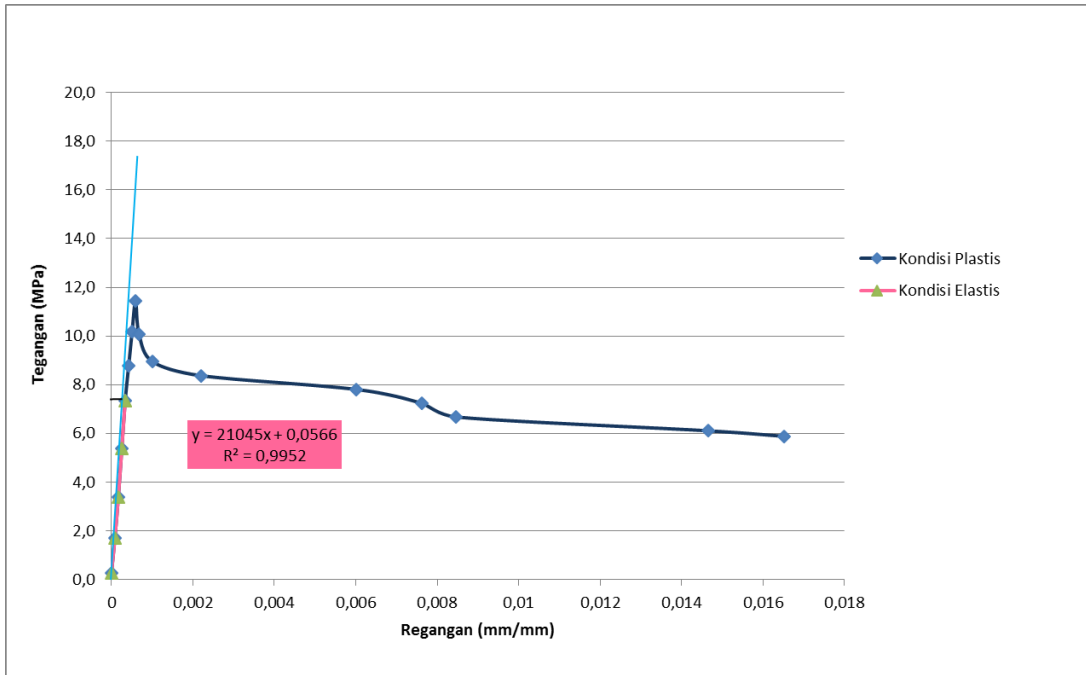
| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 90 | 5,09 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 120 | 6,79 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 130 | 7,35 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 140 | 7,92 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 150 | 8,48 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 160 | 9,05 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 170 | 9,62 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 180 | 10,18 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|---------|
| 190 | 10,75 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 200 | 11,31 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 208 | 11,77 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 198 | 11,20 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 188 | 10,63 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 178 | 10,07 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 168 | 9,50 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 158 | 8,94 | 0,012 | 0,3048 | 0,00102 |
| 148 | 8,37 | 0,026 | 0,6604 | 0,00220 |
| 138 | 7,81 | 0,071 | 1,8034 | 0,00601 |
| 128 | 7,24 | 0,09 | 2,286 | 0,00762 |
| 118 | 6,67 | 0,1 | 2,54 | 0,00847 |
| 108 | 6,11 | 0,173 | 4,3942 | 0,01465 |
| 104 | 5,88 | 0,195 | 4,953 | 0,01651 |

Tabel 4.26 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait A3 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,3 | 0 | 0 |
| 1,70 | 0,0254 | 0,00008 |
| 3,39 | 0,0508 | 0,00017 |
| 5,37 | 0,0762 | 0,00025 |
| 7,35 | 0,1016 | 0,00034 |
| 8,77 | 0,127 | 0,00042 |
| 10,18 | 0,1524 | 0,00051 |
| 11,43 | 0,1778 | 0,00059 |
| 10,07 | 0,2032 | 0,00068 |
| 8,94 | 0,3048 | 0,00102 |
| 8,37 | 0,6604 | 0,00220 |
| 7,81 | 1,8034 | 0,00601 |
| 7,24 | 2,286 | 0,00762 |
| 6,67 | 2,54 | 0,00847 |
| 6,11 | 4,3942 | 0,01465 |
| 5,88 | 4,953 | 0,01651 |

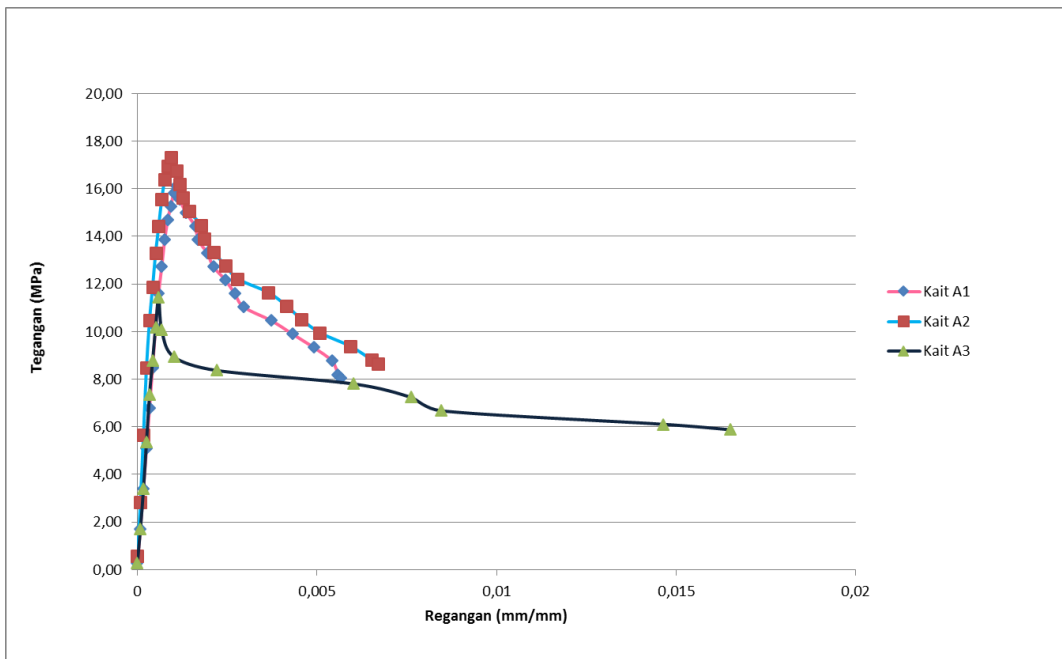
Data yang dipilih dari data asli adalah data yang memiliki nilai deformasi yang sama sehingga nilai reganganpun sama, dan tegangan yang memiliki nilai deformasi yang sama tadi akan dirata-rata sehingga hanya ada satu data tegangan untuk setiap data regangan



Gambar 4.31 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait A3

Pada kait A3 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 7,35 Mpa, dan regangan 0,00034 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.26

- Gabungan Kait A



Gambar 4.32 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait A

Pada kait A2 didapatkan nilai tegangan yang paling tinggi yaitu pada tegangan 17,31 MPa. Dibandingkan dengan kait A1 dan A3.

2. Kait B

- Kait B1

Tabel 4.27 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B1 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 40 | 2,26 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 50 | 2,83 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 60 | 3,39 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 70 | 3,96 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 80 | 4,53 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 90 | 5,09 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 100 | 5,66 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 110 | 6,22 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 120 | 6,79 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 130 | 7,35 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 140 | 7,92 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 150 | 8,48 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 160 | 9,05 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 170 | 9,62 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 180 | 10,18 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 190 | 10,75 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 200 | 11,31 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 210 | 11,88 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 220 | 12,44 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 230 | 13,01 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 240 | 13,58 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 250 | 14,14 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 260 | 14,71 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 270 | 15,27 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 280 | 15,84 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 290 | 16,40 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 300 | 16,97 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 310 | 17,54 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 320 | 18,10 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 330 | 18,67 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 340 | 19,23 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 350 | 19,80 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 360 | 20,36 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 370 | 20,93 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |

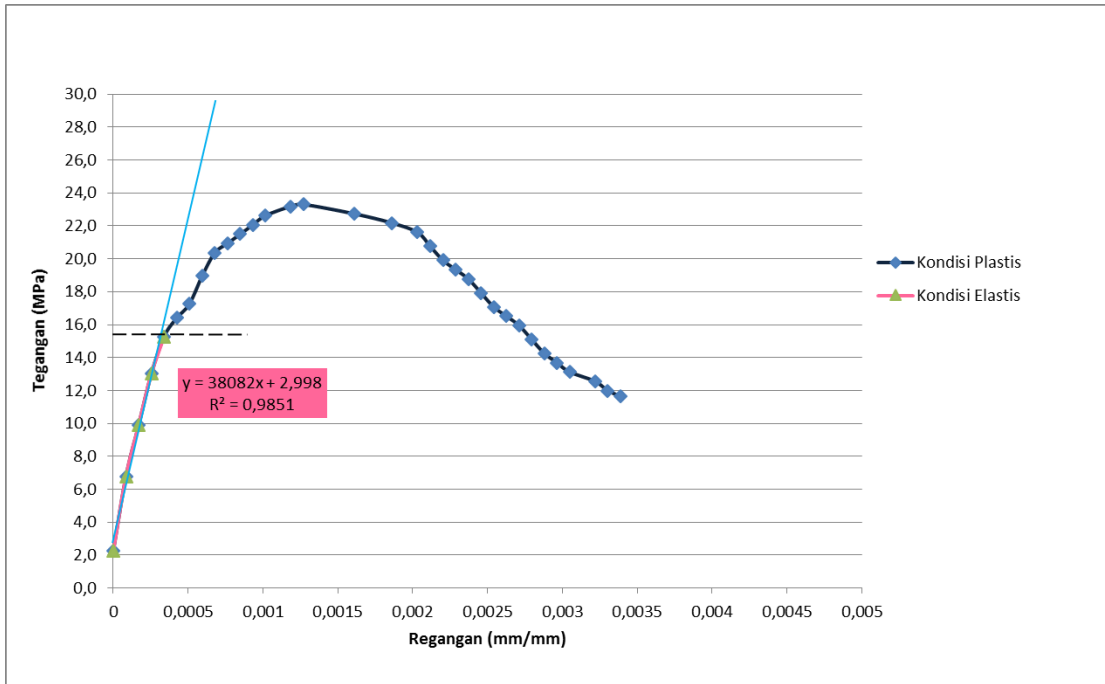
| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|---------|
| 380 | 21,49 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 390 | 22,06 | 0,011 | 0,2794 | 0,00093 |
| 400 | 22,63 | 0,012 | 0,3048 | 0,00102 |
| 410 | 23,19 | 0,014 | 0,3556 | 0,00119 |
| 412 | 23,31 | 0,015 | 0,381 | 0,00127 |
| 402 | 22,74 | 0,019 | 0,4826 | 0,00161 |
| 392 | 22,17 | 0,022 | 0,5588 | 0,00186 |
| 382 | 21,61 | 0,024 | 0,6096 | 0,00203 |
| 372 | 21,04 | 0,025 | 0,635 | 0,00212 |
| 362 | 20,48 | 0,025 | 0,635 | 0,00212 |
| 352 | 19,91 | 0,026 | 0,6604 | 0,00220 |
| 342 | 19,35 | 0,027 | 0,6858 | 0,00229 |
| 332 | 18,78 | 0,028 | 0,7112 | 0,00237 |
| 322 | 18,21 | 0,029 | 0,7366 | 0,00246 |
| 312 | 17,65 | 0,029 | 0,7366 | 0,00246 |
| 302 | 17,08 | 0,03 | 0,762 | 0,00254 |
| 292 | 16,52 | 0,031 | 0,7874 | 0,00262 |
| 282 | 15,95 | 0,032 | 0,8128 | 0,00271 |
| 272 | 15,39 | 0,033 | 0,8382 | 0,00279 |
| 262 | 14,82 | 0,033 | 0,8382 | 0,00279 |
| 252 | 14,25 | 0,034 | 0,8636 | 0,00288 |
| 242 | 13,69 | 0,035 | 0,889 | 0,00296 |
| 232 | 13,12 | 0,036 | 0,9144 | 0,00305 |
| 222 | 12,56 | 0,038 | 0,9652 | 0,00322 |
| 212 | 11,99 | 0,039 | 0,9906 | 0,00330 |
| 206 | 11,65 | 0,04 | 1,016 | 0,00339 |

