

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Uji Material

Uji material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai material pakai. Data awal itu antara lain kandungan lumpur dalam pasir, modulus halus butir, berat volume, berat jenis, penyerapan air, dan keausan/abrasi. Data-data yang di dapat akan dipergunakan sebagai acuan perhitungan campuran beton.

Adapun data-data yang diperoleh :

Tabel. 4.1. Hasil Pengujian Material

Penelitian	Paras putih	Scrut	Pasir
Kandungan lumpur dalam pasir	-	-	1 %
Modulus halus butir	7,3 %	7,056 %	2,58 %
Berat volume	0,905 t/m ³	0,867 t/m ³	1,62 t/m ³
Berat jenis SSD	1,863	1,913	2,688
Penyerapan air	25,17 %	18,141 %	11,12 %
Abrasi	75,68 %	56,77 %	-
Ukuran agregat maksimum	40 mm	40 mm	-

4.1.2. Hasil Uji Sampel

Berdasarkan pengujian benda uji di laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut :

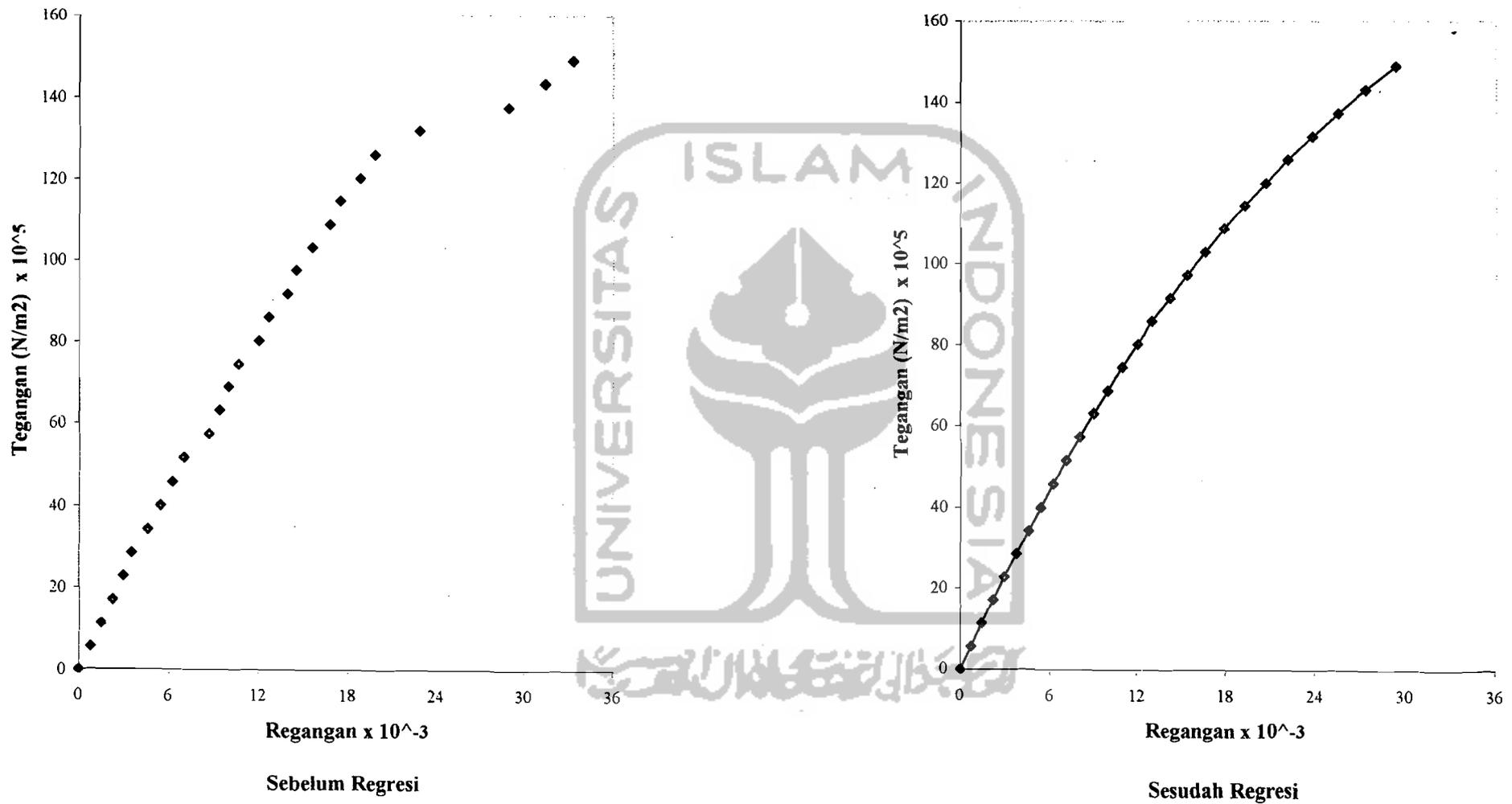
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Silinder Beton

Jenis Uji	Silinder Beton dengan Agregat Kasar			
	Paras Putih		Serut	
Berat Volume Rata-rata	2.172	t/m ³	2.137	t/m ³
Kuat Desak Rata-rata	19.695	MPa	18.899	MPa
Kuat Tarik Rata-rata	1.279	MPa	1.911	MPa
Modulus Elastis Rata-rata ($\times 10^8$)	7.625	Pa	6.770	Pa

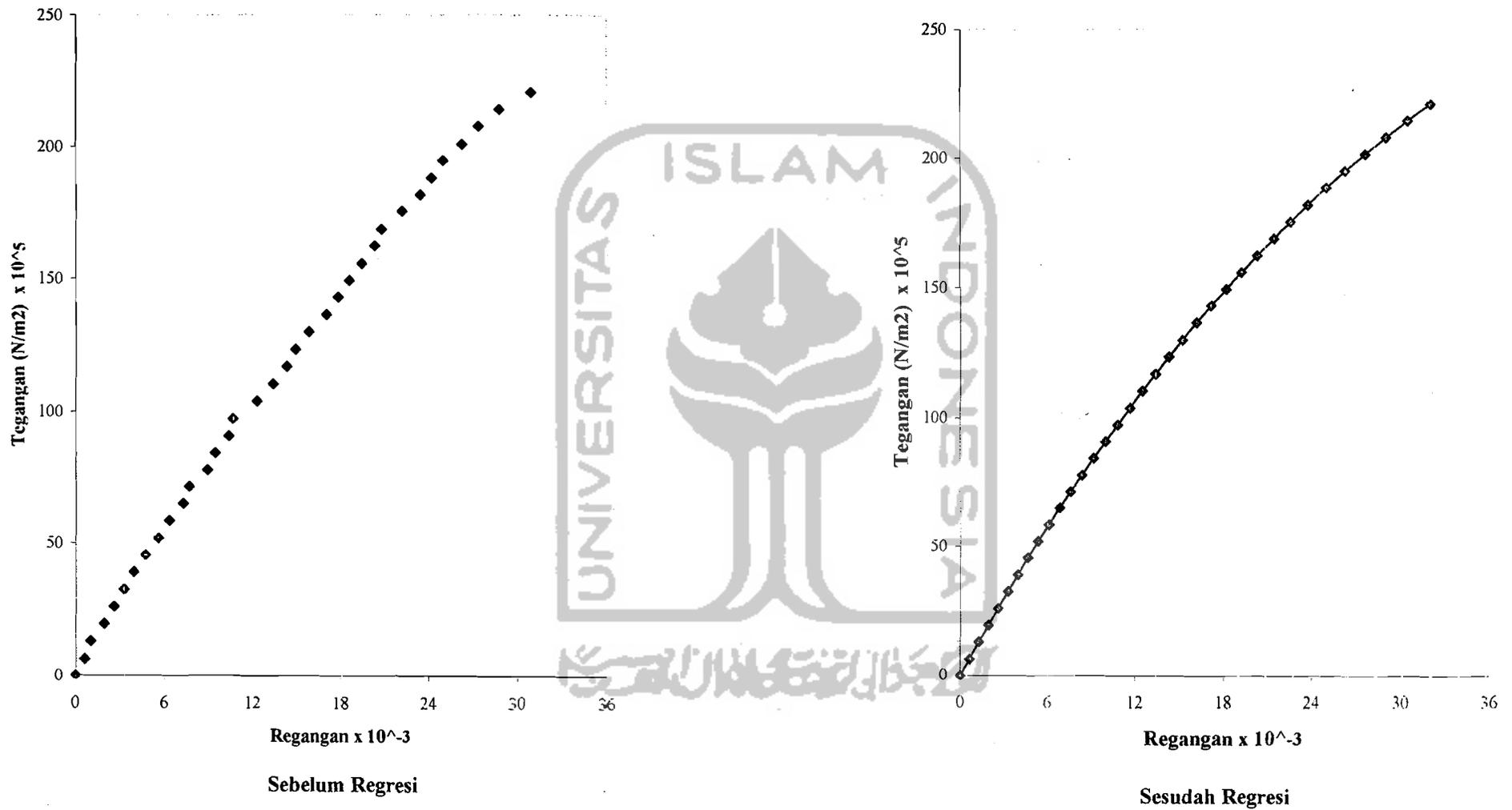
Catatan :

- Perhitungan berat volume (lihat lampiran 3.1)
- Perhitungan kuat desak rata-rata (lihat lampiran 3.2)
- Perhitungan kuat tarik rata-rata (lihat lampiran 3.3)
- Perhitungan Modulus Elastis (lihat lampiran 3.4)
- $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$, $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ N/m}^2$

