TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK BETON MENGGUNAKAN PASIR BATU PECAH ASAL CLERENG DAN PASIR MERAPI ASAL CANGKRINGAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Zaidan Rusyadi
06 511 042

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2013

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK BETON MENGGUNAKAN PASIR BATU PECAH ASAL CLERENG DAN PASIR MERAPI ASAL CANGKRINGAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Zaidan Rusyadi
06 511 042

Disetujui oleh:

Pembimbing I / Penguji :
Ir.H. Muchamad Samsudin, MT

17/12-2013

Pembimbing II / Penguji :
Ir. Helmy Akbar Bale, MT

Penguji :
Ir.H. Susastrawan, MS

18/12 2013

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK BETON MENGGUNAKAN PASIR BATU PECAH ASAL CLERENG DAN PASIR MERAPI ASAL CANGKRINGAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Zaidan Rusyadi
06 511 042

Disahkan oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II	Ketua Jurusan
Ir.H. Muchamad Samsudin, MT	**Ir. Helmy Akbar Bale, MT**	**Ir. H. Suharyatma, MT**
Tanggal: 17/12 - 2013	**Tanggal:** 16/12 - 2013	**Tanggal:** 18/12/2013

There are heroes and there are legends.

Heroes get remembered, but legends never die.

-Babe Ruth.

Aku persembahkan untuk kedua orang tuaku tercinta,

Edi Anjari Yakub, BE papa tercinta **dan**

Dra. Ida Zubaidah mama juara satu di seluruh dunia,

yang tiada hentinya memberikan semangat, doa,

dukungan dan kasih sayang untuk kesuksesan

anaknya-anaknya.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Zaidan Rusyadi
No. Mahasiswa	: 06511042
Jurusan	: Teknik Sipil
Email	: rusyadizaidan@gmail.com

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di suatu perguruan tinggi.
2. Data dan proses analisa yang diperoleh adalah benar-benar ada dan saya kerjakan.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali yang secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini apabila kemudian hari terbukti bahwa penyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sangsi sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, Oktober 2013

Penyusun,



(Zaidan Rusyadi)

ABSTRAK

Pertumbuhan potensi pasar jasa konstruksi nasional Provinsi DI Yogyakarta yang terus mengalami peningkatan, menuntut para pelaku pasar konstruksi untuk selalu menghasilkan bangunan dengan mutu konstruksi yang baik dengan memperhatikan sumber daya alam setempat.

Gunung merapi yang terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah salah satu gunung api paling aktif di dunia. Aktivitas penambangan pasir di lereng Gunung Merapi sudah dimulai sejak Gunung ini mengeluarkan lava pada tahun 1930an. Lava yang turun dari puncak merapi membawa jutaan meter kubik material pasir. Material pasir tersebut ikut mengalir dan tertinggal di sungai – sungai yang menjadi jalur lava.

Aliran material yang mengalir dari gunung merapi ini, terutama di daerah Cangkringan, dimana termasuk daerah lereng Gunung Merapi, menjadi area tambang pasir yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan struktur maupun non struktur. Telah kita ketahui bahwa pasir adalah satu satu bahan utama pembuatan beton, namun selain pasir alami, pasir hasil pemecahan batu atau juga disebut pasir batu pecah dapat juga dijadikan alternatif sebagai bahan campuran beton.

Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan karakteristik beton yang menggunakan pasir Merapi asal cangkringan dan beton yang menggunakan pasir batu pecah asal Clereng Kabupaten Kulonprogo. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP-UII, benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm berjumlah 20 buah untuk setiap campuran. Semua benda uji menggunakan agregat Kasar asal Clereng dengan ukuran maksimum 40mm, semen porland composite serta air dari Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP-UII.

Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa pasir cangkringan berupa pasir agak halus (gradasi 3), dan pasir batu pecah Clereng berupa pasir agak kasar (gradasi 2), kandungan lumpur kedua jenis pasir dibawah 5%, kuat desak yang dihasilkan sebesar 25,73 MPa untuk beton yang menggunakan pasir cangkringan dan 25,14 MPa untuk beton yang menggunakan pasir batu pecah Clereng,

Kata kunci: Merapi, Cangkringan, Clereng dan Kuat Desak Beton.

ABSTRACT

Growth potential of national construction market of Yogyakarta which continues to increase, requires construction market participants to always produce the quality building with good construction with attention to the local natural resources.

Mount Merapi which located in the Province of Yogyakarta is one of the most active volcanoes in the world. Sand mining activities on the slopes of Mount Merapi began in this mountain lava issued in the 1930s. Lava coming down from the peak of Merapi brings millions of cubic meters of sand material. Sand material is taken and left in the river flow - a river of lava path.

Material streams flowing from the volcano, especially in areas that include areas Cangkringan the slopes of Mount Merapi, a sand mining area which can be used as structural and non-structural materials. We have seen that the sand is one of the main ingredients of making concrete, but other than natural sand, sand stone or breakdown products are also called the sand of crushed stone can also be used as an alternative to the concrete mixture.

The purpose of this study was to compare the characteristics of concrete using sand from Cangkringan and concrete using crushed stone sand from Clereng Kulon Progo Regency. The experiment was conducted at the Laboratory of Construction Materials FTSP-UII, cylindrical specimens of 150 mm diameter and 300 mm height of 20 pieces for each mix. All specimens using Coarse aggregate Clereng origin with maximum size 40mm, Porland composite cement and water of FTSP-UII Construction Materials Laboratory.

Results of laboratory tests indicate that the sand Cangkringan a rather fine sand (graded 3), crushed stone and sand Clereng rather coarse sand (graded 2), both types of sand silt content below 5%, the resulting compressive strength of concrete 25.73 MPa for concrete using sand of Cangkringan and 25.14 MPa for concrete using crushed stone sand of Clereng.

***keyword**: Merapi, Cangkringan, Clereng and compressive strength of concrete.*

KATA PENGANTAR

Bissmillahirrahmaanirrahiim
Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan hidayah, kesempatan, dan kemudahan dalam menjalankan amanah sehingga Tugas Akhir yang berjudul *" STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK BETON YANG MENGGUNAKAN PASIR BATU PECAH ASAL CLERENG DAN PASIR MERAPI ASAL CANGKRINGAN"* terselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.

Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini saya telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini saya sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Suharyatma, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muchamad Samsudin, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, terimakasih atas bimbingan, waktu dan semua ilmu yang diberikan.
4. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, terimakasih atas bimbingan, waktu dan semua ilmu yang diberikan.
5. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS selaku dosen tamu dan penguji.
6. Papa dan Mama tercinta Edi Anjari Yakub, BE dan Dra. Ida Zubaidah yang telah memberikan dorongan dan semangat baik moral maupun material selama pendidikan dan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Umi Khairiati ST., MT dan teman-teman jurusan Teknik Sipil UII angkatan 2006 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala bantuan dan ilmu yang telah dibagi selama penyusunan Tugas Akhir ini, tidak

lupa Mas Darussalam dan Pak Suwarno yang telah banyak membantu kelancaran selama penelitian di Laboratorium.

8. Zaefiah Nurjannah, terima kasih atas dukungan motivasi dan tidak bosan selalu mengingatkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat Penyusun sebutkan satu persatu baik langsung maupun tidak langsung ikut membantu dan menyelesaikan tugas akhir ini.

Disadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan Tugas Akhir ini dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Oktober 2013

Zaidan Rusyadi

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Persetujuan	ii
Pengesahan	iii
Motto dan Persembahan	iv
Pernyataan Bebas Plagiarisme	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI dan SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN PENELITIAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian A. Salim dan Armanto (2006)	5
2.2 Penelitian P.W Ramadhani (2011)	5
2.3 Penelitian M. Hanif Wahyu Hidayat (2011)	6
2.4 KEASLIAN PENELITIAN	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 KERANGKA PEMIKIRAN TEORITIS	8
3.2 BAHAN PENYUSUN BETON	11
3.2.1 Semen	11

3.2.2 Agregat 14
3.2.3 Air 19
3.3 SIFAT-SIFAT BETON 20
3.3.1 Beton Segar (*Fresh Concrete*) 20
3.3.2 Beton Keras (*Hardened Concrete*) 24
BAB IV METODE PENELITIAN 34
4.1 JENIS PENELITIAN 34
4.2 DATA YANG DIPERLUKAN 34
4.3 CARA PENGUMPULAN SAMPEL 34
4.3.1 Bahan Penelitian 34
4.3.2 Peralatan Penelitian 35
4.4 LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN 37
4.5 PELAKSANAAN PENELITIAN 38
4.5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 38
4.5.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 41
4.5.3 Pengujian Lolos Saringan No.200 43
4.6 PEMBUATAN BENDA UJI 44
4.7 PERAWATAN BENDA UJI 46
4.8 PENGUJIAN BENDA UJI 46
4.8.1 Pengujian Kuat Desak Beton 46
4.8.2 Pengujian Kuat Tarik Beton 47
4.8.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton 47
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 49
5.1 HASIL UJI MATERIAL 49
5.2 PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS 49
5.3 PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT HALUS 51
5.4 PENGUJIAN LOLOS SARINGAN NO.200 AGREGAT HALUS 56
5.5 PENGUJAIN BERAT JENIS AGREGAT KASAR 58
5.6 PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT KASAR 59
5.7 PERENCANAAN CAMPURAN BETON / MIX DESIGN 62
5.8 HASIL UJI SAMPEL 64
5.8.1 Kuat Desak 65

5.8.2 Kuat Tarik 68
5.8.3 Modulus Elastisitas 70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 75
6.1 KESIMPULAN 75
6.2 SARAN 76
DAFTAR PUSTAKA 78
LAMPIRAN 80

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1 Rencana Benda Uji 4

Tabel 3.1 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus 16

Tabel 3.2 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar (ASTM, 1991) 18

Tabel 3.3 Perbandingan Kekuatan Tekan Pada Berbagai Benda Uji 26

Tabel 3.4 Perbandingan Kekuatan Tekan Pada Berbagai Umur 26

Tabel 4.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus 40

Tabel 4.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 42

Tabel 4.3 Pembagian Daerah Gradasi Pasir 42

Tabel 5.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Clereng) 49

Tabel 5.2 Pemeriksaan BJ dan Penyerapan Air Agregat Halus (Cangkringan) 49

Tabel 5.3 Modulus Halus Butir Agregat Halus (Clereng) 51

Tabel 5.4 Modulus Halus Butir Agregat Halus (Cangkringan) 52

Tabel 5.5 Rekap Modulus Halus Butir Agregat Halus (Clereng) 53

Tabel 5.6 Rekap Modulus Halus Butir Agregat Halus (Cangkringan) 54

Tabel 5.7 Pemeriksaan Butiran Lolos Ayakan No.200 Agregat Halus (clereng) 56

Tabel 5.8 Pemeriksaan Butiran Lolos Ayakan No.200 Ag.Halus (cangkringan) 57

Tabel 5.9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Clereng) 58

Tabel 5.10 Modulus Halus Butir Agregat Kasar (Clereng) 60

Tabel 5.11 Rekap Modulus Halus Butir Agregat kasar (Clereng) 61

Tabel 5.12 Tabel Gradasi Kerikil 61

Tabel 5.13 Tabel Perencanaan Campuran Beton 63

Tabel 5.14 Tabel Kebutuhan material Beton Cangkringan 64

Tabel 5.15 Tabel Kebutuhan material Beton Clereng 64

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Sampel 65

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Desak 66

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Tarik 68

Tabel 5.19 Modulus Elastisitas Rata-Rata 73

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 3.1 Kerucut Abrams 22

Gambar 3.2 *Slump* Sebenarnya 22

Gambar 3.3 *Slump* Geser 23

Gambar 3.4 *Slump* Runtuh 23

Gambar 3.5 Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton 27

Gambar 3.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton 28

Gambar 3.7 Perkembangan kekuatan tekan mortar untuk berbagai tipe Portland 28

Gambar 3.8 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada fas sama 29

Gambar 3.9 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton 30

Gambar 3.10 Kuat Desak Beton yang Dikeringkan dalam Udara di Lab 31

Gambar 3.11 Pengujian Kuat Tarik Beton Silinder 33

Gambar 4.1 Langkah-Langkah Peneltian 37

Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus (Cangkringan) 55

Gambar 5.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus (Clereng) 56

Gambar 5.3 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar (Clereng) 62

Gambar 5.4 Kuat Desak Rata-Rata Beton Terhadap Umur Beton 66

Gambar 5.5 Persentase Kuat Tarik Beton Terhadap Kuat Desaknya 70

Gambar 5.6 Kurva tegangan-regangan untuk beton dalam tekan 71

Gambar 5.7 Grafik kuat desak, tegangan dan regangan 72

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 7 hari 80
2. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 7 hari 80
3. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 14 hari 81
4. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 14 hari 81
5. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Desak) 82
6. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Tarik) 82
7. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Desak) 83
8. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Tarik) 83
9. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 7 hari 84
10. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 7 hari 84
11. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 7 hari 86
12. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 1 (7hari) 87
13. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 4 (7hari) 88
14. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 5 (7hari) 89
15. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari 90
16. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari 90
17. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 7 hari 92
18. Grafik kuat desak beton clereng sampel 3 (7hari) 93
19. Grafik kuat desak beton clereng sampel 4 (7hari) 94
20. Grafik kuat desak beton clereng sampel 5 (7hari) 95
21. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari 96
22. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari 96
23. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 14 hari 98
24. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 3 (14hari) 99
25. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 4 (14hari) 100
26. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 5 (14hari) 101
27. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari 102
28. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari 103

29. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 14 hari 105
30. Grafik kuat desak beton clereng sampel 2 (14hari) 106
31. Grafik kuat desak beton clereng sampel 4 (14hari) 107
32. Grafik kuat desak beton clereng sampel 5 (14hari) 108
33. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari 109
34. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari 110
35. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 28 hari 112
36. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 1 (28hari) 113
37. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 2 (28hari) 114
38. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 3 (28hari) 115
39. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari 116
40. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari 117
41. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 28 hari 119
42. Grafik kuat desak beton clereng sampel 1 (28hari) 120
43. Grafik kuat desak beton clereng sampel 2 (28hari) 121
44. Grafik kuat desak beton clereng sampel 3 (28hari) 122
45. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Clereng) 123
46. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Cangkringan) 123
47. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (Clereng) 124
48. Modulus Halus Butir (MHB) pasir cangkringan 124
49. Modulus Halus Butir (MHB) pasir clereng 125
50. Modulus Halus Butir (MHB) kerikil clereng 126
51. Lolos saringan No.200 pasir cangkringan 127
52. Lolos saringan No.200 pasir clereng 127
53. Data mix design dengan pasir cangkringan 128
54. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (cangkringan) 129
55. Data mix design dengan pasir clereng 130
56. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (clereng) 131

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 7 hari 80
2. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 7 hari 80
3. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 14 hari 81
4. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 14 hari 81
5. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Desak) 82
6. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Tarik) 82
7. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Desak) 83
8. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Tarik) 83
9. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 7 hari 84
10. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 7 hari 84
11. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 7 hari 86
12. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 1 (7hari) 87
13. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 4 (7hari) 88
14. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 5 (7hari) 89
15. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari 90
16. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari 90
17. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 7 hari 92
18. Grafik kuat desak beton clereng sampel 3 (7hari) 93
19. Grafik kuat desak beton clereng sampel 4 (7hari) 94
20. Grafik kuat desak beton clereng sampel 5 (7hari) 95
21. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari 96
22. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari 96
23. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 14 hari 98
24. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 3 (14hari) 99
25. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 4 (14hari) 100
26. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 5 (14hari) 101
27. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari 102
28. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari 103

29. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 14 hari 105
30. Grafik kuat desak beton clereng sampel 2 (14hari) 106
31. Grafik kuat desak beton clereng sampel 4 (14hari) 107
32. Grafik kuat desak beton clereng sampel 5 (14hari) 108
33. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari 109
34. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari 110
35. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 28 hari 112
36. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 1 (28hari) 113
37. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 2 (28hari) 114
38. Grafik kuat desak beton cangkringan sampel 3 (28hari) 115
39. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari 116
40. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari 117
41. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 28 hari 119
42. Grafik kuat desak beton clereng sampel 1 (28hari) 120
43. Grafik kuat desak beton clereng sampel 2 (28hari) 121
44. Grafik kuat desak beton clereng sampel 3 (28hari) 122
45. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Clereng) 123
46. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Cangkringan) 123
47. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (Clereng) 124
48. Modulus Halus Butir (MHB) pasir cangkringan 124
49. Modulus Halus Butir (MHB) pasir clereng 125
50. Modulus Halus Butir (MHB) kerikil clereng 126
51. Lolos saringan No.200 pasir cangkringan 127
52. Lolos saringan No.200 pasir clereng 127
53. Data mix design dengan pasir cangkringan 128
54. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (cangkringan) 129
55. Data mix design dengan pasir clereng 130
56. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (clereng) 131

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas penampang beton silinder

ASTM = American Society for Testing and Materials

Al_2O_3 = Alumunium Oksida

B = Berat piknometer berisi air

Ba = Berat kerikil dalam air

Bj = Berat kerikil jenuh kering mutlak

Bk = Berat pasir kering mutlak

Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air

BCI = Business Continuity Institute

CaO = Calcium Oksida

D = Diameter Benda Uji

DOE = Department of Environment

E = Modulus elastis beton

ε = Regangan

ε_2 = Regangan longitudinal pada saat beban mencapai 40 % P maksimum (P2)

FM = Fine Modulus

F = Beban yang diberikan

Fct = Kuat Tarik Beton

Fe_2O_3 = Besi Oksida

fas = Faktor air semen

f'c = Kuat tekon beton

f'cr = Kuat tekan beton rata-rata

L = Panjang Benda Uji

MHB = Modulus Halus Butir

MgO = Magnesium Oksida

n = Jumlah sample

P = Beban maksimum

PPC = Portland Pozzolan Cement

P_1 = Beban pada saat regangan mencapai 0,00005

P_2 = Beban pada saat 40% P maksimum

SiO_2 = Silica Oksida

SNI = Standar Nasional Indonesia

SD = Standar Deviasi

SP = Semen Portland

SSD = Saturated Surface Dry

SK.SNI = Surat Keputusan Standar Nasional Indonesia

SKBI = Standar Konstruksi Bangunan Indonesia

S_1 = Tegangan yang terjadi saat regangan mencapai 0,00005

S_2 = Tegangan yang terjadi saat beban 40% P maksimum

W.C.R = Water Cement Ratio

σ = Tegangan

σb = Kekuatan tekan beton dari masing-masing benda uji

σbm = Kekuatan tekan beton rata-rata

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan di sektor konstruksi sangatlah berkembang dari tahun ke tahun. *Business Continuity Institute* (BCI, 2011) menyatakan adanya kenaikan nilai estimasi potensi pasar jasa konstruksi nasional Provinsi DI Yogyakarta sebesar 20% dari tahun 2011 hingga 2012. Dengan adanya kenaikan yang cukup besar tersebut, maka jelaslah terlihat bahwa adanya peningkatan antara penawaran dan permintaan jasa konstruksi.

Hal ini menuntut kita untuk selalu menghasilkan suatu bangunan dengan mutu konstruksi yang baik dengan memperhatikan sumber daya alam setempat. Khususnya agregat halus yang banyak tersebar di Provinsi DI Yogyakarta, dengan tetap memperhatikan kualitas dari agregat halus tersebut.

Kondisi geografis Yogyakarta yang berdekatan dengan gunung Merapi membuat banyak jenis pasir yang tersebar di sejumlah titik di daaerah tersebut. Contohnya saja pasir Merapi. Di setiap sungai memiliki pasir dengan karakteristik yang berbeda, walaupun pasir itu berasal dari sumber yang sama yaitu gunung Merapi. Perbedaan karakteristik inilah yang sering membingungkan masyarakat untuk memilih pasir dengan kualitas yang paling baik. Bahkan kebanyakan masyarakat dari daerah tersebut menggunakan pasir setempat tanpa mengetahui kualitas dari pasir itu sendiri.

Erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 menghasilkan sekitar 140 juta meter kubik material vulkanik yang terdiri atas abu, pasir, kerikil, dan batu. Material sebanyak itu mengendap di puncak, lereng, dan kawasan kaki gunung, serta sejumlah sungai yang berhulu di Merapi.

Pasir yang dihasilkan berupa pasir vulkanik atau jatuhan piroklastik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan, umur pembentukan pasir jenis ini biasanya lebih muda daripada jenis

batuan, karena pengerasan terjadi cepat pada saat material disemburkan ketika terjadi letusan.

Sedangkan untuk jenis batuan jenisnya lebih beragam, tergantung proses pembekuan dan pelapukan yang terjadi, salah satunya adalah jenis batuan sedimen atau batuan endapan. Batuan endapan adalah batuan yang terbentuk dari endapan hasil pelapukan batuan yang berasal dari batuan hasil lelehan magma yang membeku (batuan beku/batuan vulkanik), salah satu jenisnya adalah batu kali, yang banyak di temui di sepanjang aliran sungai di daerah Yogyakarta.

Salah satu usaha yang memanfaatkan material hasil erupsi merapi adalah perusahan pemecah batu yang menghasilkan batu pecah dengan berbagai ukuran, salah satunya nya adalah ukuran batu yang masuk kedalam kategori pasir, disebut juga sebagai pasir batu pecah. Pasir batu pecah ini dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan beton.

Pada tugas akhir ini, yang menjadi objek penelitian adalah karakteristik beton jika menggunakan campuran agregat halus berupa pasir vulkanik yang banyak terdapat di daerah Cangkringan, Yogyakarta dan yang menggunakan agregat halus yang berasal dari pecahan batu jenis batu kali atau juga disebut pasir batu pecah yang berasal dari Clereng.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Daerah Cangkringan adalah salah satu daerah yang memiliki potensi material berlimpah berupa agregat halus (pasir) dan menjadi salah satu daerah penambangan pasir, sejak pertama kalinya Gunung Merapi beraktifitas mengeluarkan lava sekitar tahun 1930an sebagian masyarakat menjadikan penambangan pasir sebagai tradisi yang turun-temurun.

Selain pasir, material batuan beku andesit juga banyak terdapat di wilayah Yogyakarta, salah satunya adalah di desa Clereng (Kulonprogo), yang banyak terdapat batuan andesit jenis batu kali. Di daerah ini terdapat beberapa perusahaan pemecahan batu dimana salah satu produknya adalah pasir batu pecah.

Berdasarkan uraian diatas, masalah yang menjadi fokus dalam studi tugas akhir ini adalah, bagaimakah perbedaan karakteristik beton antara beton yang

menggunakan pasir merapi asal cangkringan dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir batu pecah asal cangkringan?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan karakteristik beton yang menggunakan agregat halus berupa pasir Merapi asal Cangkringan dengan beton yang menggunakan pasir batu pecah asal Clereng, yang meliputi kuat tekan, kuat tarik serta modulus elastisitasnya.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat hasil penelitian ini adalah :

1. Dapat membantu pemerintah daerah Yogyakarta untuk memberikan informasi kepada masyarakat bahwa pasir batu pecah Clereng dan pasir Merapi Cangkringan ini layak digunakan atau tidak,
2. Dapat mengetahui perbedaan karakteristik beton yang menggunakan agregat halus berupa pasir Merapi asal Cangkringan dengan beton yang menggunakan pasir batu pecah asal Clereng,
3. Dapat mengetahui apakah beton yang menggunakan pasir batu pecah asal Clereng yang berjenis batuan andesit dapat menjadi alternatif penggunaan agregat halus selain pasir Merapi asal Cangkringan yang berjenis pasir vulkanik.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Beton yang ditinjau hanya beton normal dengan kuat tekan (f'c) 25 MPa, sehingga tidak meninjau beton mutu tinggi maupun beton dengan campuran *aditif*.
2. Penelitian ini menggunakan agregat halus berupa pasir batu pecah yang berasal dari Clereng dan pasir Merapi yang berasal dari Cangkringan,
3. Penelitian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari Clereng,

4. Penelitian ini menggunakan air yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP-UII,
5. Penelitian ini menggunakan semen merk Tiga Roda kemasan 40 kg,
6. Penelitian ini menguji perbandingan karakteristik beton yang meliputi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas,
7. Rencana campuran pengujian beton menggunakan metode DOE (*Department of Environment*),
8. Bentuk benda uji tekan, tarik dan modulus elastis menggunakan bentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
9. Rencana pembuatan benda uji dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Rencana Benda Uji

No	Uji	Umur Beton (Hari)	Jumlah Benda Uji	
			Pasir Batu Pecah asal Clereng	Pasir Merapi asal Cangkringan
1	Tekan	7	5	5
		14	5	5
		28	5	5
2	Tarik	28	5	5
3	Modulus Elastisitas dan Tegangan Regangan	7	3	3
		14	3	3
		28	3	3
Total Benda Uji			40	

Keterangan : Untuk pengujian modulus elastis dan tegangan regangan menggunakan sampel hasil dari uji sebelumnya

10. Perawatan terhadap benda uji dilaksanakan dengan cara merendam dalam bak air,
11. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP-UII.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Salim dan Armanto (2006)

Penelitian ini melakukan uji komparasi karakteristik beton beragregat kasar batu putih asal Gunung Kidul dan Wonogiri dengan split asal Kulon Progo. Adapun karakteristik yang dibandingkan meliputi *slump*, berat volume beton, kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, kuat geser, modulus elastisitas dan tegangan-regangan. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah :

1. Nilai kuat tekan dengan agregat kasar Batu Kencleng (38,814 MPa) lebih besar dari pada beton beragregat Batu Manyaran (27,629 MPa) namun kuat tekan beton kedua jenis batu putih tersebut lebih kecil dari kuat tekan beton kontrol yang menggunakan agregat kasar Batu Clereng (40,703 MPa),
2. Kekuatan agregat, serapan air agregat, dan bentuk agregat mempengaruhi kuat tekan beton,
3. Pada penelitian ini terlihat bahwa besarnya kuat tekan tidak diikuti besarnya kuat tarik, kuat lentur, dan kuat geser. Ini terlihat pada beton beragregat Batu Kencleng memiliki kuat tekan lebih besar dari beton beragregat Batu Manyaran namun kuat tarik, kuat lentur, dan kuat gesernya lebih kecil.
4. Batu Kencleng dapat digunakan sebagai agregat kasar pada penyusun beton dengan mutu 25 MPa sedangkan batu Manyaran tidak, Pada nilai modulus elastisitas, beton beragregat Batu Kencleng (13458,096 MPa) lebih besar dari pada yang menggunakan Batu Manyaran (10051,924 MPa).

2.2 P.W Ramadhani (2011)

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dengan menggunakan Pasir Erupsi Merapi pada Sungai Boyong dan Sungai Kuning. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah :

1. Berat jenis agregat halus pada Sungai Kuning dan Sungai Boyong Hulu, Tengah dan Hilir termasuk kedalam jenis agregat normal, yaitu berkisar antara 2,5-2,7,
2. Hasil pemeriksaan terhadap lolos saringan no.200 menunjukkan bahwa untuk semua jenis pasir dari Sungai Kuning dan Sungai Boyong Hulu, Tengah dan Hilir dapat digunakan untuk pembuatan normal karena memiliki kandungan lumpur dibawah 5%,
3. Pasir pada Sungai Boyong dan Sungai Kuning Hulu, Tengah dan Hilir dapat langsung digunakan untuk pembuatan beton tanpa harus disaring atau dicuci terlebih dahulu,
4. Pasir hasil Erupsi Merapi baik dari Sungai Kuning dan Sungai Boyong yang berasal dari Hulu, Tengah dan Hilir dapat di manfaatkan sebagai campuran beton karena hasil pengujian pada umur 28 hari dapat mencapai diatas 15 MPa.

2.3 Hidayat (2011)

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dengan pasir dari Sungai Boyong Yogyakarta dengan Kerikil ukuran 20 dan 40 mm. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah:

1. Berat jenis agregat halus pada Sungai Boyong Hulu, Tengah dan Hilir termasuk kedalam jenis agregat normal, yaitu berkisar antara 2,5-2,7,
2. Hasil pemeriksaan terhadap lolos saringan no.200 menunjukkan bahwa untuk semua jenis pasir dari Sungai Boyong Hulu, Tengah dan Hilir dapat digunakan untuk pembuatan beton normal karena memiliki kandungan lumpur dibawah 5%,
3. Pasir pada Sungai Boyong Hulu, Tengah dan Hilir dapat langsung digunakan untuk pembuatan beton tanpa harus disaring atau dicuci terlebih dahulu,
4. Pasir hasil Erupsi Merapi baik dari Sungai Boyong yang berasal dari Hulu, Tengah dan Hilir dapat di manfaatkan sebagai campuran beton karena hasil pengujian pada umur 28 hari dapat mencapai 20 MPa.
5. Pasir yang paling baik digunakan untuk pembuatan beton adalah pasir yang berasal dari Sungai Boyong Tengah, karena memiliki kuat tekan mencapai 29,82 MPa,

6. Kerikil ukuran 20 mm lebih bagus untuk bahan pembuatan beton dibanding dengan kerikil ukuran 40 mm. Hal ini dikarenakan kepadatan isi betonnya tinggi sehingga kekuatannya juga menjadi lebih tinggi.

2.4 KEASLIAN PENELITIAN

Berdasarkan uraian pada sub bab sebelumnya, yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu antara lain, benda uji yang digunakan pada proses pembuatan beton menggunakan pasir batu pecah asal Clereng dan pasir Merapi asal Cangkringan, spesifikasi teknik pada proses pembuatan beton sesuai dengan yang telah diuraikan dalam batasan penelitian, serta peninjauan karateristik beton yang akan dijadikan uji penelitian meliputi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 KERANGKA PEMIKIRAN TEORITIS

Penggunaan beton sebagai material konstruksi masih sangat dominan dan bahkan tak tergantikan. Hal tersebut dikarenakan beton merupakan material yang pelaksanaan konstruksinya mudah dan relatif murah. Disamping keuntungan yang didapat dari penggunaan beton sebagai bahan bangunan, beton juga mempunyai beberapa keterbatasan. Keterbatasan beton tersebut diantaranya adalah tegangan tariknya rendah, duktilitasnya rendah, dan keseragaman mutu beton yang sangat bervariatif. Adanya kenyataan ini menuntut upaya peningkatan kualitas baik material maupun pelaksanaan pekerjaan beton sehingga pemakaian beton untuk bahan bangunan dapat lebih optimal.

Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Maka nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton sedikit banyak dipengaruhi oleh kualitas agregatnya selain faktor-faktor lain, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah *(admixture)* dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton tersebut.