Tabel 4.28 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B1 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 2,3 | 0 | 0 |
| 6,79 | 0,0254 | 0,00008 |
| 9,90 | 0,0508 | 0,00017 |
| 13,01 | 0,0762 | 0,00025 |
| 15,27 | 0,1016 | 0,00034 |
| 16,40 | 0,127 | 0,00042 |
| 17,25 | 0,1524 | 0,00051 |
| 18,95 | 0,1778 | 0,00059 |
| 20,36 | 0,2032 | 0,00068 |
| 20,93 | 0,2286 | 0,00076 |
| 21,49 | 0,254 | 0,00085 |
| 22,06 | 0,2794 | 0,00093 |
| 22,63 | 0,3048 | 0,00102 |
| 23,19 | 0,3556 | 0,00119 |

| | | |
|-------|--------|---------|
| 23,31 | 0,381 | 0,00127 |
| 22,74 | 0,4826 | 0,00161 |
| 22,17 | 0,5588 | 0,00186 |
| 21,61 | 0,6096 | 0,00203 |
| 20,76 | 0,635 | 0,00212 |
| 19,91 | 0,6604 | 0,00220 |
| 19,35 | 0,6858 | 0,00229 |
| 18,78 | 0,7112 | 0,00237 |
| 17,93 | 0,7366 | 0,00246 |
| 17,08 | 0,762 | 0,00254 |
| 16,52 | 0,7874 | 0,00262 |
| 15,95 | 0,8128 | 0,00271 |
| 15,10 | 0,8382 | 0,00279 |

| | | |
|-------|--------|---------|
| 14,25 | 0,8636 | 0,00288 |
| 13,69 | 0,889 | 0,00296 |
| 13,12 | 0,9144 | 0,00305 |
| 12,56 | 0,9652 | 0,00322 |
| 11,99 | 0,9906 | 0,00330 |
| 11,65 | 1,016 | 0,00339 |



Gambar 4.33 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait B1

Pada kait B1 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 15,27 Mpa, dan regangan 0,00034 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.28

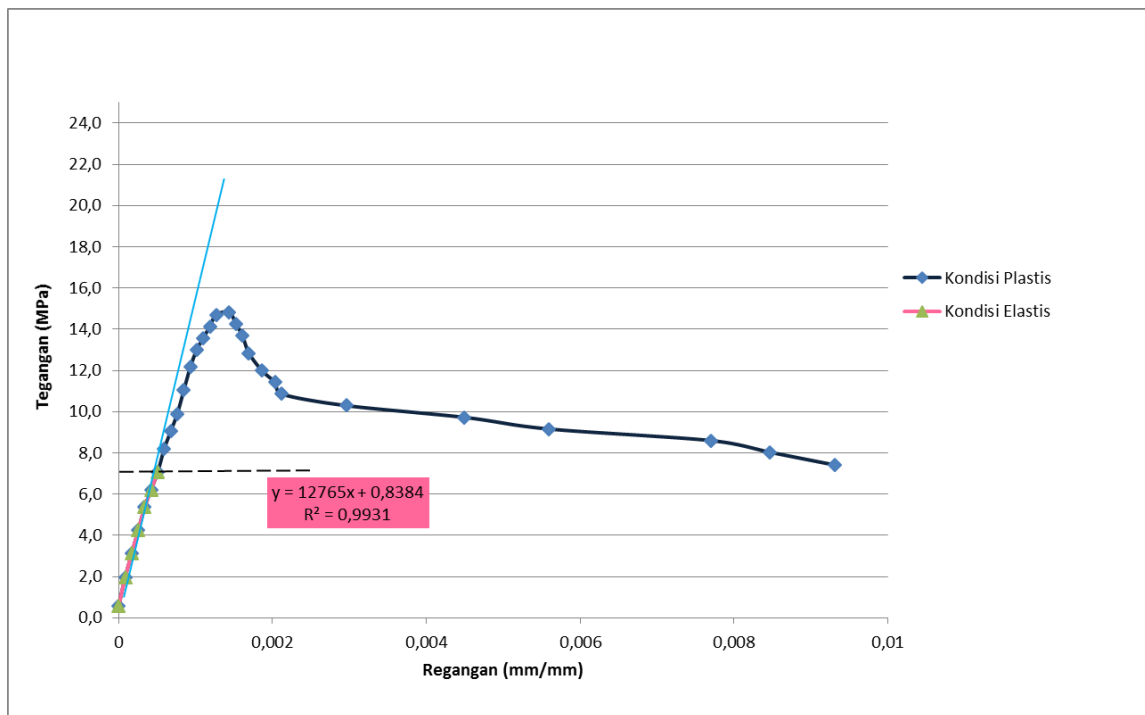
- Kait B2

Tabel 4.29 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B2 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 80 | 4,53 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 90 | 5,09 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 100 | 5,66 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 110 | 6,22 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 120 | 6,79 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 130 | 7,35 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 140 | 7,92 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 150 | 8,48 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 160 | 9,05 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 170 | 9,62 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 180 | 10,18 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 190 | 10,75 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 200 | 11,31 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 210 | 11,88 | 0,011 | 0,2794 | 0,00093 |
| 220 | 12,44 | 0,011 | 0,2794 | 0,00093 |
| 230 | 13,01 | 0,012 | 0,3048 | 0,00102 |
| 240 | 13,58 | 0,013 | 0,3302 | 0,00110 |
| 250 | 14,14 | 0,014 | 0,3556 | 0,00119 |
| 260 | 14,71 | 0,015 | 0,381 | 0,00127 |
| 262 | 14,82 | 0,017 | 0,4318 | 0,00144 |
| 252 | 14,25 | 0,018 | 0,4572 | 0,00152 |
| 242 | 13,69 | 0,019 | 0,4826 | 0,00161 |
| 232 | 13,12 | 0,02 | 0,508 | 0,00169 |
| 222 | 12,56 | 0,02 | 0,508 | 0,00169 |
| 212 | 11,99 | 0,022 | 0,5588 | 0,00186 |
| 202 | 11,43 | 0,024 | 0,6096 | 0,00203 |
| 192 | 10,86 | 0,025 | 0,635 | 0,00212 |
| 182 | 10,29 | 0,035 | 0,889 | 0,00296 |
| 172 | 9,73 | 0,053 | 1,3462 | 0,00449 |
| 162 | 9,16 | 0,066 | 1,6764 | 0,00559 |
| 152 | 8,60 | 0,091 | 2,3114 | 0,00770 |
| 142 | 8,03 | 0,1 | 2,54 | 0,00847 |
| 131 | 7,41 | 0,11 | 2,794 | 0,00931 |

Tabel 4.30 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B2 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 1,98 | 0,0254 | 0,00008 |
| 3,11 | 0,0508 | 0,00017 |
| 4,24 | 0,0762 | 0,00025 |
| 5,37 | 0,1016 | 0,00034 |
| 6,22 | 0,127 | 0,00042 |
| 7,07 | 0,1524 | 0,00051 |
| 8,20 | 0,1778 | 0,00059 |
| 9,05 | 0,2032 | 0,00068 |
| 9,90 | 0,2286 | 0,00076 |
| 11,03 | 0,254 | 0,00085 |
| 12,16 | 0,2794 | 0,00093 |
| 13,01 | 0,3048 | 0,00102 |
| 13,58 | 0,3302 | 0,00110 |
| 14,14 | 0,3556 | 0,00119 |
| 14,71 | 0,381 | 0,00127 |
| 14,82 | 0,4318 | 0,00144 |
| 14,25 | 0,4572 | 0,00152 |



Gambar 4.34 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait B2

Pada kait B2 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 7,07 Mpa, dan regangan 0,00051 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.30

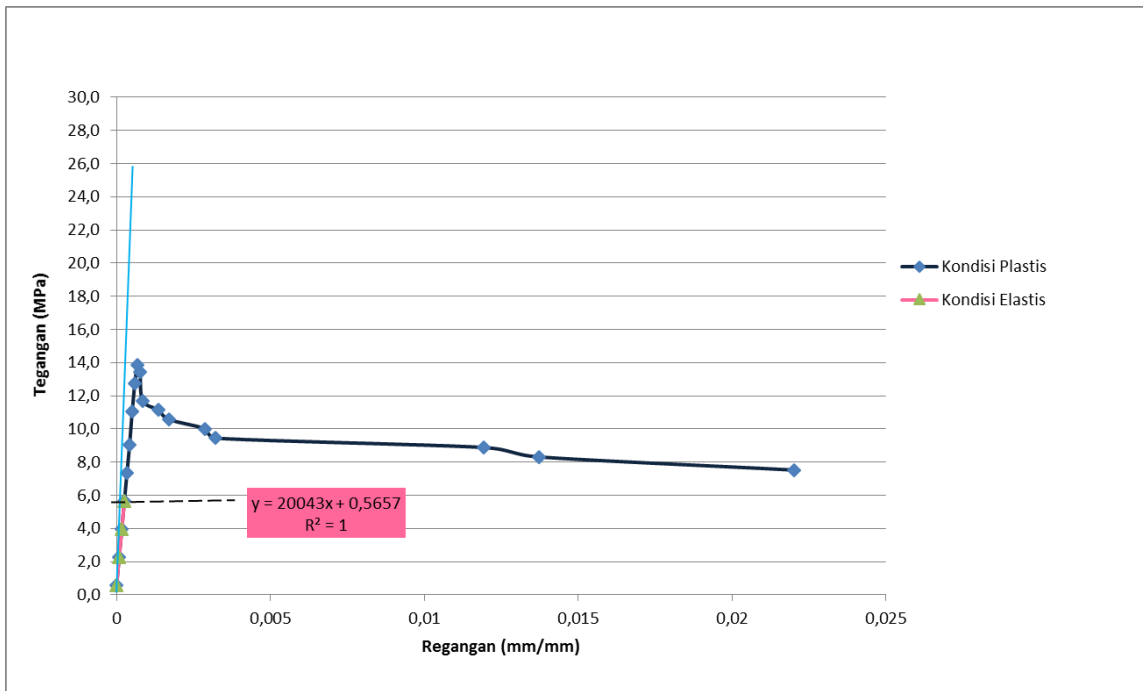
- Kait B3

Tabel 4.31 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B3 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 90 | 5,09 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 120 | 6,79 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 130 | 7,35 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 140 | 7,92 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 150 | 8,48 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 160 | 9,05 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 170 | 9,62 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 180 | 10,18 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 190 | 10,75 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 200 | 11,31 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 210 | 11,88 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 220 | 12,44 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 230 | 13,01 | 0,007 | 0,1778 | 0,00059 |
| 240 | 13,58 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 250 | 14,14 | 0,008 | 0,2032 | 0,00068 |
| 257 | 14,54 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 247 | 13,97 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 237 | 13,41 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 227 | 12,84 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 217 | 12,27 | 0,009 | 0,2286 | 0,00076 |
| 207 | 11,71 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 197 | 11,14 | 0,016 | 0,4064 | 0,00135 |
| 187 | 10,58 | 0,02 | 0,508 | 0,00169 |
| 177 | 10,01 | 0,034 | 0,8636 | 0,00288 |
| 167 | 9,45 | 0,038 | 0,9652 | 0,00322 |
| 157 | 8,88 | 0,141 | 3,5814 | 0,01194 |
| 147 | 8,32 | 0,162 | 4,1148 | 0,01372 |
| 137 | 7,75 | 0,26 | 6,604 | 0,02201 |
| 129 | 7,30 | 0,26 | 6,604 | 0,02201 |

Tabel 4.32 Hasil Pembacaan *Extensometer* Kait B3 (Data yang telah dipilih)

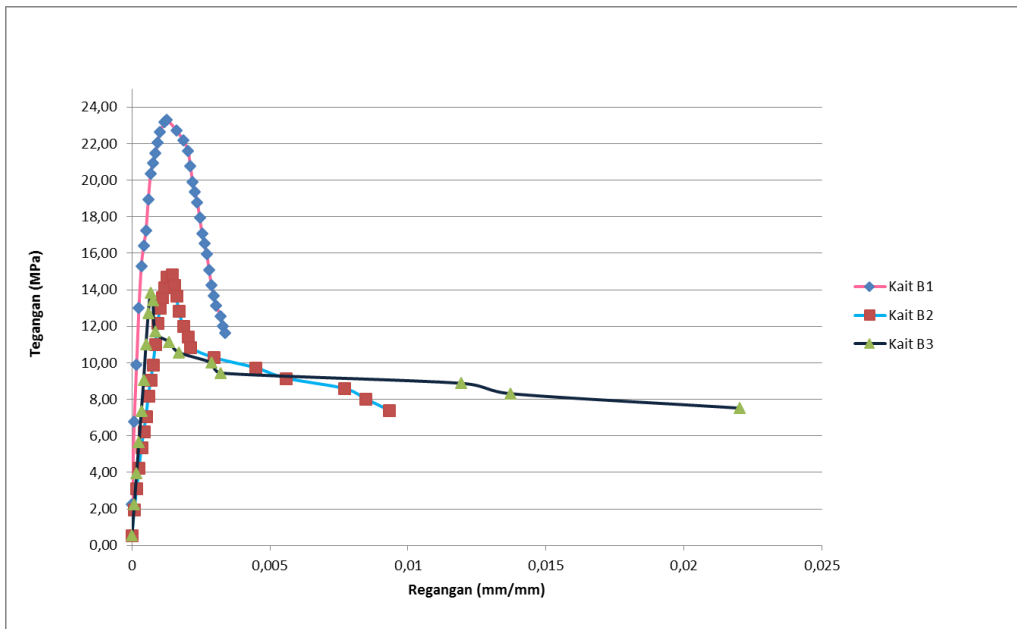
| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,26 | 0,0254 | 0,00008 |
| 3,96 | 0,0508 | 0,00017 |
| 5,66 | 0,0762 | 0,00025 |
| 7,35 | 0,1016 | 0,00034 |
| 9,05 | 0,127 | 0,00042 |
| 11,03 | 0,1524 | 0,00051 |
| 12,73 | 0,1778 | 0,00059 |
| 13,86 | 0,2032 | 0,00068 |
| 13,41 | 0,2286 | 0,00076 |
| 11,71 | 0,254 | 0,00085 |
| 11,14 | 0,4064 | 0,00135 |
| 10,58 | 0,508 | 0,00169 |
| 10,01 | 0,8636 | 0,00288 |
| 9,45 | 0,9652 | 0,00322 |
| 8,88 | 3,5814 | 0,01194 |
| 8,32 | 4,1148 | 0,01372 |
| 7,52 | 6,604 | 0,02201 |



Gambar 4.35 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait B3

Pada kait B3 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 5,66 Mpa, dan regangan 0,00025 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.32

- Gabungan Kait B



Gambar 4.36 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan kait B

Pada kait B1 didapatkan nilai tegangan yang paling tinggi yaitu pada tegangan 23,31 MPa. Dibandingkan dengan kait B2 dan B3.