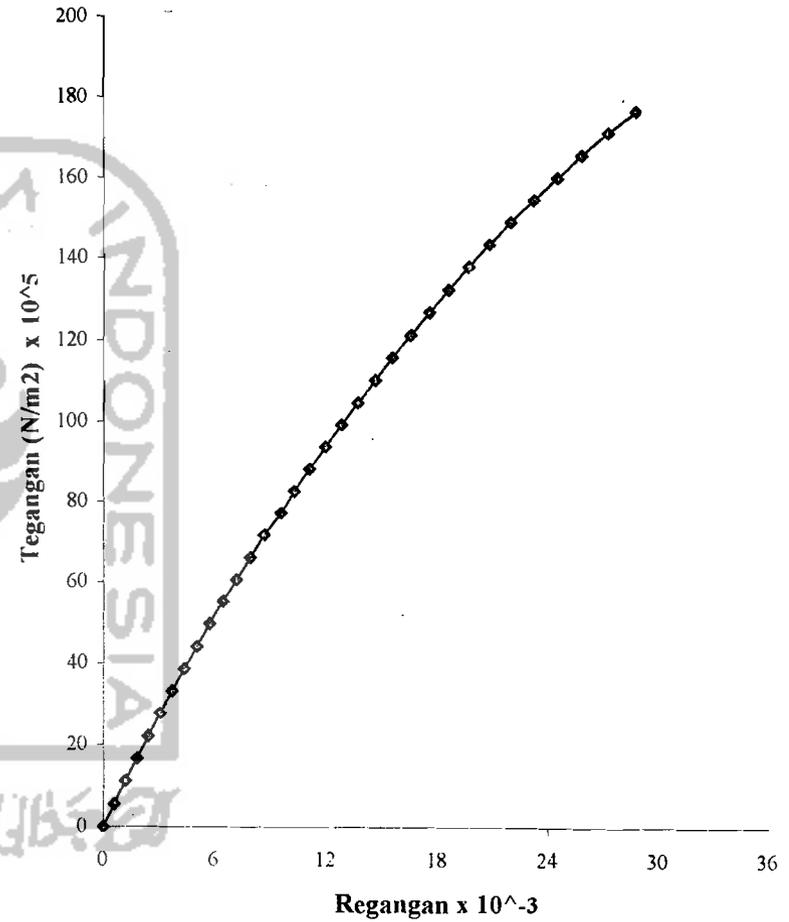
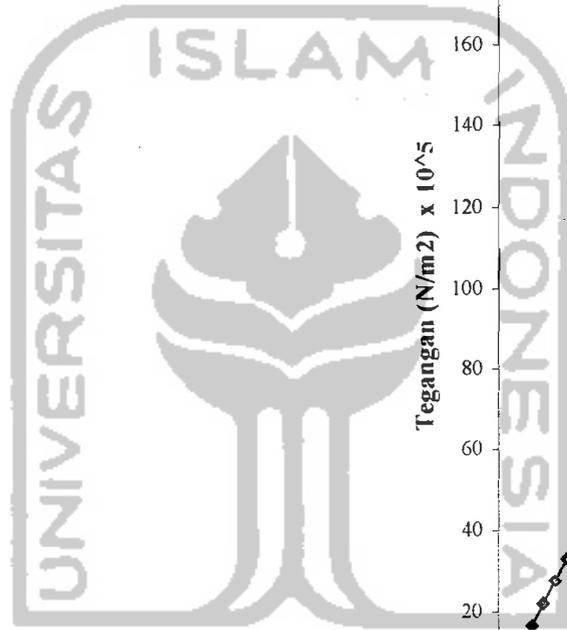
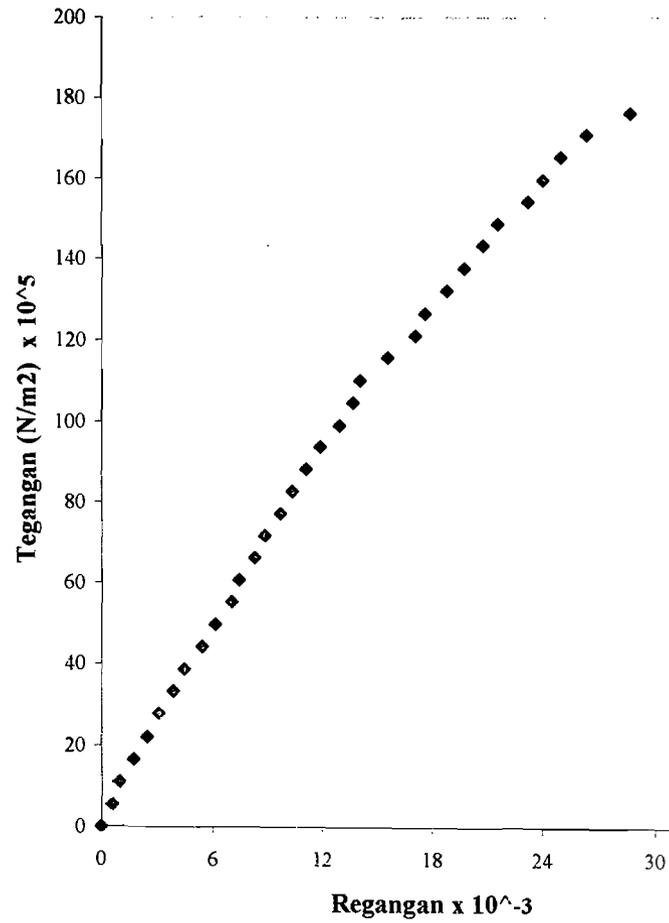
Selain itu juga dari pengujian sampel / benda uji silinder juga didapatkan regangan yang terjadi setiap kenaikan 10 kN pembebanan. Adapun grafik tegangan-regangan yang terjadi, dapat dilihat pada grafik-grafik berikut :



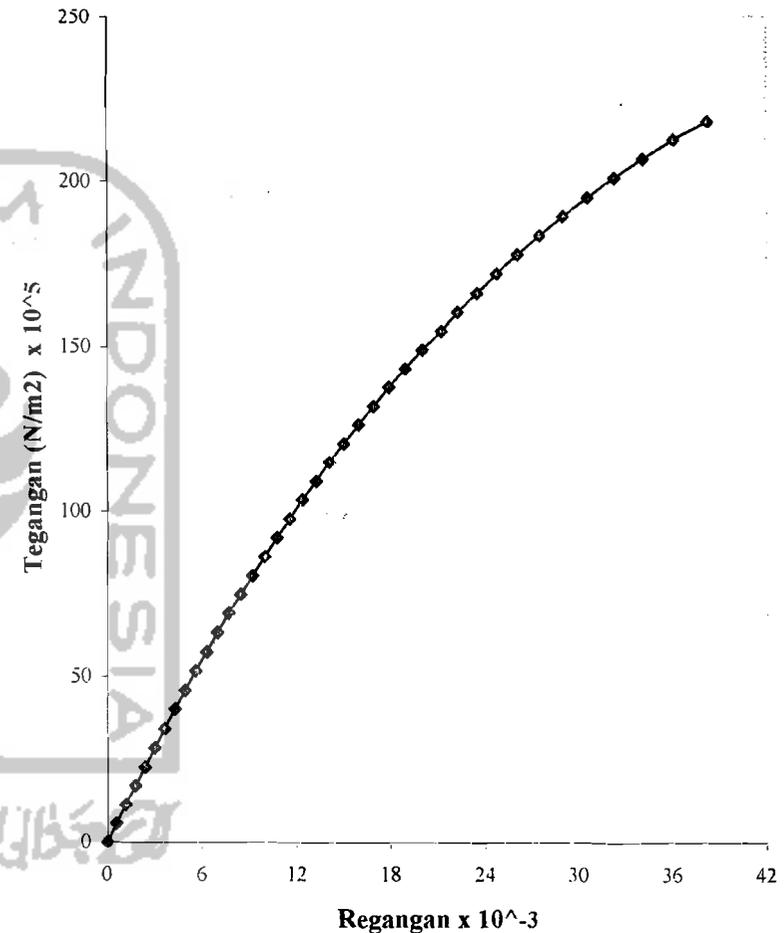
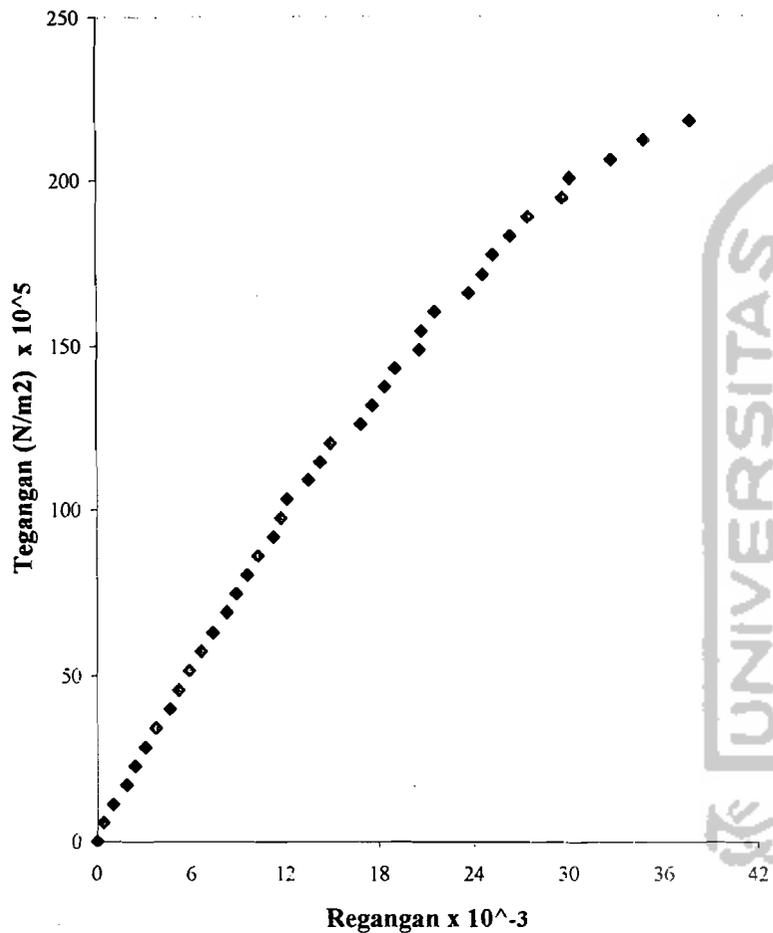
Gambar 4.1. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 1



