

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus terhadap berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur dan modulus halus butir pasir, pengujian berat jenis dan berat volume serbuk kayu ulin, dan data pengujian yang dihasilkan yaitu kuat tekan beton dan kuat tarik beton.

#### 5.1 Pengujian Material

##### 5.1.1 Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pengujian material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai agregat yang dipakai. Pengujian dilakukan untuk mencari berat jenis, berat volume, besar kandungan lumpur dalam pasir, persentase penyerapan air dan persentase modulus halus butir pasir. Data yang didapat dipergunakan sebagai acuan perhitungan campuran beton (*mix design*).

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat, didapat berat jenis agregat halus (pasir) 2,58, sedangkan berat jenis agregat kasar (kerikil) 2,66 (Lampiran B.1 – B.2). Dengan demikian agregat tersebut masih termasuk agregat normal yaitu agregat yang mempunyai berat jenis antara 2,5– 2,7.

Persentase berat air yang mampu diserap agregat disebut sebagai serapan air (Mulyono, 2004). Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau *saturated surface dry* (SSD). Dari hasil pengujian didapat penyerapan air pada agregat halus 3,6 % dan pada agregat kasar 2,21 % (Lampiran B.1 – B.2). Pada pemeriksaan berat volume didapat berat volume agregat halus (pasir) 1,68 t/m<sup>3</sup>, sedangkan berat volume agregat kasar (kerikil) 1,49 t/m<sup>3</sup> (Lampiran B.3 – B.4).

Menurut PBB (1971) disebutkan bahwa agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Lumpur adalah bagian pasir yang dapat melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur dalam pasir melampaui 5 %, maka agregat halus harus dicuci. Adapun hasil

kandungan lumpur yang didapat dari hasil uji adalah 1,8 % (Lampiran B.5). Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut dapat digunakan sebagai campuran adukan beton dan tidak perlu dicuci terlebih dahulu.

Modulus halus butir/MHB (*finnes modulus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Kardiyono, 1992). Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butir agregatnya (Mulyono, 2004). Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,5 – 3,8. Dari hasil pengujian didapat nilai MHB agregat halus adalah 2,5 (Lampiran B.6). Berdasarkan grafik pada Lampiran B.7, didapat hasil bahwa agregat halus tersebut masuk pada daerah II, yaitu jenis pasir agak kasar.

Analisis data sifat-sifat fisik agregat dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Hasil pengujian agregat**

Penelitian	Pasir	Kerikil
Berat jenis SSD	2,58	2,66
Berat volume ( $t/m^3$ )	1,68	1,49
Kandungan lumpur dalam pasir (%)	1,8	-
Penyerapan air (%)	3,6	2,2
Modulus halus butir pasir (%)	2,5	-
Ukuran agregat maksimum (mm)	4,8	20

### 5.1.2 Pengujian Serbuk Kayu Ulin

Pengujian dilakukan untuk mencari berat jenis serbuk kayu ulin, serta persentase banyaknya penyerapan air. Dari hasil uji serbuk kayu ulin, didapat berat jenis serbuk kayu ulin  $0,8 t/m^3$ , sedangkan uji penyerapan air serbuk kayu ulin didapat 80,2 % (Lampiran B.8).

Analisis data sifat-sifat fisik serbuk kayu ulin dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Serbuk Kayu Ulin**

Penelitian	Serbuk kayu ulin
Berat jenis SSD	1,05
Penyerapan air (%)	83,5

## 5.2 Penguajian *Slump*

Nilai *Slump* berhubungan dengan tingkat kelecakan suatu campuran adukan beton dan kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump*, berarti makin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan (Tjokrodimuljo, 1992). Adapun nilai *slump* yang diperoleh dari campuran adukan beton tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Nilai *slump* pada campuran beton

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (mm)		Perbandingan <i>alcasit</i> dengan tanpa <i>alcasit</i> (%)
	Dengan <i>Alcasit</i>	Tanpa <i>Alcasit</i> (Penelitian : Andriawan, 2006)	
BN - 0	114	114	0
BNA - 0	109	-	-
BSKUA - 5	95	83	12,63
BSKUA - 10	43	40	6,97
BSKUA - 15	14,3	10	30,07
BSKUA - 20	6,3	6	4,76

Dari Tabel 5.3 terlihat bahwa semakin tinggi variasi penambahan serbuk kayu ulin dalam campuran beton, maka nilai *slump*nya semakin menurun baik dengan penambahan *alcasit* maupun tanpa *alcasit*, dengan demikian tingkat kelecakan adukan beton juga semakin menurun, sehingga mempengaruhi tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton. Hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya volume serbuk kayu ulin yang terdapat dalam campuran beton yang dapat mengurangi kadar air yang terkandung dalam adukan beton.