3. Beton Normal *Pumice*

- Beton Normal *Pumice* 1

Tabel 4.33

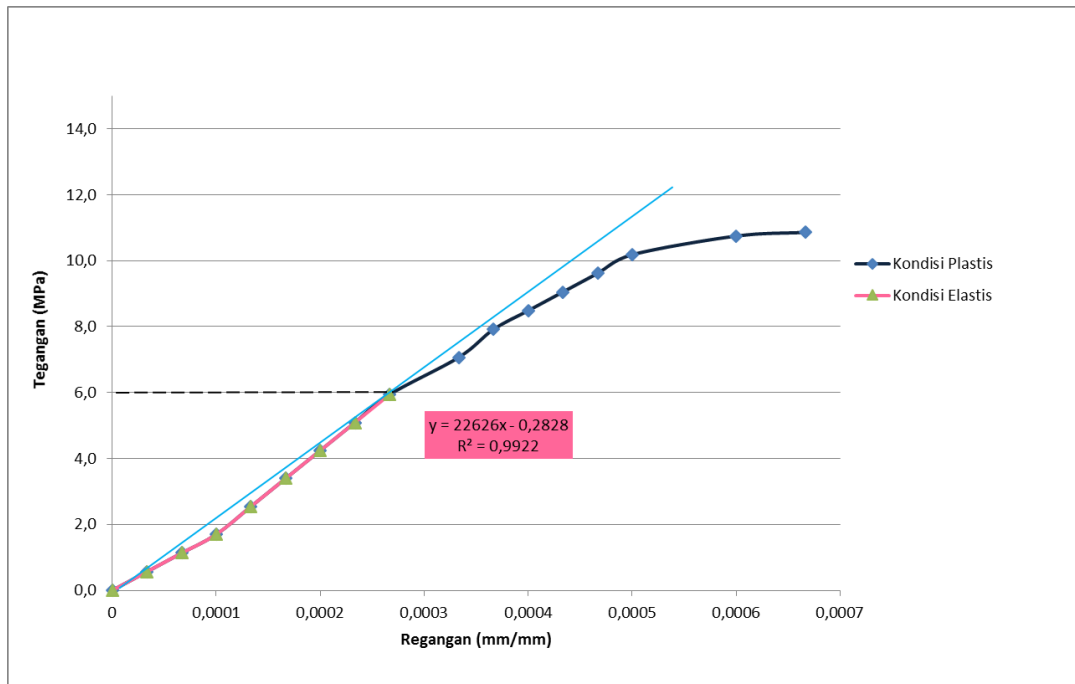
Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice* 1(Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0,01 | 0,00003 |
| 20 | 1,13 | 0,02 | 0,00007 |
| 30 | 1,70 | 0,03 | 0,00010 |
| 40 | 2,26 | 0,04 | 0,00013 |
| 50 | 2,83 | 0,04 | 0,00013 |
| 60 | 3,39 | 0,05 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,06 | 0,00020 |
| 80 | 4,53 | 0,06 | 0,00020 |
| 90 | 5,09 | 0,07 | 0,00023 |
| 100 | 5,66 | 0,08 | 0,00027 |
| 110 | 6,22 | 0,08 | 0,00027 |
| 120 | 6,79 | 0,1 | 0,00033 |
| 130 | 7,35 | 0,1 | 0,00033 |
| 140 | 7,92 | 0,11 | 0,00037 |
| 150 | 8,48 | 0,12 | 0,00040 |
| 160 | 9,05 | 0,13 | 0,00043 |
| 170 | 9,62 | 0,14 | 0,00047 |
| 180 | 10,18 | 0,15 | 0,00050 |
| 190 | 10,75 | 0,18 | 0,00060 |
| 192 | 10,86 | 0,2 | 0,00067 |

Tabel 4.34

Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice* 1 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,0 | 0 | 0 |
| 0,57 | 0,01 | 0,00003 |
| 1,13 | 0,02 | 0,00007 |
| 1,70 | 0,03 | 0,00010 |
| 2,55 | 0,04 | 0,00013 |
| 3,39 | 0,05 | 0,00017 |
| 4,24 | 0,06 | 0,00020 |
| 5,09 | 0,07 | 0,00023 |
| 5,94 | 0,08 | 0,00027 |
| 7,07 | 0,1 | 0,00033 |
| 7,92 | 0,11 | 0,00037 |
| 8,48 | 0,12 | 0,00040 |
| 9,05 | 0,13 | 0,00043 |
| 9,62 | 0,14 | 0,00047 |
| 10,18 | 0,15 | 0,00050 |
| 10,75 | 0,18 | 0,00060 |
| 10,86 | 0,2 | 0,00067 |



Gambar 4.37 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton Normal *Pumice 1*

Pada Beton Normal *Pumice 1* didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 5,94 Mpa, dan regangan 0,00027 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.34

- Beton Normal *Pumice 2*

Tabel 4.35

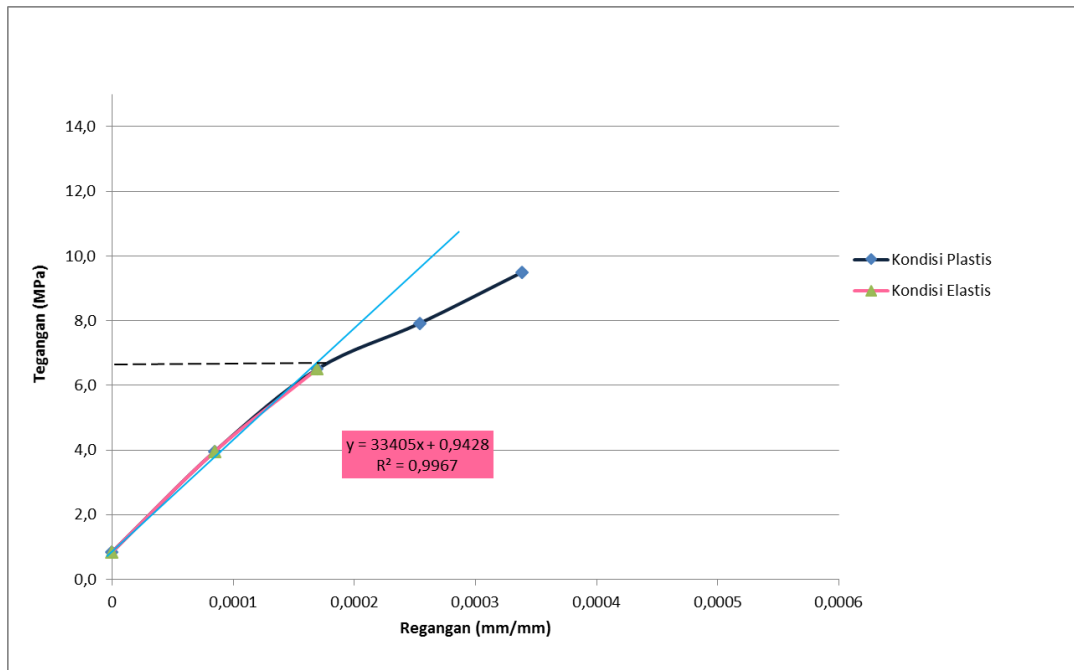
Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice 2* (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 70 | 3,96 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 80 | 4,53 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 90 | 5,09 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 100 | 5,66 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 110 | 6,22 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 120 | 6,79 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 130 | 7,35 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 140 | 7,92 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 150 | 8,48 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 160 | 9,05 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 170 | 9,62 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 174 | 9,84 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |

Tabel 4.36

Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice 2* (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,8 | 0 | 0 |
| 3,96 | 0,0254 | 0,00008 |
| 6,51 | 0,0508 | 0,00017 |
| 7,92 | 0,0762 | 0,00025 |
| 9,50 | 0,1016 | 0,00034 |



Gambar 4.38 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton Normal *Pumice 2*

Pada Beton Normal *Pumice 2* didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 6,51 Mpa, dan regangan 0,00017 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.36

- Beton Normal *Pumice 3*

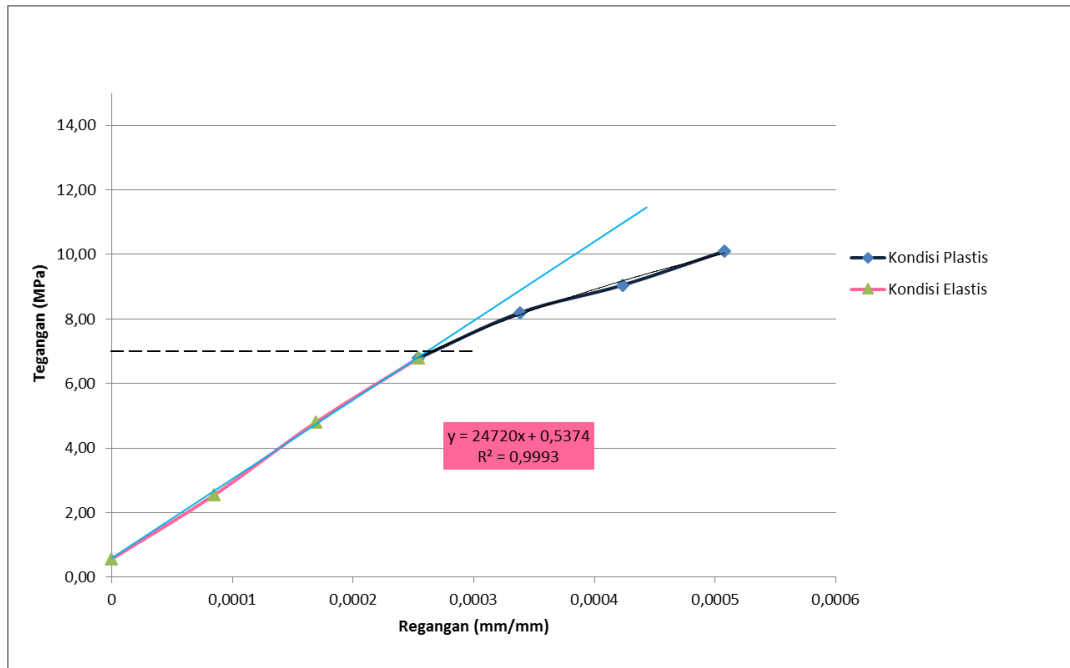
Tabel 4.37

Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice 3* (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (Inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 90 | 5,09 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 100 | 5,66 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 110 | 6,22 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 120 | 6,79 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 130 | 7,35 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 140 | 7,92 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 150 | 8,48 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 160 | 9,05 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 170 | 9,62 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 180 | 10,18 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 186 | 10,52 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |