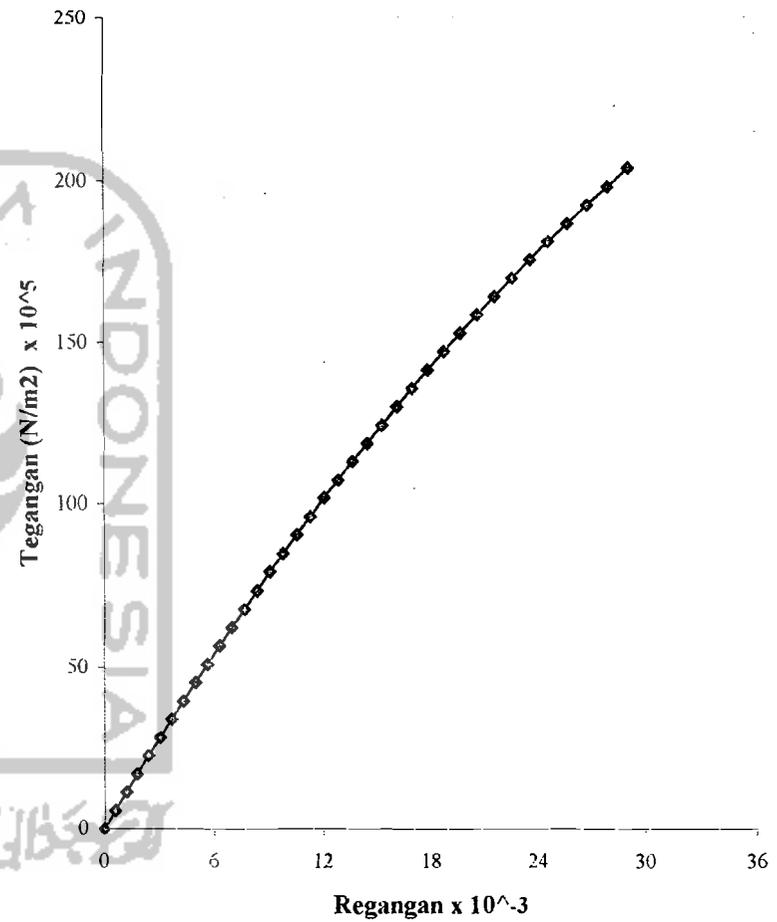
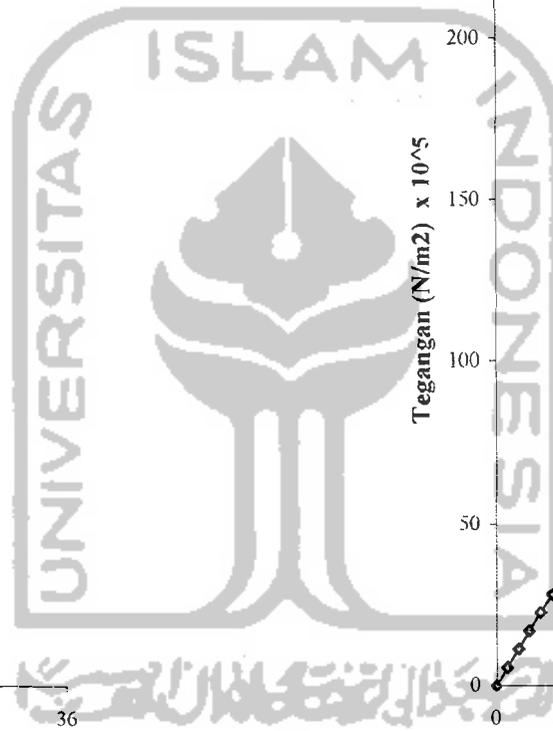
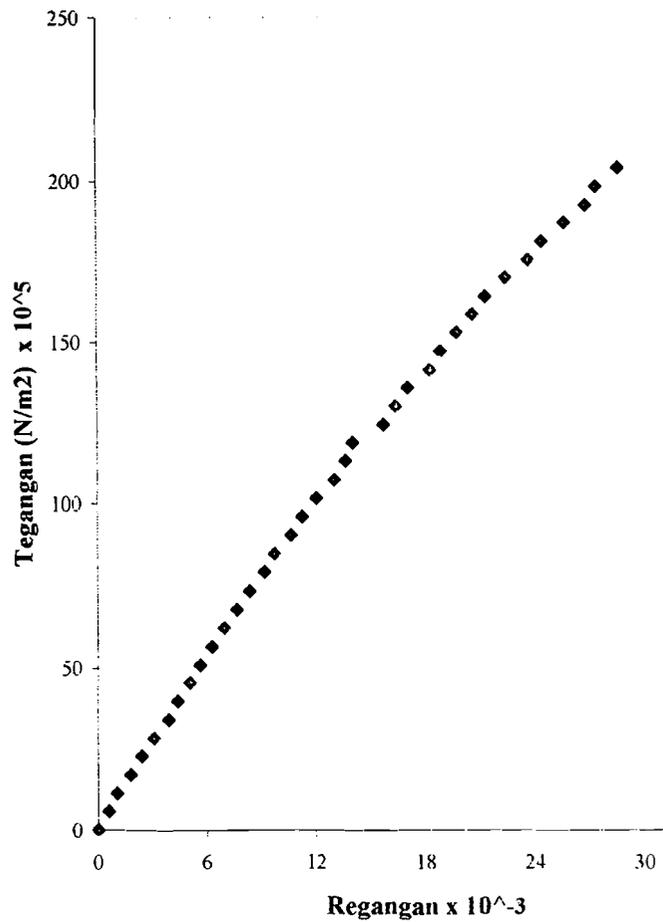
Gambar 4.2. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 2



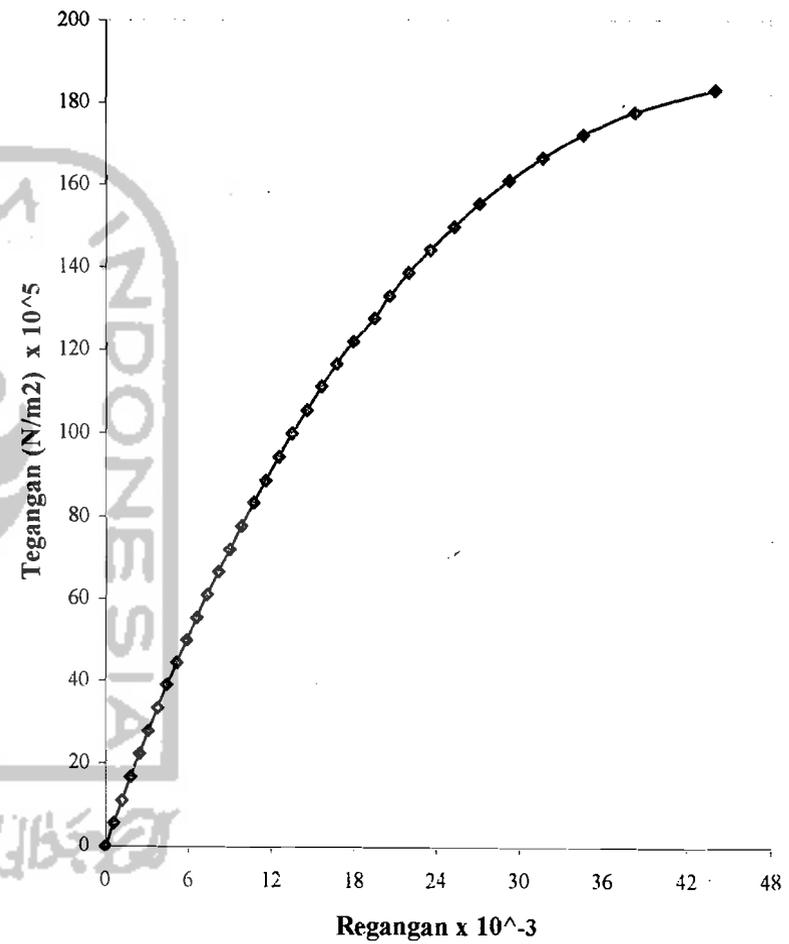
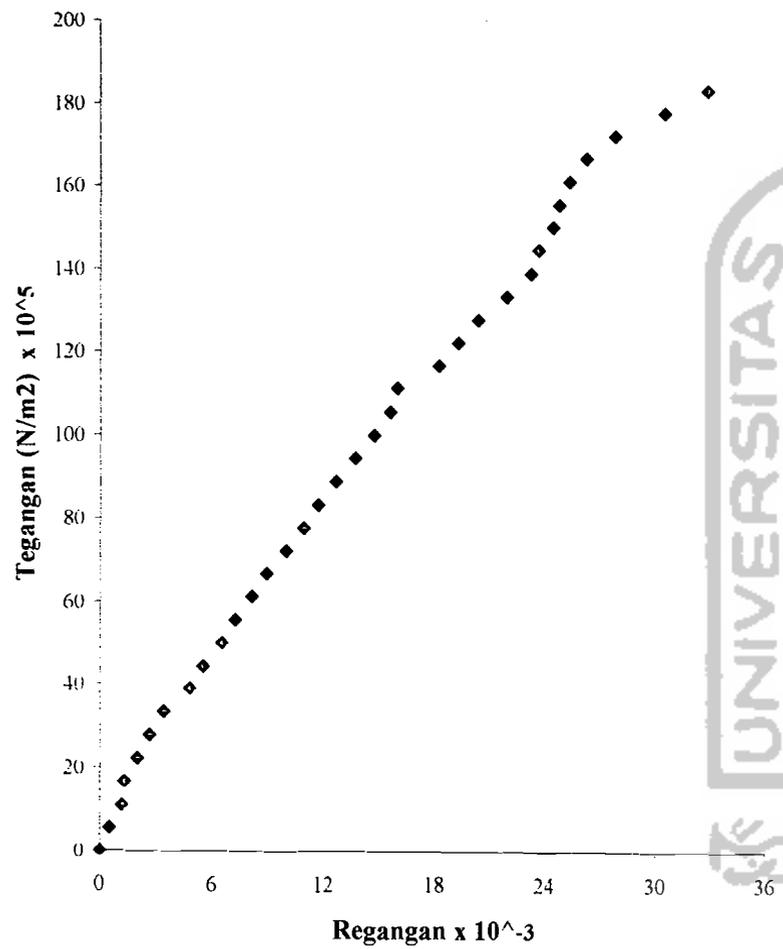
Gambar 4.3. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 3