Kekakuan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/ *fresh concrete*) yang baik agar beton (beton keras / *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Perbedaan kualitas dari beton dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Bahan – bahan
   a. Semen : Mempengaruhi kualitas dan kecepatan pengerasan
   b. Agregat halus :
      - Gradasi, mempengaruhi kemudahan pengerjaannya.
      - Kadar air, mempengaruhi perbandingan air – semen.
      - Lumpur, mempengaruhi kekuatan.
      - Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton.
   c. Agregat kasar :
      - Gradasi, mempengaruhi kekuatan
      - Kadar air, mempengaruhi perbandingan air / semen
      - Kebersihan mempengaruhi kekuatan dan keawetan
   d. Air : Kuantitasnya mempengaruhi hampir semua sifatnya, kualitas mempengaruhi pengerasan, kekuatan, sifat awet dan lain-lain.
   e. Bahan campuran (bila dipakai) : Mempengaruhi modifikasi dari sifat beton. Hal ini masih tergantung pada jenis dan jumlah bahan campuran yang dipakai.
2. Cara menakar dan mencampur
   a. Dengan dasar volume :
      - Kepadatan waktu menakar pasir mempengaruhi perbandingan
      - Memperhatikan ketepatan pengukuran
   b. Dengan dasar berat :
      - Memperhatikan kadar air agregat
      - Memperhatikan ketepatan pengukuran
   c. Memperhatikan bahan-bahan yang terbuang sewaktu dimasukkan kedalam mesin pencampur.
   d. Memperhatikan effisiensi dari mesin pencampur.
3. Cara pelaksanaan pekerjaan :
   a. Pemadatan : Rongga–rongga udara mengurangi kekuatan
   b. Perawatan : Perlu untuk meningkatkan kekuatan dan menyempurnakan sifat-sifat lain.
   c. Memperhatikan keadaaan cuaca selama mencetak dan merawat beton.

Karakteristik beton antara lain :

1. Kuat tekan tinggi.
2. Harga murah.
3. Bahan-bahan penyusun mudah didapat.
4. Mudah diolah.
5. Tahan terhadap api
6. Tahan lama, minimal untuk jangka waktu 30-40 tahun.
7. Tidak mengalami pembusukan.
8. Biaya pemeliharaan rendah.
9. Tahan terhadap temperatur tinggi dan anti-korosi
10. Kekuatan pada umur 28 hari, minimal 70% dari kekuatan yang sebenarnya.

Beberapa kekurangan beton antara lain :

1. Cenderung lemah terhadap gaya tarik.
2. Jika sudah dibentuk dan mengeras, sukar diubah kembali.
3. Pelaksanaan membutuhkan ketelitian, pengawasan serta etos kerja yang tinggi.
4. Berat jenis beton tinggi.
5. Daya pantul suara besar.
6. Membutuhkan cetakan sebagai media pembentuk beton.
7. Beton yang sudah jadi tidak bisa didaur ulang.
8. Jika didiamkan akan langsung mengeras. Ini menyulitkan para kontraktor untuk tetap membuat beton segar. Membutuhkan alat berat yang mengeluarkan biaya tambahan.

Dari sini kita dapat disimpulkan bahwa bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan. Yang perlu ditekankan adalah pembuatan beton yang baik dan benar. Jika kita melakukan pembuatan beton secara baik dan benar, Maka beton yang dihasilkan adalah baik pula. Karakteristik beton yang baik yakni:

1. *Homogen,* artinya semua bahan tercampur dengan baik dan tidak mengalami *segregasi* (pemisahan bahan-bahan penyusun).
2. *Strenght,* artinya sebuah beton mempunyai kekuatan seperti yang kita rencanakan. Kelebihan maupun kekurangan kekuatan menunjukkan bahwa ada

kesalahan yang kita lakukan. Baik pada pemilihan bahan, pengaturan komposisi, pencampuran maupun perawatan beton.

3. *Durable,* keawetan beton juga minimal sesuai dengan apa yang direncanakan. Biasanya beton mempunyai daya awet hingga 40-50 tahun. Setidaknya beton yang sudah berumur 40 tahun sudah diganti. Karena kekuatannya akan menurun secara perlahan yang dikhawatirkan akan mempengaruhi pembagian beban terhadap struktur bangunan.
4. *Economic,* harga yang ekonomis bukan berarti harganya murah. Ekonomis berarti pelaksanaan dan pemakaian beton memenuhi standar efisiensi dan efektivitas pekerjaan. Kebanyakan akan menyangkut masalah biaya. Jadi wajar jika beton mempunyai harga yang lebih murah dibanding bahan konstruksi lainnya.

3.2 BAHAN PENYUSUN BETON

Pada umumnya beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati Samekto, 2001).

3.2.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*). Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen non-hidrolik dan
2. Semen hidrolik.

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Sedangkan Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik antara lain : kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolland dan semen alumina.

A. Semen Portland

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Komposisi yang sebenarnya dari berbagai senyawa yang ada berbeda-beda dari jenis semen yang satu dengan yang lain, untuk berbagai jenis semen ditambahkan berbagai jenis material mentah lainnya.

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*hifh – early – strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan didalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.
3. Tipe III (*modifid portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah

pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).

4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.
6. *Portland Pozzolan Cement* (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.

B. Senyawa Kimia

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat *adhesif* dan *kohesif* yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku : batu gamping/kapur sebagi bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa *Calcium Oksida* (CaO), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa: *Silica Oksida* (SiO_2), Alumunium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksida (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (*bulk*), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air.

Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat partikel agregat yang terpisah sehingga menjadi satu kesatuan. Bahan dasar pembentuk semen adalah :

1. $3CaO.SiO_2$ (*tricalcium silikat*) disingkat C_3S (58% - 69%)
2. $2CaO.SiO_2$ (*dicalcium silicate*) disingkat C_2S (8% - 15%)
3. $3CaO.Al_2O_3$ (*tricalcium aluminate*) disingkat C_3A (2% - 15%)
4. $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ (tetracalcium alummoferrit) disingkat C_4AF(6-14%)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang paling mengikat/mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C_3S dan C_2S adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Cokrodimuldjo, 1992). Semen dan air saling bereaksi, persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan hidrasi semen.

3.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agrregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karekteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

A. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (stone crusher). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk

bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,l5 mm dan 5 mm).
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses. (Daryanto, 1994)

Jenis-jenis pasir di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Pasir Galian

   Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

2. Pasir Sungai

   Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

3. Pasir Laut

   Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Susunan Butiran (Gradasi)

   Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka *Fine Modulus*. Melalui *Fine Modulus* ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

   a. Pasir Kasar : 2.9 < FM < 3.2
   b. Pasir Sedang : 2.6 < FM < 2.9
   c. Pasir Halus : 2.2 < FM < 2.6

   Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C33 – 74a. Batasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ASTM	**Persentase berat yang lolos pada tiap saringan**
9,5 mm (3/8 in)	100
4,76 mm (No.4)	95 – 100
2,36 mm (No.8)	80 – 100
1,19 mm (No.16)	50 – 85
0,595 mm (No.30	25 – 60
0,300 mm (No.50)	10 – 30
0,150 mm (No.100)	2 – 10

Sumber: (ASTM C33 – 74a).

2. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agragat harus dicuci.
3. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering)

4. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organic yang akan merugikan beton, atau kadar organic jika diuji di laboratorium.
5. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaian.
6. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
   a. Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
   b. Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.

B. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan. Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : terutama berupa *slag atau shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari *blast - furnace* dan lain-lain.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom yang sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang melindungi dari sinar X, sinar gamma, dan

neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnatit, dan limonit.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Susunan butiran (gradasi)

   Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus tediri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	**Persentase Lolos Kumulatif (%)**
38,10	95-100
19,10	35-70
9,52	10-30
4,75	0-5

Sumber: (ASTM, 1991).

2. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.

4. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
5. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
   a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
   b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
6. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

3.2.3 Air

Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Kental atau encernya campuran ditentukan oleh banyaknya air yang terdapat dalam beton yang baru diaduk. Kandungan air dalam beton segar harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam mix design dan kondisi lapangan sewaktu pembuatan beton. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan beton menjadi encer sedangkan kadar air yang rendah akan menyebabkan daya rekat campuran beton berkurang. Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *water cement ratio* (w.c.r), agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai w.c.r 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai, umumnya menggunakan nilai w.c.r yang rendah, sedangkan dalam kemudahan pengerjaaan workability diperlukan nilai w.c.r yang lebih tinggi.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air memiliki beberapa pengaruh terhadap kekuatan beton antara lain :

1. Air merupakan media pencampuran pada pembuatan pasta
2. Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan faktor semen
3. Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan, dan kandungan air yang rendah reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan mudah mengerjakannya, kekuatan rendah, dan beton dapat menjadi berporos

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organis dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama.

3.3 SIFAT-SIFAT BETON

Karakteristik dari beton dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstuksi tertentu. Pendekatan praktis yang paling baik adalah mengusahakan kesempurnaan semua sifat beton. Adapun sifat beton yaitu:

3.3.1 Beton Segar (*Fresh Concrete*)

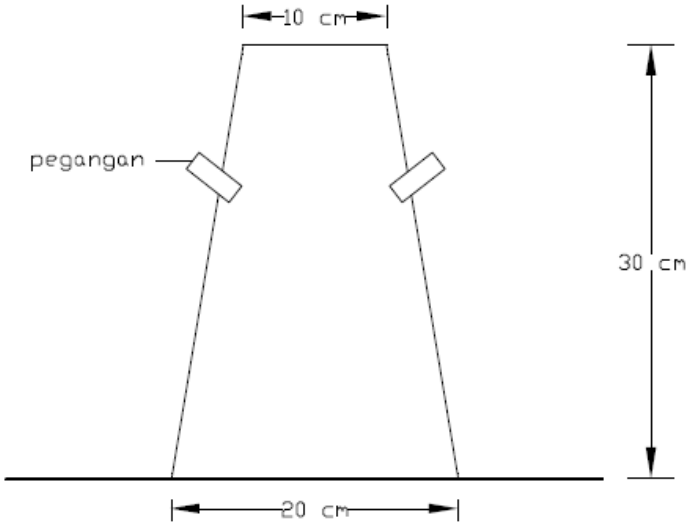
Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecendrungan untuk terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun bleeding (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun bleeding mengakibatkan beton yang diperoleh akan Jelek. Tiga hal penting yang perlu diketahui dari sifat-sifat beton segar, yaitu: kemudahan pengerjaan (*workabilitas*), pemisahan kerikil (*segregation*) dan pemisahan air (*bleeding*).

A. Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan atau kesulitan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi workabilitas yaitu :

1. Jumlah air pencampur : Semakin banyak air yang dipakai (dalam jumlah tertentu) makin mudah beton segar itu dikerjakan.
2. Kandungan semen : Penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai f.a.s (faktor air semen) tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil : Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan. Gradasi adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada setiap ukuran saringan dari analisa saringan.
4. Bentuk butiran agregat kasar : Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.
5. Cara pemadatan dan alat pemadat : Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

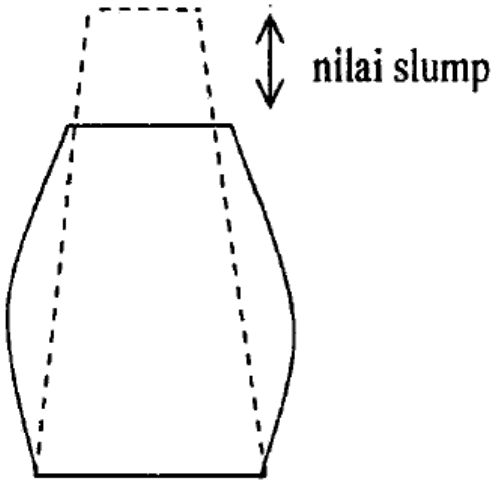
Konsistensi/kelecakan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump* yang didasarkan pada ASTM C 143-74. Percoban ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian bawah berdiameter 20 cm, bagian atas berdiameter 10 cm, dan tinggi 30 cm (disebut sebagai kerucut Abrams), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 di halaman berikutnya.



Gambar 3.1 Kerucut Abrams

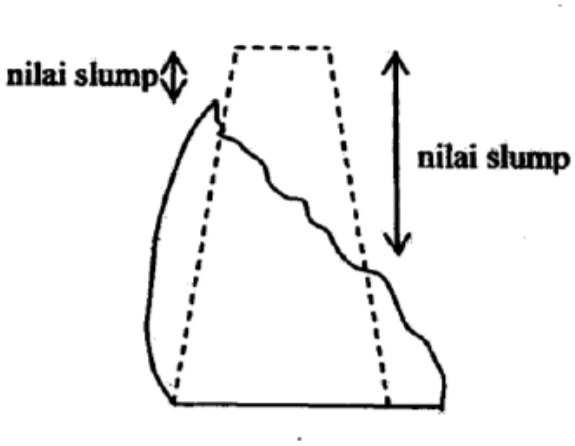
Variasi yang terjadi antara nilai *slump* adanya beberapa ukuran akibat tiga buah jenis *slump* yang terjadi dalam praktek yaitu:

1. Penurunan umum dan seragam tanpa ada yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* sebenarnya. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan dari puncak kerucut, lihat gambar 3.2.



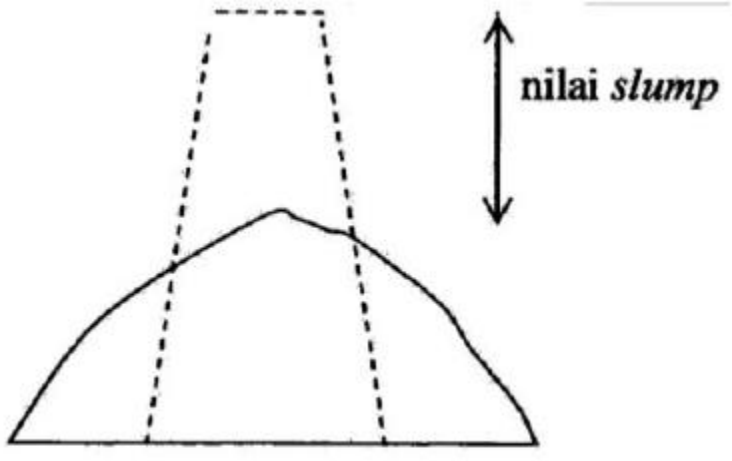
Gambar 3.2 *Slump* Sebenarnya

2. *Slump* geser yang terjadi bilamana paruh puncaknya tergeser atau tergelincir ke bawah pada bidang miring. Pengambilan nilai *slump* geser ini ada dua cara yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut, lihat gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Slump* Geser

4. Campuran beton pada kerucut runtuh seluruhnya. Pengambilan nilai *slump* collapse dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut, lihat gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Slump* Runtuh

B. Pemisahan Kerikil (*Segregation*)

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil, yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

1. Campuran kurus atau kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat semakin mudah terjadi segregasi.

Untuk mengurangi kecenderungan segregasi maka diusahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul.

C. Pemisahan Air (*Bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir pasir halus, yang pada saat beton mengeras akan membentuk selaput (*laitence*). *Bleeding* dapat dikurangi dengan cara :

1. Memberi lebih banyak semen.
2. Menggunakan air sedikit mungkin.
3. Menggunakan pasir lebih banyak.

3.3.2 Beton Keras (*Hardened Concrete*)

Sifat-sifat beton yang telah mengeras mempunyai arti yang penting selama masa pemakaiannya. Sifat-sifat penting dari beton yang telah mengeras adalah kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik belah beton. Perilaku mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang lebih daktail, kekedapan air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

A. Kekuatan Tekan Beton (f'c)

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Besar kecilnya nilai mutu beton yang dihasilkan sangat bergantung pada tingkat kesempurnaan pelaksanaannya. Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal (mengikuti lengkung Gauss), maka ukuran besar kecilnya penyebaran nilai hasil pemeriksaan menjadi ukuran mutu pelaksanaan. Dari hasil pemeriksaan kekuatan tekan benda uji tersebut memenuhi rumusan 3.1 pada halaman berikutnya (halaman 25).

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum(\sigma b - \sigma bm)^2} \quad \text{..... (3.1)}$$

Dimana:

SD = Standar Deviasi
σb = Kekuatan tekan beton dari masing-masing benda uji
σbm = Kekuatan tekan beton rata-rata
n = Jumlah sample

dengan nilai σbm dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma bm = \frac{\sum \sigma b}{n} \quad \text{..... (3.2)}$$

Kekuatan beton karakteristik (σbk), 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat dan ditentukan rumus:

$$\sigma bk = \sigma bm - 1{,}64\ SD \quad \text{..... (3.3)}$$

Perbandingan kekuatan tekan pada benda uji silinder dapat dilihat pada Tabel 3.3 di halaman berikutnya.

Tabel 3.3 Perbandingan Kekuatan Tekan Pada Benda Uji silinder

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

(Sumber: Tabel 4.1.3 PBI'71)

Sedangkan perbandingan kekuatan tekan pada berbagai umurnya dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Perbandingan Kekuatan Tekan Pada Berbagai Umur

Umur (hari)	3	7	14	21	28	90	365
SP. Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
SP. Kekuatan Tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber: Tabel 4.1.4 PBI'71)

SP: Semen Portland

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan saat sampel berumur 28 hari. Pengukuran kuat tekan (*Compressive Strength*) dapat dihitung dengan persamaan 3.4 dibawah ini.

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad \text{..... (3.4)}$$

Dimana :

σ = Kuat Tekan (N/mm^2)

F = Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang yang terkena penekanan gaya (mm^2)

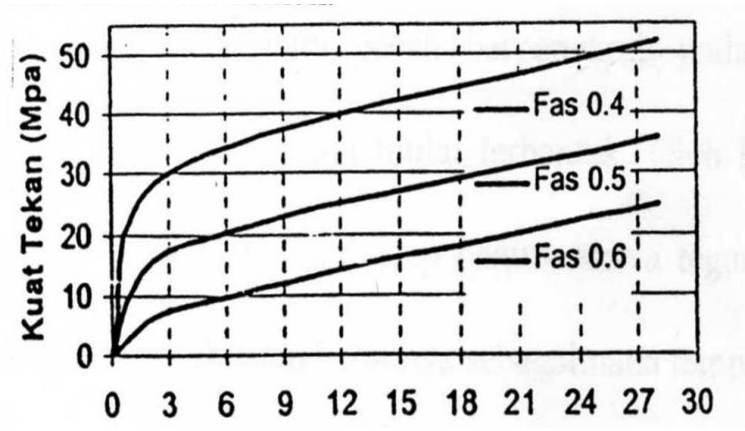
Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu :

1. Faktor air semen dan kepadatan

Semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu

semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah pula, hal ini karena jika faktor air semen terlalu rendah adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen tertentu (optimum) yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Duff dan Abrams (1919) meneliti hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton pada umur 28 hari dengan uji silinder.

Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan betonnya setelah mengeras. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan adukan beton dapat dilakukan dengan cara pemadatan dengan alat getar (*vibrator*) atau dengan memberi bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang besifat mengencerkan adukan beton sehingga lebih mudah dipadatkan. Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton selama masa perkembangannya dapat dilihat pada gambar 3.5.

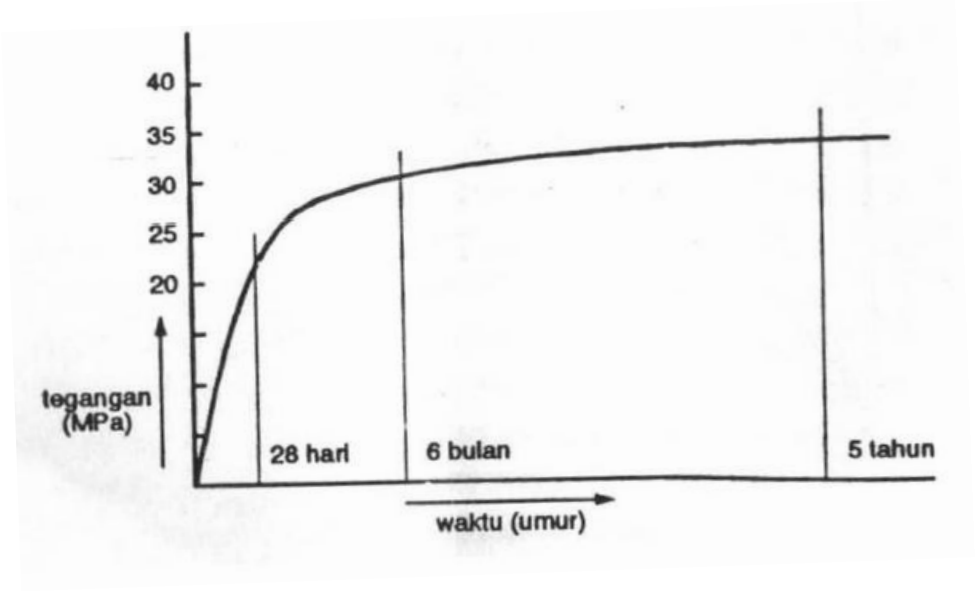


Gambar 3.5 Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton selama masa perkembangannya (Tri Mulyono, 2003)

2. Umur beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Biasanya nilai kuat tekan ditentukan pada waktu beton mencapai umur 28 hari. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linear) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya tidak terlalu signifikan (Gambar 3.6). Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 65% dan pada umur 14 hari mencapai 88% - 90% dari kuat

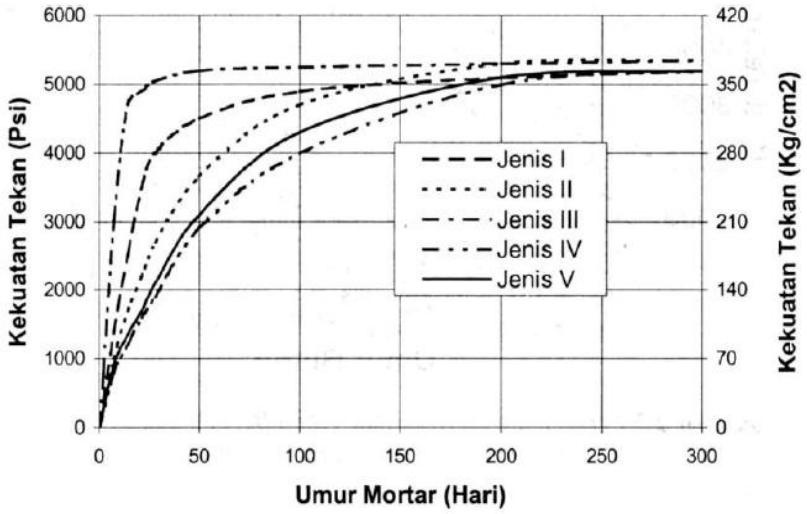
tekan umur 28 hari. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton di bawah ini.



Gambar 3.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton (Istimawan, 1999).

3. Jenis semen

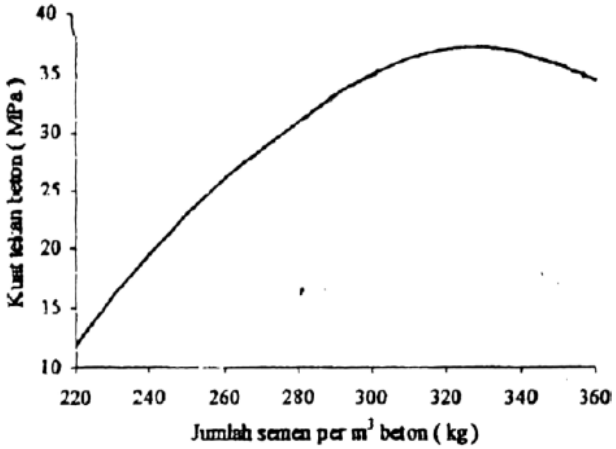
Jenis Portland semen yang digunakan ada 5 jenis yaitu : I, II, III, IV, V. Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda sebagaimana tampak pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Perkembangan kekuatan tekan mortar untuk berbagai tipe Portland semen (Tri Mulyono, 2003)

4. Jumlah semen

Jika faktor air semen sama (*slump* berubah), beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi sebagaimana tampak pada Gambar 3.8 di bawah ini. Pada jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Jika nilai *slump* sama (fas berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi.

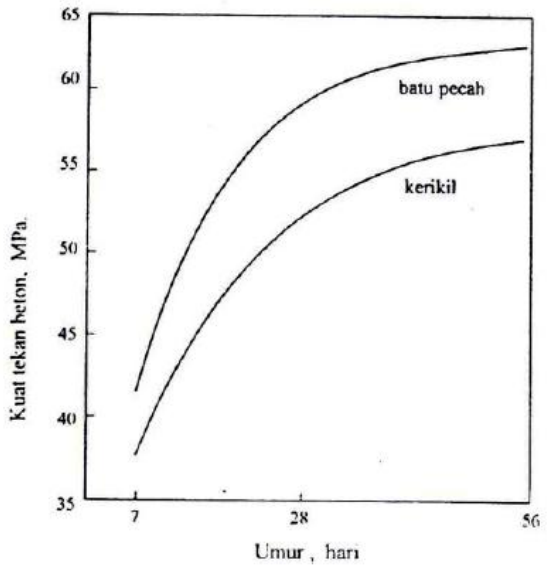


Gambar 3.8 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Kardiyono, 1998)

5. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Permukaan yang halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah berpengaruh pada lekatan dan besar tegangan saat retak-retak beton mulai terbentuk. Oleh karena itu kekasaran permukaan ini berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-regangan tekan dan terhadap kekuatan betonnya yang terlihat pada Gambar 3.9 di halaman berikutnya. Akan tetapi bila adukan beton nilai *slump* nya sama besar, pengaruh tersebut tidak

tampak karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air lebih sedikit, berarti fas nya rendah yang menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi.



Gambar 3.9 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton (Mindess, 1981)

Pada pemakaian ukuran butir agregat lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit, berarti pori-pori betonnya juga sedikit sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Tetapi daya lekat antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat sehingga kuat tekan betonnya menjadi rendah. Oleh karena itu pada beton kuat tekan tinggi dianjurkan memakai agregat dengan ukuran besar butir maksimum 20 mm.

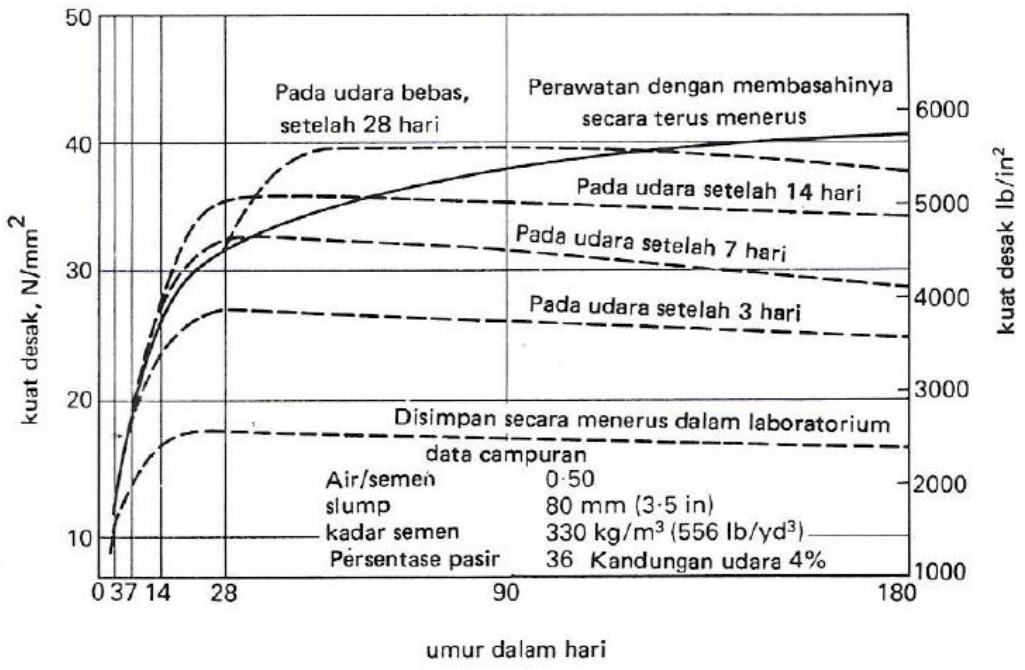
6. Rongga udara (*voids*)

Peningkatan faktor air semen dapat menyebabkan rongga udara meningkat, sehinga penurunan durabilitas, sifat kedap air pada beton. Kebutuhan air dalam pencampuran beton diharapkan cukup untuk mendukung proses hidrasi pada semen, penambahan air pada pencampuran beton yang daat menyebabkan terjadinya rongga pada beton, sehingga kualitas beton yang dihasilkan menurun.

7. Pekerjaan Perawatan (*curing*)

Tujuan perawatan beton adalah memelihara beton dalam kondisi tertentu pasca pembukaan bekisting (*demoulding of form work*) agar optimasi kekuatan beton dapat dicapai mendekati kekuatan yang telah direncanakan. Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan/penguapan air dari dalam beton yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan/kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu/terhenti dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan (Lubis, 1986; Mulyono, 2004; dan Amri, 2005).

Sehari setelah pengecoran merupakan saat yang terpenting untuk periode sesudahnya. Oleh sebab itu diperlukan perawatan dengan air sehingga untuk jangka panjang, kualitas beton, baik kekuatan maupun kekedapan airnya, dapat lebih baik. Perawatan dengan cara membasahi menghasilkan beton yang terbaik. Semakin erat pendekatan kondisi perawatan, semakin kuat beton yang dihasilkan. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 3.10 (Murdock dan Brook, 1999).



Gambar 3.10 Kuat Tekan (Tekan) Beton yang Dikeringkan dalam Udara di Laboratorium Sesudah Perawatan Awal dengan Membasahinya (Murdock dan Brook, 1999)

B. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh jenis agregat, kelembaban benda uji beton, faktor air semen, umur beton dan temperaturnya. Secara umum, peningkatan kuat tekan beton seiring dengan peningkatan modulus elastisitasnya. Menurut pasal 10.5 SNI-03 2847 (2002) hubungan antara nilai modulus elastisitas beton normal dengan kuat tekan beton adalah Ec = 4700 √f c.

Setiap benda yang menahan gaya akan mengalami deformasi. Deformasi ini tergantung pada besarnya gaya dan modulus elastisitas dan dipengaruhi oleh faktor tegangan dan regangan. Modulus elastisitas tergantung kepada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran benda uji tersebut. Karena memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban kecil, maka untuk beton perlu diadakan pengujian untuk mengetahui modulus elastisitasnya. Nilai dari modulus elastisitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.5:

$$E = \frac{S2 - S1}{(\varepsilon 2 - 0{,}00005)} \qquad \text{..... (3.5)}$$

Dimana :

E = Modulus Elastis Beton (MPa)

S2 = Tegangan yang terjadi saat beban 40% P maksimum, S2 = $\frac{P2}{A}$

P2 = Beban pada saat 40% P maksimum

S1 = Tegangan yang terjadi saat regangan mencapai 0,00005, S1 = $\frac{P1}{A}$

P1 = Beban pada saat regangan mencapai 0,00005

ε2 = Regangan longitudinal pada saat beban mencapai 40 % P maksimum (P2)

C. Kuat Tarik Beton

Pemanfaatan beton pada umumnya adalah pada kuat tekan betonnya, karena beton memiliki kuat tekan yang cukup baik. Namun demikian kekuatan tarik juga memegang peranan penting dalam berbagai hal. Pada saat menentukan kekuatan tarik tidak berkolerasi baik dengan kuat tekan tekannya (f'c). Kekuatan

tarik pada beton lebih sulit diukur dari pada kekuatan tekannya dikarenakan masalah penjepitan (*gripping*) pada mesin.