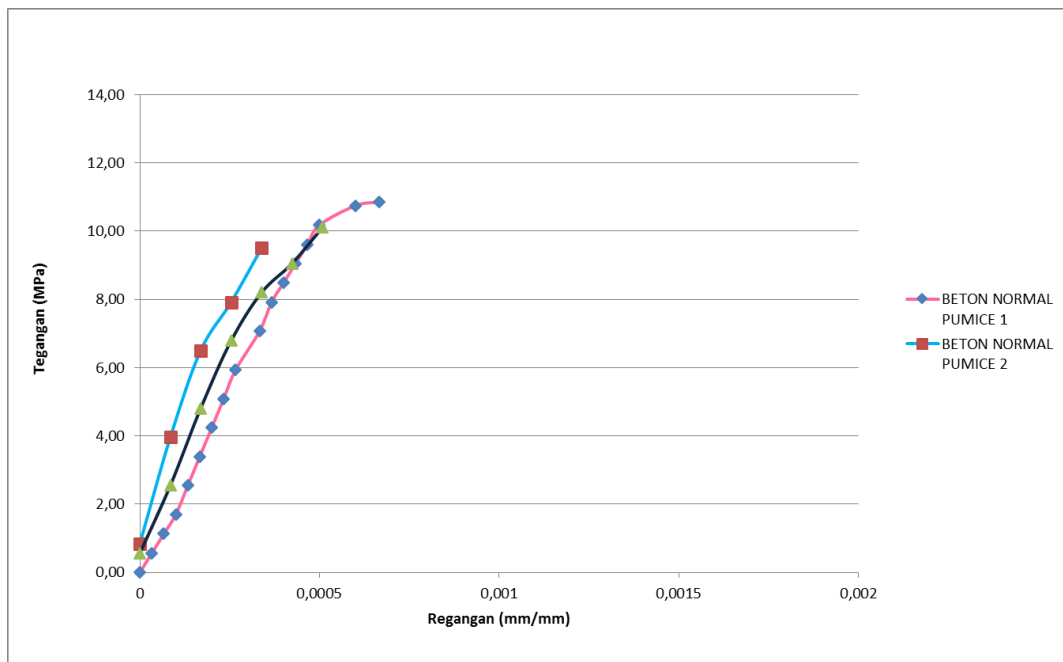
Tabel 4.38Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton Normal *Pumice* 3 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,55 | 0,0254 | 0,00008 |
| 4,81 | 0,0508 | 0,00017 |
| 6,79 | 0,0762 | 0,00025 |
| 8,20 | 0,1016 | 0,00034 |
| 9,05 | 0,127 | 0,00042 |
| 10,11 | 0,1524 | 0,00051 |

**Gambar 4.39** Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton Normal *Pumice* 3

Pada Beton Normal *Pumice* 2 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 6,79 Mpa, dan regangan 0,00025 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.38

- Gabungan Beton Normal *Pumice*



Gambar 4.40 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton Normal *Pumice*

Pada grafik gabungan Beton Normal *Pumice* diatas tidak bisa gambarkan hingga dibawah kondisi P maksimum, dikarenakan data dari hasil penelitian yang tidak dapat terbaca, sehingga grafik hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi hanya sampai beban maksimum saja, dan pada Beton Normal *Pumice* 1 didapatkan nilai tegangan terbesar senilai 10,86 MPa, dibandingkan dengan Beton Normal *Pumice* 2 dan 3.

4. Beton *Fiber* tanpa Kait

- Beton *Fiber* tanpa Kait 1

Tabel 4.39

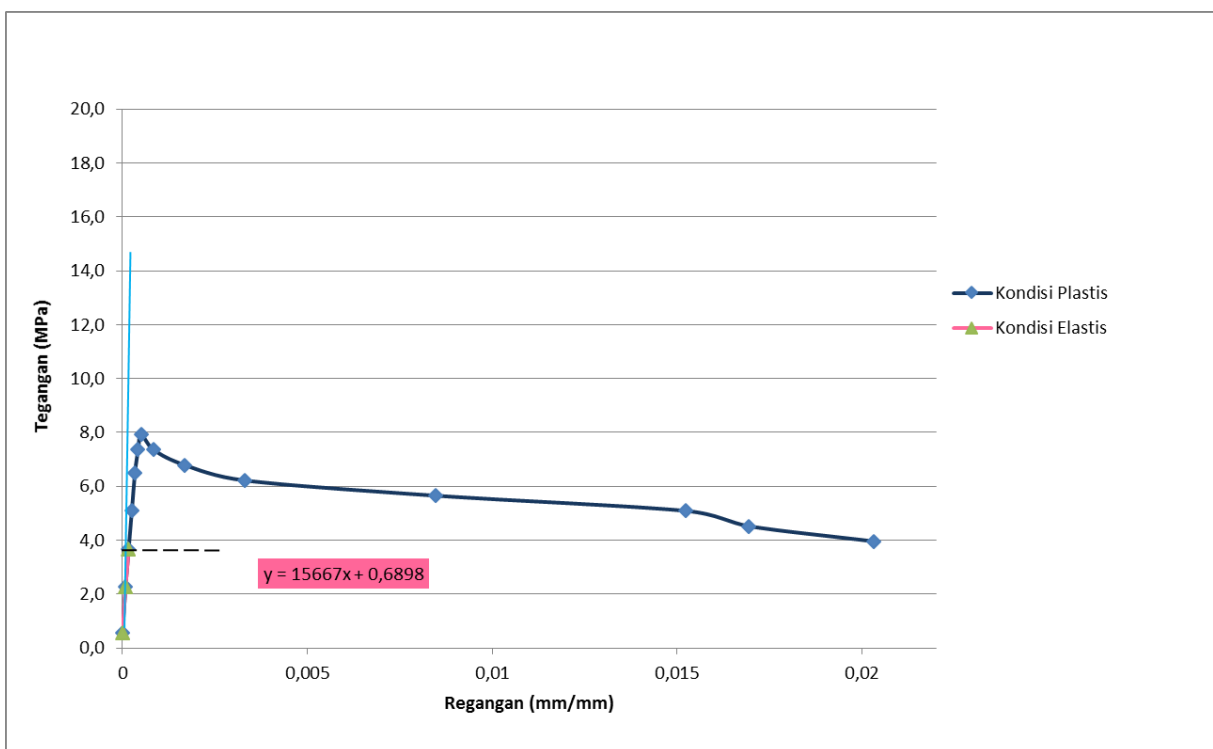
Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 1 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 90 | 5,09 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 120 | 6,79 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 130 | 7,35 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 140 | 7,92 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |
| 130 | 7,35 | 0,01 | 0,254 | 0,00085 |
| 120 | 6,79 | 0,02 | 0,508 | 0,00169 |
| 110 | 6,22 | 0,039 | 0,9906 | 0,00330 |
| 100 | 5,66 | 0,1 | 2,54 | 0,00847 |
| 90 | 5,09 | 0,18 | 4,572 | 0,01524 |
| 80 | 4,53 | 0,2 | 5,08 | 0,01693 |
| 70 | 3,96 | 0,24 | 6,096 | 0,02032 |

Tabel 4.40

Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 1 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,26 | 0,0254 | 0,00008 |
| 3,68 | 0,0508 | 0,00017 |
| 5,09 | 0,0762 | 0,00025 |
| 6,51 | 0,1016 | 0,00034 |
| 7,35 | 0,127 | 0,00042 |
| 7,92 | 0,1524 | 0,00051 |
| 7,35 | 0,254 | 0,00085 |
| 6,79 | 0,508 | 0,00169 |
| 6,22 | 0,9906 | 0,00330 |
| 5,66 | 2,54 | 0,00847 |
| 5,09 | 4,572 | 0,01524 |
| 4,53 | 5,08 | 0,01693 |
| 3,96 | 6,096 | 0,02032 |



Gambar 4.41 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton *Fiber* tanpa Kait 1

Pada Beton Beton *Fiber* tanpa Kait 1 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 3,68 Mpa, dan regangan 0,00017 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.40

- Beton *Fiber* tanpa Kait 2

Tabel 4.41

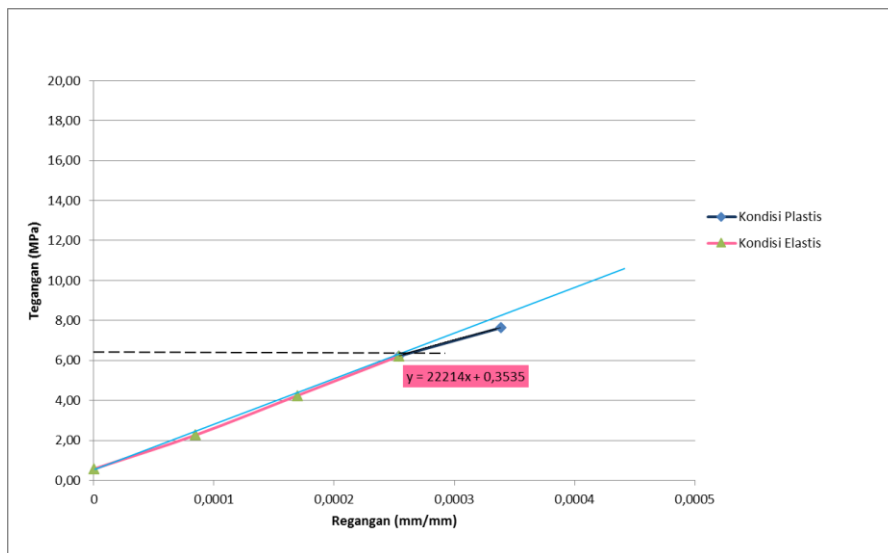
Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 2 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 90 | 5,09 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 120 | 6,79 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 130 | 7,35 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 140 | 7,92 | 0,04 | 1,016 | 0,00339 |

Tabel 4.42

Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 2 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,26 | 0,0254 | 0,00008 |
| 4,24 | 0,0508 | 0,00017 |
| 6,22 | 0,0762 | 0,00025 |
| 7,64 | 0,1016 | 0,00034 |



Gambar 4.42 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton *Fiber* tanpa Kait 2

Pada Beton Beton *Fiber* tanpa Kait 2 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 6,22 Mpa, dan regangan 0,00025 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.42

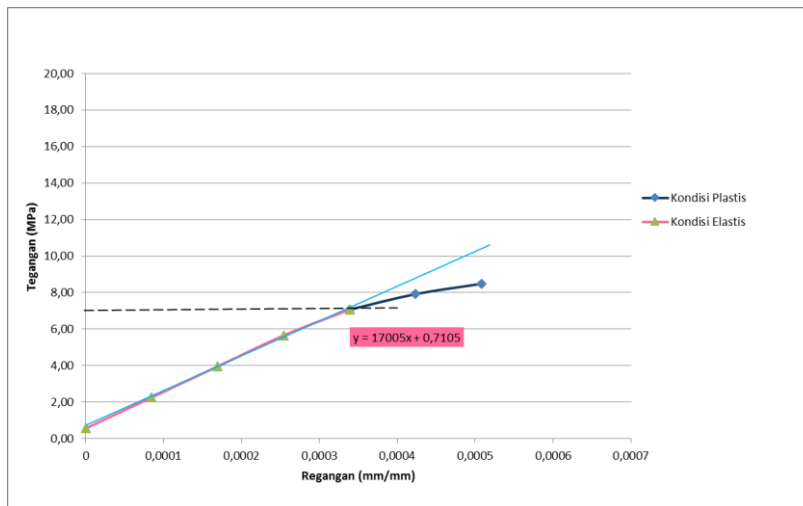
- Beton *Fiber* tanpa Kait 3

Tabel 4.43Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 3 (Data asli)

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL (inch) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0,57 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 20 | 1,13 | 0 | 0 | 0,00000 |
| 30 | 1,70 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 40 | 2,26 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 50 | 2,83 | 0,001 | 0,0254 | 0,00008 |
| 60 | 3,39 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 70 | 3,96 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 80 | 4,53 | 0,002 | 0,0508 | 0,00017 |
| 90 | 5,09 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 100 | 5,66 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 110 | 6,22 | 0,003 | 0,0762 | 0,00025 |
| 120 | 6,79 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 130 | 7,35 | 0,004 | 0,1016 | 0,00034 |
| 140 | 7,92 | 0,005 | 0,127 | 0,00042 |
| 150 | 8,48 | 0,006 | 0,1524 | 0,00051 |