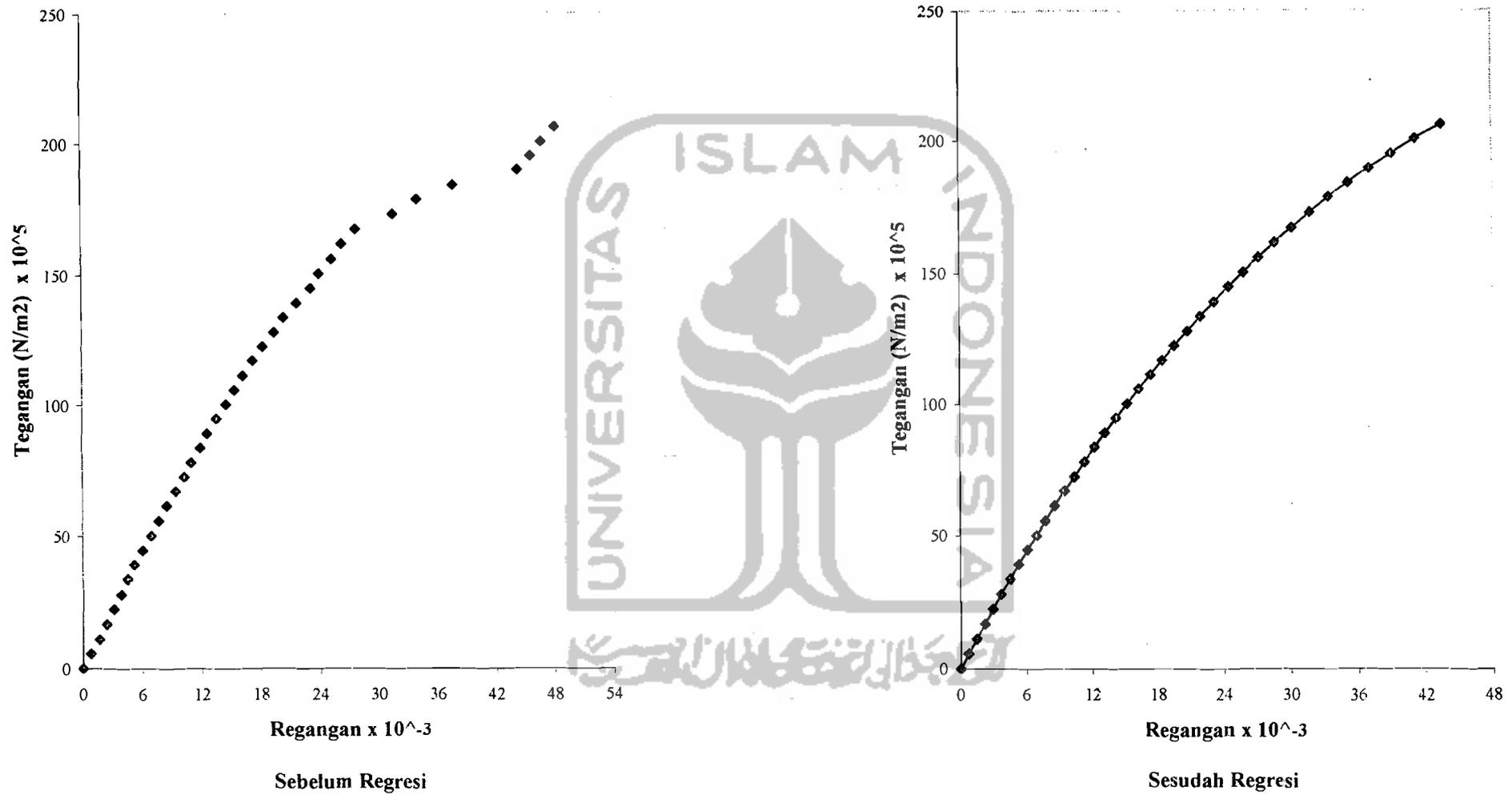
Gambar 4.4. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 4



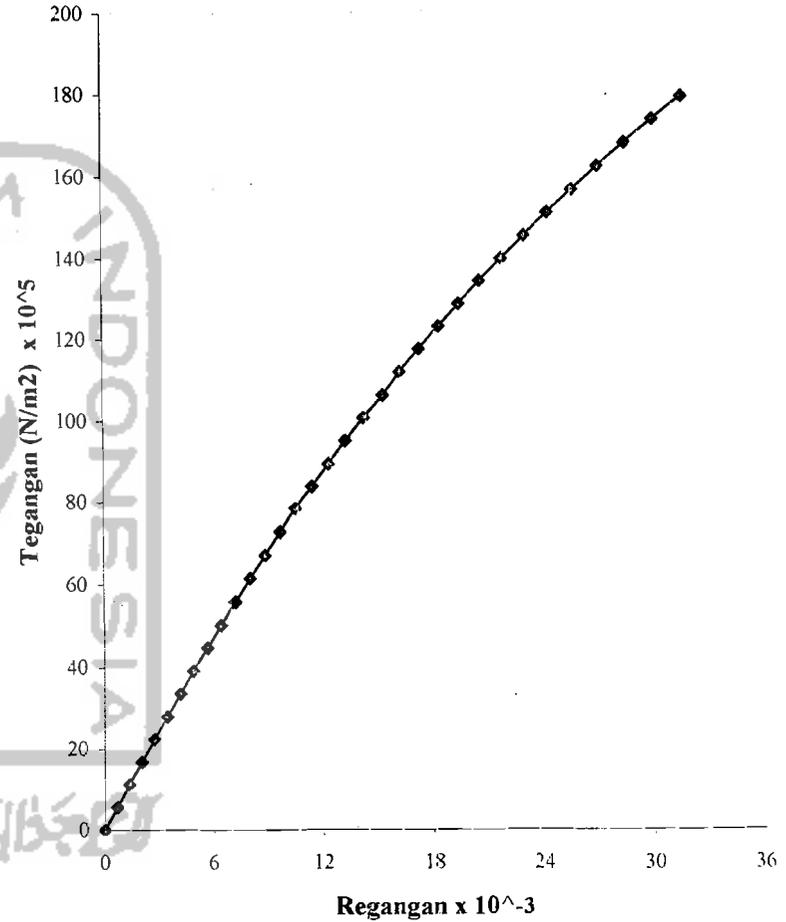
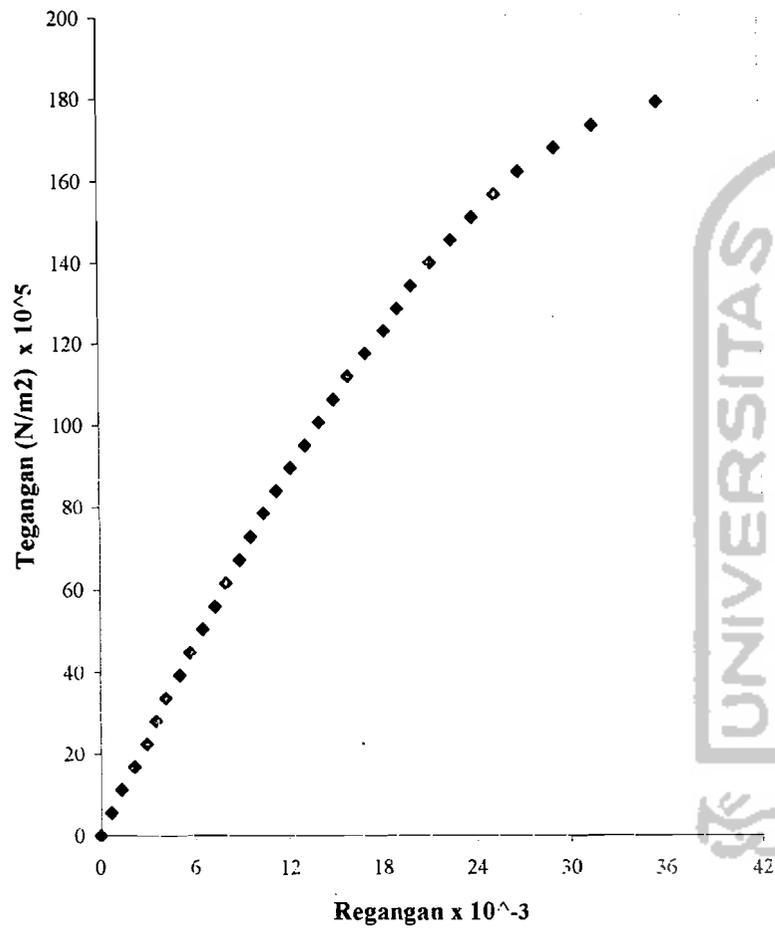
Gambar 4.5. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 5