Perhitungan kuat tarik dari benda uji dihitung sampai dengan ketelitian 0,05 MPa menurut SK SNI M-60-1990-03 dengan menggunakan rumus 3.6 :

$$Fct = \frac{2P}{\pi LD} \quad \text{..... (3.6)}$$

Dimana :

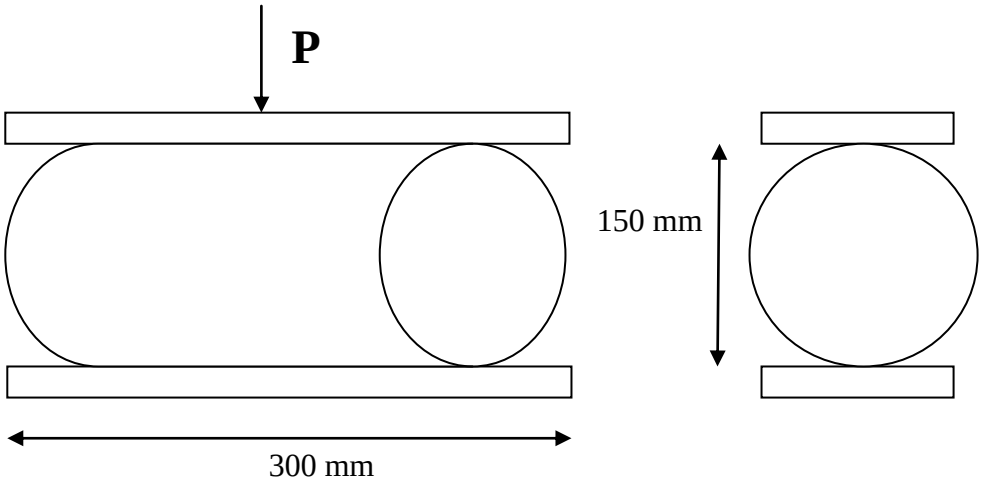
Fct = Kuat Tarik Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

D = Diameter Benda Uji (mm)

Berikut ini adalah gambar pengujian kuat tarik beton silinder :



Gambar 3.11 Pengujian Kuat Tarik Beton Silinder

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 JENIS PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Objek penelitian adalah beton dengan perbandingan volume hasil *mix design* metode DOE (*Department of Environment*) untuk semen, pasir dan kerikil dengan membandingkan karakteristik 2 (dua) jenis pasir yang berbeda yaitu pasir batu pecah asal Clereng dan pasir Merapi asal Cangkringan sebagai agregat halus dalam beton.

4.2 DATA YANG DIPERLUKAN

Penelitian ini membutuhkan sample pasir batu pecah asal Clereng dan sample pasir Merapi asal cangkringan sebagai bahan campuran dalam beton yang dijadikan sebagai objek penelitian.

4.3 CARA PENGUMPULAN SAMPEL

Cara pengambilan sampel yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode acak. Pasir batu pecah asal Clereng di dapat dari tambang pemecahan batu dan pasir Merapi asal Cangkringan didapat langsung dari sungai kuning Cangkringan.

4.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk penelitian perbandingan karakteristik agregat halus (pasir) batu pecah asal Clereng dengan pasir Merapi asal Cangkringan adalah sebagai berikut :

1. Semen
2. Air

3. Agregat Kasar
4. Agregat Halus

4.3.2 Peralatan Penelitian

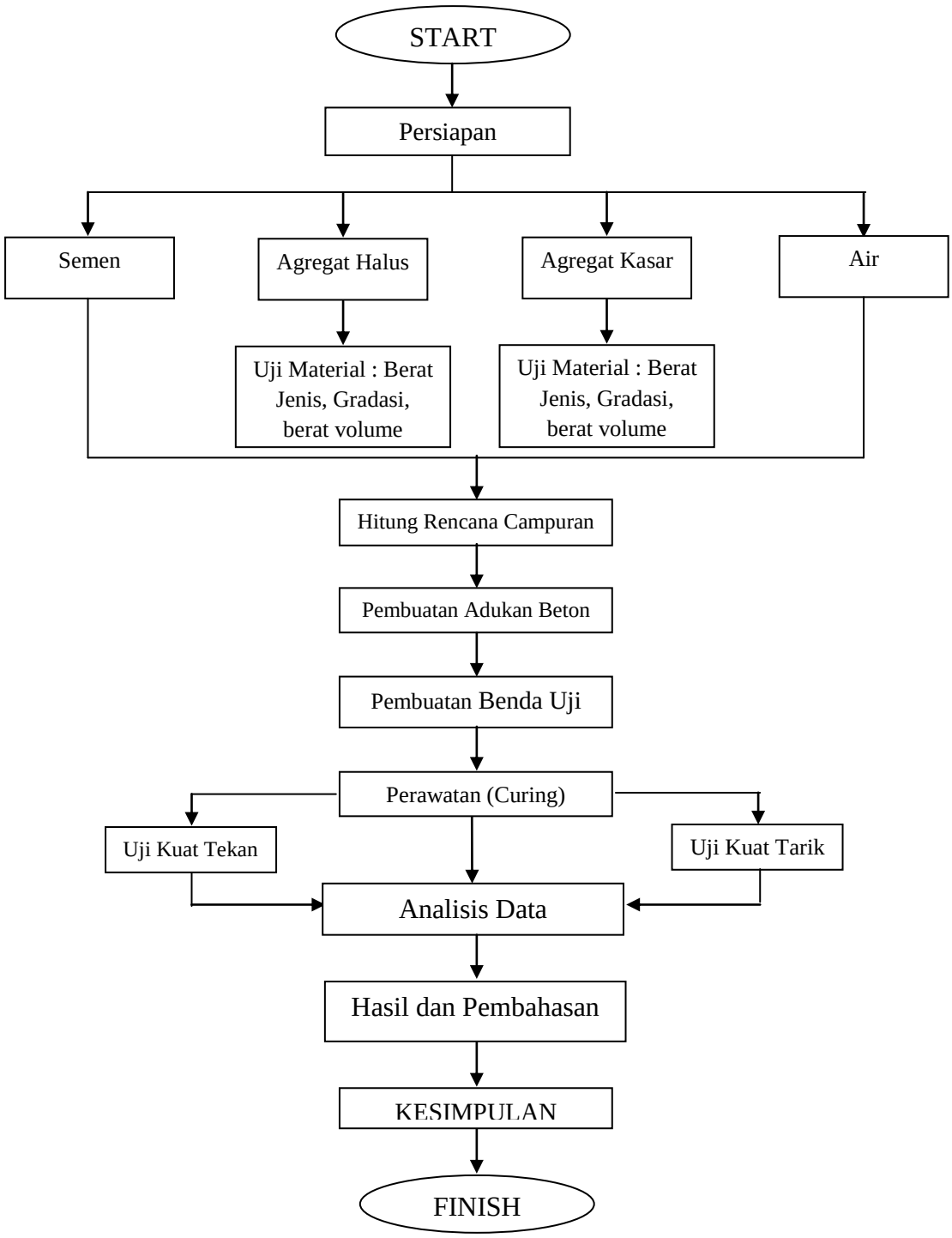
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan yang dapat membantu mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Adapun alat-alat yang diguanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Saringan/Ayakan: Saringan ini digunakan untuk menganalisa ukuran pasir atau gradasi butir halus dan kasar. Saringan yang digunakan adalah saringan dengan diameter maksimum 4,8 mm untuk ayakan agregat halus, dan ayakan dengan diameter maksimum 40 mm untuk ayakan agregat kasar.
2. Timbangan: Alat ini digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan pada pengujian bahan dan pembuatan benda uji. Timbangan yang digunakan adalah :
   a. *Triple Beam Balance* merk OHAUS dengan kapasitas maksimal 2,5 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
   b. *Double Beam Balance* merk OHAUS dengan kapasitas maksimal 26 kg dengan ketelitian 1 gram,
   c. Timbangan *Bascule* merk DSN Bola Dunia dengan kapasitas maksimal 150 kg dengan ketelitian 0,1 kg.
3. Cetok: Cetok berfungsi sebagai pengaduk, perata campuran, dan digunakan untuk memindahkan campuran kedalam cetakan silinder beton serta menghaluskan permukaan benda uji yang baru dicetak.
4. Talam Baja: Talam baja digunakan untuk menampung campuran beton yang telah dicampur dengan mixer. Selain itu talam baja juga digunakan sebagai tempat untuk proses pengadukan beton setelah dituang kedalam molen. Talam baja yang digunakan adalah talam baja yang berukuran 1 x 2 m dengan tinggi 0,1 m.
5. Gelas Ukur: Gelas ukur yang digunakan adalah gelas ukur dengan kapasitas 500 ml, 1000 ml, dan 2000 ml. Alat ini digunakan untuk mengukur jumlah air yang diperlukan untuk mencampur adukan mortar.

6. Kaliper/Jangka Sorong: Kaliper adalah alat ukur dimensi benda uji dengan ketelitian 0,01 mm.
7. Oven: Oven yang digunakan dalam pengujian berat jenis pasir dan pengujian bahan lain yang memerlukan keadaan kering mutlak.
8. Talam Logam: Alat ini digunakan untuk agregat yang akan dikeringkan kedalam oven.
9. Mesin Siever: Alat ini digunakan untuk menggetarkan susunan ayakan yang bekerja secara mekanik dengan lama pengayakan tertentu.
10. Kerucut Abrams: Alat ini digunakan untuk pengujian *slump* pada beton segar. Dimensi kerucut ini adalah adalah diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tingginya 30 cm.
11. Sekop: Alat ini digunakan sebagai alat untuk pencampuran beton.
12. Tongkat Penumbuk: Alat ini digunakan untuk memadatkan benda uji. Biasanya digunakan tongkat besi diameter 16 mm dan tingginya 600 mm.
13. Penggaris: Alat ini digunakan untuk mengukur *slump*.
14. Cetakan Silinder: Cetakan silinder berfungsi sebagai alat pencetak benda uji, alat ini terbuat dari baja yang dibaut pada sisi-sisinya yang bisa dibongkar pasang dengan memakai kunci. Cetakan ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
15. Kolam Perendaman: Kolam perendaman digunakan untuk melakukan perawatan beton.
16. Molen: Alat ini digunakan untuk mengaduk campuran beton.
17. Oli dan Kuas: Oli dan kuas digunakan untuk melumasi bagian dalam cetakan beton agar beton mudah dilepas dari cetakan beton.
18. Martil Karet: Alat ini digunakan pada saat pemadatan dengan cara memukulkan martil karet ke dinding cetakan benda uji agar gelombang udara beton naik ke permukaan.
19. Alat uji tekan dan tarik: Alat ini digunakan untuk menguji kuat tekan atau tekan beton dan kuat tarik beton. Alat uji tekan dan tarik yang digunakan bermerk Elle dengan tipe ADR 3000 yang memiliki beban maksimum 3000 Kn.

4.4 LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada *flowchart* di bawah ini.



Gambar 4.1 Langkah-Langkah Peneltian

4.5 PELAKSANAAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pada berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian analisa saringan agregat halus dan pengujian lolos saringan no.200 (untuk menguji kadar lumpur yang terkandung dalam agregat).

4.5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

1. Deskripsi

   Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus (pasir). (Teknologi Bahan Konstruksi, 2011)

2. Peralatan yang digunakan
   a. Timbangan kapasitas 2500 gr atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr,
   b. Piknometer kapasitas 500 ml
   c. Kerucut terpancung
   d. Talam
   e. Bejana tempat air
   f. Desikator
   g. Saringan no.4 (4,75 mm)
   h. Batang penumbuk
   i. Oven
   j. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°c
3. Benda Uji

   Benda uji adalah agregat yang lolos pada saringan no.4 dan digunakan sebanyak 1000 gram.

4. Cara Pengujian
   a. Keringkan benda uji didalam oven pada suhu (110±5) °c sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
   b. Buang air perendaman dengan hati-hati jangan ada butiran yang terbuang, tebarkan agregat kedalam talam, keringkan diudara panas dengan cara

membalik-balikkan benda uji, sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).

c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan ratakan permukaannya, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetap masih dalam keadaan tercetak.
d. Apabila telah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, segera masukkan benda uji sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu masukkan air suling sebanyak 90% isi piknometer, putar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25°c.
f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas
g. Timbang piknometer yang berisi benda uji dan air sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
h. Keluarkan benda uji dari piknometer, kemudian keringkan dalam oven dengan suhu (110±5) °c sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
i. Setelah benda uji dingin lalu timbang (Bk).
j. Timbang berat piknometer penuh berisi air (B) dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25°c.

5. Tabel dan perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, dapat dilihat pada Tabel 4.1 di halaman berikutnya.

Tabel 4.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Uraian	Pasir Batu Pecah	Pasir Merapi
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram		
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram		
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt), gram		
Berat piknometer berisi air (B), gram		
Uraian	Pasir Batu Pecah	Pasir Merapi
Berat jenis curah, $\frac{Bk}{(B+500-Bt)}$		
Berat jenis jenuh kering muka, $\frac{500}{(B+500-Bt)}$		
Berat jenis semu, $\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$		
Penyerapan air, $\frac{500-Bk}{Bk} x\ 100\%$		

Sumber : Teknologi Bahan Konstruksi UII

4.5.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

1. Deskripsi

   Pemeriksaan ini bermaksud untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dalam saringan.

2. Peralatan yang digunakan
   a. Timbangan kapasitas 2500 gr atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr
   b. Satu set saringan
   c. Alat pemisah contoh
   d. Oven
   e. Mesin penggetar saringan
   f. Kain lap
3. Benda Uji

   Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No 4 (4,475)

4. Cara Pengujian
   a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110±5)° C sampai berat tetap.
   b. Keluarkan benda uji dari dalam oven lantas dinginkan pada suhu kamar selama 1 – 3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
   c. Susunlah saringan dari ukuran lubang terbesar dari atas kebawah (jangan terbalik) dan masukkan benda uji kemudian di ayak dan disaring dengan bantuan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
   d. Keluarkan benda uji pada masing masing saringan dan masukkan dalam masing masing talam (jangan sampai ada yang tercecer) kemudian ditimbang dan catat berat benda uji yang tertahan pada masing masing saringan. Dalam pembersihan saringan gunakan sikat untuk lobang kasar (besar) dan kuas untuk lobang halus.
5. Tabel dan Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 pada halaman berikutnya.

Tabel 4.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10.00				
4.80				
2.40				
1.20				
0.60				
0.30				
0.15				
Pan				
Jumlah				

Sumber : Teknologi Bahan Konstruksi UII

Sedangkan untuk pembagian daerah gradasinya dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Pembagian Daerah Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10.00	100	100	100	100
4.80	90-100	90-100	90-100	90-100
2.40	60-95	75-100	85-100	95-100
1.20	30-70	55-90	75-100	90-100
0.60	15-34	35-59	60-79	80-100
0.30	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Teknologi Bahan Konstruksi UII

4.5.3 Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir)

1. Deskripsi

   Pemeriksaan ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pengujian untuk menentukan prosentase kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan.

2. Peralatan yang digunakan
   a. Timbangan kapasistas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang
   b. Saringan 75 mikron (No. 200)
   c. Tempat air untuk pencucian (kran) atau saluran air mengalir
   d. Cawan, sendok
   e. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{o}$ C
   f. Kain lap dan lain-lain.

3. Benda Uji

   Benda uji adalah agregat kering tungku yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan ukuran benda uji :
   a. maksimum 2,35 mm, berat contoh minimum = 100 gram
   b. maksimum 4,75 mm, berat contoh minimum = 500 gram

4. Cara Pengujian
   a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{o}$ C sampai berat tetap dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram
   b. Letakkan benda uji dalam saringan dan alirkan air diatasnya
   c. Gerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, secukupnya sehingga bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal diatasnya
   d. Ulangi pekerjaan diatas hingga air pencucian tetap jernih
   e. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{o}$ C sampai berat tetap dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram

5. Perhitungan

   Berat yang lolos saringan No. 200 = $\frac{A-B}{A}$ x 100%

   dengan : A : berat kering sebelum dicuci (gram)

   B : berat kering setelah dicuci (gram)

4.6 PEMBUATAN BENDA UJI

Pembuatan benda uji dilakukan secara bertahap dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan mix desain agar diperoleh komposisi campuran yang sesuai.
2. Mempersiapkan bahan-bahan campuran beton seperti semen, agragat kasar, agregat halus dan air sesuai dengan komposisi campuran yang telah dihitung.
3. Persiapan molen dan talam baja untuk melakukan proses pencampuran agregat, basahi alat terlebih dahulu dan bersihkan, karena jika alat dalam keadaan kering, akan menyerap sebagian air dalam campuran beton.
4. Menyalakan molen, pada saat molen dalam keadaan berputar, diusahakan molen selalu dalam keadaan miring sebesar 45°, agar didapatkan adukan yang merata dan tidak menggumpal.
5. Agregat kasar dimasukkan terlebih dahulu kedalam molen.
6. Masukkan sebagian Agregat halus dan tunggu sampai adukan rata.
7. Setelah merata, masukkan sebagian semen.
8. Tuangkan air sesuai kebutuhan sedikit demi sedikit kedalam molen, gunakan gelas ukur agar lebih terkontrol.
9. Lakukan kembali dengan sebagian material bahan yang belum tertuang ke dalam molen dengan cara yang sama.
10. Setelah adukan terlihat merata, sebagian adukan dituang ke dalam talam baja dan dilakukan uji *slump*.
11. Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10cm, diameter bawah 20cm, dan tinggi 30cm. Pelaksanaan pengukuran *slump* dilakukan dengan memasukkan adukan secara bertahap sebesar 1/3 isi cetakan, setiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, tongkat harus masuk sampai lapisan bawah tiap lapisan, setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan, adukan beton didiamkan selama ±30 detik. Selanjutnya kerucut diangkat secara perlahan lahan vertikal keatas. Cetakan di letakkan perlahan lahan di samping benda uji, ukurlah *slump* yang terjadi dengan

menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji. Apabila nilai *slump* lebih besar dari yang telah di tetapkan maka adukan dibiarkan beberapa menit di dalam molen, agar campuran air di dalam molen berkurang. Apabila nilai *slump* lebih kecil daripada yang disyaratkan, maka adukan beton yang ada di dalam talam dimasukkan kembali kedalam molen dan diaduk kembali dengan menambahkan air secukupnya sampai mencapai nilai *slump* yang diinginkan.

12. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi minyak.
13. Menuangkan seluruh adukan beton dari molen kedalam talam baja.
14. Masukkan adukan beton kedalam cetakan-cetakan silinder yang telah disiapkan, masukkan adukan beton dengan menggunakan cetok sedikit demi sedikit secara bertahap sebanyak 1/3 bagian sambil ditumbuk tumbuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali, ulangi sampai cetakan penuh. Memukul mukul bagian luar silinder dengan martil karet agar gelembung udara yang terdapat dalam campuran dapat naik ke permukaan beton sehingga beton menjadi lebih padat. Lakukan pemukulan pada dinding cetakan sebanyak 10-15 kali.
15. Setelah selesai dipadatkan, permukaan diratakan dengan cetok dan bila kekentalannnya sudah memungkinkan, permukaan beton dihaluskan menggunakan kaca.
16. Adukan yang dicetak diletakkan di tempat yang terlindung dari hujan dan matahari.
17. Setelah 24 jam lepaskan benda uji dari cetakan, kemudian dilakukan pengkodean agar benda uji tidak tertukar.
18. Benda uji kemudian direndam kedalam bak yang berisi air selama 26 hari.
19. Setelah direndam, beton dikeringkan dan diangin anginkan selama satu hari.
20. Beton siap untuk di uji kekuatannya.

4.7 PERAWATAN BENDA UJI

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembapan permukaan beton harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan air) berlangsung sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan didapat beton yang kurang kuat, dan juga timbul keretakan. Selain itu kelembapan permukaan juga aan menambah daya tahan beton agar lebih tahan cuaca dan kedap air.

Cara perawatan beton yang biasa dilakukan adalah :

1. Menaruh beton segar didalam ruangan yang lembab
2. Menaruh beton segar di dalam genangan air
3. Menaruh beton segar di dalam air
4. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.

4.8 PENGUJIAN BENDA UJI

Dalam penelitian ini perbandingan karakteristik beton yang menggunakan agregat halus berupa pasir Merapi asal Cangkringan dengan beton yang menggunakan pasir batu pecah asal Clereng diuji dengan pengujian yang meliputi kuat tekan, kuat tarik serta modulus elastisitasnya.

4.8.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton adalah:

1. Ambil benda uji yang akan ditentukan kuat tekannya dari bak perendaman atau pematangan (*curing*) 24 jam sebelum pengujian, kemudian di bersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Timbang dan ukurlah benda uji
3. Lapislah permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang
4. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
5. Jalankan mesin tekan dengan penambahan konstan, sekitar 2 – 4 kg/cm^2 perdetik.

6. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

4.8.2 Pengujian Kuat Tarik Beton

Beton adalah material struktur bangunan yang mempunyai kelebihan kuat menahan gaya tekan, akan tetapi memiliki kelemahan yaitu kuat tarik rendah, hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya.

Langkah-langkah pengujian kuat tarik beton adalah sebagai berikut:

1. Ambil benda uji yang akan ditentukan kuat tekannya dari bak perendaman atau pematangan (curing) 24 jam sebelum pengujian, kemudian di bersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Timbang dan ukurlah benda uji
3. Pemberian tanda pada benda uji, tarik garis tengah pada setiap sisi ujung benda uji dengan menggunakan alat bantu yang sesuai, sehingga dapat dipastikan bahwa kedua garis tengah berada dalam bidang aksial yang sama.
4. Letakkan sebuah pelat atau batang penekan tambahan diatas meja, tekan bagian bawah mesin uji tekan secara simetris
5. Letakkan benda uji dalam posisi rebah pada mesin tekan, atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi proyeksi dari bidang yang ditandai oleh garis tengah pada kedua benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji.
6. Jalankan mesin uji dengan pemberian beban dilakukan secara terus menerus secara konstan dengan kecepatan pembebanan 0,7 – 1,4 kg/cm^2 perdetik sampai benda uji hancur/terbelah.

4.8.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton adalah nilai tegangan dibagi nilai regangan beton dalam kondisi elastis, dimana tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum. Langkah-langkah pengujian Modulus Elastisitas Beton adalah sebagai berikut:

1. Timbang dan ukurlah benda uji

2. Pasang alat kompresometer – ekstensometer pada benda uji dengan benar dan kokoh, kemudian pasang alat pengukur deformasi (dial gauge) pada posisi yang tepat.
3. Letakkan benda uji yang telah diberi alat ukur deformasi (dial gauge) pada mesin uji tekan dengan kedudukan simetris.
4. Jalankan mesin uji dan berikan pembebanan yang teratur dengan kecepatan antara 207 sampai dengan 275 kPa/detik, sampai benda uji hancur atau sampai mesin uji tidak memberikan beban lagi.
5. Catatlah regangan/deformasi setiap peningkatan 10 Kn dan catat beban tekan pada saat regangan tercapai $50x10^{-6}$ serta catat regangan yang dicapai pada saat pembebanan mencapai 40% beban maksimum.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 HASIL UJI MATERIAL

Pengujian material bertujuan untuk menentukan komposisi campuran adukan beton dengan metode DOE. Hasil pengujian meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan kasar, berat volume padat atau gembur agregat halus, modulus halus butir agregat halus dan kasar, dan penyerapan air.

5.2 PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Pengujian berat jenis agregat halus ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dan klasifikasi serta mencari data angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air pada agregat halus. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan 5.2 dibawah ini.

Tabel 5.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Clereng)

Uraian		Berat
Berat Pasir Kering Mutlak, gram	(Bk)	491,90
Berat Pasir Kondisi Kering Jenuh Muka, gram		500,00
Berat Piknometer Berisi Pasir Dalam Air, gram	(Bt)	1018,60
Berat Piknometer berisi Air, gram	(B)	706,50

Tabel 5.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Cangkringan)

Uraian		Berat
Berat Pasir Kering Mutlak, gram	(Bk)	491,35
Berat Pasir Kondisi Kering Jenuh Muka, gram		500,00
Berat Piknometer Berisi Pasir Dalam Air, gram	(Bt)	1020,60
Berat Piknometer berisi Air, gram	(B)	706,50

a. Analisa Perhitungan

Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$

$= \frac{491,9}{706,5 + 500 - 1018,6} = 2,62$

Berat Jenis Jenuh Kering Muka (SSD) $= \frac{500}{B + 500 - Bt}$

$= \frac{500}{706,5 + 500 - 1018,6}$

$= 2,66$

Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$

$= \frac{491,9}{706,5 + 491,9 - 1018,6} = 2,74$

Penyerapan Air $= \frac{500 - Bk}{Bk}$ x 100%

$= \frac{500 - 491,9}{491,9}$ x 100% = 1,65%

Dilakukan perhitungan yang sama untuk agregat halus asal Cangkringan, data hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran nomer 45 dan 46.

b. Pembahasan

Dari hasil pengujian dengan menggunakan benda uji dalam kondisi jenuh sebesar 500 gram, didapat nilai yang tidak berbeda jauh antara berat jenis pasir asal Clereng dengan pasir asal Cangkringan. Masing-masing memiliki berat jenis jenuh kering muka (SSD) 2,66 dan 2,69. Angka ini memenuhi persyaratan berat jenis normal agregat halus 2,5 - 2,7.

5.3 PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT HALUS

Pengujian MHB agregat halus ini bertujuan untuk mengetahui tentang cara pengujian serta klasifikasi agregat halus berdasarkan butirannya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan 5.4.

Tabel 5.3 Modulus Halus Butir Agregat Halus (Clereng)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40,00	0
20,00	0
9,50	0
4,75	0
2,36	51,7
1,18	152,10
0,60	117,10
0,30	66,10
0,15	49,60
Sisa	63,21
Jumlah	500

Tabel 5.4 Modulus Halus Butir Agregat Halus (Cangkringan)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40,00	0
20,00	0
9,50	0
4,75	0
2,36	28,10
1,18	63,20
0,60	102,70
0,30	108,30
0,15	103,10
Sisa	94,46
Jumlah	500

a. Analisa Perhitungan

Persentase Berat Tertinggal (%) $= \frac{Berat\ Tertinggal}{Jumlah} \times 100\%$

Lubang Ayakan 2,4 mm (%) $= \frac{51,7}{500} \times 100\% = 10,34\ \%$

Persentase Berat Tertinggal Kumulatif (%) = Berat tertinggal + Berat Tertinggal Kumulatif Sebelumnya

Lubang Ayakan 1,2 mm (%) = 30,43 % + 10,34 % = 40,78 %

Persentase Lolos Kumulatif (%) = 100 % - Berat Tertinggal Kumulatif (%)

Lubang Ayakan 2,4 mm (%) = 100 % - 10,34 % = 89,66 %

Dilakukan perhitungan yang sama untuk lubang ayakan seterusnya, data hasil hitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6 pada halaman berikutnya.

Tabel 5.5 Rekap Modulus Halus Butir Agregat Halus (Clereng)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
9,50	0	0	0	100
4,75	0	0	0	100
2,36	51,7	10,34	10,34	89,66
1,18	152,10	30,43	40,78	59,22
0,60	117,10	23,43	64,20	35,80
0,30	66,10	13,23	77,43	22,57
0,15	49,60	9,92	87,35	12,65
Sisa	63,21	12,65	100	0
Jumlah	500	100	380,11	

Modulus Halus Butir $= \frac{Berat\ Tertinggal\ Kumulatif}{100}$

$= \frac{380,11}{100}$

$= 3,80$

Tabel 5.6 Rekap Modulus Halus Butir Agregat Halus (Cangkringan)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
9,50	0	0	0	100
4,75	0	0	0	100
2,36	28,10	5,62	5,62	94,38
1,18	63,20	12,64	18,27	81,73
0,60	102,70	20,55	38,81	61,19
0,30	108,30	21,67	60,48	39,52
0,15	103,10	20,63	81,10	18,90
Sisa	94,46	18,90	100	0
Jumlah	500	100	304,28	

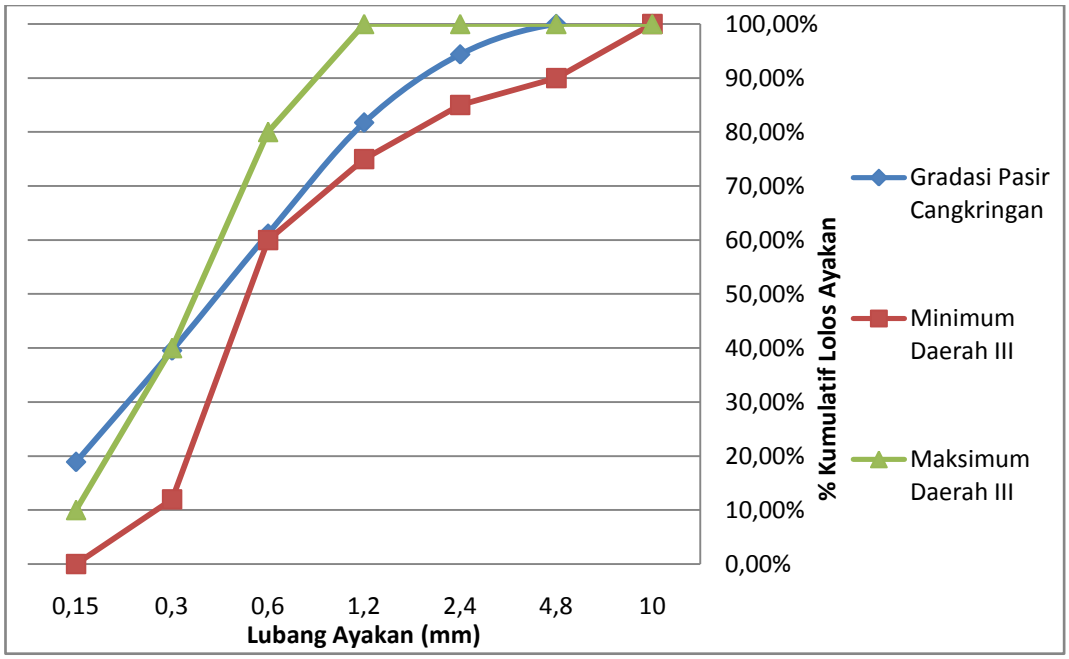
$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{Berat\ Tertinggal\ Kumulatif}{100}$$

$$= \frac{304,28}{100} = 3,0$$

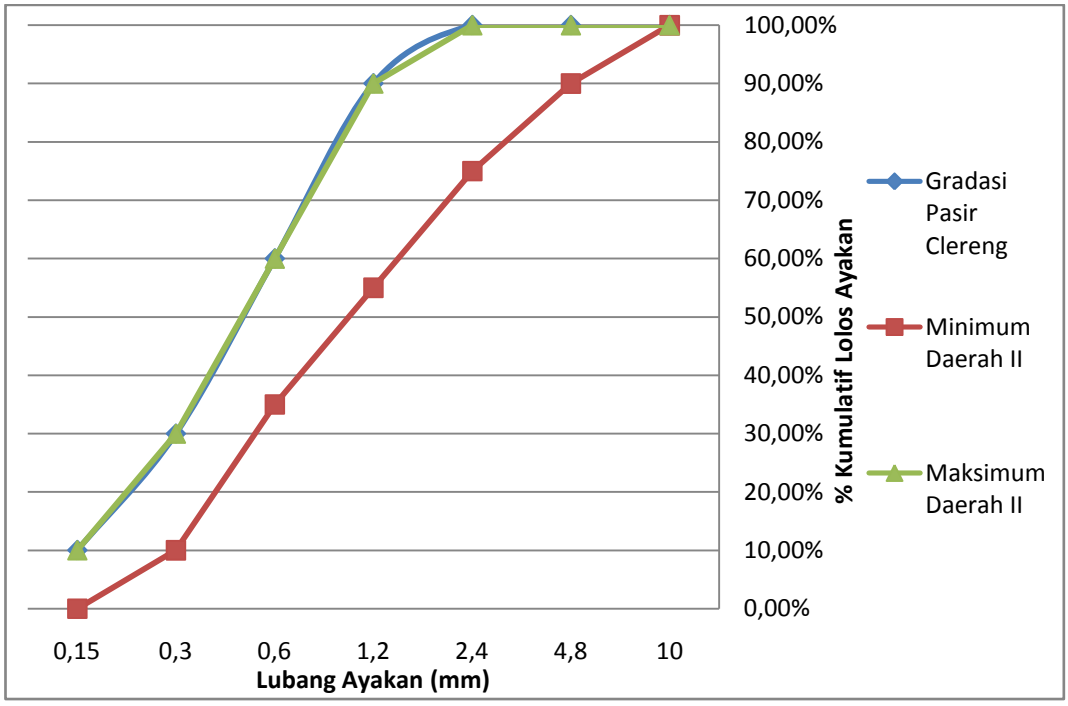
b. Pembahasan

Dari hasil pengujian dengan menggunakan berat agregat halus sebanyak 500 gram didapat data untuk pasir asal Clereng dari jumlah sisa pada berat tertinggal sebanyak 63,21 gram, sisa berat tertinggal dalam persen sebanyak 12,65 %, dan sisa berat tertinggal dalam persen kumulatif sebesar 100 %. Syarat modulus halus butir agregat halus adalah 1,5 - 3,8. Sementara nilai MHB yang didapatkan untuk jenis pasir ini adalah 3,80 dan sudah memenuhi syarat untuk MHB agregat halus. Dari hasil pengujian juga didapat pula daerah gradasi pasir yang masuk kedalam Daerah II, sesuai dengan tabel gradasi pasir. Sedangkan untuk pasir asal Cangkringan dari jumlah sisa pada berat tertinggal sebanyak 94,46 gram, sisa berat tertinggal dalam persen sebanyak 18,9 %, dan sisa berat tertinggal dalam

persen kumulatif sebesar 100 %. Syarat modulus halus butir agregat halus adalah 1,5 - 3,8. Sementara nilai MHB yang didapatkan untuk jenis pasir ini adalah 3,04 dan sudah memenuhi syarat untuk MHB agregat halus. Dari hasil pengujian juga didapat pula daerah gradasi pasir yang masuk dalam Daerah III, sesuai dengan tabel gradasi pasir pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 Analisa Saringan Agregat Halus (Cangkringan)



Gambar 5.2 Analisa Saringan Agregat Halus (Clereng)

5.4 PENGUJIAN LOLOS SARINGAN NO.200 AGREGAT HALUS

Pengujian lolos saringan no.200 agregat halus ini bertujuan untuk mengetahui tentang cara pengujian serta klasifikasi agregat halus berdasarkan ayakan saringan no.200 sehingga nantinya akan mendapatkan data angka kandungan lumpur dalam pasir yang dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8.