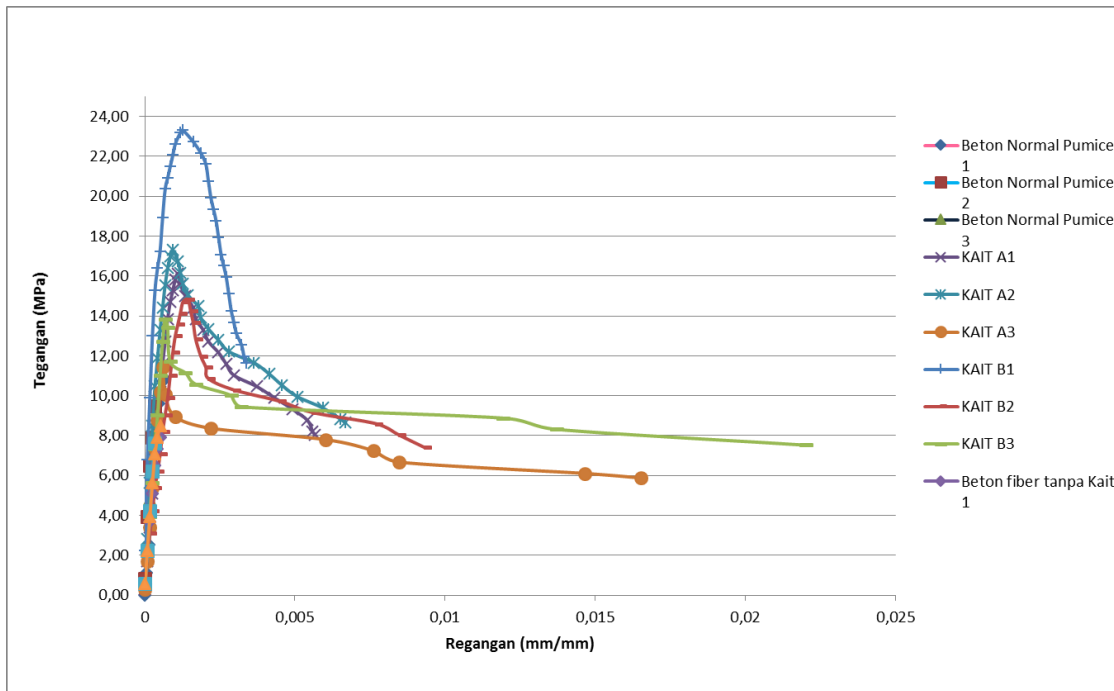
Tabel 4.44Hasil Pembacaan *Extensometer* Beton *Fiber* tanpa Kait 3 (Data yang telah dipilih)

| TEGANGAN (MPa) | ΔL (mm) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 0,6 | 0 | 0 |
| 2,26 | 0,0254 | 0,00008 |
| 3,96 | 0,0508 | 0,00017 |
| 5,66 | 0,0762 | 0,00025 |
| 7,07 | 0,1016 | 0,00034 |
| 7,92 | 0,127 | 0,00042 |
| 8,48 | 0,1524 | 0,00051 |

**Gambar 4.43** Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan Beton *Fiber* tanpa Kait 3

Pada Beton Beton *Fiber* tanpa Kait 3 didapatkan nilai batas elastis yaitu pada tegangan 7,07 Mpa, dan regangan 0,00034 mm/mm dapat dilihat pada tabel 4.44

Berikut merupakan hasil gabungan seluruh benda uji antar tegangan dan regangan yang dihasilkan dari pengujian *extensometer* bersama dengan kuat tekan gambar 4.38 :



Gambar 4.44 Grafik Hubungan antara tegangan dan regangan pada seluruh benda uji

Dari gambar 4.38 diatas merupakan hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada seluruh benda uji, dan benda uji yang memiliki nilai tegangan dan daktilitas yang tinggi adalah kait B1, karena kait B1 memiliki nilai tegangan tertinggi dan mampu menciptakan regangan yang sama dengan benda uji lain saat kait B1 memiliki tegangan 23,31 MPa dan benda uji lainnya <23,31 MPa, tegangan kait B1 tercantum dalam tabel 4.28 berikut merupakan metode dalam mencari modulus elastisitas :

1. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan rumus Eurocode 2 (1992) atau Wang dan Salmon

Menurut Wang dan Salmon digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai beton sebagai berikut :

$$E_c = \frac{0.4 \times f_{max}}{\epsilon} \dots\dots\dots(4 - 4)$$

Dimana :

E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

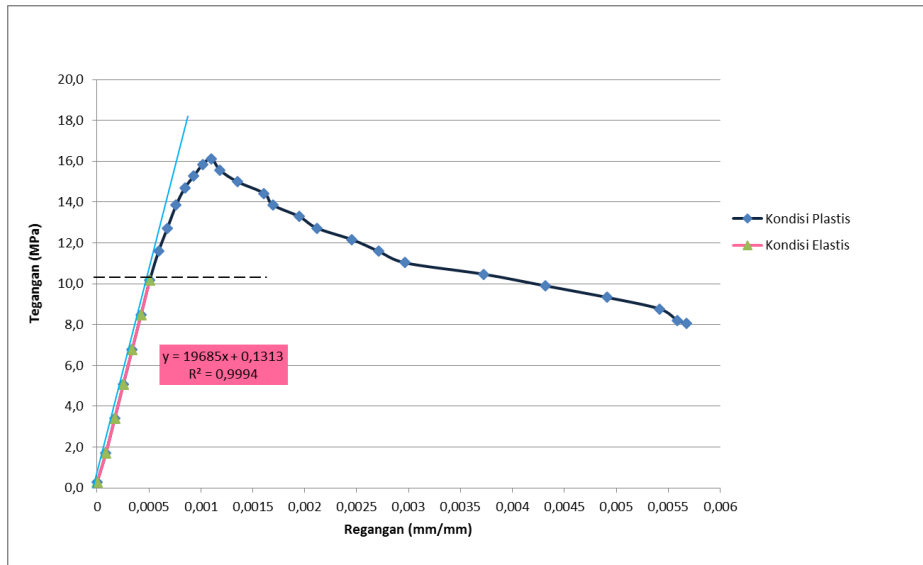
f_{max} = tegangan beton maksimum (MPa)

ϵ = regangan beton

Contoh perhitungan :

- Misal menghitung nilai modulus elastisitas pada benda uji KAIT A1
- Lihat data pembacaan *extensometer* terdapat pada lampiran

- Plot grafik hasil pembacaan data extensometer pada gambar 4.45



Gambar 4.45 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT A1

- Dari grafik hubungan tegangan dan regangan di atas, dibuat garis bantu linier yang bersinggungan dengan grafik tersebut sehingga diperoleh batas elastis yang terletak pada tegangan sebesar 10,18 MPa dan regangan sebesar 0.000508

- Menghitung nilai $0,4f'_c = 0,4 \times 16,12 = 6,448$ MPa

- Menghitung nilai regangan (ϵ) saat 10,18 MPa dengan menggunakan persamaan garis yang terdapat pada gambar 4.45

$$y = 19685x + 0,1313$$

$$10,18 = 19685x + 0,1313$$

$$x = 0.000508 \rightarrow \text{nilai regangan saat } 0.4f'_c$$

- Menghitung nilai elastisitas dengan menggunakan rumus Eurocode 2 :

$$E_c = \frac{10,18}{0.000508} = 20094,144 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian moduus elastisitas dengan menggunakan cara Wang dan Salmon (1986) dapat dilihat pada tabel 4.45

Tabel 4.45

Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut Eurocode 2 atau Wang dan Salmon

| No | Kode Benda Uji | f'_c (Mpa) | E_c (Mpa) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) |
|----|----------------|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | KAIT A 1 | 16,121 | 20094,144 | 0,000508 | 10,1818 |
| 2 | KAIT A 2 | 17,309 | 33305,946 | 0,000254 | 8,4848 |
| 3 | KAIT A 3 | 11,426 | 21301,179 | 0,000423 | 8,7677 |

| | | | | | | |
|----|-------------------------------------|--------------------------|--------|---------------|----------|---------|
| 4 | KAIT B | KAIT B 1 | 23,305 | 56135,36 4 | 0,000339 | 15,2727 |
| 5 | | KAIT B 2 | 14,820 | 14867,72 0 | 0,000508 | 7,0707 |
| 6 | | KAIT B 3 | 13,406 | 22202,99 0 | 0,000254 | 5,6566 |
| 7 | BETON NORMAL | NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 24201,45 8 | 0,000267 | 5,9394 |
| 8 | | NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | 43923,52 0 | 0,000169 | 6,5051 |
| 9 | | NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | 28338,69 3 | 0,000254 | 6,7879 |
| 10 | BETON FIBER 10% TANPA KAIT | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 20028,43 4 | 0,000169 | 3,6768 |
| 11 | | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,636 | 25004,38 9 | 0,000254 | 6,2222 |
| 12 | | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,485 | 21507,45 0 | 0,000339 | 7,0707 |

2. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan rumus ASTM C-469

Perhitungan Modulus Elastisitas berdsarkan rumus ASTM C-469 ini disebut juga modulus chord. Adapun perhitungan modulus elastisitas chord (*chord modul*) adalah sebagai berikut :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_c - 0.00005} \dots\dots\dots(4 - 5)$$

dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

S_2 = Tegangan sebesar 0.4 f'_c

S_1 = Tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal sebesar 0.00005

ϵ_c = Regangan longitudinal akibat Tegangan S_2

Contoh perhitungan :

- Misal menghitung nilai modulus elastisitas pada benda uji KAIT B2
- Grafik hasil pembacaan dial extensometer dapat dilihat pada gambar 4.46
- $S_2 = 0.4f'_c = 0.4 \times 14,82 = 5,9281$ MPa
- $S_1 = y = 12765x + 0,8384$
 $= 12765(0,00005) + 0,8384$
 $= 1,477$

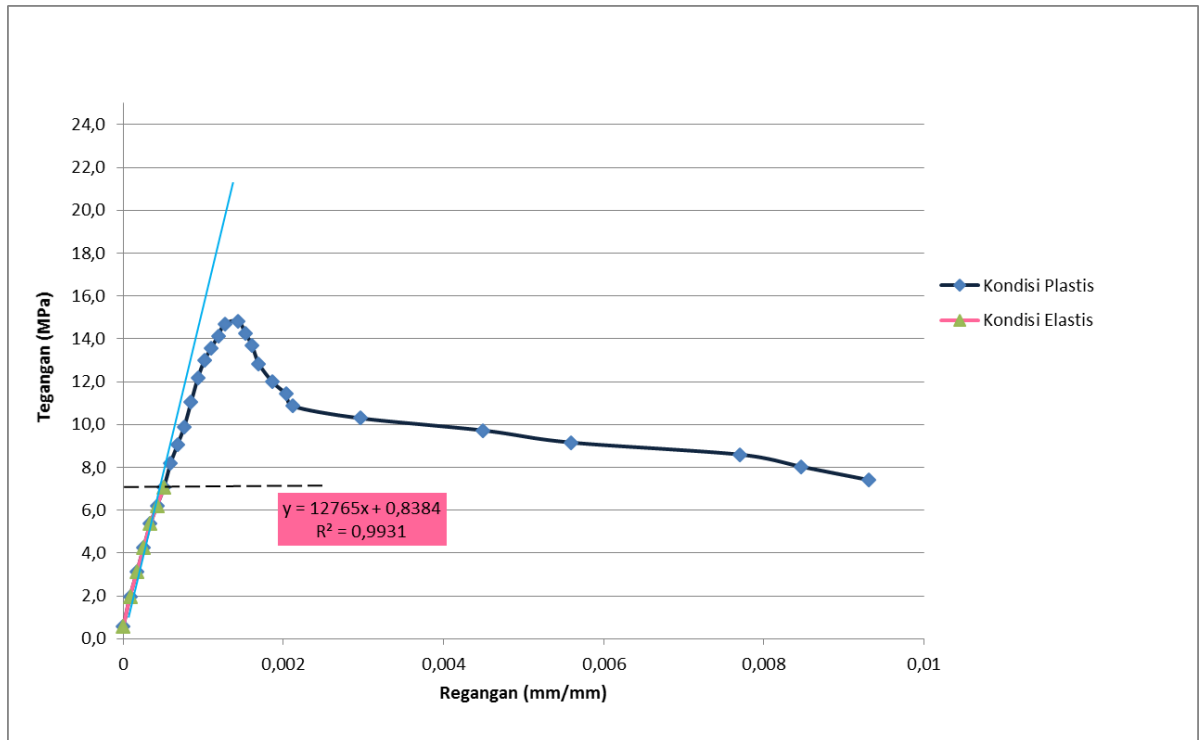
$$\epsilon_c = x \rightarrow y = 12765x + 0,8384$$

$$5,9281 = 12765x + 0,8384$$

$$x = 0.0003987$$

- Menghitung nilai elastisitas dengan menggunakan rumus ASTM C-469 :

$$E_c = \frac{14,82 - 1,477}{0.0003987 - 0.00005} = 12765 \text{ MPa}$$



Gambar 4.46 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B2

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus ASTM C-469 dapat dilihat pada tabel 4.46