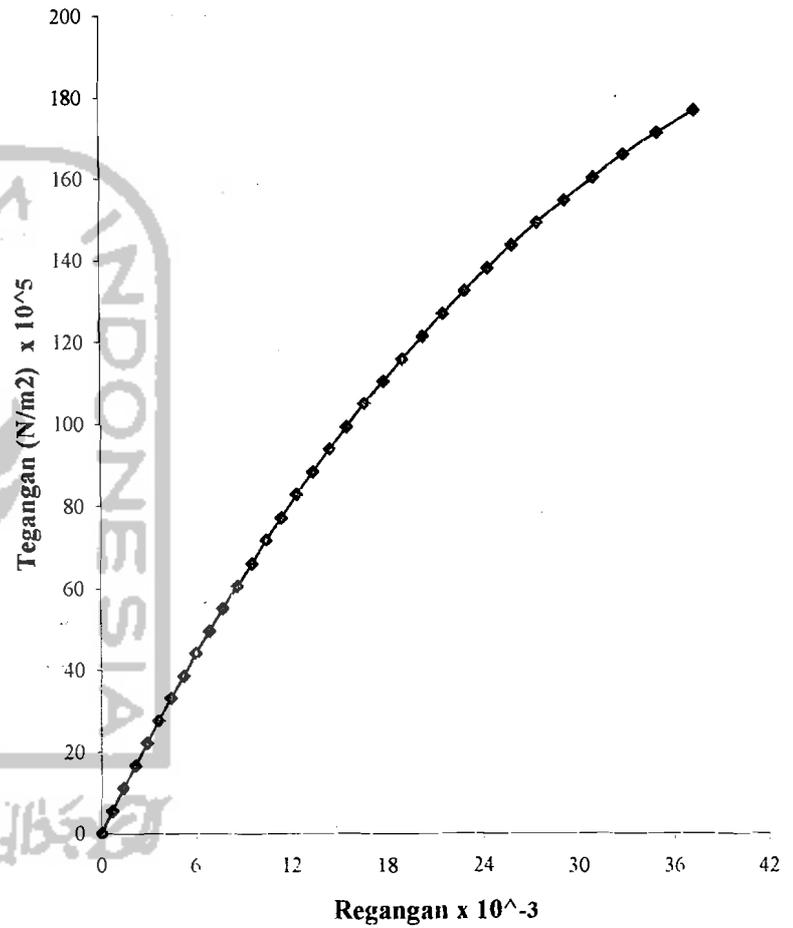
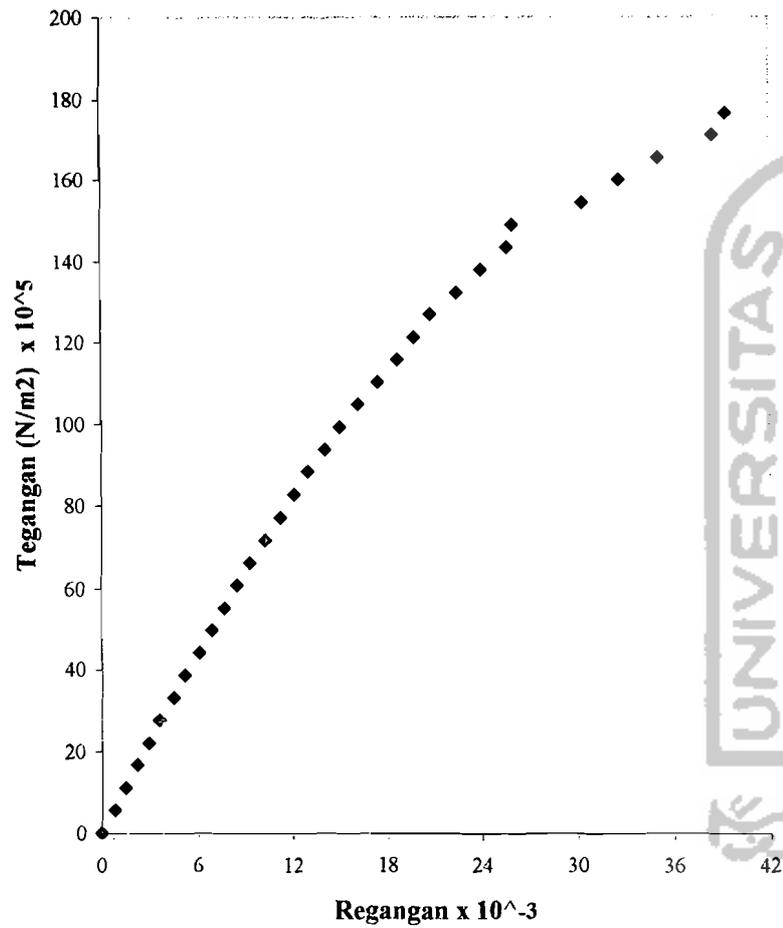
Gambar 4.6. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Serut, Sampel 1



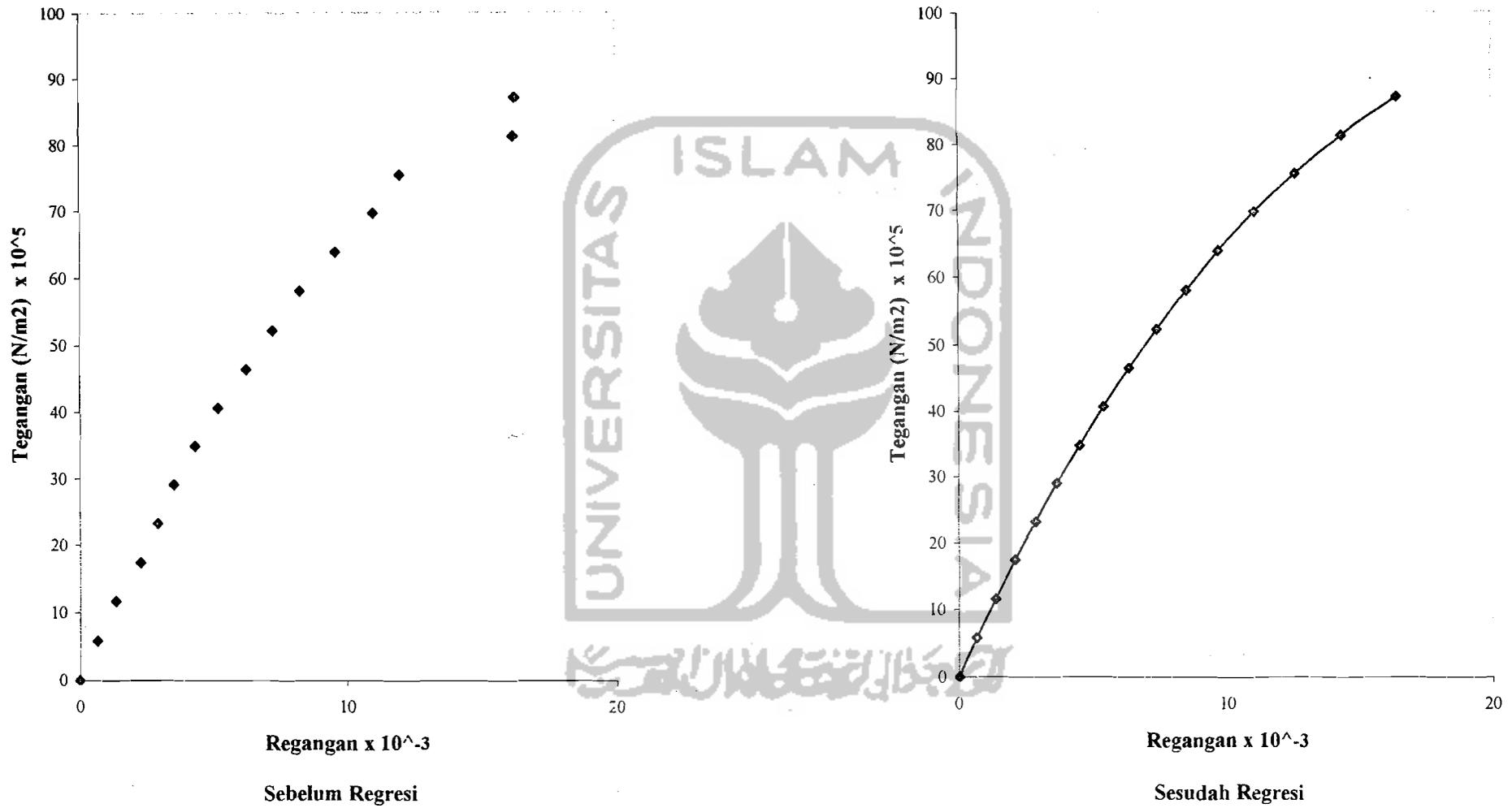
Gambar 4.7. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 2