Tabel 5.7 Pemeriksaan Butiran yang Lolos Ayakan No.200 Agregat Halus (Clereng)

Uraian		Berat
Berat Agregat Kering Oven, gram	(w_1)	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah dicuci, gram	(w_2)	493,7
Berat yang lolos ayakan No.200, %		1,26

Tabel 5.8 Pemeriksaan Butiran yang Lolos Ayakan No.200 Agregat Halus (Cangkringan)

Uraian		Berat
Berat Agregat Kering Oven, gram	(w_1)	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah dicuci, gram	(w_2)	487,4
Berat yang lolos ayakan No.200, %		2,52

b. Analisa Perhitungan $= \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100\%$

Berat yang lolos ayakan no.200 (%) $= \frac{(500 - 493{,}7)}{500} \times 100\%$

$= 1{,}26\ \%$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk agregat halus asal Cangkringan, data hasil hitungan selengkapnya juga dapat dilihat pada lampiran nomer 51 dan 52.

b. Pembahasan

Suatu agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Yang diartikan sebagai lumpur disini adalah bagian yang lolos saringan 0,060 mm. Jika suatu agregat halus tercampur lumpur yang terlalu banyak, maka agregat halus tersebut harus dicuci kembali. Kandungan lumpur dalam agregat halus sangat berpengaruh terhadap kualitas kuat beton tersebut. Dalam pengujian terlihat bahwa kandungan lumpur dalam jenis pasir asal Clereng maupun asal Cangkringan berturut-turut adalah 1,26 % dan 2,52 %. Ini berarti pasir jenis keduanya memenuhi persyaratan sebagai bahan bangunan yang umum di gunakan di Indonesia.

5.5 PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Pengujian berat jenis agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dan klasifikasi serta mencari data angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air pada agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.9 dibawah ini.

Tabel 5.9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Clereng)

Uraian		**Berat**
Berat kerikil kering mutlak, gram	(Bk)	4837
Berat kerikil jenuh kering mutlak, gram	(Bj)	5000
Berat kerikil dalam air, gram	(Ba)	2910

a. Analisa Perhitungan

Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{Bj - Ba}$

$= \frac{4837}{5000 - 2910} = 2{,}314$

Berat Jenis Jenuh Kering Muka (SSD) $= \frac{Bj}{Bj - Ba}$

$= \frac{5000}{5000 - 2910} = 2{,}392$

Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{Bk - Ba} = \frac{4837}{4837 - 2910}$

$= 2{,}510$

Penyerapan Air = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$

= $\frac{5000 - 4837}{4837} \times 100\%$

= 3,37 %

b. Pembahasan

Dari hasil pengujian dengan menggunakan benda uji dalam kondisi jenuh sebesar 5000 gram, didapat nilai berat kering kerikil mutlak (Bk) sebesar 4837 gram, kemudian berat kerikil dalam air (Ba) sebesar 2910 gram. Dari hasil perhitungan didapat nilai berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,392. Hal ini sudah sesuai dengan berat jenis jenuh kering muka (SSD) normal yang berkisar 2,5-2,7.

5.6 PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT KASAR

Pengujian MHB agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui tentang cara pengujian serta klasifikasi agregat halus berdasarkan butirannya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.10 di halaman berikutnya.

Tabel 5.10 Modulus Halus Butir Agregat Kasar (Clereng)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40,00	0
20,00	2361,23
9,50	2584,74
4,75	46,03
2,36	5,83
1,18	0,40
0,60	0
0,30	0
0,15	0
Sisa	0,39
Jumlah	4999

a. Analisa Perhitungan

Persentase Berat Tertinggal (%) = $\frac{Berat\ Tertinggal}{Jumlah} \times 100\%$

Lubang Ayakan 20 mm (%) = $\frac{2361,23}{4999} \times 100\%$ = 47,24 %

Persentase Berat Tertinggal Kumulatif (%) = Berat tertinggal + Berat Tertinggal Kumulatif Sebelumnya

Lubang Ayakan 10 mm (%) = 51,71 % + 47,24 % = 98,95 %

Persentase Lolos Kumulatif (%) = 100 % - Berat Tertinggal Kumulatif (%)

Lubang Ayakan 20 mm (%) = 100 % - 47,24 % = 52,76 %

Dilakukan perhitungan yang sama untuk lubang ayakan yang lainnya, data hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 di halaman berikutnya**.**

Tabel 5.11 Rekap Modulus Halus Butir Agregat kasar (Clereng)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
38,10	0	0	0	100
19,00	2361,23	47,24	47,24	52,76
9,50	2584,74	51,71	98,95	1,05
4,75	46,03	0,92	99,87	0,13
2,36	5,83	0,12	99,98	0,02
1,18	0,40	0,01	99.99	0,01
0,60	0,00	0,00	99,99	0,01
0,30	0,00	0,00	99,99	0,01
0,15	0,00	0,00	99,99	0,01
Sisa	0,39	0,01	100	0,00
Jumlah	4999	100	746,01	40 mm

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{Berat\ Tertinggal\ Kumulatif}{100}$$

$$= \frac{746,01}{100} = 7,4601$$

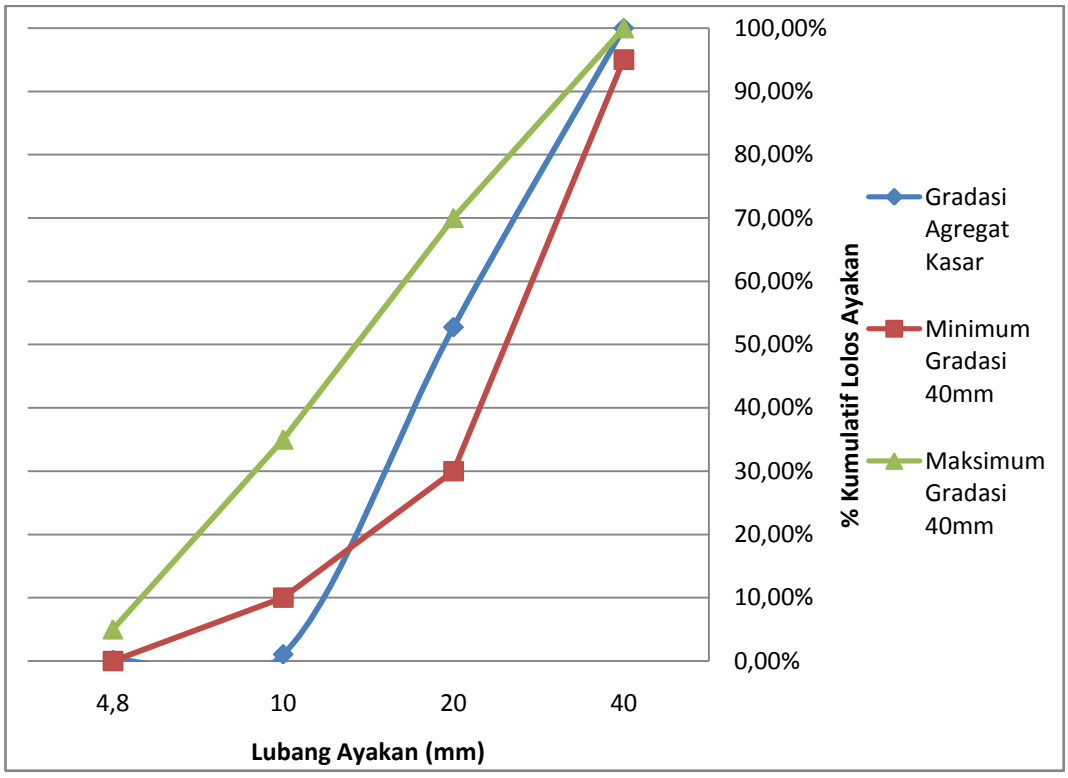
b. Pembahasan

Tabel 5.12 Tabel Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100
20,00	30 - 70	95 - 100
10,00	10 - 35	25 – 55
4,80	0 - 5	0 - 10

Dari hasil pengujian dengan menggunakan berat agregat kasar sebanyak 5000 gram, didapat sisa berat tertinggal sebesar 4999 gram, sisa berat tertinggal

kumulatif dalam persen sebesar 746,01. Sehingga modulus halus butir yang didapatkan adalah sebesar 7,4601 dan masih termasuk dalam syarat modulus halus butir agregat kasar, yaitu sebesar 5 – 8. Dari hasil pengujian ini didapat pula gradasi agregat kasar 40,00 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar (Clereng)

5.7 PERENCANAAN CAMPURAN BETON / *MIX DESIGN*

Perencanaan campuran beton (*mix design*) merupakan proses merancang dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dalam kuat tekan maupun tarik dengan kekuatan tertentu sesuai yang direncanakan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan data perencanaan, maka dapat disusun analisis perencanaan yang hasil nya dapat dilihat pada Tabel 5.13 di halaman berikutnya.

Tabel 5.13 Tabel Perencanaan Campuran Beton

Uraian	Agregat halus asal Cangkringan	Agregat halus asal Clereng
1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari (MPa)	25 MPa	25 MPa
2. Deviasi standar (s)	5,6 MPa	5,6 MPa
3. Nilai tambah (m)	9,92MPa	9,92MPa
4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa)	34,92 MPa	34,92 MPa
5. Jenis semen	PCC	PCC
6. Jenis kerikil	batu pecah	batu pecah
7. Faktor air semen	0,5188	0,5188
8. Faktor air semen maks	0,55	0,55
9. Nilai *slump*	10 cm	10 cm
10. Ukuran langkah maksimum kerikil	40 mm	40 mm
11. Kebutuhan air	205 liter	205 liter
12. Kebutuhan semen	395,181 kg	395,181 kg
13. Kebutuhan semen minimum	395,181 kg	395,181 kg
14. Golongan pasir	3 (agak halus)	2 (agak kasar)
15. Presentase pasir terhadap agregat campuran	34,20%	43%
16. Berat jenis campuran	2,69	2,66
17. Berat beton	2348 kg/m^3	2348 kg/m^3
18. Kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1747,82 kg/m^3	1747,82 kg/m^3
19. Kebutuhan pasir	597,75 kg/m^3	751,56 kg/m^3
20. Kebutuhan kerikil	1150,07 kg/m^3	996,26 kg/m^3

Tabel 5.14 Tabel Kebutuhan material Beton Cangkringan

Volume	Berat beton (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)
1 m^3	2348	395,181	597,75	1150,07	205
0,0053 m^3	12,44	2,09	3,17	6,10	1,09
0,106 m^3	248,89	41,89	63,36	121,91	21,73

Tabel 5.15 Tabel Kebutuhan material Beton Clereng

Volume	Berat beton (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)
1 m^3	2348	395,181	751,56	996,26	205
0,0053 m^3	12,44	2,09	3,98	5,28	1,09
0,106 m^3	248,89	41,89	79,67	105,60	21,73

5.8 HASIL UJI SAMPEL

Uji sampel yang dilakukan pada penelitian ini yaitu kuat uji kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan tegangan regangan. Penelitian uji sampel dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia. Hasil uji beton yang telah didapatkan akan di gunakan untuk membandingkan beton dengan agregat halus merapi asal Cangkringan dengan beton yang menggunakan campuran agregat halus batu pecah asal Clereng dimana hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 pada halaman berikutnya, sedangkan data hasil uji laboratorium dapat dilihat pada lampiran data. Untuk semua jenis pengujian, dipakai sampel berbentuk silinder.

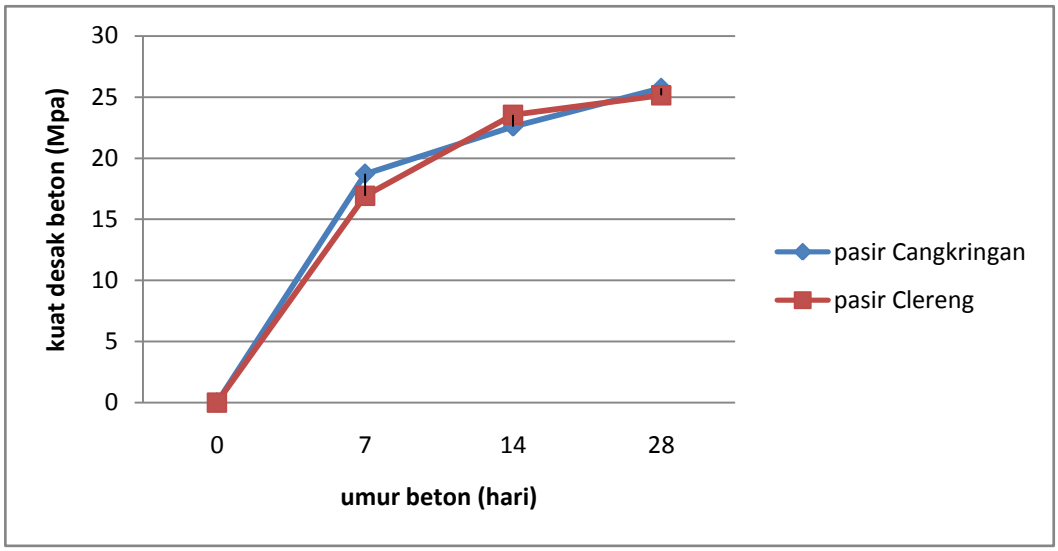
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Sampel

Uji	Umur Beton (Hari)	Benda Uji	
		Pasir Batu Pecah asal Clereng	Pasir Merapi asal Cangkringan
Kuat tekan rata – rata (MPa)	7	16,92	18,72
	14	23,55	22,58
	28	25,14	25,73
Kuat tarik rata – rata (MPa)	28	2,48	2,63
Modulus Elastisitas dan Tegangan Regangan (MPa)	7	22373,07	23801,45
	14	21613,99	23706,86
	28	19181,90	21963,27

5.8.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh jenis dan mutu semen, sifat, bentuk dan kualitas agregat, ukuran dan gradasi agregat, fas, perbandingan antara semen dengan agregat, kandungan bahan organik dan kotoran, cara pelaksanaan dan perawatan (pencampuran, pengangkutan, penuangan, dan pemadatan). Benda uji silinder beton dalam penelitian ini terbuat dari bahan susun yang sama, dilaksanakan dengan cara yang sama, demikian juga perawatan (direndam) dan cara pengujiannya, sehingga perbedaan kuat tekan dan kuat tarik hasil uji kemungkinan besar hanya disebabkan oleh pasir yang dipergunakan.

Pada penelitian ini, kuat tekan untuk beton Cangkringan dan Clereng diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan, beton beragregat halus asal Cangkringan mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi pada umur 7 dan 28 hari, sedangkan pada umur 14 hari kuat tekannya lebih rendah dari beton beragregat halus batu pecah Clereng, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4 dihalaman berikut.



Gambar 5.4 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Terhadap Umur Beton

Keseluruhan hasil pengujian tekan dapat dilihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Tekan

Jenis agregat	Benda uji	Kuat tekan beton pada umur beton (hari)		
		7	14	28
Agregat halus asal Merapi Cangkringan (MPa)	1	17,25	22,53	24,66
	2	16,01	23,85	24,53
	3	20,34	22,27	26,75
	4	20,34	22,10	25,60
	5	19,68	22,16	27,10
Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)		18,72	22,58	25,73
Agregat halus batu pecah asal Clereng (MPa)	1	17,22	22,16	25,17
	2	16,19	25,80	25,64
	3	17,12	22,59	24,83
	4	16,35	24,59	25,38
	5	17,74	22,59	24,68
Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)		16,92	23,55	25,14

a. Analisa Pengujian

Perhitungan silinder 1 Cangkringan (umur 7 hari)

- Beban maksimum (p) = 300,60 Kn
  = 300600 N
- Luas penampang (A) = ¼ x π x $(149)^2$
  = 17427,79 mm^2
- Volume = luas tampang x tinggi
  = 174,37 x 30,033
  = 5236,74 cm^3
- Kuat tekan (f'c) = $\frac{P}{A}$
  = $\frac{300600}{17427,79}$
  = 17,25 MPa

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk sampel berikutnya, perhitungan juga dilakukan pada umur 14 dan 28 hari, data hasil hitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran nomer 1 sampai 8.

b. Pembahasan

Dari hasil pengujian dapat dilihat hasil rata-rata seluruh pengujian kedua variasi benda uji dapat mencapai kuat tekan yang di rencanakan, nilai kuat tekan yang didapatkan tidak jauh berbeda, namun untuk beton yang menggunakan agregat halus asal cangkringan mempunyai kuat tekan rata-rata yang sedikit lebih baik yaitu 25,73 daripada beton yang menggunakan agregat halus batu pecah asal Clereng yaitu sebesar 25,14 MPa. Perbedaan ini dikarenakan faktor serapan air agregat halus tidak berbeda jauh, nilai *slump*, dan gradasi agregat, dimana agregat cangkringan mempunyai gradasi menerus yang lebih beragam sehingga menghasilkan *interlock* yang lebih baik dibandingkan agregat batu pecah Clereng.

5.8.2 Kuat Tarik

Mutu beton ditentukan berdasarkan kuat tekan karena kuat tarik beton sangat kecil bila dibandingkan dengan kuat tekannya, sehingga kuat tarik beton kurang diperhitungkan. Sampel kuat tarik beton yang diujikan menggunakan silinder berukuran sama dengan sampel beton kuat tekan, hasil pengujian kuat tarik ditunjukkan pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Tarik

	Benda uji	Beban maksimum (Kn)	Kuat tarik beton pada umur beton (28 hari)
Agregat halus asal Merapi Cangkringan (MPa)	1	205,00	2,89
	2	175,00	2,45
	3	195,00	2,73
	4	180,00	2,52
	5	185,00	2,57
Kuat Tarik Rata- Rata (MPa)			2,63
Agregat halus batu pecah asal Clereng	1	175,00	2,46
	2	185,00	2,58
	3	180,00	2,56
	4	165,00	2,30
	5	180,00	2,49
Kuat Tarik Rata- Rata (MPa)			2,48

a. Analisa Pengujian

pada pengujian ini dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan silinder 1 (umur 28 hari)

- Beban maksimum (P) = 205 Kn

  = 205000 N

  $= \frac{205000}{9{,}81}$

  = 20897,04 kg

- Kuat tarik beton dalam Mpa $= \frac{2P}{\pi TD}$

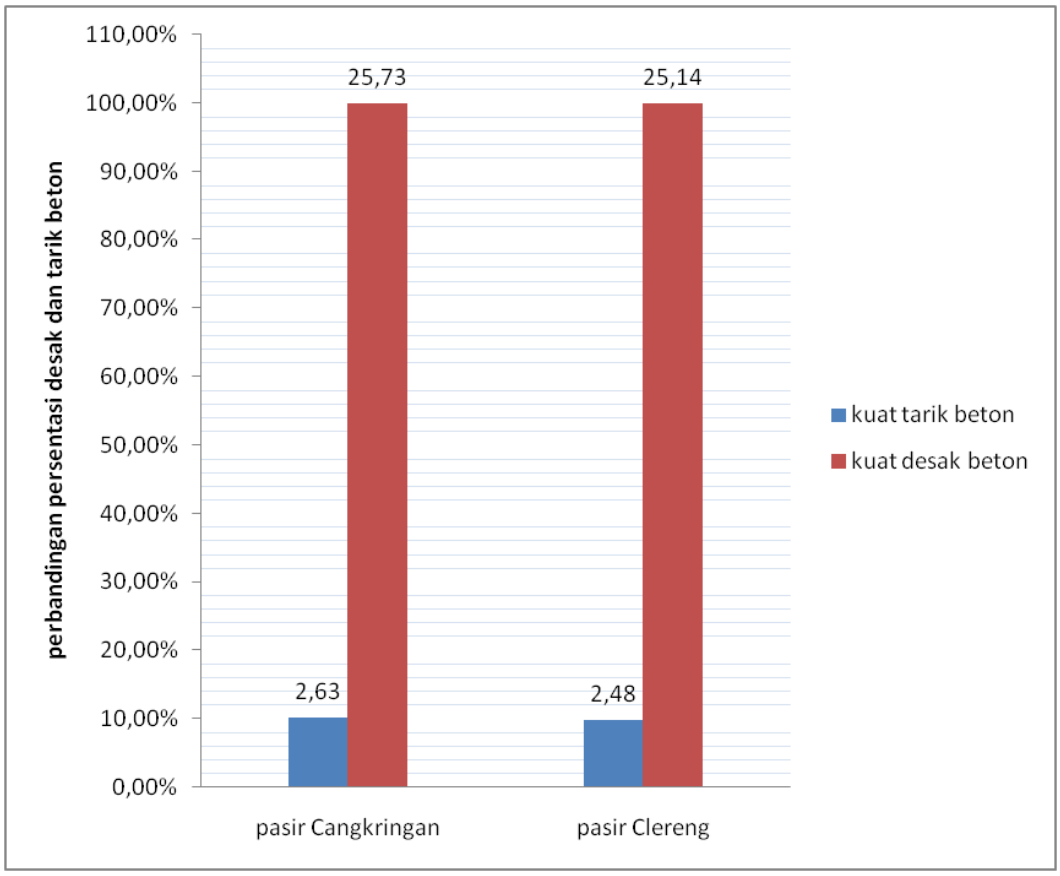
  $= \frac{2\ x\ 205000}{\pi\ x\ 301{,}75\ x\ 149{,}5}$

  = 2,89 MPa

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk sampel berikutnya, data hasil hitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran nomer 6 dan 8.

b. Pembahasan

Pada penelitian ini, kuat tarik untuk beton Cangkringan dan Clereng diuji pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tarik, kedua variasi mempunyai kuat tarik yang hampir sama namun kuat tarik rata-rata beton beragregat halus asal cangkringan sedikit lebih tinggi yaitu sebesar 2,63 MPa dibandingkan beton beragregat halus batu pecah asal Clereng yaitu sebesar 2,48 MPa. Jika dibandingkan dengan kuat tekan maka terlihat bahwa hasil pengujian kuat tarik ini sangat kecil, dimana persentasenya dapat dilihat pada Gambar 5.5 pada halaman berikutnya.



Gambar 5.5 Persentase Kuat Tarik Beton Terhadap Kuat Tekannya

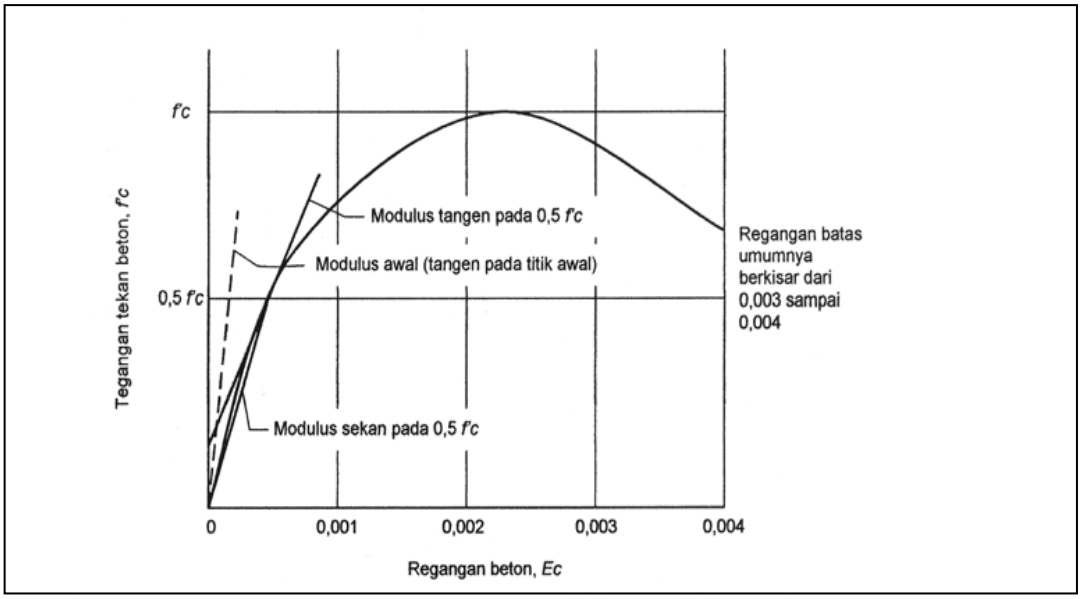
Dari gambar dapat terlihat persentase kuat tarik rata-rata terhadap kuat tekan untuk beton beragregat halus asal Cangkringan sebesar 10,22 %, sedangkan untuk beton beragregat halus batu pecah asal Clereng didapat sebesar 9,87 %. Angka tersebut telah memenuhi persyaratan persentase kuat tarik beton beton normal yaitu 9 % - 15 % dari kuat tekannya. Besaran kuat tarik ini sejalan dengan kuat tekan dimana beton Cangkringan lebih tinggi dalam uji tarik dan tekan, hal ini disebabkan oleh perbedaan gradasi agregat halus seperti telah dijelaskan dalam pengujian kuat tekan, kemudian disebabkan juga oleh komposisi agregat kasar yang lebih besar pada campuran beton pasir cangkringan.

5.8.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas dapat didefenisikan sebagai perbandingan beban persatuan luas (tegangan) dengan perubahan elastis persatuan panjang (regangan). Modulus elastisitas beton berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan

pembebanan, jenis dan ukuran dan benda uji. Modulus elastisitas sangat penting untuk menetukan kekuatan dan lendutan beton.

Nilai modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai regangan, semakin besar nilai modulus elastisitas beton maka semakin kecil regangan yang terjadi. Nilai modulus elastisitas ini akan di tunjukkan pada kurva grafik tegangan regangan, dimana kurva ini dipengaruhi oleh tegangan dan regangan beton. Semakin besar kuat tekan beton, maka kurva akan semakin tegak, semakin tegak kurva menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi pada sampel semakin kecil, sehingga dapat dikatakan bahwa sampel dalam keadaan kaku.



Gambar 5.6 Kurva tegangan-regangan untuk beton dalam tekan (*Wang,1990*)

a. Analisa Pengujian

pada pengujian ini dilakukan perhitungan sebagai berikut :

sampel silinder 1 Cangkringan (umur 28 hari) dengan diameter 150,75 mm, tinggi 295,55 mm dan beban maksimum (P) sebesar 440 Kn.

- Luas tampang (A) $= ¼ \times \pi \times D^2$
  $= ¼ \times \pi \times 150{,}75^2$
  $= 17839{,}57\ mm^2$
- Kuat tekan $= P/A$
  $= \frac{440000\ N}{17839{,}57} = 24{,}67\ MPa$

Dengan pembebanan 10Kn = 10000 N

Hasil pembacaan ekstensiometer (L) = 5 x 10^{-3} mm = 0,005 mm

ΔL = ½ x L = ½ x 0,005

= 0,0025 mm

- Tegangan (σ) = beban / luas tampang

$$= \frac{10000}{17839,57}$$

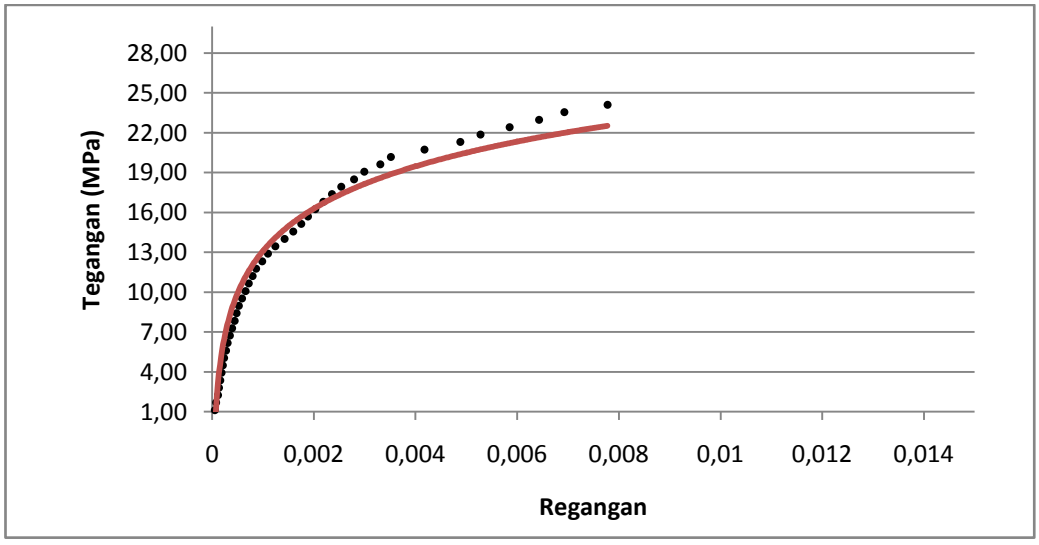
= 0,56 MPa

- Regangan (ε) = ΔL / L_0

$$= \frac{0,0025}{200}$$

= 0,00001250

Untuk data selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama di setiap pembebanan sehingga akan di dapat tabel pengamatan tegangan dan regangan, dari tabel tersebut kemudian akan didapat grafik tegangan dan regangan seperti pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Tegangan dan Regangan Cangkringan sampel 1 (28 hari)

Data dan grafik hasil hitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran nomer 34 dan 36, dari tabel dan grafik tersebut bisa di dapat nilai regangan dan tegangan pada saat pembebanan mencapai 40% tegangan maksimum pada benda uji 1 pasir cangkringan (umur 28 hari) yaitu σ sebesar 9,51 dan ε sebesar 0,00045, sehingga dapat di cari:

- Modulus elastis (E) $= \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$$= \frac{9{,}51 \text{ MPa}}{0{,}00045}$$

$$= 21134{,}32 \text{ MPa}$$

Setelah dilakukan perhitungan maka didapat modulus elastisitas rata-rata dari setiap sampel benda uji seperti ditunjukkan pada Tabel 5.19 di bawah ini.