Tabel 4.46

Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut rumus ASTM C-469

| No | Kode Benda Uji | | f'c (Mpa) | Ec (Mpa) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) |
|----|----------------|-----------------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | KAIT A | KAIT A 1 | 16,121 | 19610,44 | 0,000508 | 10,1818 |
| 2 | | KAIT A 2 | 17,309 | 31401,00 | 0,000254 | 8,4848 |
| 3 | | KAIT A 3 | 11,426 | 21045,00 | 0,000423 | 8,7677 |
| 4 | KAIT B | KAIT B 1 | 23,305 | 38082,00 | 0,000339 | 15,2727 |
| 5 | | KAIT B 2 | 14,820 | 12765,00 | 0,000508 | 7,0707 |
| 6 | | KAIT B 3 | 13,406 | 20043,00 | 0,000254 | 5,6566 |
| 7 | BETON NORMAL | NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 22626,00 | 0,000267 | 5,9394 |

| | | | | | | |
|----|----------------------------|--------------------|--------|----------|----------|--------|
| 8 | | NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | 33405,00 | 0,000169 | 6,5051 |
| 9 | | NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | 24720,00 | 0,000254 | 6,7879 |
| 10 | BETON FIBER 10% TANPA KAIT | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 15667,00 | 0,000169 | 3,6768 |
| 11 | | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,636 | 22214,00 | 0,000254 | 6,2222 |
| 12 | | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,485 | 17005,00 | 0,000339 | 7,0707 |

3. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan SK SNI T-15-1991

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton menggunakan rumus pada SK SNI – T – 15 – 1991 adalah sebagai berikut :

- a. Rumus yang digunakan untuk $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$

$$E_c = 0.043 \times W_c^{1.5} \times f_c^{0.5} \dots\dots\dots(4 - 6)$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

W_c = Berat satuan beton (kg/m^3)

f_c = Kuat Tekan beton silinder (MPa)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji Normal *Pumice 3*

Diketahui : $W_c = 2253,199 \text{ kg/m}^3$

$$f_c = 10,11 \text{ MPa}$$

$$\text{Sehingga : } E_c = 0.043 \times 2253,199^{1.5} \times 10,11^{0.5}$$

$$= 14917,6553 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SK SNI T – 15 – 1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$) dapat dilihat pada tabel 4.47

Tabel 4.47

Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ($1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$)

| No | Kode Benda Uji | f'c (Mpa) | Ec (Mpa) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) | |
|----|----------------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|
| 1 | KAIT A | KAIT A 1 | 16,121 | 18465,732 | 0,000508 | 10,1818 |
| 2 | | KAIT A 2 | 17,309 | 18774,828 | 0,000254 | 8,4848 |
| 3 | | KAIT A 3 | 11,426 | 15380,863 | 0,000423 | 8,7677 |

| | | | | | | |
|----|----------------------------|--------------------|--------|-----------|----------|---------|
| 4 | KAIT B | KAIT B 1 | 23,305 | 22621,370 | 0,000339 | 15,2727 |
| 5 | | KAIT B 2 | 14,820 | 17262,341 | 0,000508 | 7,0707 |
| 6 | | KAIT B 3 | 13,406 | 16662,178 | 0,000254 | 5,6566 |
| 7 | BETON NORMAL | NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 15730,661 | 0,000267 | 5,9394 |
| 8 | | NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | 14428,418 | 0,000169 | 6,5051 |
| 9 | | NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | 14917,655 | 0,000254 | 6,7879 |
| 10 | BETON FIBER 10% TANPA KAIT | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 12138,485 | 0,000169 | 3,6768 |
| 11 | | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,636 | 12538,196 | 0,000254 | 6,2222 |
| 12 | | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,485 | 13904,072 | 0,000339 | 7,0707 |

b. Rumus yang digunakan untuk $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$

$$E_c = 4700 \times f'c^{0.5} \dots\dots\dots(4-7)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

$f'c$ = kuat tekan beton berumus 28 hari (MPa)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji Normal *pumice* 1

Diketahui : $f'c = 10,86 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } E_c &= 4700 \times 10,86^{0.5} \\ &= 15489,05381 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SK SNI T – 15 – 1991 ($W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$) dapat dilihat pada tabel 4.48

Tabel 4.48

Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut SK SNI T – 15 – 1991 ($W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$)

| N o | Kode Benda Uji | | $f'c$ (Mpa) | E_c (Mpa) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) |
|--------|----------------|----------|-------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | KAIT A | KAIT A 1 | 16,121 | 18871,078 | 0,000508 | 10,1818 |

| | | | | | | |
|----|-------------------------------------|--------------------------|--------|---------------|----------|---------|
| 2 | | KAIT A 2 | 17,309 | 19553,97 2 | 0,000254 | 8,4848 |
| 3 | | KAIT A 3 | 11,426 | 15887,29 5 | 0,000423 | 8,7677 |
| 4 | KAIT B | KAIT B 1 | 23,305 | 22689,39 3 | 0,000339 | 15,2727 |
| 5 | | KAIT B 2 | 14,820 | 18093,59 7 | 0,000508 | 7,0707 |
| 6 | | KAIT B 3 | 13,406 | 17208,71 5 | 0,000254 | 5,6566 |
| 7 | BETON NORMAL | NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 15489,05 4 | 0,000267 | 5,9394 |
| 8 | | NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | 14488,68 3 | 0,000169 | 6,5051 |
| 9 | | NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | 14941,56 3 | 0,000254 | 6,7879 |
| 10 | BETON FIBER 10% TANPA KAIT | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 13226,29 8 | 0,000169 | 3,6768 |
| 11 | | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,636 | 12987,96 6 | 0,000254 | 6,2222 |
| 12 | | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,485 | 13690,51 9 | 0,000339 | 7,0707 |

4. Perhitungan Modulus Elastisitas berdasarkan TS 500 (*Turkey Standart*)

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton menggunakan rumus pada TS 500 (*Turkey Standart*) adalah sebagai berikut :

$$E_c = (3250 \times \sqrt{f'_c}) + 14000 \dots\dots\dots(4 - 8)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

f'_c = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Contoh Perhitungan :

Misal menghitung modulus elastisitas benda uji KAIT B1

Diketahui : $f'_c = 23,31$ MPa

$$\text{Sehingga : } E_c = (3250 \times \sqrt{23,31}) + 14000 = 29689,47405 \text{ MPa}$$

Berikut hasil pengujian modulus elastisitas dengan menggunakan rumus TS 500 (*Turkey Standart*) dapat dilihat pada tabel 4.49

Tabel 4.49Hasil pengujian uji modulus elastisitas menurut Cara TS 500 (*Turkey Standart*)

| No | Kode Benda Uji | f'c (Mpa) | Ec (Mpa) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) | |
|----|--|--------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|
| 1 | KAIT A | KAIT A 1 | 16,121 | 27049,15 0 | 0,000508 | 10,1818 |
| 2 | | KAIT A 2 | 17,309 | 27521,36 4 | 0,000254 | 8,4848 |
| 3 | | KAIT A 3 | 11,426 | 24985,89 5 | 0,000423 | 8,7677 |
| 4 | KAIT B | KAIT B 1 | 23,305 | 29689,47 4 | 0,000339 | 15,2727 |
| 5 | | KAIT B 2 | 14,820 | 26511,53 0 | 0,000508 | 7,0707 |
| 6 | | KAIT B 3 | 13,406 | 25899,64 3 | 0,000254 | 5,6566 |
| 7 | BETON NORMAL | NORMAL PUMICE 1 | 10,861 | 24710,51 6 | 0,000267 | 5,9394 |
| 8 | | NORMAL PUMICE 2 | 9,503 | 24018,77 0 | 0,000169 | 6,5051 |
| 9 | | NORMAL PUMICE 3 | 10,106 | 24331,93 2 | 0,000254 | 6,7879 |
| 10 | BETON FIBER 10% TANPA KAIT | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,919 | 23145,84 4 | 0,000169 | 3,6768 |
| 11 | | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,636 | 22981,04 1 | 0,000254 | 6,2222 |
| 12 | | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,485 | 23466,84 8 | 0,000339 | 7,0707 |

Berikut pada tabel 4.50 merupakan rincian dari beberapa hasil perhitungan modulus elastisitas beserta persentase kesalahan relatif untuk masing - masing metode perhitungan.

Tabel 4.50

Nilai Modulus Elastisitas dan Presentase Selisih antar Metode Perhitungan

| NO | KODE BENDA UJI | f _c (Mpa) | MODULUS ELASTISITAS (MPa) | | | | | | | SELISIH ANTAR PERHITUNGAN | | | | |
|----|--------------------|----------------------|---|-----------|--|--|--------------------|-------------|--------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | SNI | | TS 500 | | | | | | | |
| | | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (1) dan (2) | (2) dan (3) | (3) dan (4) | (1) dan (5) | (3) dan (5) |
| | | | EUROCODE 2-1992 atau WANG & SALMON (1986) | ASTM C469 | SKSNI T-15-1991 (0,043 x Wc ^{1.5} x fc ^{0.5}) | SKSNI T-15-1991 (4700 x fc ^{0.5}) | TS 500 (Turkey) | 0,5fc (SEC) | 0,75fc (SEC) | | | | | |
| 1 | KAIT A 1 | 16,12 | 20094,14 | 19610,4 | 18465,7 | 18871,1 | 27049,1 | 20011,0 | 19040,0 | 2,5% | 6% | 2,1% | 34,6% | 46,5% |
| 2 | KAIT A 2 | 17,31 | 33305,95 | 31401,0 | 18774,8 | 19554,0 | 27521,4 | 32906,7 | 24736,0 | 6,1% | 67% | 4,0% | 17,4% | 46,6% |
| 3 | KAIT A 3 | 11,43 | 21301,18 | 21045,0 | 15380,9 | 15887,3 | 24985,9 | 21255,6 | 20310,7 | 1,2% | 37% | 3,2% | 17,30% | 62,4% |
| 4 | KAIT B 1 | 23,31 | 56135,36 | 38082,0 | 22621,4 | 22689,4 | 29689,5 | 51273,9 | 36963,4 | 47,4% | 68% | 0,3% | 47,1% | 31,2% |
| 5 | KAIT B 2 | 14,82 | 14867,72 | 12765,0 | 17262,3 | 18093,6 | 26511,5 | 14393,5 | 12563,2 | 16,5% | 26% | 4,6% | 78,3% | 53,6% |
| 6 | KAIT B 3 | 13,41 | 22202,99 | 20043,0 | 16662,2 | 17208,7 | 25899,6 | 21890,4 | 20727,4 | 10,8% | 20% | 3,2% | 16,6% | 55,4% |
| 7 | NORMAL PUMICE 1 | 10,86 | 24201,46 | 22626,0 | 15730,7 | 15489,1 | 24710,5 | 23869,1 | 20858,0 | 7,0% | 44% | 1,6% | 2,1% | 57,1% |
| 8 | NORMAL PUMICE 2 | 9,50 | 43923,52 | 33405,0 | 14428,4 | 14488,7 | 24018,8 | 38016,3 | 33672,8 | 31,5% | 132% | 0,4% | 45,3% | 66,5% |
| 9 | NORMAL PUMICE 3 | 10,11 | 28338,69 | 24720,0 | 14917,7 | 14941,6 | 24331,9 | 27661,8 | 24770,4 | 14,6% | 66% | 0,2% | 14,1% | 63,1% |
| 10 | FIBER TANPA KAIT 1 | 7,92 | 20028,43 | 15667,0 | 12138,5 | 13226,3 | 23145,8 | 18972,1 | 18258,5 | 27,8% | 29% | 8,2% | 15,6% | 90,7% |
| 11 | FIBER TANPA KAIT 2 | 7,64 | 25004,39 | 22214,0 | 12538,2 | 12988,0 | 22981,0 | 24480,5 | 25525,7 | 12,6% | 77% | 3,5% | 8,1% | 83,3% |
| 12 | FIBER TANPA KAIT 3 | 8,48 | 21507,45 | 17005,0 | 13904,1 | 13690,5 | 23466,84806 | 20425,81304 | 25623,46588 | 26,5% | 22% | 1,6% | 9,1% | 68,8% |

Dari tabel diatas dapat kita lihat perbedaan dari beberapa metode dalam menentukan nilai modulus elastisitas, KAIT A memiliki selisih yang paling kecil diantara benda uji yang lain seperti KAIT B , Normal *Pumice* dan *fiber* tanpa kait dalam perbandingan metode 1 dan 1. Namun dalam metode 3 dan 5 KAIT A memiliki selisih yang sangat jauh, diikuti oleh benda uji lainnya. namun selisih KAIT A lebih kecil dibandingkan benda uji lainnya dalam metode 3 dan 5.