Gambar 4.8. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 3

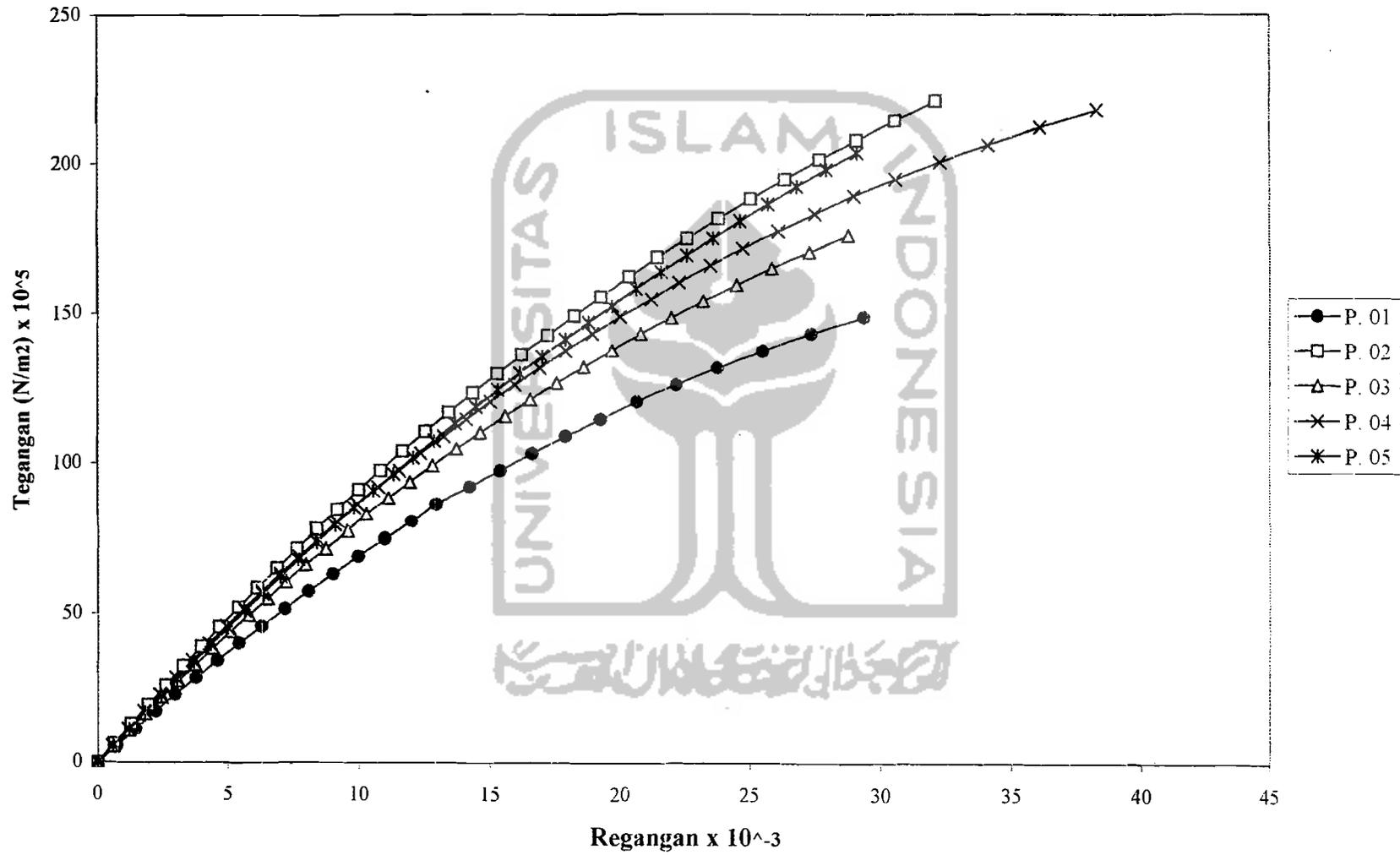


Gambar 4.9. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 4

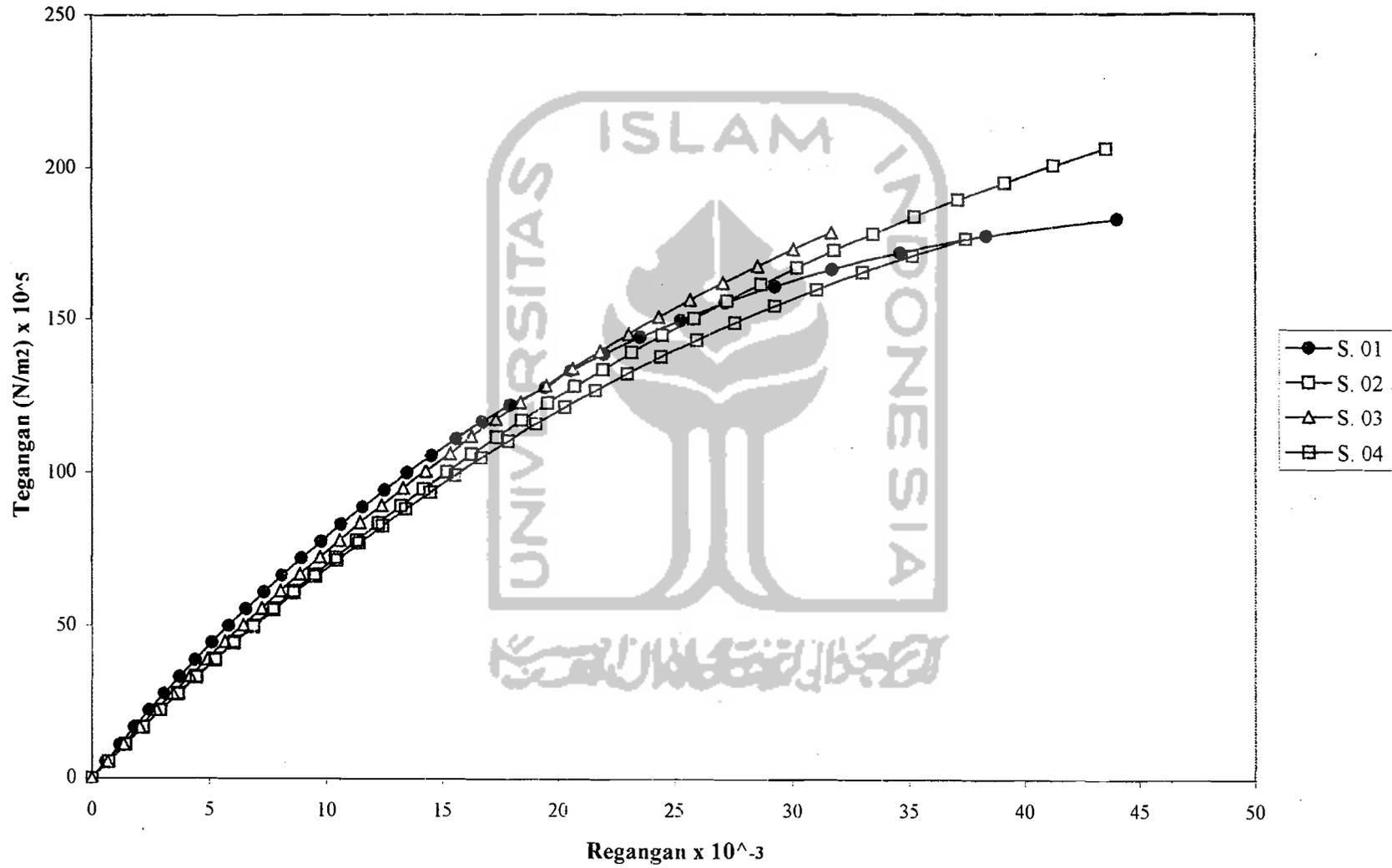


Gambar 4.10. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 9

Uji Desak Silinder Agregat Kasar Batu Paras Putih



Uji Desak Silinder Agregat Kasar Batu Serut



4.2. Analisa Data

4.2.1. Analisa Bahan

a) Agregat Halus / Pasir

Pada hasil uji bahan maka diketahui bahwa untuk kandungan lumpur pasir masih memenuhi syarat yang ditetapkan pada PUBI 1973, yaitu sebesar maksimal 5 % dan memiliki berat jenis SSD sebesar 2,688. Pada penelitian ini diperoleh kandungan lumpurnya sebesar 1 %.

b) Agregat Kasar / Batu Putih

Untuk kedua jenis batu putih digunakan ukuran maksimal 40 mm. Salah satunya dikarenakan untuk mencapai ukuran yang lebih kecil sangatlah sulit. Mengingat batu putih merupakan material yang mengandung banyak unsur kapur sehingga mudah menyerap air dan ketika dalam keadaan jenuh mudah hancur.

Pengambilan agregat dilakukan saat musim hujan. Jadi untuk mengupayakan keadaan agregat dalam kondisi kering sangatlah tidak mungkin. Pengeringan agregat membutuhkan waktu satu hari penuh dalam keadaan panas. Seandainya terjadi mendung bahkan hujan, maka agregat tidak akan sepenuhnya kering. Jadi saat penghancuran agregat guna mendapatkan ukuran yang dibutuhkan, agregat akan lebih mudah hancur bahkan menjadi material yang lembut (hancur semua).