Tabel 5.19 Modulus Elastisitas Rata-Rata

Jenis Batu	Modulus Elastis Rata-Rata (E)		
	Umur (hari)		
	7	14	28
Cangkringan	23801,45	23706,86	21963,27
Clereng	22373,07	21613,99	19181,90

b. Pembahasan

Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa modulus elastis rata-rata pada umur beton 28 hari untuk beton yang menggunakan agregat halus asal Cangkringan sebesar 21963,27 MPa lebih besar daripada agregat halus batu pecah asal Clereng sebesar 19181,90, modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan bahan,

sehingga beton yang menggunakan agregat halus asal Cangkringan dapat dikatakan lebih kaku daripada beton yang menggunakan agregat halus batu pecah asal Clereng. Hal ini dikarenakan kebutuhan agregat kasar didalam campuran beton asal cangkringan lebih banyak daripada pasir asal clereng.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini akan dibahas tentang kesimpulan yang berisi hasil-hasil yang diperoleh setelah dilakukan analisis, perhitungan dan pengujian dari kedua sampel agregat halus yang digunakan sebagai campuran serta saran-saran yang akan memberikan catatan penting dan kemungkinan perbaikan yang perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan akhir dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan kedua variasi agregat halus hasilnya tidak jauh berbeda, namun beton dengan campuran agregat halus asal Cangkringan (25,73 MPa) mempunyai kuat tekan lebih besar daripada beton dengan agregat halus batu pecah asal Clereng (25,14 MPa)
2. Sesuai perbandingan kekuatan tekan umur beton normal yang menggunakan semen portland biasa pada tabel 4.14 PBI ’71:

Umur (hari)	7	14	28
Beton normal Tabel 4.1.4 PBI ‘71	0,65	0,88	1,00
Beton menggunakan pasir Cangkringan	0,73	0,88	1,00
Beton menggunakan pasir batu pecah Clereng	0,67	0,94	1,00

Maka dapat dilihat dari tabel diatas bahwa perbandingan kuat tekan beton dari kedua variasi agregat halus sudah memenuhi syarat perbandingan umur beton normal.

Untuk beton yang menggunakan campuran agregat halus asal Cangkringan, perbandingan kuat tekan pada umur 7 hari lebih baik daripada beton yang menggunakan agregat halus batu pecah asal Clereng, namun hal sebaliknya terjadi pada saat umur beton 14 hari.

3. Besarnya kuat tekan pada beton diikuti oleh besarnya kuat tarik, hal ini terlihat pada hasil pengujian dimana beton dengan campuran agregat halus asal Cangkringan (2,63 MPa) mempunyai hasil uji yg lebih tinggi daripada Agregat halus batu pecah asal Clereng(2,48 MPa).
4. Beton yang menggunakan agregat halus Merapi asal Cangkringan lebih kaku daripada beton yang menggunakan agregat halus batu pecah asal Clereng karena modulus elastisitas beton yang menggunakan agregat halus Merapi asal Cangkringan (21963,27 MPa) lebih besar daripada modulus elastisitas beton yang menggunakan agregat halus batu pecah asal Clereng (19181,90 MPa).
5. Agregat halus batu pecah asal Clereng dapat digunakan sebagai alternatif pengganti agregat halus alami asal Cangkringan karena kuat tekan yang tidak jauh berbeda, namun akan sedikit sulit mendapatkan agregat halus batu pecah dalam jumlah banyak, dikarenakan proses dan waktu pengerjaan yang harus dilakukan untuk mendapatkan agregat batu pecah.

6.2 SARAN

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk agregat halus asal Cangkringan agar lebih diperhatikan kandungan lumpurnya, karena tempat pengambilan agregat yang berbeda akan mempengaruhi kadar lumpur pada agregat.
2. Bagian atas dan bawah benda uji diusahakan benar-benar rata. Hal ini dimaksudkan pada waktu pengujian seluruh permukaan benda uji mendapat tekanan yang sama untuk memperoleh hasil yang maksimal.

3. Diperlukan ketelitian dan kecermatan yang lebih baik dalam pengujian material dan pembacaan dial pada saat pengujian modulus elatis agar didapatkan data yang lebih akurat dalam perencanaan campuran dan pengujian benda uji.
4. Dalam penelitian ini digunakan pasir batu pecah asal Clereng dengan jenis batu kali. Untuk pengujian selanjutnya yang sejenis, dapat dicoba menggunakan agregat halus batu pecah dengan jenis batu yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, 2005, ”*Struktur Beton Bertulang’’*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1991

Business Continuity Institute, 2011 “*Forum Konsultasi Peningkatan Daya Saing Sektor Konstruksi Nasional Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*” Hotel Santika, Yogyakarta

Hanif Muhammad, 2011, ”*Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Menggunakan Pasir dari Sungai Boyong Yogyakarta dan Krikil Ukuran 20 dan 40 mm’’*, Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia, Jurusan Teknil sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Yogyakarta

Istimawan, 1999, ” *Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton”*, Erlangga, Jakarta

Kardiyono, 1998, ” *Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama”*, Erlangga, Jakarta

Lubis, 1986, ”*Struktur Beton Bertulang’’*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Murdock L.J dan Brook K.M, 1991, ”*Bahan dan Praktek Beton’’*, Erlangga, Jakarta

Mulyono, 2004, ”*Perencanaan Beton Bertulang Edisi ke-3”*, Erlangga, Jakarta

Mindes, 1981, ” *Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton”*, Erlangga, Jakarta

PBI, 1971 , ”*Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2”*,

Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989)

Ramadhan P.W, 2011, ”*Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton dengan Menggunakan Pasir Erupsi Merapi pada Sungai Boyong dan Sungai Kuning’’*, Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia, Jurusan Teknil sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Yogyakarta

Salim Agus dan S.N Armanto, 2006, ”*Komparasi Karakteristik Beton Beragregat Kasar Batu Putih Asal Gunung Kidul dan Wonogiri dengan Split Asal Kulon Progo”*, Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia, Jurusan Teknil sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Yogyakarta

SK.SNI T-15-1990-03:2

SNI-03 2847 (2002)

SK SNI M-60-1990-03

Tdjokrodimulyo K, 1992, ”*Teknologi Beton’’*, Jurusan Teknik Sipil, Fakutas Teknik Sipil dan Perencanaan UGM, Yogyakarta

Teori Beton dari www.scribd.com

Teknologi Bahan Konstruksi, 2011, Universitas Islam Indonesia, Jurusan Teknil sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Yogyakarta

Wahyudi L, 2011, ”*Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton”*, Tugas Akhir Universitas Sumatra Utara, Jurusan Teknil sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Sumatra Utara

1. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 7 hariε

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	Kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	7	149,00	303,30	17427,79	12,80	0,00529	2,42	300,60	17,25	0,65	27	variasi 1
2	7	149,40	300,00	17521,48	12,70	0,00526	2,42	280,60	16,01	0,65	25	variasi 1
3	7	151,10	303,80	17922,50	12,85	0,00544	2,36	364,50	20,34	0,65	31	variasi 1
4	7	150,00	302,80	17662,50	12,90	0,00535	2,41	359,20	20,34	0,65	31	variasi 1
5	7	151,10	300,00	17922,50	12,90	0,00538	2,40	352,70	19,68	0,65	30	variasi 1

2. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 7 hari

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	7	150,00	302,60	17662,50	12,35	0,00534	2,31	304,20	17,22	0,65	26	variasi 2
2	7	150,00	305,60	17662,50	12,50	0,00540	2,32	285,90	16,19	0,65	25	variasi 2
3	7	150,00	302,60	17662,50	12,45	0,00534	2,33	302,30	17,12	0,65	26	variasi 2
4	7	150,90	301,40	17875,09	12,45	0,00539	2,31	292,30	16,35	0,65	25	variasi 2
5	7	150,00	303,90	17662,50	12,50	0,00537	2,33	313,30	17,74	0,65	27	variasi 2

3. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 14 hari

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	14	150,00	303,80	17662,50	13,00	0,00537	2,42	398,00	22,53	0,88	26	variasi 1
2	14	150,40	303,05	17756,83	12,93	0,00538	2,40	423,50	23,85	0,88	27	variasi 1
3	14	149,90	303,20	17638,96	13,00	0,00535	2,43	392,80	22,27	0,88	25	variasi 1
4	14	150,65	300,50	17815,91	12,95	0,00535	2,42	393,70	22,10	0,88	25	variasi 1
5	14	150,85	301,70	17863,24	12,94	0,00539	2,40	395,80	22,16	0,88	25	variasi 1

4. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 14 hari

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	14	149,00	303,30	17427,79	12,45	0,00529	2,36	386,20	22,16	0,88	25	variasi 2
2	14	150,15	304,15	17697,84	12,47	0,00538	2,32	456,60	25,80	0,88	29	variasi 2
3	14	149,30	305,00	17498,03	12,40	0,00534	2,32	395,30	22,59	0,88	26	variasi 2
4	14	150,25	303,00	17721,42	12,39	0,00537	2,31	435,80	24,59	0,88	28	variasi 2
5	14	149,95	303,95	17650,73	12,41	0,00536	2,31	398,80	22,59	0,88	26	variasi 2

5. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Desak)

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	28	150,75	295,55	17839,57	12,75	0,00527	2,42	440,00	24,66	1,00	25	variasi 1
2	28	150,30	302,10	17733,22	12,95	0,00536	2,42	435,00	24,53	1,00	25	variasi 1
3	28	150,40	300,75	17756,83	13,10	0,00534	2,45	475,00	26,75	1,00	27	variasi 1
4	28	149,65	305,80	17580,17	13,00	0,00538	2,42	450,00	25,60	1,00	26	variasi 1
5	28	150,20	301,50	17709,63	12,95	0,00534	2,43	480,00	27,10	1,00	27	variasi 1

6. Data benda uji pasir asal cangkringan dengan umur beton 28 hari (Tarik)

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	28	149,50	301,75	17544,95	13,00	0,00529	2,46	205,00	2,89	1,00	3	variasi 1
2	28	151,10	301,70	17922,50	12,50	0,00541	2,31	175,00	2,45	1,00	2	variasi 1
3	28	150,40	302,70	17756,83	12,80	0,00537	2,38	195,00	2,73	1,00	3	variasi 1
4	28	150,40	303,00	17756,83	12,90	0,00538	2,40	180,00	2,52	1,00	3	variasi 1
5	28	150,40	304,60	17756,83	13,05	0,00541	2,41	185,00	2,57	1,00	3	variasi 1

7. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Desak)

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	28	150,90	300,25	17875,09	12,25	0,00537	2,28	450,00	25,17	1,00	25	variasi 2
2	28	150,35	304,45	17745,02	12,45	0,00540	2,30	455,00	25,64	1,00	26	variasi 2
3	28	150,25	305,00	17721,42	12,35	0,00541	2,28	440,00	24,83	1,00	25	variasi 2
4	28	151,95	302,20	18124,71	12,95	0,00548	2,36	460,00	25,38	1,00	25	variasi 2
5	28	150,70	299,00	17827,73	12,30	0,00533	2,31	440,00	24,68	1,00	25	variasi 2

8. Data benda uji pasir asal clereng dengan umur beton 28 hari (Tarik)

no	umur beton (hari)	dimensi benda uji		luas penampang (mm^2)	berat benda uji (kg)	volume benda uji (m^3)	berat volume (t/m^3)	beban maksimum (Kn)	kuat desak (Mpa)	angka konversi umur	kuat desak umur 28 hari (Mpa)	keterangan / kode benda uji
		diameter(mm)	tinggi (mm)									
1	28	150,00	302,50	17662,50	12,45	0,00534	2,33	175,00	2,46	1,00	2	variasi 2
2	28	150,90	302,40	17875,09	12,50	0,00541	2,31	185,00	2,58	1,00	3	variasi 2
3	28	149,10	300,10	17451,19	12,30	0,00524	2,35	180,00	2,56	1,00	3	variasi 2
4	28	151,00	302,00	17898,79	12,55	0,00541	2,32	165,00	2,30	1,00	2	variasi 2
5	28	151,20	304,15	17946,23	12,60	0,00546	2,31	180,00	2,49	1,00	2	variasi 2

9. Data uji desak silinder beton cangkringan umur 7 hari

keterangan	silinder 1	silinder 4	silinder 5
diameter	149,00	150,00	151,10
tinggi	303,30	302,80	300,00
luas tampang (A)	17427,79	17662,5	17922,5
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	300,60	359,20	352,70
kuat desak (MPa)	17,25	20,34	19,68

10. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 7 hari

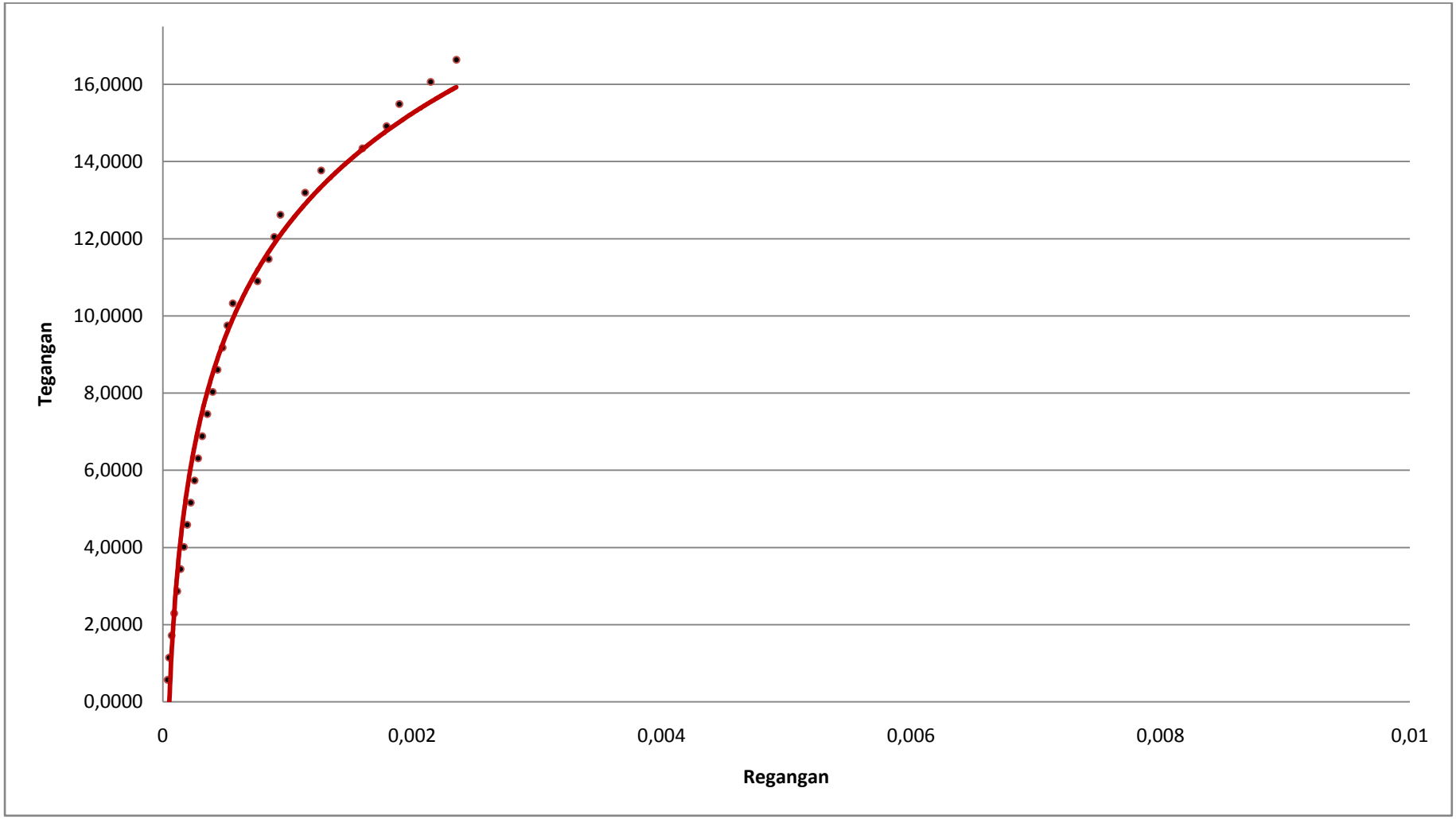
beban Kn	pembacaan dial			silinder 1			silinder 4			silinder 5		
	silinder 1	silinder 4	silinder 5	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	7	9	6	0,0035	0,5738	1,75E-05	0,0045	0,5662	2,25E-05	0,003	0,5580	0,000015
20	15	16	11	0,0075	1,1476	3,75E-05	0,008	1,1323	0,00004	0,0055	1,1159	2,75E-05
30	20	28	24	0,01	1,7214	0,00005	0,014	1,6985	0,00007	0,012	1,6739	0,00006
40	28	33	30	0,014	2,2952	0,00007	0,0165	2,2647	8,25E-05	0,015	2,2318	0,000075
50	36	41	44	0,018	2,8690	0,00009	0,0205	2,8309	0,000103	0,022	2,7898	0,00011
60	46	50	62	0,023	3,4428	0,000115	0,025	3,3970	0,000125	0,031	3,3477	0,000155
70	56	60	70	0,028	4,0166	0,00014	0,03	3,9632	0,00015	0,035	3,9057	0,000175
80	67	70	79	0,0335	4,5904	0,000168	0,035	4,5294	0,000175	0,0395	4,4637	0,000198
90	78	78	86	0,039	5,1642	0,000195	0,039	5,0955	0,000195	0,043	5,0216	0,000215
100	89	86	92	0,0445	5,7380	0,000223	0,043	5,6617	0,000215	0,046	5,5796	0,00023

110	101	96	102	0,0505	6,3118	0,000253	0,048	6,2279	0,00024	0,051	6,1375	0,000255
120	113	113	116	0,0565	6,8856	0,000283	0,0565	6,7941	0,000283	0,058	6,6955	0,00029
130	126	121	126	0,063	7,4594	0,000315	0,0605	7,3602	0,000303	0,063	7,2535	0,000315
140	142	130	138	0,071	8,0331	0,000355	0,065	7,9264	0,000325	0,069	7,8114	0,000345
150	159	151	150	0,0795	8,6069	0,000398	0,0755	8,4926	0,000378	0,075	8,3694	0,000375
160	175	164	170	0,0875	9,1807	0,000438	0,082	9,0587	0,00041	0,085	8,9273	0,000425
170	191	177	187	0,0955	9,7545	0,000478	0,0885	9,6249	0,000443	0,0935	9,4853	0,000468
180	207	192	212	0,1035	10,3283	0,000518	0,096	10,1911	0,00048	0,106	10,0432	0,00053
190	224	219	243	0,112	10,9021	0,00056	0,1095	10,7573	0,000548	0,1215	10,6012	0,000608
200	303	287	305	0,1515	11,4759	0,000758	0,1435	11,3234	0,000718	0,1525	11,1592	0,000763
210	339	300	392	0,1695	12,0497	0,000848	0,15	11,8896	0,00075	0,196	11,7171	0,00098
220	357	373	470	0,1785	12,6235	0,000893	0,1865	12,4558	0,000933	0,235	12,2751	0,001175
230	377	412	582	0,1885	13,1973	0,000943	0,206	13,0219	0,00103	0,291	12,8330	0,001455
240	456	482	643	0,228	13,7711	0,00114	0,241	13,5881	0,001205	0,3215	13,3910	0,001608
250	507	534	702	0,2535	14,3449	0,001268	0,267	14,1543	0,001335	0,351	13,9489	0,001755
260	640	643	754	0,32	14,9187	0,0016	0,3215	14,7205	0,001608	0,377	14,5069	0,001885
270	717	765	810	0,3585	15,4925	0,001793	0,3825	15,2866	0,001913	0,405	15,0649	0,002025
280	758	810	842	0,379	16,0663	0,001895	0,405	15,8528	0,002025	0,421	15,6228	0,002105
290	859	971	920	0,4295	16,6401	0,002148	0,4855	16,4190	0,002428	0,46	16,1808	0,0023
300	941	1165	973	0,4705	17,2139	0,002353	0,5825	16,9851	0,002913	0,4865	16,7387	0,002433
310		1217	1187				0,6085	17,55131	0,003043	0,5935	17,2967	0,002968
320		1250	1241				0,625	18,11748	0,003125	0,6205	17,8547	0,003103
330		1410	1320				0,705	18,68365	0,003525	0,66	18,41261	0,0033
340		1512	1362				0,756	19,24982	0,00378	0,681	18,97057	0,003405
350		1533	1733				0,7665	19,81599	0,003833	0,8665	19,52853	0,004333

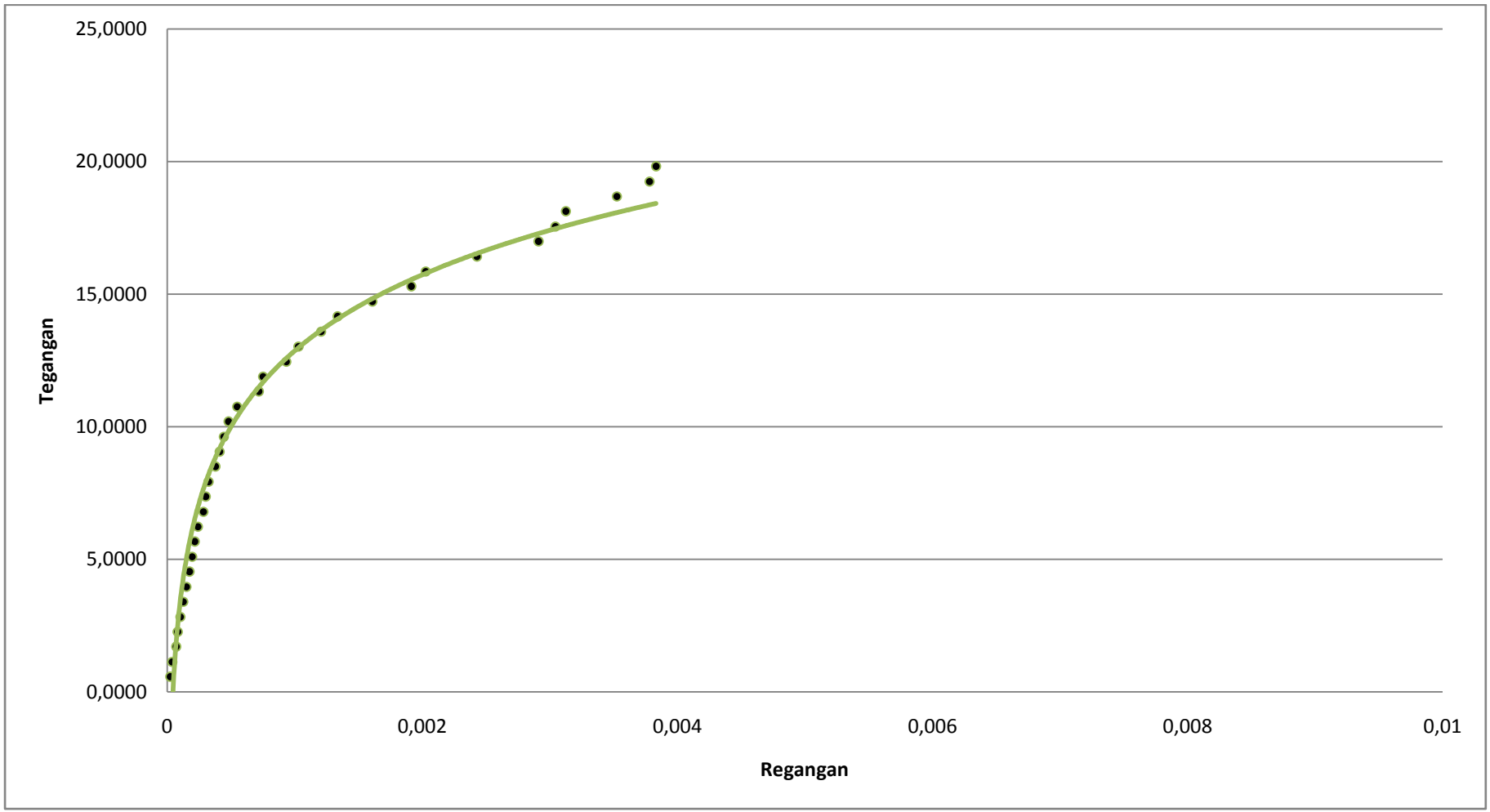
11. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 7 hari

keterangan	silinder 1	silinder 4	silinder 5
σ 2	6,89	7,93	7,81
σ 2 digunakan	6,89	7,93	7,81
ε 2	0,0002825	0,0003250	0,0003450
modulus elastis	24373,65	24388,92	22641,77
modulus elastisitas rata-rata			23801,45

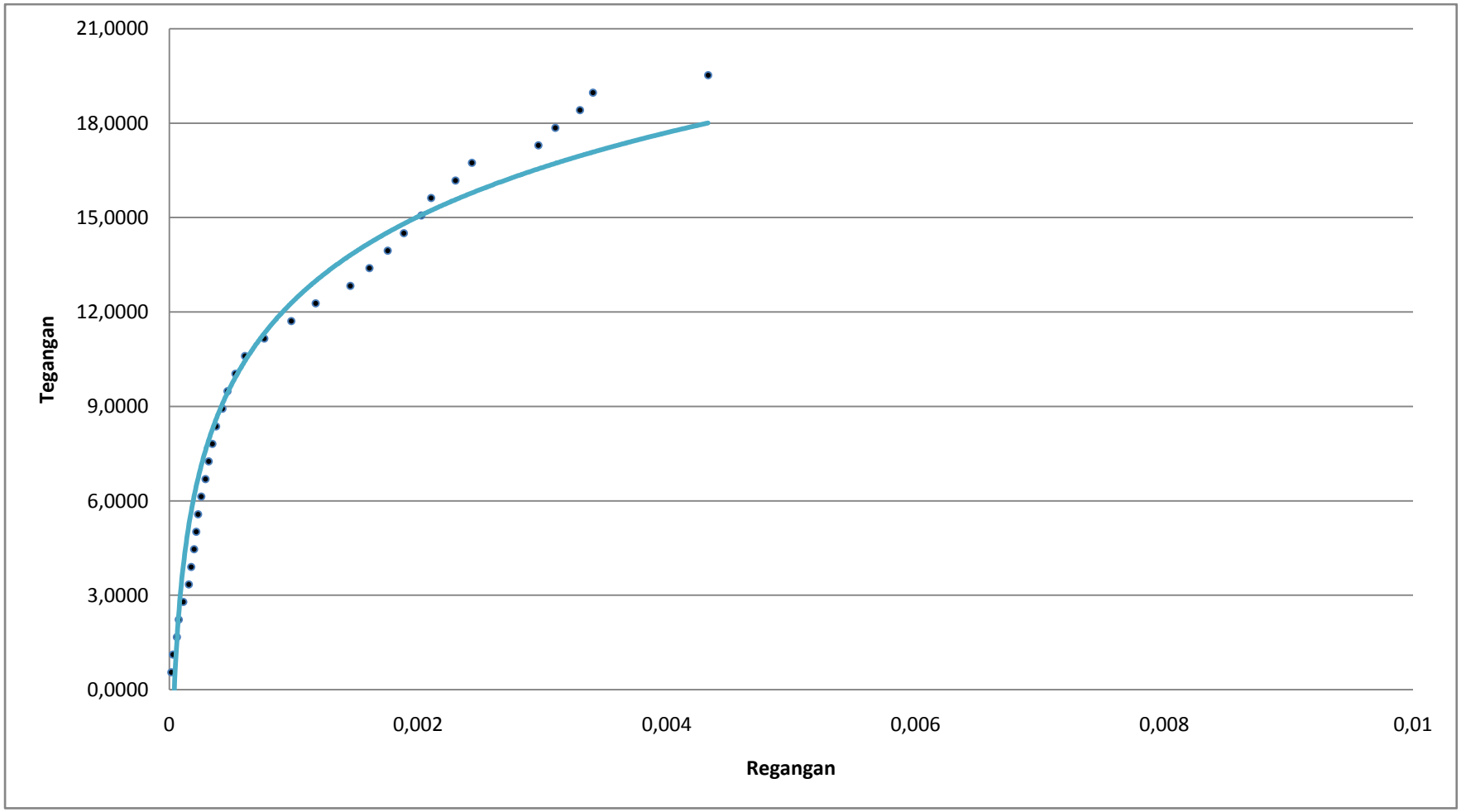
12. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 1 (7hari)



13. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 4 (7hari)



14. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 5 (7hari)



15. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari

keterangan	silinder 3	silinder 4	silinder 5
diameter	150,00	150,90	150,00
tinggi	302,60	301,40	303,90
luas tampang (A)	17662,5	17875,09	17662,5
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	302,30	292,30	313,30
kuat desak (MPa)	17,12	16,35	17,74

16. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 7 hari

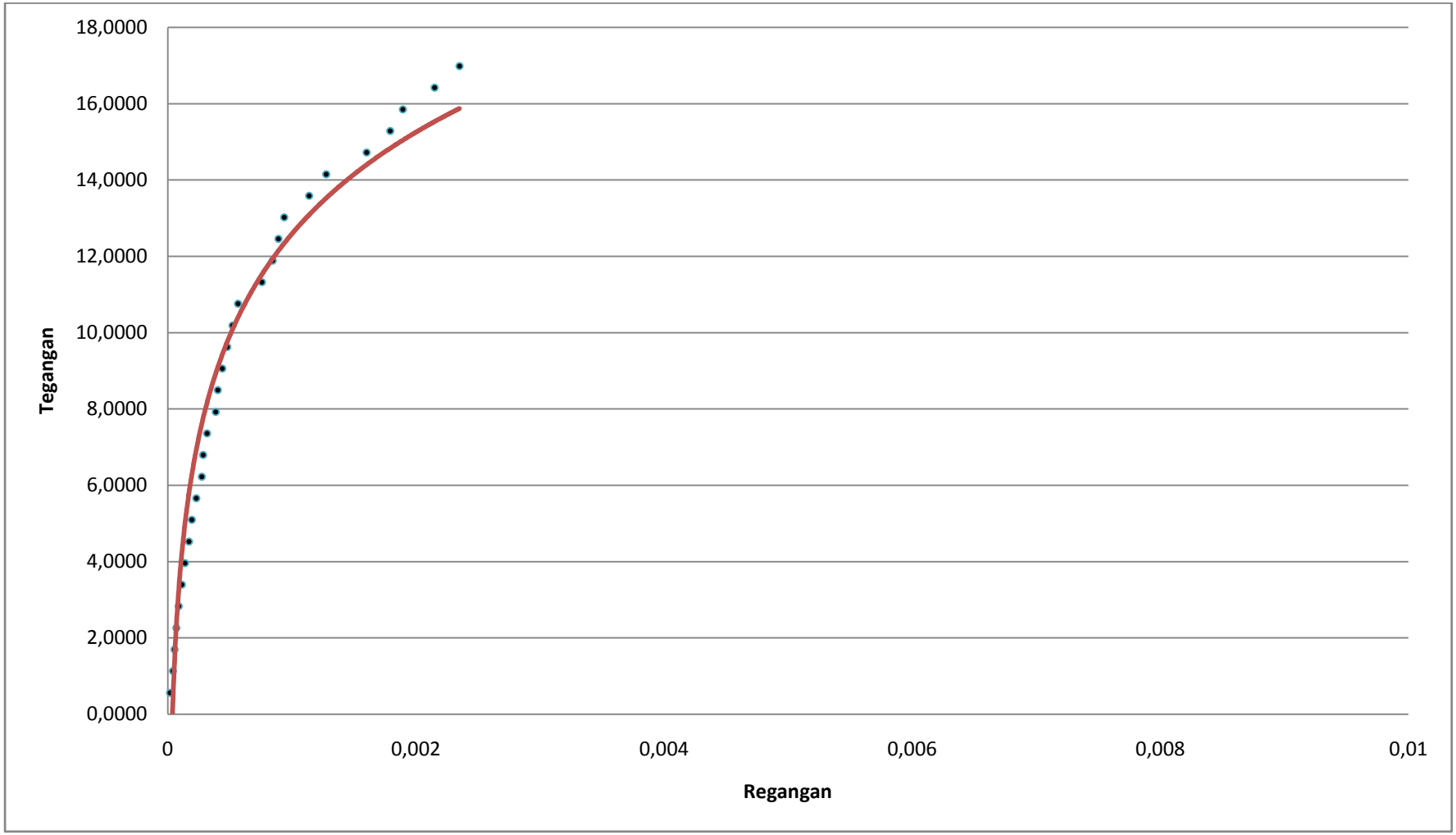
beban Kn	pembacaan dial			silinder 3			silinder 4			silinder 5		
	silinder 3	silinder 4	silinder 5	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	7	9	5	0,0035	0,5662	0,0000175	0,0045	0,5594	0,0000225	0,0025	0,5662	0,0000125
20	16	20	13	0,008	1,1323	0,00004	0,01	1,1189	0,00005	0,0065	1,1323	0,0000325
30	21	31	28	0,0105	1,6985	0,0000525	0,0155	1,6783	0,0000775	0,014	1,6985	0,00007
40	27	42	33	0,0135	2,2647	0,0000675	0,021	2,2378	0,000105	0,0165	2,2647	0,0000825
50	35	53	42	0,0175	2,8309	0,0000875	0,0265	2,7972	0,0001325	0,021	2,8309	0,000105
60	45	65	49	0,0225	3,3970	0,0001125	0,0325	3,3566	0,0001625	0,0245	3,3970	0,0001225
70	55	78	61	0,0275	3,9632	0,0001375	0,039	3,9161	0,000195	0,0305	3,9632	0,0001525
80	68	91	72	0,034	4,5294	0,00017	0,0455	4,4755	0,0002275	0,036	4,5294	0,00018
90	77	101	79	0,0385	5,0955	0,0001925	0,0505	5,0349	0,0002525	0,0395	5,0955	0,0001975

100	91	115	85	0,0455	5,6617	0,0002275	0,0575	5,5944	0,0002875	0,0425	5,6617	0,0002125
110	109	128	95	0,0545	6,2279	0,0002725	0,064	6,1538	0,00032	0,0475	6,2279	0,0002375
120	113	145	114	0,0565	6,7941	0,0002825	0,0725	6,7133	0,0003625	0,057	6,7941	0,000285
130	126	156	122	0,063	7,3602	0,000315	0,078	7,2727	0,00039	0,061	7,3602	0,000305
140	154	173	131	0,077	7,9264	0,000385	0,0865	7,8321	0,0004325	0,0655	7,9264	0,0003275
150	161	188	150	0,0805	8,4926	0,0004025	0,094	8,3916	0,00047	0,075	8,4926	0,000375
160	175	206	163	0,0875	9,0587	0,0004375	0,103	8,9510	0,000515	0,0815	9,0587	0,0004075
170	191	225	178	0,0955	9,6249	0,0004775	0,1125	9,5104	0,0005625	0,089	9,6249	0,000445
180	208	246	191	0,104	10,1911	0,00052	0,123	10,0699	0,000615	0,0955	10,1911	0,0004775
190	226	265	220	0,113	10,7573	0,000565	0,1325	10,6293	0,0006625	0,11	10,7573	0,00055
200	303	291	288	0,1515	11,3234	0,0007575	0,1455	11,1888	0,0007275	0,144	11,3234	0,00072
210	338	318	298	0,169	11,8896	0,000845	0,159	11,7482	0,000795	0,149	11,8896	0,000745
220	356	351	374	0,178	12,4558	0,00089	0,1755	12,3076	0,0008775	0,187	12,4558	0,000935
230	375	291	414	0,1875	13,0219	0,0009375	0,1455	12,8671	0,0007275	0,207	13,0219	0,001035
240	455	449	484	0,2275	13,5881	0,0011375	0,2245	13,4265	0,0011225	0,242	13,5881	0,00121
250	510	617	536	0,255	14,1543	0,001275	0,3085	13,9859	0,0015425	0,268	14,1543	0,00134
260	641	675	643	0,3205	14,7205	0,0016025	0,3375	14,5454	0,0016875	0,3215	14,7205	0,0016075
270	717	718	764	0,3585	15,2866	0,0017925	0,359	15,1048	0,001795	0,382	15,2866	0,00191
280	757	777	813	0,3785	15,8528	0,0018925	0,3885	15,6643	0,0019425	0,4065	15,8528	0,0020325
290	860	834	970	0,43	16,4190	0,00215	0,417	16,2237	0,002085	0,485	16,4190	0,002425
300	940		1165	0,47	16,9851	0,00235				0,5825	16,9851	0,0029125
310			1186							0,593	17,5513	0,002965

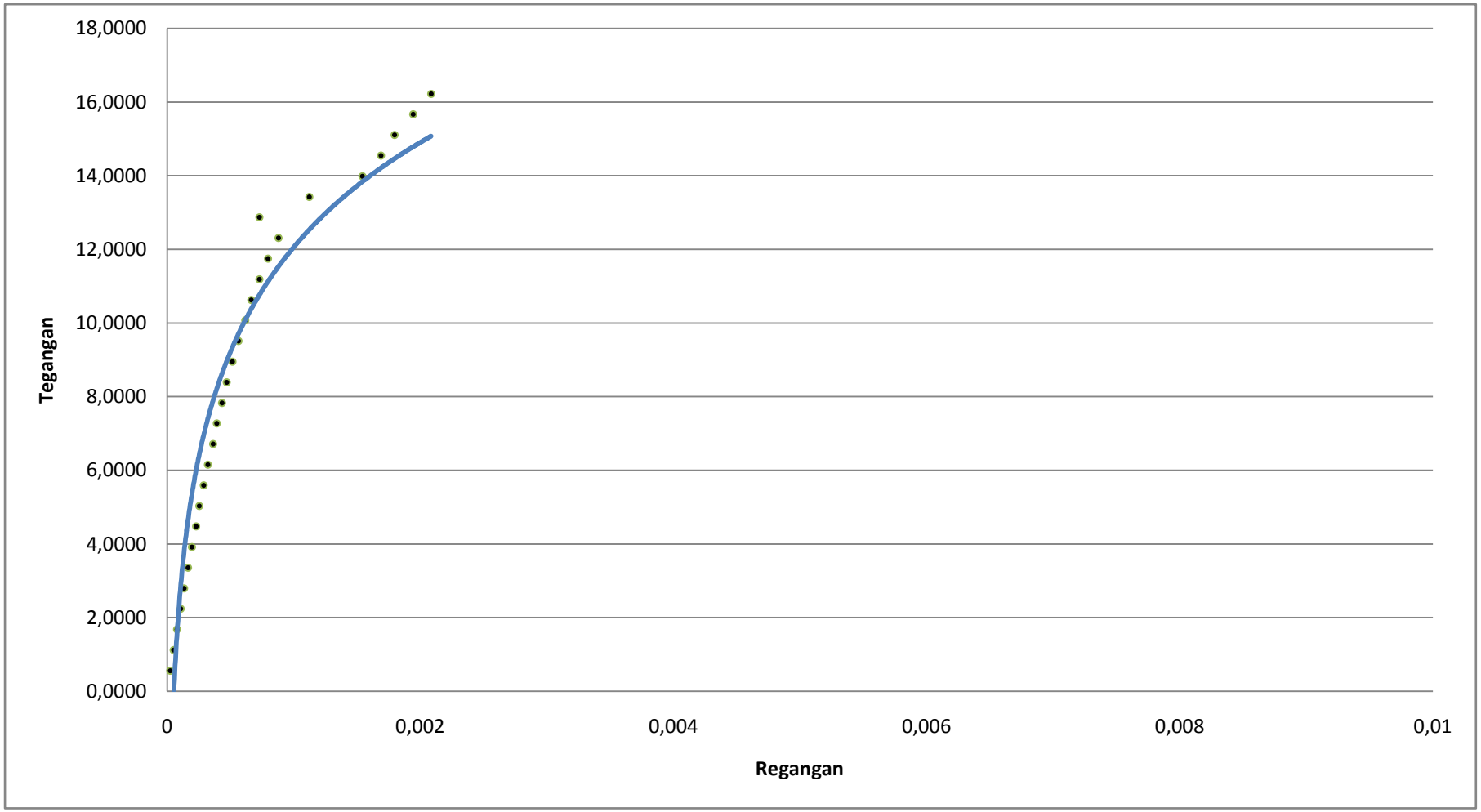
17. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 7 hari

keterangan	silinder 3	silinder 4	silinder 5
σ 2	6,79	6,49	7,02
σ 2 digunakan	6,79	6,15	6,79
ε 2	0,0002825	0,0003200	0,0002850
modulus elastis	24049,75	19230,68	23838,79
modulus elastisitas rata-rata			22373,07

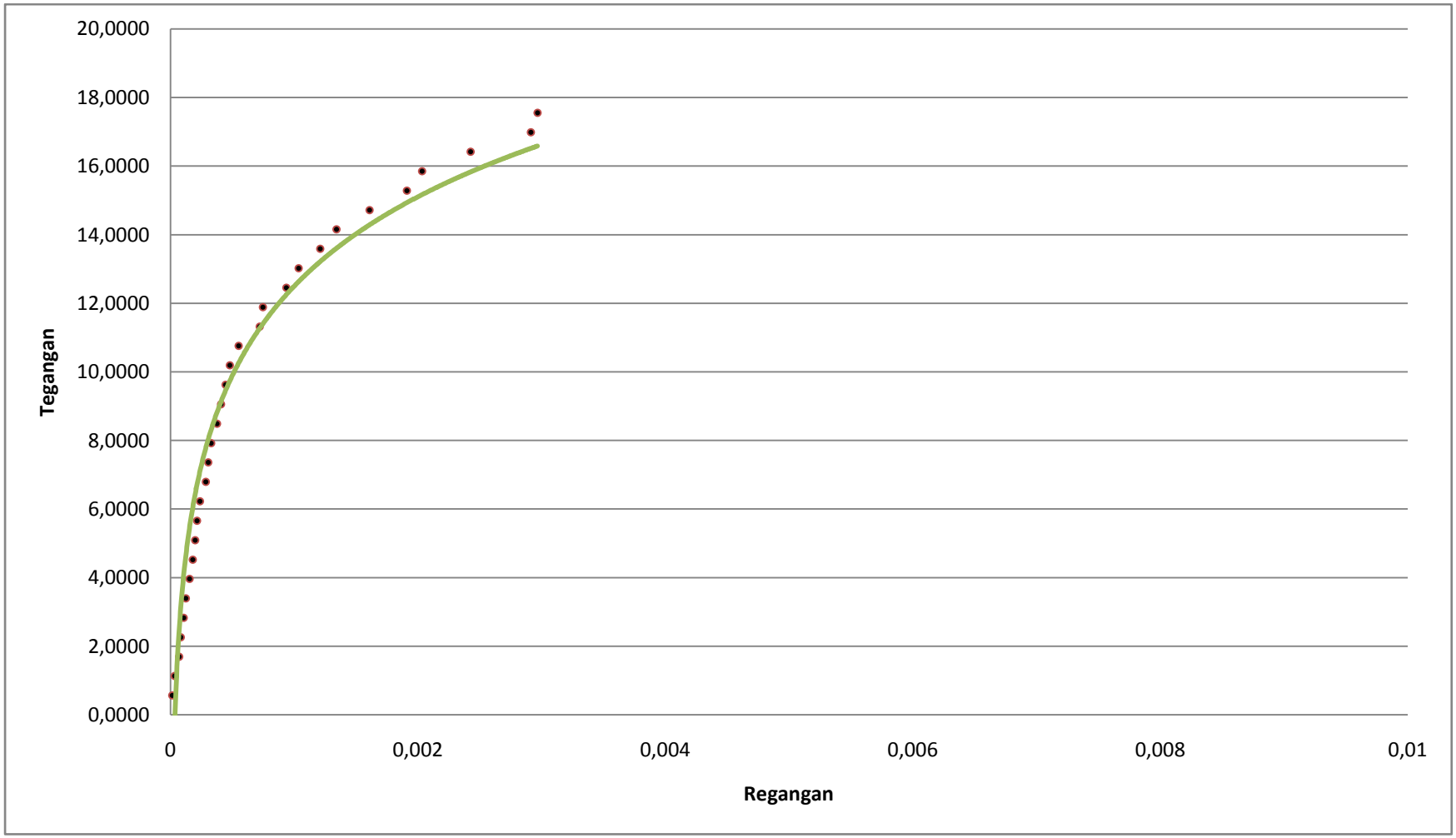
18. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 3 (7hari)



19. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 4 (7hari)



20. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 5 (7hari)



21. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari

keterangan	silinder 3	silinder 4	silinder 5
diameter	149,90	150,65	150,85
tinggi	303,20	300,50	301,70
luas tampang (A)	17638,96	17815,91	17863,24
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	392,80	393,70	395,80
kuat desak (MPa)	22,27	22,10	22,16

22. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 14 hari

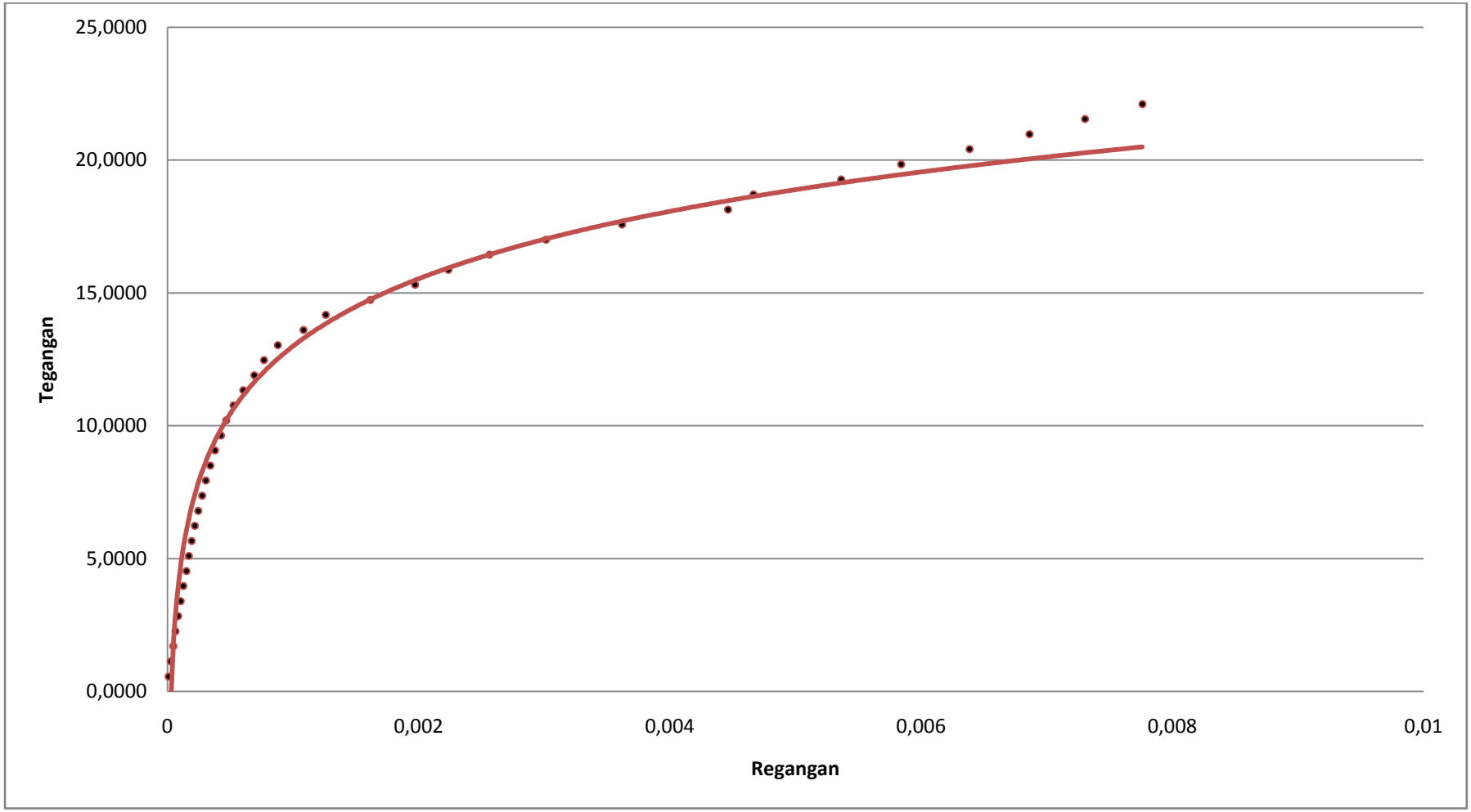
beban Kn	pembacaan dial			silinder 3			silinder 4			silinder 5		
	silinder 3	silinder 4	silinder 5	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	3	6	9	0,0015	0,5669	0,0000075	0,003	0,5613	0,000015	0,0045	0,5598	0,0000225
20	10	13	17	0,005	1,1339	0,000025	0,0065	1,1226	0,0000325	0,0085	1,1196	0,0000425
30	18	20	23	0,009	1,7008	0,000045	0,01	1,6839	0,00005	0,0115	1,6794	0,0000575
40	25	28	31	0,0125	2,2677	0,0000625	0,014	2,2452	0,00007	0,0155	2,2392	0,0000775
50	33	36	42	0,0165	2,8346	0,0000825	0,018	2,8065	0,00009	0,021	2,7990	0,000105
60	42	44	53	0,021	3,4016	0,000105	0,022	3,3678	0,00011	0,0265	3,3589	0,0001325
70	50	51	66	0,025	3,9685	0,000125	0,0255	3,9291	0,0001275	0,033	3,9187	0,000165
80	60	60	81	0,03	4,5354	0,00015	0,03	4,4904	0,00015	0,0405	4,4785	0,0002025
90	68	68	97	0,034	5,1023	0,00017	0,034	5,0517	0,00017	0,0485	5,0383	0,0002425
100	77	77	114	0,0385	5,6693	0,0001925	0,0385	5,6130	0,0001925	0,057	5,5981	0,000285
110	87	84	129	0,0435	6,2362	0,0002175	0,042	6,1743	0,00021	0,0645	6,1579	0,0003225
120	98	107	147	0,049	6,8031	0,000245	0,0535	6,7356	0,0002675	0,0735	6,7177	0,0003675
130	110	116	163	0,055	7,3700	0,000275	0,058	7,2969	0,00029	0,0815	7,2775	0,0004075
140	122	130	180	0,061	7,9370	0,000305	0,065	7,8581	0,000325	0,09	7,8373	0,00045
150	136	142	150	0,068	8,5039	0,00034	0,071	8,4194	0,000355	0,075	8,3971	0,000375
160	151	156	160	0,0755	9,0708	0,0003775	0,078	8,9807	0,00039	0,08	8,9569	0,0004
170	170	171	178	0,085	9,6378	0,000425	0,0855	9,5420	0,0004275	0,089	9,5167	0,000445
180	187	188	202	0,0935	10,2047	0,0004675	0,094	10,1033	0,00047	0,101	10,0766	0,000505
190	210	203	221	0,105	10,7716	0,000525	0,1015	10,6646	0,0005075	0,1105	10,6364	0,0005525
200	241	222	245	0,1205	11,3385	0,0006025	0,111	11,2259	0,000555	0,1225	11,1962	0,0006125
210	276	245	272	0,138	11,9055	0,00069	0,1225	11,7872	0,0006125	0,136	11,7560	0,00068
220	307	275	304	0,1535	12,4724	0,0007675	0,1375	12,3485	0,0006875	0,152	12,3158	0,00076

230	351	304	340	0,1755	13,0393	0,0008775	0,152	12,9098	0,00076	0,17	12,8756	0,00085
240	433	333	378	0,2165	13,6062	0,0010825	0,1665	13,4711	0,0008325	0,189	13,4354	0,000945
250	504	364	413	0,252	14,1732	0,00126	0,182	14,0324	0,00091	0,2065	13,9952	0,0010325
260	646	405	447	0,323	14,7401	0,001615	0,2025	14,5937	0,0010125	0,2235	14,5550	0,0011175
270	788	442	485	0,394	15,3070	0,00197	0,221	15,1550	0,001105	0,2425	15,1148	0,0012125
280	894	485	516	0,447	15,8740	0,002235	0,2425	15,7163	0,0012125	0,258	15,6746	0,00129
290	1025	541	546	0,5125	16,4409	0,0025625	0,2705	16,2776	0,0013525	0,273	16,2345	0,001365
300	1205	585	574	0,6025	17,0078	0,0030125	0,2925	16,8389	0,0014625	0,287	16,7943	0,001435
310	1447	638	585	0,7235	17,5747	0,0036175	0,319	17,40018	0,001595	0,2925	17,3541	0,0014625
320	1785	700	598	0,8925	18,14166	0,0044625	0,35	17,96148	0,00175	0,299	17,9139	0,001495
330	1866	740	653	0,933	18,70859	0,004665	0,37	18,52277	0,00185	0,3265	18,47369	0,0016325
340	2145	770	715	1,0725	19,27552	0,0053625	0,385	19,08407	0,001925	0,3575	19,0335	0,0017875
350	2336	870	770	1,168	19,84244	0,00584	0,435	19,64537	0,002175	0,385	19,59331	0,001925
360	2554	1010	867	1,277	20,40937	0,006385	0,505	20,20666	0,002525	0,4335	20,15312	0,0021675
370	2745	1035	1015	1,3725	20,9763	0,0068625	0,5175	20,76796	0,0025875	0,5075	20,71293	0,0025375
380	2922	1080	1185	1,461	21,54322	0,007305	0,54	21,32925	0,0027	0,5925	21,27273	0,0029625
390	3104	1218	1260	1,552	22,11015	0,00776	0,609	21,89055	0,003045	0,63	21,83254	0,00315

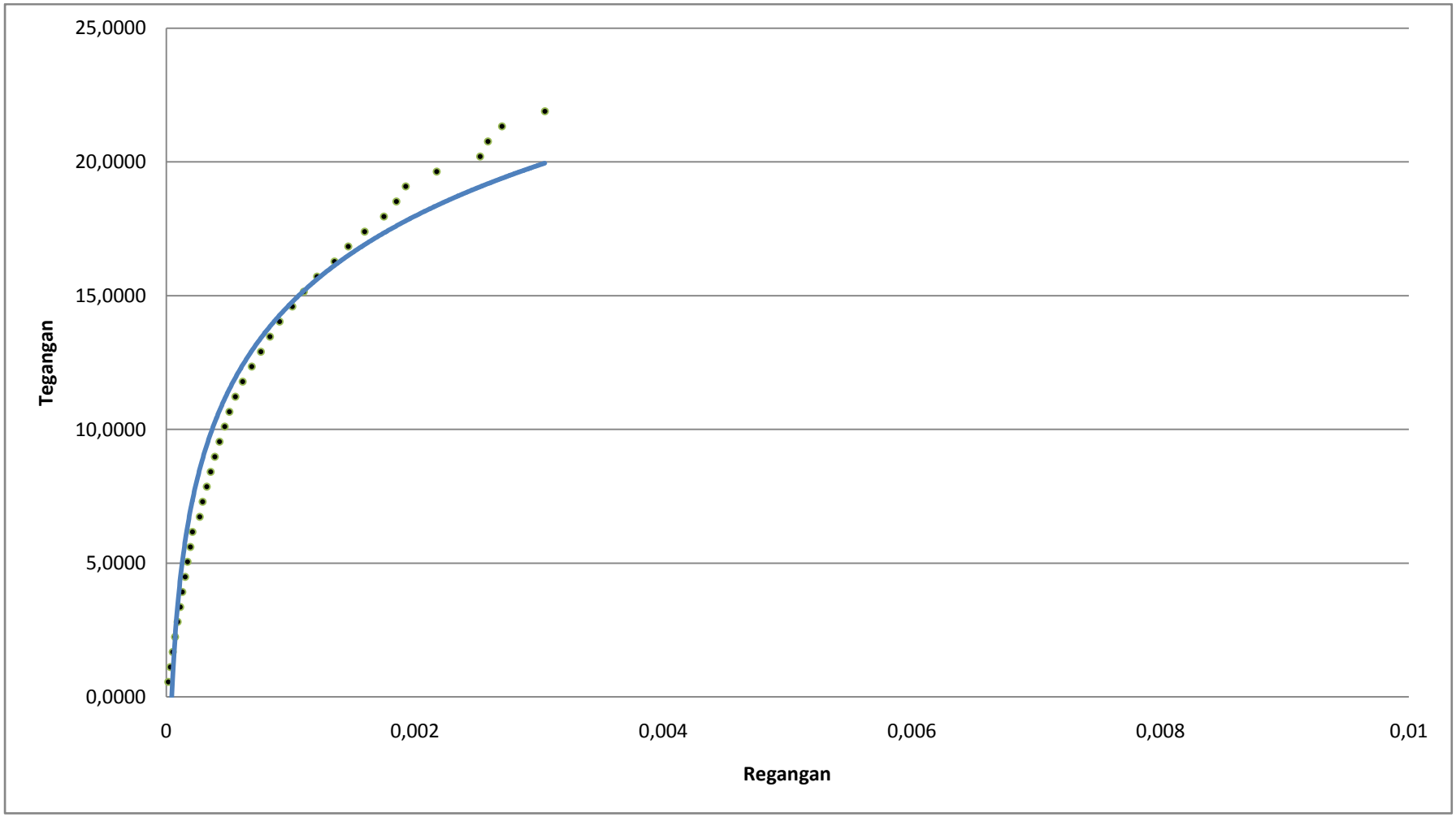
23. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 14 hari

keterangan	silinder 3	silinder 4	silinder 5
σ 2	8,84	8,76	8,73
σ 2 digunakan	8,50	8,42	8,40
ε 2	0,000340	0,000355	0,000375
modulus elastis	25011,48	23716,74	22392,35
modulus elastisitas rata-rata			23706,86

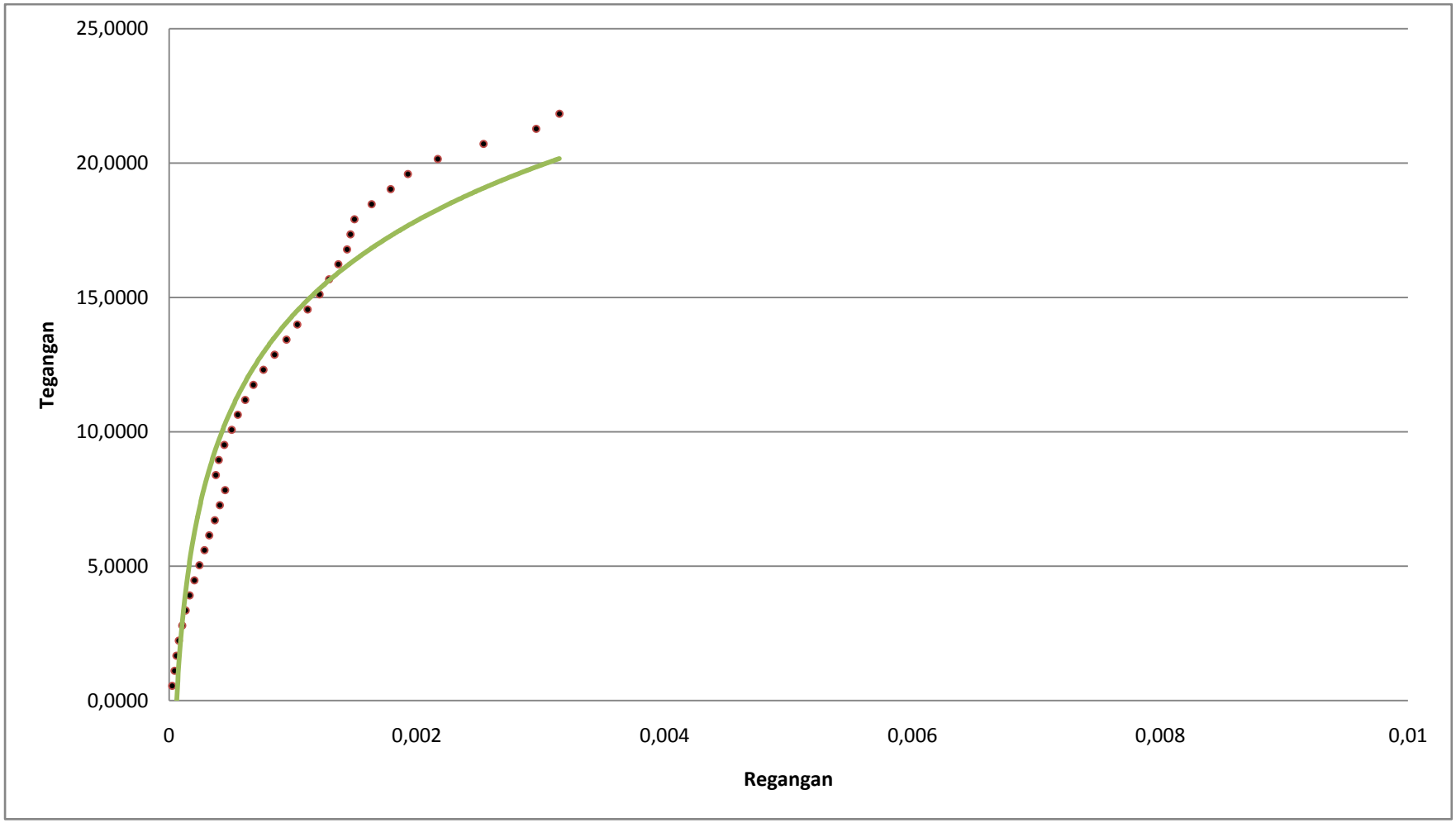
24. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 3 (14hari)



25. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 4 (14hari)



26. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 5 (14hari)



27. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari

	silinder 2	silinder 4	silinder 5
diameter	150,15	150,25	149,95
tinggi	304,15	303,00	303,95
luas tampang (A)	17697,84	17721,42	17650,73
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	456,60	435,80	398,80
kuat desak (MPa)	25,80	24,59	22,59

28. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 14 hari

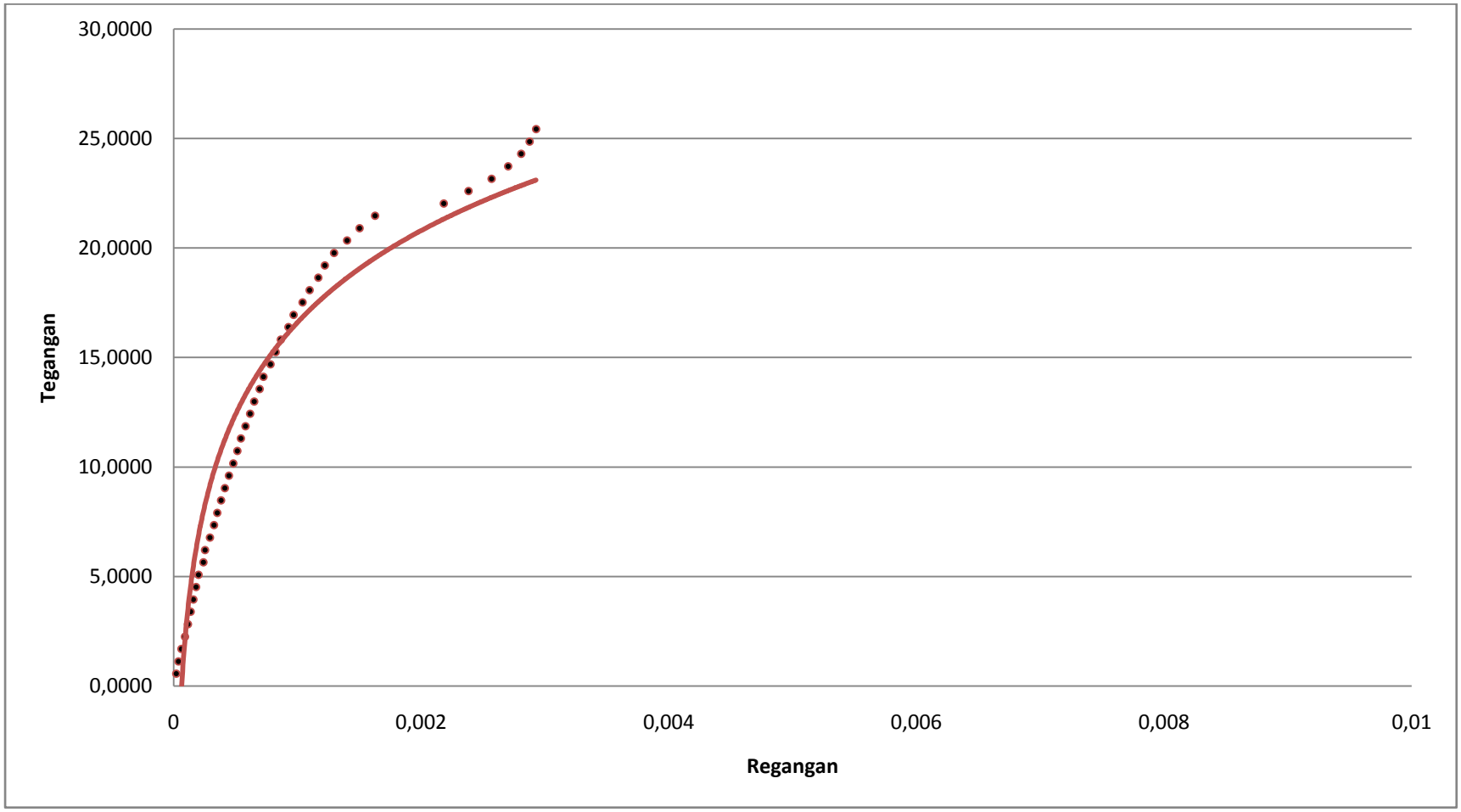
beban Kn	pembacaan dial			silinder 2			silinder 4			silinder 5		
	silinder 2	silinder 4	silinder 5	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	8	6	7	0,004	0,5650	0,00002	0,003	0,5643	0,000015	0,0035	0,5665	0,0000175
20	15	17	16	0,0075	1,1301	0,0000375	0,0085	1,1286	0,0000425	0,008	1,1331	0,00004
30	25	28	31	0,0125	1,6951	0,0000625	0,014	1,6929	0,00007	0,0155	1,6996	0,0000775
40	36	38	45	0,018	2,2602	0,00009	0,019	2,2572	0,000095	0,0225	2,2662	0,0001125
50	46	49	54	0,023	2,8252	0,000115	0,0245	2,8214	0,0001225	0,027	2,8327	0,000135
60	54	60	61	0,027	3,3902	0,000135	0,03	3,3857	0,00015	0,0305	3,3993	0,0001525
70	63	71	68	0,0315	3,9553	0,0001575	0,0355	3,9500	0,0001775	0,034	3,9658	0,00017
80	72	82	77	0,036	4,5203	0,00018	0,041	4,5143	0,000205	0,0385	4,5324	0,0001925
90	80	93	85	0,04	5,0854	0,0002	0,0465	5,0786	0,0002325	0,0425	5,0989	0,0002125
100	96	105	95	0,048	5,6504	0,00024	0,0525	5,6429	0,0002625	0,0475	5,6655	0,0002375
110	101	116	104	0,0505	6,2154	0,0002525	0,058	6,2072	0,00029	0,052	6,2320	0,00026
120	117	128	113	0,0585	6,7805	0,0002925	0,064	6,7715	0,00032	0,0565	6,7986	0,0002825
130	130	140	124	0,065	7,3455	0,000325	0,07	7,3358	0,00035	0,062	7,3651	0,00031
140	140	153	133	0,07	7,9106	0,00035	0,0765	7,9000	0,0003825	0,0665	7,9317	0,0003325
150	153	165	143	0,0765	8,4756	0,0003825	0,0825	8,4643	0,0004125	0,0715	8,4982	0,0003575
160	165	178	156	0,0825	9,0406	0,0004125	0,089	9,0286	0,000445	0,078	9,0648	0,00039
170	178	193	181	0,089	9,6057	0,000445	0,0965	9,5929	0,0004825	0,0905	9,6313	0,0004525
180	192	207	192	0,096	10,1707	0,00048	0,1035	10,1572	0,0005175	0,096	10,1979	0,00048
190	205	223	205	0,1025	10,7358	0,0005125	0,1115	10,7215	0,0005575	0,1025	10,7644	0,0005125
200	217	240	212	0,1085	11,3008	0,0005425	0,12	11,2858	0,0006	0,106	11,3310	0,00053
210	232	255	232	0,116	11,8659	0,00058	0,1275	11,8501	0,0006375	0,116	11,8975	0,00058
220	247	267	257	0,1235	12,4309	0,0006175	0,1335	12,4144	0,0006675	0,1285	12,4641	0,0006425

230	260	279	272	0,13	12,9959	0,00065	0,1395	12,9786	0,0006975	0,136	13,0306	0,00068
240	277	293	294	0,1385	13,5610	0,0006925	0,1465	13,5429	0,0007325	0,147	13,5972	0,000735
250	290	308	310	0,145	14,1260	0,000725	0,154	14,1072	0,00077	0,155	14,1637	0,000775
260	312	335	332	0,156	14,6911	0,00078	0,1675	14,6715	0,0008375	0,166	14,7303	0,00083
270	329	350	363	0,1645	15,2561	0,0008225	0,175	15,2358	0,000875	0,1815	15,2968	0,0009075
280	346	370	398	0,173	15,8211	0,000865	0,185	15,8001	0,000925	0,199	15,8634	0,000995
290	370	393	460	0,185	16,3862	0,000925	0,1965	16,3644	0,0009825	0,23	16,4299	0,00115
300	387	413	520	0,1935	16,9512	0,0009675	0,2065	16,9287	0,0010325	0,26	16,9965	0,0013
310	416	437	565	0,208	17,5163	0,00104	0,2185	17,49295	0,0010925	0,2825	17,5630	0,0014125
320	439	466	822	0,2195	18,0813	0,0010975	0,233	18,05724	0,001165	0,411	18,1296	0,002055
330	467	495	927	0,2335	18,64634	0,0011675	0,2475	18,62153	0,0012375	0,4635	18,69611	0,0023175
340	488	530	1046	0,244	19,21138	0,00122	0,265	19,18582	0,001325	0,523	19,26266	0,002615
350	518	560	1138	0,259	19,77642	0,001295	0,28	19,75011	0,0014	0,569	19,82921	0,002845
360	560	595	1330	0,28	20,34146	0,0014	0,2975	20,31439	0,0014875	0,665	20,39576	0,003325
370	600	663	1471	0,3	20,9065	0,0015	0,3315	20,87868	0,0016575	0,7355	20,96231	0,0036775
380	650	790	1600	0,325	21,47154	0,001625	0,395	21,44297	0,001975	0,8	21,52886	0,004
390	872	867	1747	0,436	22,03658	0,00218	0,4335	22,00726	0,0021675	0,8735	22,09541	0,0043675
400	952	935		0,476	22,60162	0,00238	0,4675	22,57155	0,0023375			
410	1027	1000		0,5135	23,16667	0,0025675	0,5	23,13584	0,0025			
420	1080	1045		0,54	23,73171	0,0027	0,5225	23,70013	0,0026125			
430	1122	1087		0,561	24,29675	0,002805	0,5435	24,26442	0,0027175			
440	1150			0,575	24,86179	0,002875						
450	1171			0,5855	25,42683	0,0029275						

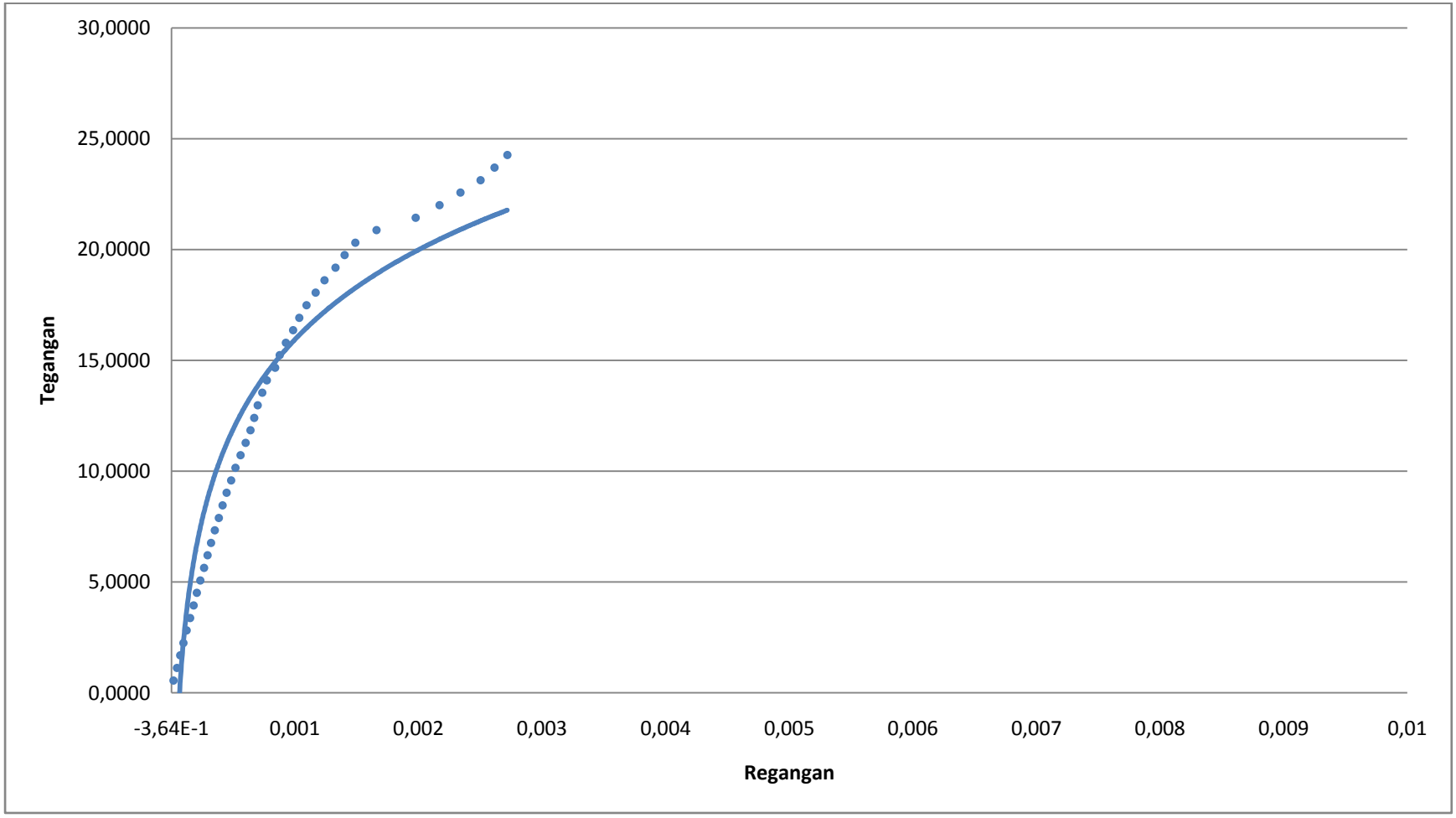
29. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 14 hari

keterangan	silinder 2	silinder 4	silinder 5
σ 2	10,17	9,71	8,84
σ 2 digunakan	10,17	9,59	8,50
ε 2	0,00	0,00	0,00
modulus elastis	21189,02	19881,68	23771,28
modulus elastisitas rata-rata			21613,99

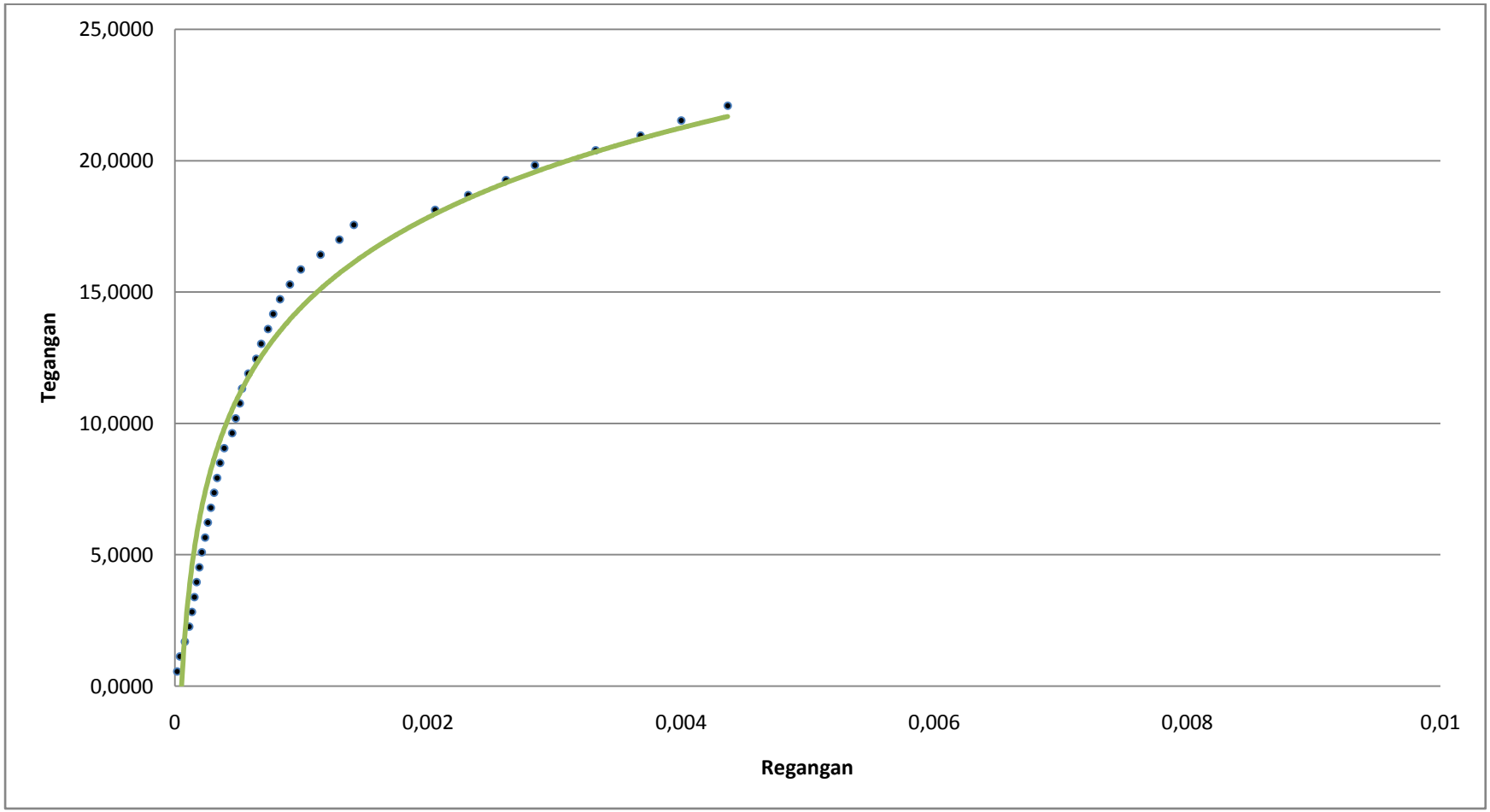
30. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 2 (14hari)



31. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 4 (14hari)



32. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 5 (14hari)



33. Data uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari

	silinder 1	silinder 2	silinder 3
diameter	150,75	150,30	150,40
tinggi	295,55	302,10	300,75
luas tampang (A)	17839,57	17733,22	17756,83
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	440,00	435,00	475,00
kuat desak (MPa)	24,66	24,53	26,75

34. Hasil uji desak dan regangan silinder beton cangkringan umur 28 hari

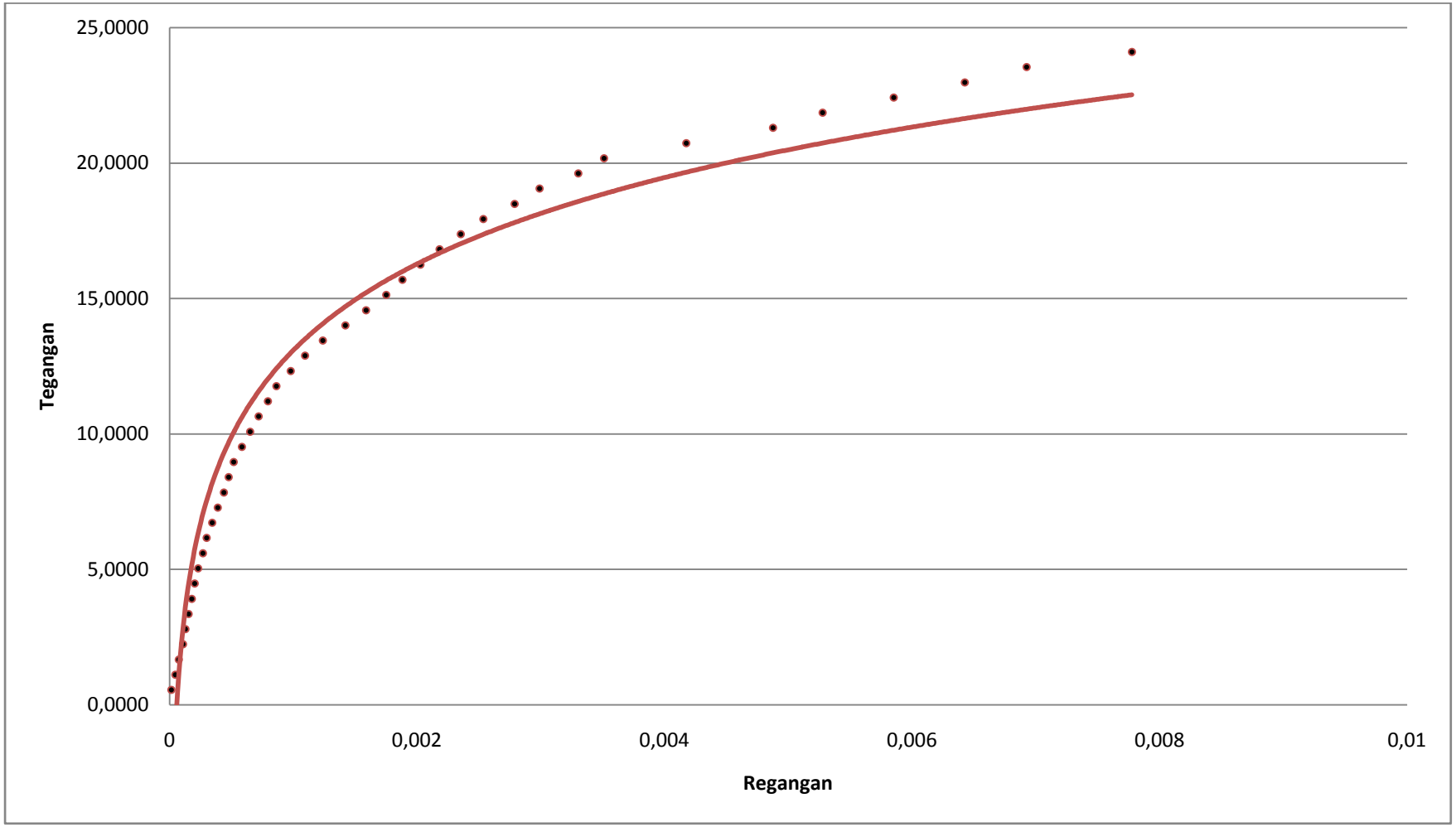
beban Kn	pembacaan dial			silinder 1			silinder 2			silinder 3		
	silinder 1	silinder 2	silinder 3	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	5	10	6	0,0025	0,5606	1,25E-05	0,005	0,5639	0,000025	0,003	0,5632	0,000015
20	18	18	11	0,009	1,1211	0,000045	0,009	1,1278	0,000045	0,0055	1,1263	2,75E-05
30	29	27	24	0,0145	1,6817	7,25E-05	0,0135	1,6917	6,75E-05	0,012	1,6895	0,00006
40	43	36	31	0,0215	2,2422	0,000108	0,018	2,2557	0,00009	0,0155	2,2527	7,75E-05
50	51	44	41	0,0255	2,8028	0,000128	0,022	2,8196	0,00011	0,0205	2,8158	0,000103
60	61	53	51	0,0305	3,3633	0,000153	0,0265	3,3835	0,000133	0,0255	3,3790	0,000128
70	71	60	59	0,0355	3,9239	0,000178	0,03	3,9474	0,00015	0,0295	3,9421	0,000148
80	81	70	70	0,0405	4,4844	0,000203	0,035	4,5113	0,000175	0,035	4,5053	0,000175
90	92	78	78	0,046	5,0450	0,00023	0,039	5,0752	0,000195	0,039	5,0685	0,000195
100	107	86	86	0,0535	5,6055	0,000268	0,043	5,6391	0,000215	0,043	5,6316	0,000215
110	119	95	95	0,0595	6,1661	0,000298	0,0475	6,2030	0,000238	0,0475	6,1948	0,000238
120	137	103	105	0,0685	6,7266	0,000343	0,0515	6,7670	0,000258	0,0525	6,7580	0,000263
130	155	113	116	0,0775	7,2872	0,000388	0,0565	7,3309	0,000283	0,058	7,3211	0,00029
140	175	120	126	0,0875	7,8477	0,000438	0,06	7,8948	0,0003	0,063	7,8843	0,000315
150	190	130	135	0,095	8,4083	0,000475	0,065	8,4587	0,000325	0,0675	8,4475	0,000338
160	207	142	144	0,1035	8,9688	0,000518	0,071	9,0226	0,000355	0,072	9,0106	0,00036
170	233	151	155	0,1165	9,5294	0,000583	0,0755	9,5865	0,000378	0,0775	9,5738	0,000388
180	260	164	168	0,13	10,0899	0,00065	0,082	10,1504	0,00041	0,084	10,1369	0,00042
190	287	177	182	0,1435	10,6505	0,000718	0,0885	10,7144	0,000443	0,091	10,7001	0,000455
200	317	190	194	0,1585	11,2110	0,000793	0,095	11,2783	0,000475	0,097	11,2633	0,000485
210	345	204	195	0,1725	11,7716	0,000863	0,102	11,8422	0,00051	0,0975	11,8264	0,000488
220	391	219	207	0,1955	12,3321	0,000978	0,1095	12,4061	0,000548	0,1035	12,3896	0,000518

230	437	235	217	0,2185	12,8927	0,001093	0,1175	12,9700	0,000588	0,1085	12,9528	0,000543
240	495	250	230	0,2475	13,4532	0,001238	0,125	13,5339	0,000625	0,115	13,5159	0,000575
250	568	269	246	0,284	14,0138	0,00142	0,1345	14,0978	0,000673	0,123	14,0791	0,000615
260	635	287	260	0,3175	14,5743	0,001588	0,1435	14,6617	0,000718	0,13	14,6423	0,00065
270	700	309	274	0,35	15,1349	0,00175	0,1545	15,2257	0,000773	0,137	15,2054	0,000685
280	752	330	287	0,376	15,6954	0,00188	0,165	15,7896	0,000825	0,1435	15,7686	0,000718
290	810	354	302	0,405	16,2560	0,002025	0,177	16,3535	0,000885	0,151	16,3317	0,000755
300	872	378	318	0,436	16,8166	0,00218	0,189	16,9174	0,000945	0,159	16,8949	0,000795
310	941	407	340	0,4705	17,3771	0,002353	0,2035	17,48131	0,001018	0,17	17,4581	0,00085
320	1014	446	361	0,507	17,93766	0,002535	0,223	18,04523	0,001115	0,1805	18,0212	0,000903
330	1115	477	383	0,5575	18,49821	0,002788	0,2385	18,60914	0,001193	0,1915	18,5844	0,000958
340	1195	517	404	0,5975	19,05876	0,002988	0,2585	19,17305	0,001293	0,202	19,14757	0,00101
350	1321	574	434	0,6605	19,61931	0,003303	0,287	19,73697	0,001435	0,217	19,71073	0,001085
360	1404	625	466	0,702	20,17986	0,00351	0,3125	20,30088	0,001563	0,233	20,27389	0,001165
370	1670	680	503	0,835	20,74041	0,004175	0,34	20,86479	0,0017	0,2515	20,83706	0,001258
380	1950	745	553	0,975	21,30097	0,004875	0,3725	21,42871	0,001863	0,2765	21,40022	0,001383
390	2110	814	603	1,055	21,86152	0,005275	0,407	21,99262	0,002035	0,3015	21,96339	0,001508
400	2340	921	656	1,17	22,42207	0,00585	0,4605	22,55653	0,002303	0,328	22,52655	0,00164
410	2570	1236	718	1,285	22,98262	0,006425	0,618	23,12045	0,00309	0,359	23,08971	0,001795
420	2770	1274	772	1,385	23,54317	0,006925	0,637	23,68436	0,003185	0,386	23,65288	0,00193
430	3110	1320	855	1,555	24,10372	0,007775	0,66	24,24827	0,0033	0,4275	24,21604	0,002138
440		1463	941				0,7315	24,81219	0,003658	0,4705	24,7792	0,002353
450			1080							0,54	25,34237	0,0027
460			1203							0,6015	25,90553	0,003008
470			1250							0,625	26,46869	0,003125

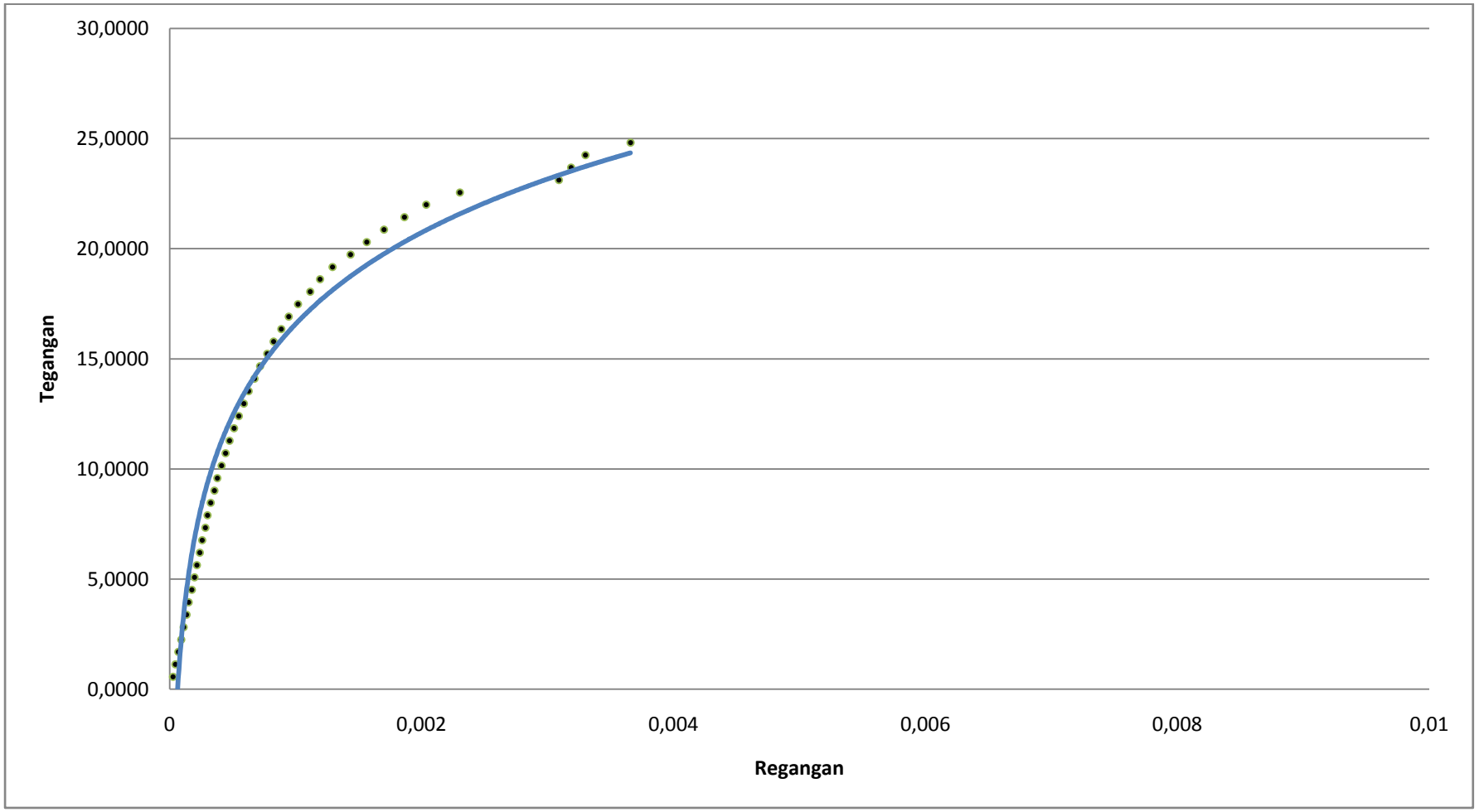
35. Hasil Modulus elastisitas beton cangkringan umur 28 hari

keterangan	silinder 1	silinder 2	silinder 3
σ 2	9,64	9,92	10,59
σ 2 digunakan	9,53	9,59	10,14
ε 2	0,00	0,00	0,00
modulus elastis	16359,45	25394,77	24135,59
modulus elastisitas rata-rata			21963,27