4.2.6 Uji Modulus Elastisitas (*Strain Gauge*)

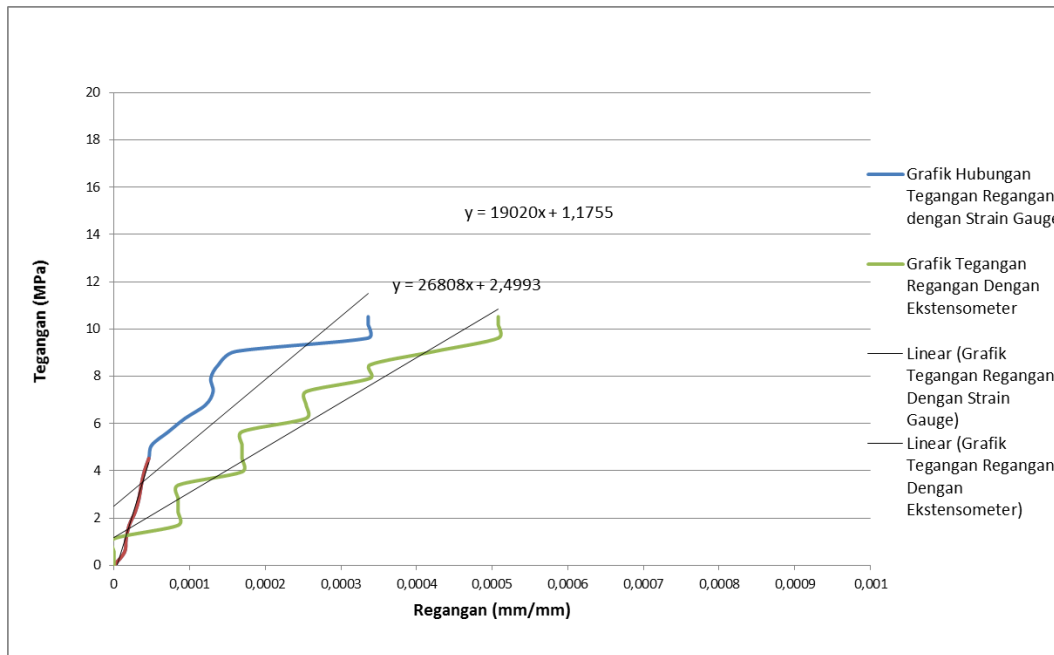
Sebagai data pendukung atau data pembanding, peneliti juga mencoba melakukan uji modulus elastisitas dengan menggunakan alat yang disebut *strain gauge*. Namun pada penelitian ini hanya dua benda uji yang diuji dengan menggunakan *strain gauge*, yaitu benda uji KAIT B 3, dan Normal *Pumice* 3



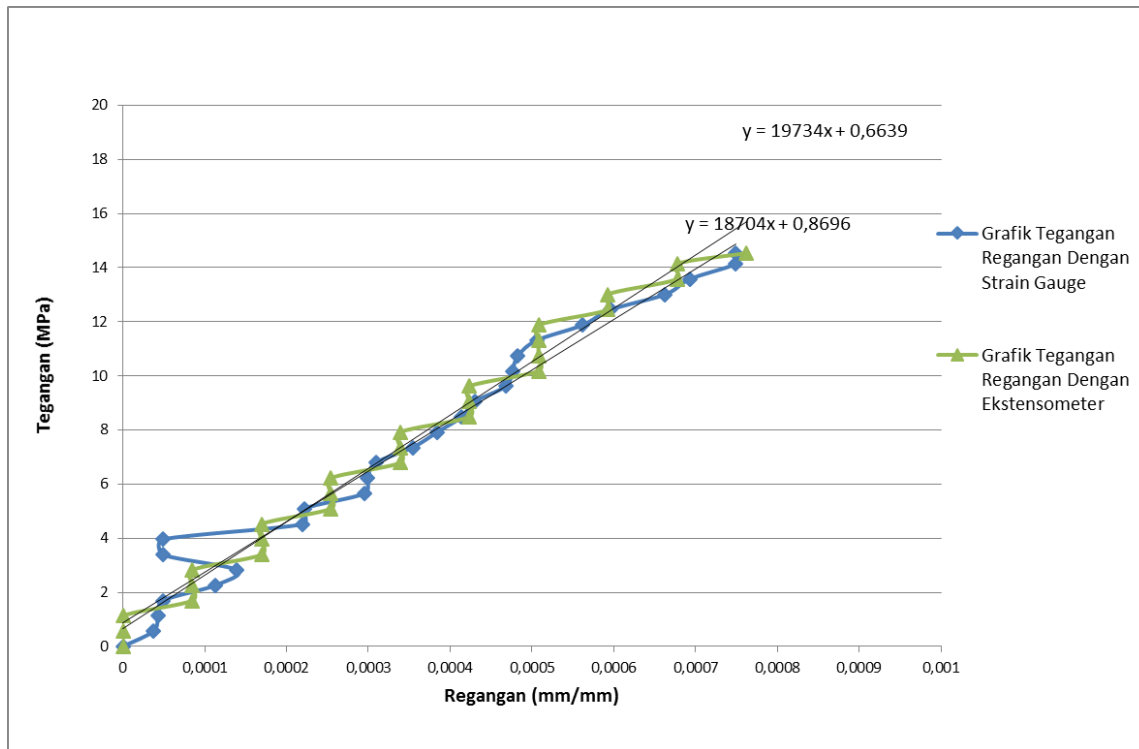
Gambar 4.47 Uji modulus elastisitas dengan menggunakan *strain gauge*

Pengujian modulus elastisitas dengan *strain gauge* ini dilakukan bersamaan dengan uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer* dan uji kuat tekan dengan mesin yang sama pula yaitu *compression machine*. *Strain gauge* dipasang ke arah horizontal dan arah vertikal dari benda uji, kemudian ujung kabel dipasang ke *dial strain gauge* yang berfungsi untuk membaca regangan dari benda uji ketika menerima beban tekan.

Berikut pada **Gambar 4.48 dan 4.49** yang merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan yang dihasilkan dari uji modulus elastisitas menggunakan *strain gauge*.



Gambar 4.48 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Normal *Pumice 3* (*Strain Gauge* dan *Extensometer*) pada benda uji Normal *Pumice 3*



Gambar 4.49 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B 3 (*Strain Gauge* dan *Extensometer*) pada benda uji KAIT B 3

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama seperti uji modulus elastisitas menggunakan *extensometer*, berikut pada tabel 4.51 dapat dilihat nilai modulus elastisitas yang dihasilkan oleh benda uji KAIT B3 dan Normal *pumice 3*

Tabel 4.51

Nilai Modulus Elastisitas KAIT B3 dan Normal *pumice 3* dengan menggunakan *Strain Gauge*

| KODE BENDA UJI | f'c (Mpa) | EUROCODE 2-1992 atau WANG & SALMON (1986) | ASTM C469 | SKSNI T-15-1991 (0,043 x Wc ^{1.5} x fc ^{0.5}) | SKSNI T-15-1991 (4700 x fc ^{0.5}) | TS 500 (Turkey) | Regangan pada batas elastis | Tegangan pada batas elastis (Mpa) |
|-----------------|-----------|---|-----------|--|---|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| KAIT B 3 | 13,41 | 18862,5 | 15439 | 18534,94611 | 17208,7 | 26391,57 | 0,000254 | 5,66 |
| NORMAL PUMICE 3 | 10,11 | 116810,681 | 41083,99 | 14917,65532 | 14941,6 | 24541,84 | 0,000254 | 6,79 |

Perbandingan nilai modulus elastisitas yang dihasilkan dengan menggunakan alat *extensometer* dan *strain gauge* dapat dilihat pada tabel 4.52

Tabel 4.52

Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas benda uji KAIT B3 dan Normal *pumice 3* dengan alat *extensometer* dan *strain gauge*

| KAIT B 3 | EXTENSOMETER | STRAIN GAUGE | KR (%) |
|--|---------------------|---------------------|---------------|
| EUROCODE 2-1992 atau WANG & SALMON (1986) | 22203,0 | 18862,50061 | 15% |
| ASTM C469 (0,4 f'c) | 20043,0 | 15439 | 23% |
| TS 500 (Turkey) | 25899,64 | 26391,57 | 2% |
| SKSNI T-15-1991 (0,043 x Wc ^{1.5} x fc ^{0.5}) | 1666217,8% | 18534,94611 | 11% |
| SKSNI T-15-1991 (4700 x fc ^{0.5}) | 17208,7 | 17208,7 | 0% |
| NORMAL PUMICE 3 | EXTENSOMETER | STRAIN GAUGE | KR (%) |
| EUROCODE 2-1992 atau WANG & SALMON (1986) | 28338,69 | 116810,681 | 312% |
| ASTM C469 (0,4 f'c) | 24720,0 | 41083,99468 | 66% |
| TS 500 (Turkey) | 24331,9 | 24541,83585 | 1% |
| SKSNI T-15-1991 (0,043 x Wc ^{1.5} x fc ^{0.5}) | 14917,7 | 14917,65532 | 0% |
| SKSNI T-15-1991 (4700 x fc ^{0.5}) | 14941,6 | 14941,6 | 0% |

Berdasarkan perbandingan nilai modulus elastisitas untuk benda uji KAIT B3 dan Normal *pumice 3* yang dihasilkan dengan menggunakan alat *extensometer* memiliki selisih yang sangat jauh dengan nilai modulus elastisitas yang dihasilkan dengan menggunakan alat *strain gauge*. Bahkan selisihnya mendekati 100% untuk metode perhitungan berdasarkan cara Eurocode 2 dan ASTM C-469, hal ini dikarenakan grafik hubungan tegangan dan regangan yang dihasilkan juga berbeda karena pada *extensometer* data yang didapat kemudian dipilih dengan di rata-rata apabila sama dalam pembacaan *dial extensometer*, sedangkan dalam pembacaan *strain gauge* bacaan yang dibaca ketika kenaikan nilai 10 dan jarang setiap bacaanya sama, sehingga tidak bisa dipilih dan dirata-rata. Berbeda halnya dengan cara SKSNI T-15-1991 dan TS 500 yang menghasilkan nilai yang sama karena hanya dipengaruhi oleh berat isi dan kuat tekannya saja.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Hasil uji kuat tarik belah terhadap beton serat menunjukkan bahwa beton dengan variasi beton *fiber* tanpa kait menghasilkan nilai kuat tarik belah maksimum yaitu sebesar 2,003 MPa, dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal *pumice*, beton KAIT A, dan beton KAIT B. Sehingga beton *fiber* tanpa kait lebih kuat dalam menahan gaya tarik dibandingkan dengan *fiber* yang berkait.
2. Hasil uji kuat tekan terhadap beton serat menunjukkan bahwa beton dengan variasi kait B mempunyai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 17,55 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal *pumice* adalah 10,16 Mpa, kuat tekan rata-rata beton serat dengan variasi KAIT A adalah sebesar 14,99 MPa dan nilai kuat tekan rata-rata *fiber* tanpa kait sebesar 9,42 Mpa. Pada beton serat variasi kait B dengan semakin kecil nilai *slump* 9 cm maka nilai kuat tekannya akan semakin besar yaitu 17,55 MPa, berbeda dengan beton yang memiliki nilai *slump* tinggi yaitu memiliki kadar air yang diatas rata-rata atau diatas standar sehingga sifat dari beton tersebut akan kurang kuat dalam menerima gaya.
3. Hasil uji modulus elastisitas terhadap beton serat menunjukkan bahwa beton dengan kait B menghasilkan nilai modulus elastisitas maksimum yaitu dengan metode Eurocode 2 sebesar 56135,36 MPa, metode ASTM C469 sebesar 38082 Mpa, metode SKSNI T-15-1991 yaitu sebesar 22621,4 Mpa, dan pada metode TS 500 (Turkey) memiliki nilai 29689,5 MPa. Hal ini dikarenakan nilai modulus elastisitas beton berbanding lurus dengan nilai kuat tekannya. Pada penelitian dengan alat ekstensometer grafik tegangan regangan KAIT A jauh lebih baik dibandingkan dengan KAIT B, *fiber* tanpa kait, dan Normal *Pumice*. Hasil pengujian dengan alat *strain gauge* mendapat selisih hampir sama dengan hasil ekstensometer yaitu dengan metode SKSNI T-15-1991 dan TS 500. Berbeda dengan hasil dari metode Eurocode 2 dan ASTM C-469 yaitu selisihnya sangat jauh antara alat ekstensometer dan *strain gauge* yang hampir mendekati 100%.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang ditarik dari hasil penelitian ini, maka penulis memberikan beberapa saran yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya guna memperbaiki kekurangan dari penelitian ini, antara lain adalah :

1. Memperhatikan batu apung agar merata diseluruh bagian beton ringan.
2. Mencari cara mendesain campuran beton agar mampu mencapai mutu yang ditargetkan, apalagi dengan menggunakan material tambahan atau pun material pengganti.
3. Mencari cara pada saat pelaksanaan pengecoran / pencampuran bahan adukan beton agar dapat mencapai mutu yang ditargetkan dan mendapat nilai slump yang sesuai.
4. Belajar mengoperasikan alat uji tekan, tarik belah, dan modulus elastisitas agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan pengujian.
5. Hati-hati dalam memotong dan mengkait kaleng karena membutuhkan kesabaran yang tinggi dan jangan lupa di cuci terlebih dahulu untuk kenyamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurlina, Siti. (2011). *Teknologi Bahan I*. Malang: Bergie Media.
- Nurlina, Siti. (2008). *Struktur Beton*. Malang: Bergie Media.
- Sudarmoko. (1990). *Kuat Lentur Beton Serat dengan Model Skala Penuh*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Suhendro. (1991). *Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Standar Nasional Indonesia 03-1729. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Syarat Industri Indonesia 0052-80. (1980). *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- American Society for Testing and Material C 33-97. 1998. *Standart Spesification for Concrete Aggregate*. American : Annual Book.
- Yildirim, Hasan dan Ozkan Sengul. (2011). *Modulus of Elasticity of substandard and normal concretes*. Istanbul Technical University. Faculty of Civil Engineering.
- Green, S., Nicholas B. & Len M. *Pumice Aggregates for Structural Lightweight And Internally Cured Concretes*.
- Kilic, A. 2009. *The effects of Scoria And Pumice Aggregates on The Strenghs And Unit Weights of Lightweight Concrete*. *Scientific Research and Essay*. Vol 4(10): p. 961-965.