Pada saat agregat kasar (batu putih) siap untuk digunakan sebelumnya dilakukan perendaman selama 24 jam. Dari hasil perendaman tersebut kemudian material dikeringkan dengan diangin-anginkan selama \pm 4 jam. Kemudian

material siap digunakan. Tujuan dari perendaman dan pengeringan tersebut untuk mendapatkan keadaan SSD agregat atau kering permukaan agregat.

c) Semen

Semen dipakai merk Nusantera, dimana penyimpanan dilakukan di gudang BKT UII. Kondisi semen dalam keadaan baik. Warna abu-abu, tidak terjadi penggumpalan, dan berat semen satu sak seberat 40 kg.

d) Air

Untuk air yang dipergunakan merupakan air dari laboratorium BKT UII, dimana keadaan air jernih, bebas dari kotoran, tidak bau, dan tidak mengandung unsur minyak maupun garam.

e) Keausan Agregat

Dari uji keausan yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai keausan batu paras putih sebesar 75,68 % sedangkan untuk batu serut sebesar 56,77 %. Kedua hasil yang didapatkan ini menyatakan bahwa untuk kedua batuan tidak memenuhi syarat yang ditetapkan oleh PBI-1971, yaitu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton tidak boleh kehilangan berat mencapai 50 %.

f) Berat Volume Agregat dan Berat Jenis Agregat

Berat volume merupakan ukuran untuk menyatakan berat agregat per satuan volume yang diukur berdasar volume ruang cetakan sedangkan berat jenis diukur berdasarkan volume sesungguhnya volume agregat itu sendiri.

Setelah dilakukan pengujian bahan didapatkan bahwa berat volume batu paras putih sebesar $0,905 \text{ t/m}^3$ dan berat volume batu serut sebesar $0,867 \text{ t/m}^3$. Selisih berat volume kedua jenis batuan tersebut kecil yaitu sebesar 4,2 %. Ini dikarenakan untuk batuan paras putih saat dilakukan pemadatan akan lebih mudah hancur sehingga memungkinkan bongkahan batuan paras putih akan menjadi lebih kecil dan dapat mengisi ruang-ruang kosong dalam cetakan ukur.

Berat jenis disini dalam keadaan SSD yaitu dimana agregat dalam keadaan kering permukaan jenuh dibandingkan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa berat jenis SSD batu paras putih sebesar 1,863 dan batu serut sebesar 1,913 sehingga dari hasil tersebut terlihat bahwa berat kedua batu pada volume yang sama memiliki berat yang berbeda. Berat jenis batu serut lebih besar daripada batu paras putih.

g) Penyerapan Air

Pada penelitian material juga diamati besarnya penyerapan air yang terjadi pada setiap batuan. Besarnya penyerapan air batu paras putih adalah 25,17 % dan 18,141 % untuk batu serut. Dari hasil ini terlihat bahwa batu paras putih merupakan agregat yang lebih mudah menyerap air. Selisih yang terjadi

antara kedua agregat sebesar 6,029 %. Semakin besar penyerapan menandakan bahwa pori yang dimiliki agregat semakin banyak. Jadi air yang terserap oleh agregat mengisi pori yang pada agregat tersebut. Namun untuk material batu putih selain faktor pori, kandungan kapur yang dimiliki batu putih juga memungkinkan terjadinya penyerapan air.

h) Uji Kekentalan Beton / Nilai Slump Beton

Nilai slump ini berpengaruh pada kuat desak beton dan kemudahan dalam pengerjaan. Adukan beton yang memiliki nilai slump kecil akan menghasilkan kuat desak beton yang tinggi namun dengan kecilnya nilai slump berarti pada saat pencampuran kurang mudah yang menyebabkan sulitnya pengerjaan beton. Hal ini terjadi karena adukan beton lebih kohesif dan penggumpalan agregat kasar dengan mortar mungkin terjadi, sehingga kemungkinan kurang meratanya campuran juga mungkin terjadi.

Pada penelitian ini nilai slump untuk beton yang menggunakan batu paras putih sebesar 8 cm dan 4 cm untuk yang menggunakan batu serut. Dari nilai slump ini menandakan bahwa batu serut cenderung tidak dapat mempertahankan kejenuhannya setelah perendaman, sehingga nilai slump rencana (8 - 15) cm tidak tercapai. Akibat yang mungkin ditimbulkan adalah penyerapan air yang dipakai pada pencampuran beton (perhitungan berat air berdasarkan nilai fas) oleh agregat (batu serut). Dengan adanya penyerapan air oleh agregat tersebut menyebabkan kurang meratanya campuran beton.

4.2.2. Analisa Sampel / Benda Uji

Beton segar yang didapatkan dari hasil pencampuran agregat, dimasukkan ke dalam cetakan yang sebelumnya telah diolesi dengan oli. Fungsi oli untuk mempermudah melepaskan benda uji dari cetakan setelah dianggap kering. Namun sebelum dimasukkan ke dalam cetakan beton segar tersebut dicari terlebih dahulu nilai slumpnya.

Beton dilepas dari cetakan dan masing-masing benda uji diberi nomor untuk menandai benda uji yang dibuat setelah dianggap cukup kering lalu setelah dilakukan penandaan, benda uji direndam ke dalam bak perendaman hingga beton berumur 28 hari. Pada umur 28 hari benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dilakukan pengukuran dimensi masing-masing benda uji dan ditimbang untuk mengetahui beratnya. Setelah itu dilakukan pengujian pada benda uji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat desak dan kuat tarik beton. Khusus pada uji desak diberikan alat tambahan yaitu Ekstensometer (alat ukur untuk membaca regangan yang terjadi).

a) Berat Jenis Beton / Berat Volume Beton

Dari tabel 4.2. dapat dilihat bahwa berat volume beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih lebih besar ($2,172 \text{ t/m}^3$) daripada berat volume beton yang menggunakan agregat kasar batu serut ($2,137 \text{ t/m}^3$). Dari hasil penelitian didapatkan berat volume batu paras putih sebesar $0,905 \text{ t/m}^3$ dan batu serut sebesar $0,867 \text{ t/m}^3$. Untuk penelitian ini berat volume agregat berpengaruh pada berat volume beton sedangkan jika dilihat dari nilai berat jenis

agregat, batu paras putih sebesar 1,893 dan 1,913 pada batu serut yang hasilnya berbanding terbalik dengan nilai berat volume masing-masing agregat.

Jenis agregat juga dapat berpengaruh pada berat jenis beton yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dipakai batu putih dimana kapur menjadi unsur pembentuk batuan sehingga saat dicampurkan dengan air cenderung lebih mudah menyerap air. Sebaliknya agregat akan lebih cepat kering saat dilakukan proses pengeringan. Khususnya untuk batu paras putih dimana terlihat kering agregat tidak terjadi secara merata. Kehancuran agregat dimungkinkan akan terjadi saat agregat dimasukkan ke dalam molen yang memungkinkan akan menghasilkan berat volume beton lebih besar.

b) Kuat Desak Beton

Kuat desak beton merupakan hal yang sangat mendasar pada perencanaan suatu konstruksi bangunan beton. Kuat beton itu sendiri menentukan kekuatan dari beton dalam memikul beban per satuan luas. Dari tabel 4.2. dapat terlihat bahwa kuat desak beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih mencapai 19,871 MPa sedangkan jika menggunakan agregat kasar batu serut mencapai 18,899 MPa. Dengan catatan dari kelima sampel / benda uji yang diuji untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu serut hanya 4 yang diperhitungkan karena satu sampel / satu benda uji dianggap gagal / failed.

Dengan melihat hasil tersebut, berarti kuat desak beton yang dihasilkan yang menggunakan kedua jenis agregat tersebut tidak mencapai kuat desak yang

diinginkan, yaitu sebesar 20 MPa. Pada saat pengujian semua sampel mengalami pecah terbelah menjadi dua bagian yang hampir sama.

Beberapa faktor yang dapat dijadikan acuan gagalnya kuat desak beton yang direncanakan :

- 1) Agregat kasar terpakai (batu paras putih dan batu serut) hancur terlebih dahulu daripada pasta semen karena kedua jenis batu tersebut adalah batu putih / batu kapur.
- 2) Dari nilai abrasi dapat terlihat bahwa kedua agregat tidak memenuhi syarat dimana telah kehilangan lebih dari 50 % berat awal.
- 3) Kurangnya air (nilai fas) yang menyebabkan campuran kurang merata dan kurang padat.
- 4) Karena agregat kasar dipakai 100 % batu kapur maka dimungkinkan sebagian air terpakai, berdasarkan perhitungan fas, terserap oleh agregat kasar itu sendiri.

c) Kuat Tarik Beton

Pada perencanaan, kuat tarik beton kurang diperhitungkan karena nilainya sangat kecil dibandingkan kuat desak beton itu sendiri. Dari tabel 4.2. terlihat bahwa kuat tarik beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih lebih besar daripada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut.

Untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih kuat tariknya sebesar 1,911 MPa dan 1,279 MPa untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu serut.

d) Regangan

Nilai regangan didapatkan pada saat pengujian desak. Dengan bantuan alat Ekstensometer, maka nilai regangan yang terjadi pada kenaikan pembebanan 10 kN dapat terbaca. Untuk menghindari kesalahan pembacaan maka data hasil pengamatan nantinya akan dilakukan koreksi yang bertujuan untuk meminimalkan adanya salah pembacaan. Karena sampel mendapatkan gaya tekan maka sampel mengalami regangan tekan. Regangan menyatakan perbandingan perubahan panjang terhadap panjang awal sehingga pada penelitian ini dapat diketahui perubahan panjang sampel yang terjadi saat kenaikan beban 10 kN hingga sampel tidak mampu memikul beban.