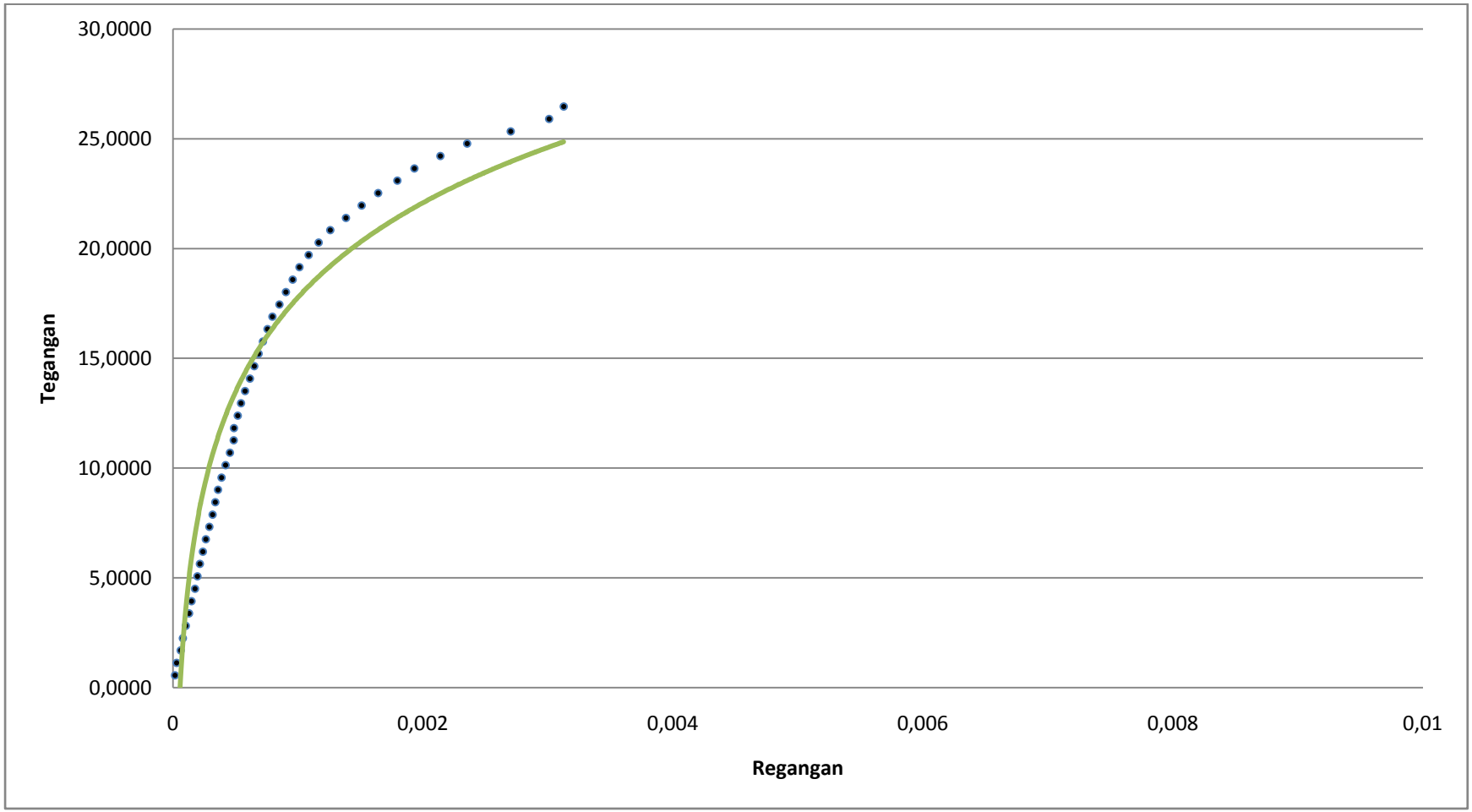
36. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 1 (28hari)



37. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 2 (28hari)



38. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Cangkringan Sampel 3 (28hari)



39. Data uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari

	silinder 1	silinder 2	silinder 3
diameter	150,90	150,35	150,25
tinggi	300,25	304,45	305,00
luas tampang (A)	17875,09	17745,02	17721,42
L0	200	200	200
beban maksimum (Kn)	450,00	455,00	440,00
kuat desak (MPa)	25,17	25,64	24,83

40. Hasil uji desak dan regangan silinder beton clereng umur 28 hari

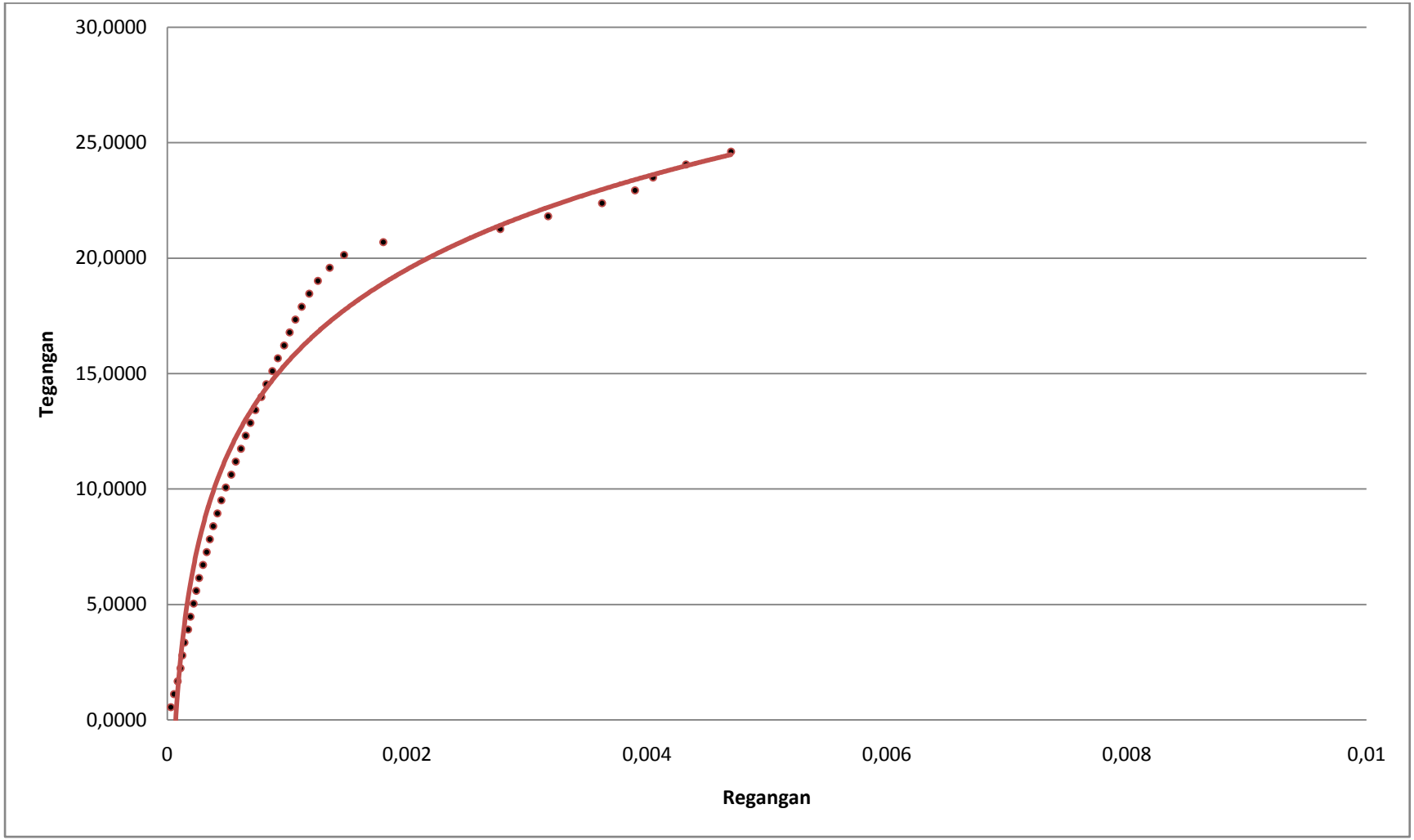
beban Kn	pembacaan dial			silinder 1			silinder 2			silinder 3		
	silinder 1	silinder 2	silinder 3	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε	ΔL "(mm)	σ	ε
10	11	12	8	0,0055	0,5594	0,0000275	0,006	0,5635	0,00003	0,004	0,5643	0,00002
20	22	22	21	0,011	1,1189	0,000055	0,011	1,1271	0,000055	0,0105	1,1286	0,0000525
30	34	33	35	0,017	1,6783	0,000085	0,0165	1,6906	0,0000825	0,0175	1,6929	0,0000875
40	44	47	49	0,022	2,2378	0,00011	0,0235	2,2542	0,0001175	0,0245	2,2572	0,0001225
50	50	58	60	0,025	2,7972	0,000125	0,029	2,8177	0,000145	0,03	2,8214	0,00015
60	57	67	64	0,0285	3,3566	0,0001425	0,0335	3,3812	0,0001675	0,032	3,3857	0,00016
70	69	77	73	0,0345	3,9161	0,0001725	0,0385	3,9448	0,0001925	0,0365	3,9500	0,0001825
80	77	90	83	0,0385	4,4755	0,0001925	0,045	4,5083	0,000225	0,0415	4,5143	0,0002075
90	87	102	91	0,0435	5,0349	0,0002175	0,051	5,0718	0,000255	0,0455	5,0786	0,0002275
100	96	113	108	0,048	5,5944	0,00024	0,0565	5,6354	0,0002825	0,054	5,6429	0,00027
110	106	125	117	0,053	6,1538	0,000265	0,0625	6,1989	0,0003125	0,0585	6,2072	0,0002925
120	119	140	131	0,0595	6,7133	0,0002975	0,07	6,7625	0,00035	0,0655	6,7715	0,0003275
130	131	155	145	0,0655	7,2727	0,0003275	0,0775	7,3260	0,0003875	0,0725	7,3358	0,0003625
140	141	167	160	0,0705	7,8321	0,0003525	0,0835	7,8895	0,0004175	0,08	7,9000	0,0004
150	153	180	175	0,0765	8,3916	0,0003825	0,09	8,4531	0,00045	0,0875	8,4643	0,0004375
160	167	185	192	0,0835	8,9510	0,0004175	0,0925	9,0166	0,0004625	0,096	9,0286	0,00048
170	180	210	207	0,09	9,5104	0,00045	0,105	9,5802	0,000525	0,1035	9,5929	0,0005175
180	195	227	225	0,0975	10,0699	0,0004875	0,1135	10,1437	0,0005675	0,1125	10,1572	0,0005625
190	213	243	244	0,1065	10,6293	0,0005325	0,1215	10,7072	0,0006075	0,122	10,7215	0,00061
200	228	258	257	0,114	11,1888	0,00057	0,129	11,2708	0,000645	0,1285	11,2858	0,0006425
210	245	273	273	0,1225	11,7482	0,0006125	0,1365	11,8343	0,0006825	0,1365	11,8501	0,0006825
220	261	288	293	0,1305	12,3076	0,0006525	0,144	12,3978	0,00072	0,1465	12,4144	0,0007325

230	277	305	310	0,1385	12,8671	0,0006925	0,1525	12,9614	0,0007625	0,155	12,9786	0,000775
240	293	323	334	0,1465	13,4265	0,0007325	0,1615	13,5249	0,0008075	0,167	13,5429	0,000835
250	313	340	357	0,1565	13,9859	0,0007825	0,17	14,0885	0,00085	0,1785	14,1072	0,0008925
260	330	357	379	0,165	14,5454	0,000825	0,1785	14,6520	0,0008925	0,1895	14,6715	0,0009475
270	350	378	404	0,175	15,1048	0,000875	0,189	15,2155	0,000945	0,202	15,2358	0,00101
280	368	395	433	0,184	15,6643	0,00092	0,1975	15,7791	0,0009875	0,2165	15,8001	0,0010825
290	389	413	475	0,1945	16,2237	0,0009725	0,2065	16,3426	0,0010325	0,2375	16,3644	0,0011875
300	408	433	520	0,204	16,7831	0,00102	0,2165	16,9062	0,0010825	0,26	16,9287	0,0013
310	427	455	680	0,2135	17,3426	0,0010675	0,2275	17,46969	0,0011375	0,34	17,4930	0,0017
320	448	474	720	0,224	17,90201	0,00112	0,237	18,03323	0,001185	0,36	18,0572	0,0018
330	473	498	860	0,2365	18,46145	0,0011825	0,249	18,59677	0,001245	0,43	18,62153	0,00215
340	502	527	890	0,251	19,02089	0,001255	0,2635	19,1603	0,0013175	0,445	19,18582	0,002225
350	541	560	920	0,2705	19,58033	0,0013525	0,28	19,72384	0,0014	0,46	19,75011	0,0023
360	589	600	975	0,2945	20,13976	0,0014725	0,3	20,28738	0,0015	0,4875	20,31439	0,0024375
370	720	640	1020	0,36	20,6992	0,0018	0,32	20,85092	0,0016	0,51	20,87868	0,00255
380	1110	715	1230	0,555	21,25864	0,002775	0,3575	21,41446	0,0017875	0,615	21,44297	0,003075
390	1270	1020	1280	0,635	21,81808	0,003175	0,51	21,978	0,00255	0,64	22,00726	0,0032
400	1450	1180	1320	0,725	22,37751	0,003625	0,59	22,54153	0,00295	0,66	22,57155	0,0033
410	1560	1270	1390	0,78	22,93695	0,0039	0,635	23,10507	0,003175	0,695	23,13584	0,003475
420	1620	1320	1475	0,81	23,49639	0,00405	0,66	23,66861	0,0033	0,7375	23,70013	0,0036875
430	1730	1570	1580	0,865	24,05583	0,004325	0,785	24,23215	0,003925	0,79	24,26442	0,00395
440	1880	1630		0,94	24,61527	0,0047	0,815	24,79569	0,004075			
450		1670					0,835	25,35923	0,004175			

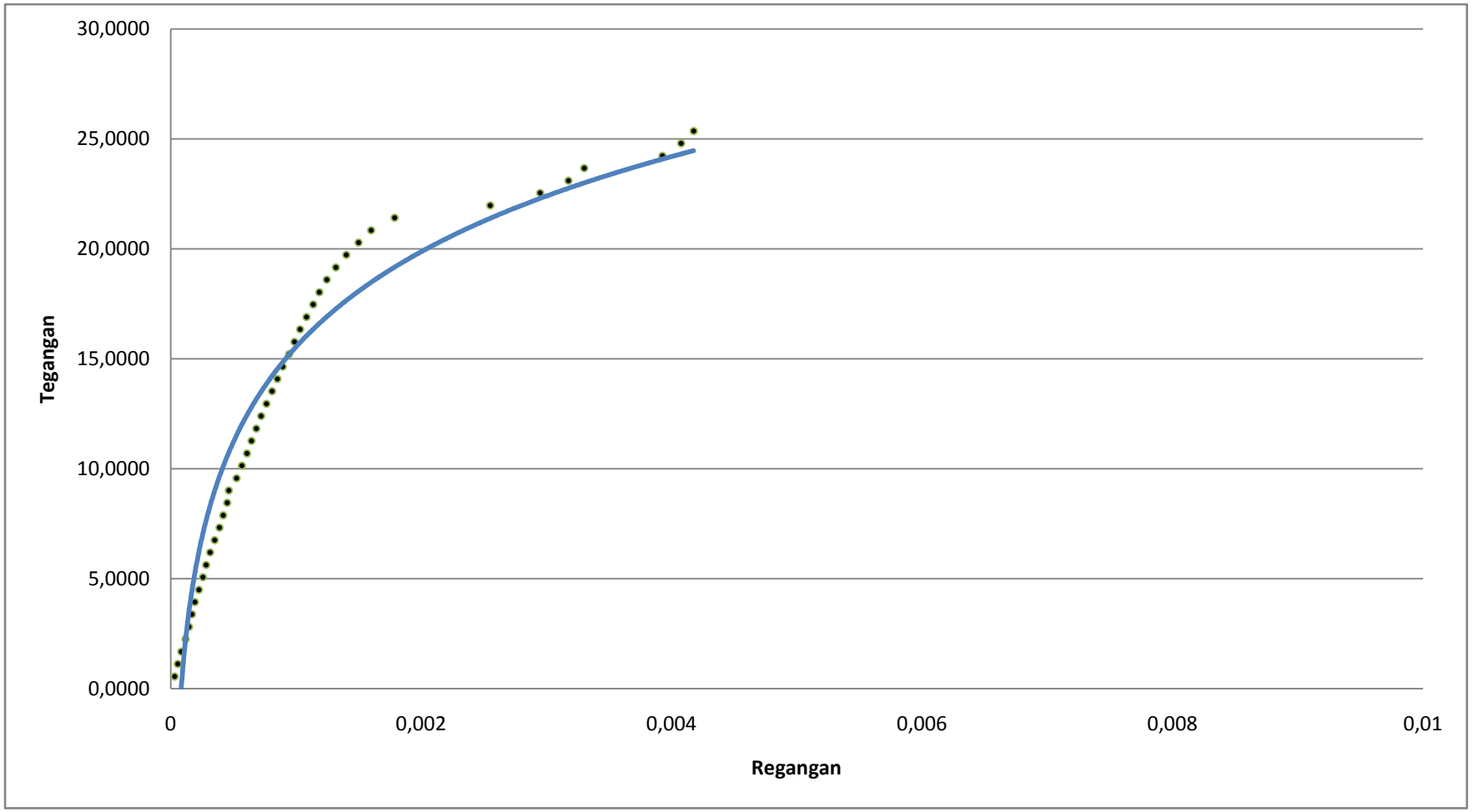
41. Hasil Modulus elastisitas beton clereng umur 28 hari

keterangan	silinder 1	silinder 2	silinder 3
σ 2	9,85	10,14	9,71
σ 2 digunakan	9,51	10,14	9,59
ε 2	0,00	0,00	0,00
modulus elastis	21134,32	17874,34	18537,02
modulus elastisitas rata-rata			19181,90

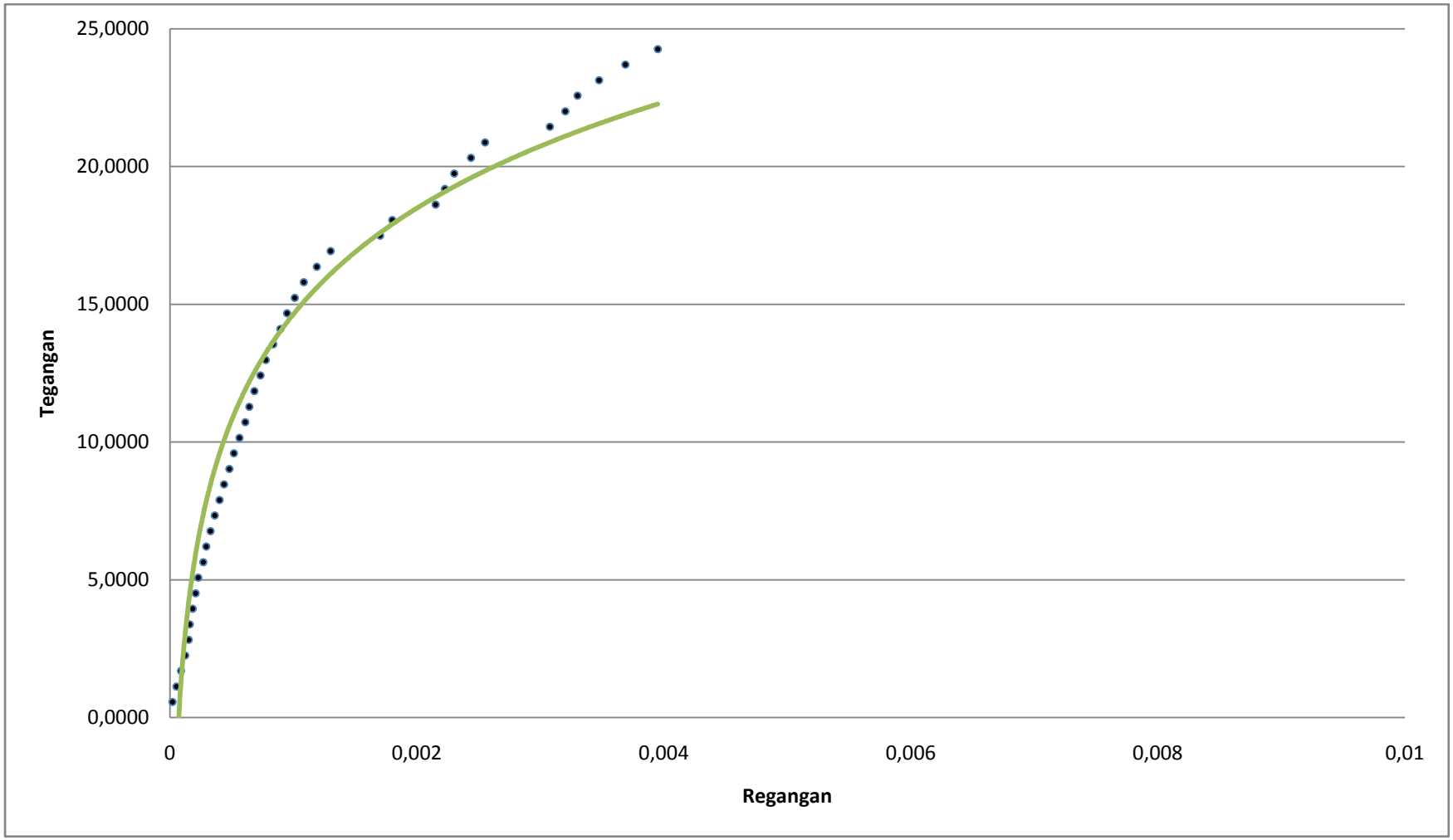
42. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 1 (28hari)



43. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 2 (28hari)



44. Grafik Tegangan dan Regangan Beton Clereng Sampel 3 (28hari)



45. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Clereng)

uraian	kode	berat
berat pasir kering mutlak, gram	Bk	491,90
berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram		500,00
berat piknometer berisi pasir dan air, gram	Bt	1018,60
berat piknometer berisi air, gram	B	706,50
berat jenis curah.... Bk/(B+500-Bt)	1	2,62
berat jenis jenuh kering muka.... 500/(B+500-Bt)	2	2,66
berat jenis semu.... Bk/(B+Bk-Bt)	3	2,74
penyerapan air.... (500-Bk)/Bk x 100%	4	1,65%

46. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (Cangkringan)

uraian	kode	berat
berat pasir kering mutlak, gram	Bk	491,35
berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram		500,00
berat piknometer berisi pasir dan air, gram	Bt	1020,60
berat piknometer berisi air, gram	B	706,50
berat jenis curah.... Bk/(B+500-Bt)	1	2,64
berat jenis jenuh kering muka.... 500/(B+500-Bt)	2	2,69
berat jenis semu.... Bk/(B+Bk-Bt)	3	2,77
penyerapan air.... (500-Bk)/Bk x 100%	4	1,76%

47. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (Clereng)

uraian	kode	berat
berat kerikil kering mutlak, gram	Bk	4837
berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram	Bj	5000
berat kerikil dalam air, gram	Ba	2910
berat jenis curah.... Bk/(Bj-Ba)	1	2,3144
berat jenis jenuh kering muka.... Bj/(Bj-Ba)	2	2,3923
berat jenis semu.... Bk/(Bk-Ba)	3	2,5101
penyerapan air.... (Bj-Bk)/Bk x 100%	4	3,3699%

48. Modulus Halus Butir (MHB) pasir cangkringan

nomer ayakan	lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	berat tertinggal (%)	berat tertinggal kumulatif (%)	persen lolos kumulatif (%)
no 3/8	9,50	0,00	0,00%	0,00%	100,00%
no 4	4,75	0,00	0,00%	0,00%	100,00%
no 8	2,36	28,10	5,62%	5,62%	94,38%
no 16	1,18	63,20	12,64%	18,27%	81,73%
no 30	0,60	102,70	20,55%	38,81%	61,19%
no 50	0,30	108,30	21,67%	60,48%	39,52%
no 100	0,15	103,10	20,63%	81,10%	18,90%
sisa	pan	94,46	18,90%	100,00%	0,00%
jumlah		500	100,00%	304,28%	daerah 3
modulus halus butir =		jumlah berat teritinggal kumulatif / 100%			
modulus halus butir =		3,04			

49. Modulus Halus Butir (MHB) pasir clereng

nomer ayakan	lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	berat tertinggal (%)	berat tertinggal kumulatif (%)	persen lolos kumulatif (%)
no 3/8	9,50	0,00	0,00%	0,00%	100,00%
no 4	4,75	0,00	0,00%	0,00%	100,00%
no 8	2,36	51,70	10,34%	10,34%	89,66%
no 16	1,18	152,10	30,43%	40,78%	59,22%
no 30	0,60	117,10	23,43%	64,20%	35,80%
no 50	0,30	66,10	13,23%	77,43%	22,57%
no 100	0,15	49,60	9,92%	87,35%	12,65%
sisa	pan	63,21	12,65%	100,00%	0,00%
jumlah		500	100,00%	380,11%	daerah 2
modulus halus butir =		jumlah berat teritinggal kumulatif / 100%			
modulus halus butir =		3,80			

50. Modulus Halus Butir (MHB) kerikil clereng

nomer ayakan	lubang ayakan (mm)	berat tertinggal (gram)	berat tertinggal (%)	berat tertinggal kumulatif (%)	persen lolos kumulatif (%)
no 3/2	38,1	0	0,00%	0,00%	100,00%
no 3/4	19,00	2361,23	47,24%	47,24%	52,76%
no 3/8	9,50	2584,74	51,71%	98,95%	1,05%
no 4	4,75	46,03	0,92%	99,87%	0,13%
no 8	2,36	5,83	0,12%	99,98%	0,02%
no 16	1,18	0,40	0,01%	99,99%	0,01%
no 30	0,60	0,00	0,00%	99,99%	0,01%
no 50	0,30	0,00	0,00%	99,99%	0,01%
no 100	0,15	0,00	0,00%	99,99%	0,01%
sisa	pan	0,39	0,01%	100,00%	0,00%
jumlah		4999	100,00%	746,01%	40mm
modulus halus butir =		jumlah berat teritinggal kumulatif / 100%			
modulus halus butir =		7,4601			

51. Lolos saringan No.200 pasir cangkringan

	satuan	sampel
berat agregat kering oven (w1)	gram	500
berat agregat kering oven setelah dicuci (w2)	gram	487,4
berat lolos saringan no 200 ... ((w1-w2)/w1)x100%	%	2,52%

52. Lolos saringan No.200 pasir clereng

	satuan	sampel
berat agregat kering oven (w1)	gram	500
berat agregat kering oven setelah dicuci (w2)	gram	493,7
berat lolos saringan no 200 ... ((w1-w2)/w1)x100%	%	1,26%

53. Data mix design dengan pasir cangkringan

no	uraian	rencana	satuan
1	kuat tekan beton yang di syaratkan pada umur 28 hari	25	Mpa
2	deviasi standar (s)	5,6	Mpa
3	nilai tambah (m)	9,92	Mpa
4	kuat tekan rata2 yang di targetkan (f'cr)	34,92	Mpa
5	jenis semen	PCC	
6	jenis kerikil	batu pecah	
7	faktor air semen	0,5188	
8	faktor air semen maks	0,55	
9	nilai slump	10	cm
10	ukuran langkah maksimum kerikil	40	mm
11	kebutuhan air	205	liter
12	kebutuhan semen	395,181	kg
13	kebutuhan semen minimum	395,181	kg
14	penyesuaian jumlah air atau fas	tidak tetap	
15	golongan pasir	3 (agak halus)	
16	presentase pasir terhadap agregat campuran	34,20%	%
17	berat jenis campuran dari data material	2,69	
18	berat beton	2348	kg/m³
19	kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1747,82	kg/m³
20	kebutuhan pasir	597,75	kg/m³
21	kebutuhan kerikil	1150,07	kg/m³

54. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (cangkringan)

volume	berat beton (kg)	semen (kg)	pasir (kg)	kerikil (kg)	air (liter)
$1m^3$	2348	395,181	597,75	1150,07	205
0,0053	12,44	2,09	3,17	6,10	1,09
20 sample	248,89	41,89	63,36	121,91	21,73

55. Data mix design dengan pasir clereng

no	uraian	rencana	satuan
1	kuat tekan beton yang di syaratkan pada umur 28 hari	25	Mpa
2	deviasi standar (s)	5,6	Mpa
3	nilai tambah (m)	9,92	Mpa
4	kuat tekan rata2 yang di targetkan (f'cr)	34,92	Mpa
5	jenis semen	PCC	
6	jenis kerikil	batu pecah	
7	faktor air semen	0,5188	
8	faktor air semen maks	0,55	
9	nilai slump	10	cm
10	ukuran langkah maksimum kerikil	40	mm
11	kebutuhan air	205	liter
12	kebutuhan semen	395,181	kg
13	kebutuhan semen minimum	395,181	kg
14	penyesuaian jumlah air atau fas	tidak tetap	
15	golongan pasir	2 (agak kasar)	
16	presentase pasir terhadap agregat campuran	43,00%	%
17	berat jenis campuran dari data material	2,66	
18	berat beton	2348	kg/m³
19	kebutuhan campuran pasir dan kerikil	1747,82	kg/m³
20	kebutuhan pasir	751,56	kg/m³
21	kebutuhan kerikil	996,26	kg/m³

56. Perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton (clereng)

volume	berat beton (kg)	semen (kg)	pasir (kg)	kerikil (kg)	air (liter)
$1m^3$	2348	395,181	751,56	996,26	205
0,0053	12,44	2,09	3,98	5,28	1,09
20 sample	248,89	41,89	79,67	105,60	21,73