Lampiran 1. Hasil Uji Modulus Elastisitas Menggunakan *Strain Gauge*

Pada penelitian ini, benda uji KAIT B3 dan Normal *Pumice 3* yang diuji modulus elastisitas menggunakan *strain gauge*.



(a)

(b)

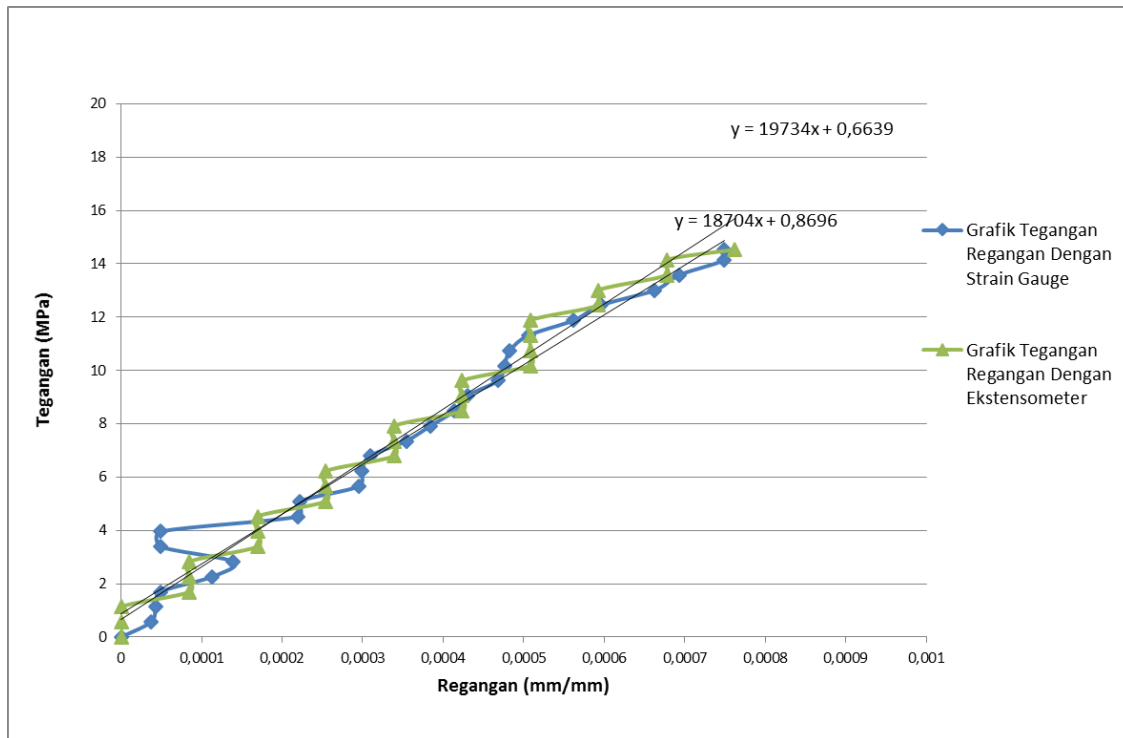
Gambar 1 Benda uji Normal *Pumice 3* (a) Pemasangan alat *strain gauge* (b) Pembacaan dial *strain gauge*

Sumber : Dokumentasi Penelitian

1. Hasil pembacaan dial *strain gauge* benda uji Kait B3

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL Vertikal (mikro e) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 1515 | 0 |
| 10 | 0,57 | 1478 | 0,000037 |
| 20 | 1,13 | 1472 | 0,000043 |
| 30 | 1,70 | 1466 | 0,000049 |
| 40 | 2,26 | 1402 | 0,000113 |
| 50 | 2,83 | 1376 | 0,000139 |
| 60 | 3,39 | 1466 | 0,000049 |
| 70 | 3,96 | 1466 | 0,000049 |
| 80 | 4,53 | 1295 | 0,00022 |
| 90 | 5,09 | 1293 | 0,000222 |
| 100 | 5,66 | 1220 | 0,000295 |
| 110 | 6,22 | 1216 | 0,000299 |
| 120 | 6,79 | 1206 | 0,000309 |
| 130 | 7,35 | 1161 | 0,000354 |
| 140 | 7,92 | 1131 | 0,000384 |
| 150 | 8,48 | 1101 | 0,000414 |
| 160 | 9,05 | 1085 | 0,00043 |
| 170 | 9,62 | 1047 | 0,000468 |
| 180 | 10,18 | 1039 | 0,000476 |
| 190 | 10,75 | 1032 | 0,000483 |
| 200 | 11,31 | 1009 | 0,000506 |
| 210 | 11,88 | 953 | 0,000562 |
| 220 | 12,44 | 919 | 0,000596 |
| 230 | 13,01 | 852 | 0,000663 |
| 240 | 13,58 | 822 | 0,000693 |
| 250 | 14,14 | 766 | 0,000749 |
| 257 | 14,54 | 766 | 0,000749 |

Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B3 dengan menggunakan alat *extensometer* dan *strain gauge*

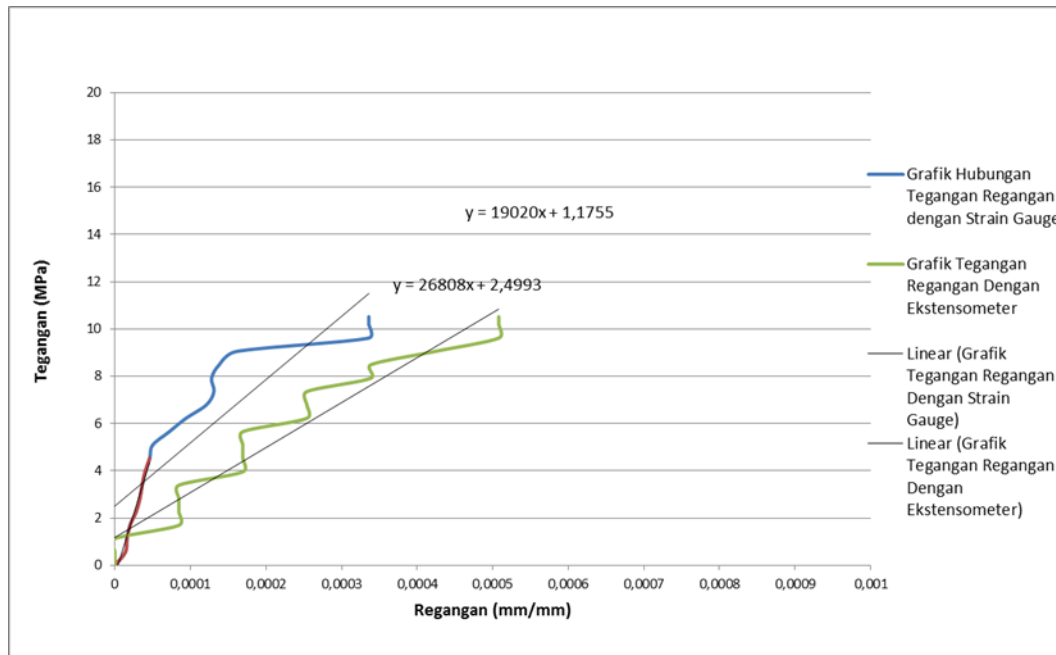


Sumber : Hasil Penelitian

2. Hasil pembacaan dial *strain gauge* benda uji Normal *Pumice 3*

| BEBAN (KN) | TEGANGAN (MPa) | ΔL Vertikal (mikro e) | Regangan, $\Delta L/L$ (mm/mm) |
|------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 1780 | 0 |
| 10 | 0,57 | 1794 | 0,000014 |
| 20 | 1,13 | 1796 | 0,000016 |
| 30 | 1,70 | 1800 | 0,00002 |
| 40 | 2,26 | 1808 | 0,000028 |
| 50 | 2,83 | 1813 | 0,000033 |
| 60 | 3,39 | 1813 | 0,000036 |
| 70 | 3,96 | 1816 | 0,00004 |
| 80 | 4,53 | 1820 | 0,000046 |
| 90 | 5,09 | 1826 | 0,00005 |
| 100 | 5,66 | 1830 | 0,000072 |
| 110 | 6,22 | 1852 | 0,000094 |
| 120 | 6,79 | 1874 | 0,000121 |
| 130 | 7,35 | 1901 | 0,000131 |
| 140 | 7,92 | 1911 | 0,000128 |
| 150 | 8,48 | 1908 | 0,000138 |
| 160 | 9,05 | 1918 | 0,000161 |
| 170 | 9,62 | 1941 | 0,000336 |
| 180 | 10,18 | 2116 | 0,000336 |
| 186 | 10,52 | 2116 | 0,000336 |

Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan KAIT B3 dengan menggunakan alat *extensometer* dan *strain gauge*

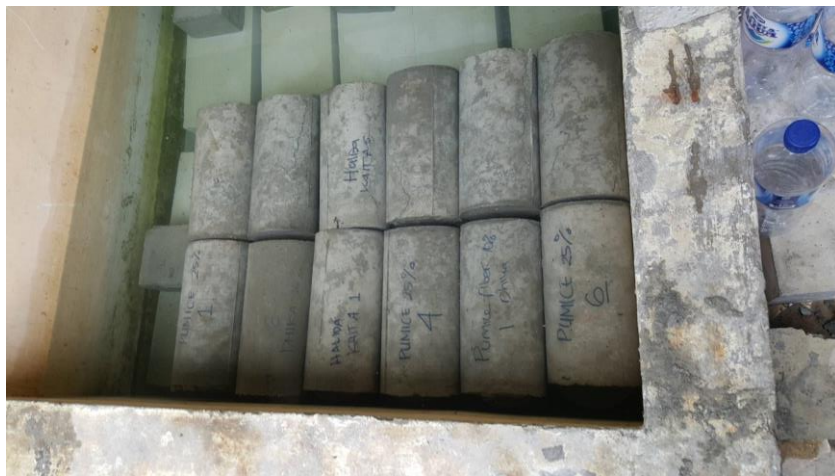


Sumber : Hasil Penelitian

Lampiran 2. Dokumentasi penelitian



Gambar 2 (a) penggunaan semen pada pengecoran, (b) penambahan batu apung pada pengecoran, (c) proses pemberian *fiber*



(c)

Gambar 3 (a) uji slump, (b) pemberian plat baja pada benda uji pumice, (c) curing



(a)



(b)



(c)



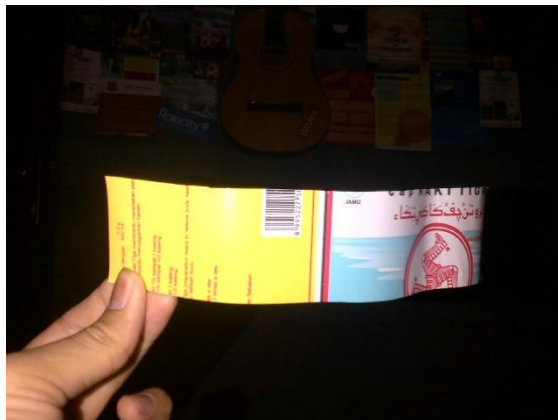
(d)

Gambar 3 (a) sampel pada saat uji tekan, (b) sampel setelah diuji tekan, (c) sampel pada saat diuji tarik belah, (d) sampel setelah diuji tarik belah

Lampiran 3. Serat yang digunakan dalam penelitian



(a)



(b)



(c)

Gambar 4 (a) limbah kaleng kemasan, (b) kaleng setelah dibentuk menjadi lempengan, (c) kaleng yang telah dipotong menjadi 40mm x 2mm