Dengan adanya data tegangan dan regangan maka dapat dibuat grafik tegangan-regangan. Dari grafik nantinya dapat terlihat besar perubahan bentuk sampel (khususnya tinggi sampel) setiap adanya kenaikan beban. Semakin miring grafik yang terbentuk maka deformasi yang terjadi cukup besar. Sebaliknya jika grafik terlihat semakin tegak maka perubahan sampel lebih kecil.

4.3. Pembahasan

4.3.1. Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pasir adalah agregat yang digunakan untuk mengisi pori yang tidak dapat diisi oleh agregat yang lebih besar. Karena itu pasir juga menentukan kekuatan dari beton yang dihasilkan. Kandungan lumpur merupakan suatu ukuran yang menentukan banyaknya pasir yang lolos ayakan 0,063 mm. Bagian yang lolos tersebut tidak dapat disebut sebagai agregat melainkan serbuk karena terlalu

halus. Pada PBI 1971 disebutkan bahwa agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.

4.3.2. Berat Volume dan Berat Jenis Agregat

Berat volume seharusnya sebanding terhadap berat jenis. Tapi pada penelitian ini dimungkinkan karena dipakai agregat batu putih sehingga hasilnya berbanding terbalik. Batu putih merupakan material yang terbentuk dari kapur, yang mungkin saat terendam didalam air ikatan kapurnya akan melemah yang menandakan air terserap oleh batu putih selain dari faktor pori yang terdapat di dalam agregat itu sendiri. Jadi walaupun pada volume yang sama akan didapatkan nilai berat jenis yang berbeda terhadap jenis batu putih yang berbeda tergantung dari banyaknya air diserap oleh agregat. Pada penelitian ini kedua batu putih dapat disebut agregat ringan karena memiliki berat jenis kurang dari 2 (lihat table 4.1.).

Untuk berat volume sendiri, tidak dapat dikatakan sebanding terhadap berat jenis, khususnya untuk material batu putih. Selain kepadatan batu putih sendiri, faktor pengujian juga akan mempengaruhi hasil berat volume batu putih. Penumbukan saat pengujian mungkin menyebabkan agregat batu putih yang lebih rapuh akan semakin padat sehingga memungkinkan memiliki berat volume lebih besar.

4.3.3. Penyerapan Air

Penyerapan air, pada agregat batu putih akan mempengaruhi kekerasan dari agregat tersebut. Mengingat batu putih merupakan material yang terbentuk

oleh kapur yang memadat, sehingga saat menyerap air memungkinkan akan melemahkan ikatan antar partikel kapur yang membentuk batu putih. Juga saat digunakan sebagai agregat kasar pada beton akan berpengaruh pada nilai fas. Semakin besar nilai penyerapan air maka nilai fas juga akan besar.

4.3.4. Abrasi

Nilai abrasi menyatakan besarnya kehancuran agregat saat dilakukan pencampuran. Pemakaian mesin molen sebagai alat pengadukan beton merupakan salah satu penyebab kehancuran agregat itu, sehingga dengan diketahui nilai abrasi dapat ditentukan pemakaian metode campuran yang lebih efisien selain molen untuk mengantisipasi kehancuran agregat saat pengadukan. Atau dapat dipertimbangkan pemakaian agregat jenis lain sebagai pengganti agregat kasar.

4.3.5. Berat Volume Beton / Berat Jenis Beton

Dari hasil penelitian / uji laboratorium didapatkan berat volume beton dengan menggunakan agregat batu paras putih lebih besar daripada batu serut. Apabila dilihat dari hasil uji keausan / abrasi, terlihat bahwa nilai keausan batu paras putih lebih besar daripada batu serut yang memungkinkan saat pengadukan beton dengan menggunakan mesin molen banyak agregat dari batu paras putih yang hancur dibandingkan dengan batu paras serut.

Pada pemakaian agregat ringan sebagai agregat kasar pembentuk beton ringan jenis agregat akan menentukan berat jenis beton yang dihasilkan. Selain itu ukuran agregat dapat menentukan pori dalam beton, sehingga semakin

beragamnya ukuran agregat mungkin dapat mengurangi adanya pori dalam beton. Pada penelitian ini tidak dihasilkan beton ringan karena beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis/berat volume kurang dari 1800 kg/cm^3 ($1,8 \text{ t/m}^3$) jadi pada penelitian ini menghasilkan beton normal. (lihat tabel 4.2)

4.3.6. Kuat Tekan Beton

Pada hasil pengujian didapatkan kekuatan tekan maksimum rerata beton dengan agregat kasar batu paras putih sebesar 19,695 MPa dan 18,899 MPa untuk beton dengan agregat kasar batu serut. Dari hasil uji tersebut ternyata beton tidak dapat memenuhi mutu seperti yang direncanakan. Dapat dikatakan bahwa beton gagal. Kegagalan dari kuat beton rencana ini dapat dipengaruhi oleh faktor volume air terpakai dan pengaruh agregat.

Volume air akan mempengaruhi slump beton, terlihat pada penelitian ini slump beton kurang karena air diserap oleh agregat. Akibat yang akan ditimbulkan karena penyerapan air tersebut adalah melemahnya kekuatan beton akibat timbulnya rongga pada beton. Standar pengukuran kekuatan beton dilakukan saat beton berumur 28 hari. Walaupun dapat juga diukur dalam umur tertentu dengan mengacu pada nilai konversi umur beton. Jenis, bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran maksimum agregat juga akan mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan.

Agregat yang bersudut (batu pecah) mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada agregat bulat (kerikil) sehingga memiliki daya lekat dengan pasta yang lebih kuat. Selain itu pula batu pecah juga mempunyai tekstur

permukaan yang lebih kasar, sehingga lekatan dengan pastanya juga lebih baik. Ukuran agregat berpengaruh pada luas permukaan. Jika dipakai ukuran agregat maksimum lebih besar maka luas permukaan butir agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah. Namun pada penelitian ini selain dari luas permukaan jenis agregat juga menjadi faktor penentu kuat tekan beton.

Pemakaian agregat ringan sebagai pembentuk beton ringan mungkin menghasilkan data seperti yang didapatkan. Mengenai mutu beton tidak dapat dijadikan acuan beton yang dihasilkan dari beton ringan mengingat jenis batu putih lebih dari satu. Mungkin saja ada jenis batu putih yang lebih keras daripada jenis batu putih yang digunakan pada penelitian ini sehingga pencapaian mutu beton dapat diperoleh.

4.3.7. Kuat Tarik Beton

Pemakaian agregat ringan menghasilkan beton ringan dengan kekuatan tarik yang kecil. Pada beton yang menggunakan agregat batu paras putih nilai kuat tariknya sebesar 1,279 MPa (6,5 % dari nilai kuat desak) dan 1,911 MPa (10,11 % dari nilai kuat desak) untuk beton yang menggunakan agregat batu serut, sehingga pemakaian agregat ringan juga berpengaruh pada nilai kuat tarik. Jika pada beton normal didapatkan interval kuat tarik berkisar 9 % - 15 % (Dipohusodo, 1991) dari kuat desaknya. Pada penelitian ini untuk beton ringan didapatkan interval nilai 6,5 % - 10,11 % dari nilai kuat desaknya.

Kecilnya nilai kuat tarik beton ringan ini juga dipengaruhi oleh faktor antara lain seperti bentuk, tekstur, dan juga ukuran agregat berpengaruh pada kuat tarik terutama mengenai kuat lekat antara pasta semen dan agregat. Karena itu saat terjadi beban tarik seolah-olah agregat tidak terjadi penarikan dan seluruh beban tarik dilimpahkan ke pasta semen.

4.3.1. Modulus Elastis

Modulus elastis merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton tersebut mengalami regangan (perpanjangan maupun perpendekan) saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastis maka semakin kecil regangan yang terjadi karena nilai modulus elastis berbanding terbalik dengan nilai regangan. Nilai modulus elastis ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan. Dimana kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak suatu kurva dan memiliki panjang garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekakuan material sehingga kurva tidak akan linier lagi. Karena dengan semakin tegaknya kurva perubahan yang terjadi pada sampel sangat kecil sehingga dapat dikatakan sampel dalam keadaan kaku.

Pada penelitian ini dapat terlihat bahwa modulus elastis maksimum rerata untuk beton dengan agregat batu paras putih sebesar $7,625 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,7625 GPa) sedangkan pada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut modulus elastis maksimum rerata sebesar $6,77 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,677 GPa). Nilai

modulus elastis ini diambil berdasar penentuan titik offset, yaitu dengan menarik garis sejajar dengan garis linier pada kurva (data sebanding) saat regangan mencapai 2×10^{-3} dan tegangan nol.

Dengan melihat hasil tersebut diketahui bahwa kedua beton tidak mencapai nilai modulus elastis secara teoritis yang mencapai 18 GPa (Gere & Timoshenko, 1987). Hasil ini dikarenakan penggunaan material batu putih yang mudah hancur, sehingga kekakuan beton kurang. Akan tetapi beton dengan agregat kasar batu paras putih lebih kaku daripada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut. Kekakuan beton mungkin saja disebabkan dengan perataan material yang lebih merata.