Pada Tabel 5.3 juga terlihat bahwa campuran beton dengan penambahan serbuk kayu ulin dan *alcasit* memiliki nilai *slump* yang cenderung lebih besar, jika dibandingkan dengan campuran beton dengan penambahan serbuk kayu ulin tanpa *alcasit* pada setiap variasi penambahan serbuk kayu ulin. Pada benda uji BSKUA-5, nilai *slump* dengan penambahan *alcasit* sebesar 95 mm dengan perbandingan 12,63 % terhadap nilai *slump* tanpa penambahan *alcasit* sebesar 83 mm. Hal ini disebabkan oleh *alcasit* yang terdapat dalam campuran beton membantu semen sebagai perekat antar agregat membentuk gel yang bersifat kenyal, dan terlihat

bahwa pergerakan agregat dalam adukan lebih licin, sehingga nilai *slump*nya cenderung lebih besar dibandingkan campuran beton tanpa *alcasit*. *Alcasit* yang digunakan sebagai tambahan campuran semen dalam penelitian ini juga memberikan pengaruh terhadap *bledding* dan *segregasi*. Pada beton segar, *bledding* dan *segregasi* tidak terjadi. Hal ini disebabkan oleh campuran beton yang kenyal.

### 5.3 Berat Volume-Beton

Berat volume-beton merupakan perbandingan antara beton dengan volume-beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Dari hasil penelitian didapat berat volume-beton umur 7 hari dan umur 28 hari seperti terlihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Berat volume-beton**

Benda Uji	Berat Volume-Beton dengan <i>Alcasit</i> (kg/m <sup>3</sup> )		Berat Volume-Beton tanpa <i>Alcasit</i> (Penelitian : Andriawan, 2006) (kg/m <sup>3</sup> )		Perbandingan dengan <i>alcasit</i> terhadap tanpa <i>alcasit</i> (%)	
	7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari
BN - 0	2373	2293	2373	2293	0	0
BNA - 0	2292	2247	-	-	-	-
BSKUA - 5	2207	2226	2316	2278	4,71	2,28
BSKUA - 10	2205	2202	2230	2259	1,12	2,52
BSKUA - 15	2147	2175	2194	2225	2,14	2,25
BSKUA - 20	2095	2071	2171	2203	3,50	5,99

Dari hasil penelitian pada Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase serbuk kayu ulin dalam beton, maka berat volume-betonnnya semakin menurun, baik dengan penambahan *alcasit* maupun tanpa *alcasit*. Menurut Ismeddiyanto (1998), menyatakan bahwa campuran dengan volume serbuk kayu yang lebih besar menyebabkan berat volume-beton menurun. Selanjutnya Ismeddiyanto (1998) juga menyebutkan bahwa adanya sifat serbuk yang mengalami penyusutan setelah kandungan air yang ada dalam ruang antar sel dan dinding sel menguap, dapat mengakibatkan adanya rongga-rongga udara pada permukaan butiran serbuk kayu. Tjokrodimuljo (1996) menyebutkan bahwa beton

dengan rongga udara menunjukkan tingkat kepadatan yang kurang, sehingga berat volume-beton menjadi berkurang. Semakin tinggi kepadatan, maka berat volume-beton juga semakin meningkat, sebaliknya semakin rendah kepadatan, maka berat volume-beton juga semakin rendah.

Pada Tabel 5.4 juga terlihat bahwa campuran beton dengan penambahan serbuk kayu ulin dan *alcasit* memiliki berat volume-beton yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran beton dengan penambahan serbuk kayu ulin tanpa *alcasit*. Hal ini disebabkan oleh pengaruh *alcasit* yang membentuk gel-gel dalam campuran beton. Akibat volume gel yang banyak, menyebabkan volume agregat dalam cetakan silinder menjadi berkurang, akibatnya berat volume-beton menjadi berkurang.

#### 5.4 Analisis Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk memperoleh data beban yang mampu didukung oleh silinder beton. Besarnya kuat tekan diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum dan luas penampang silinder beton.

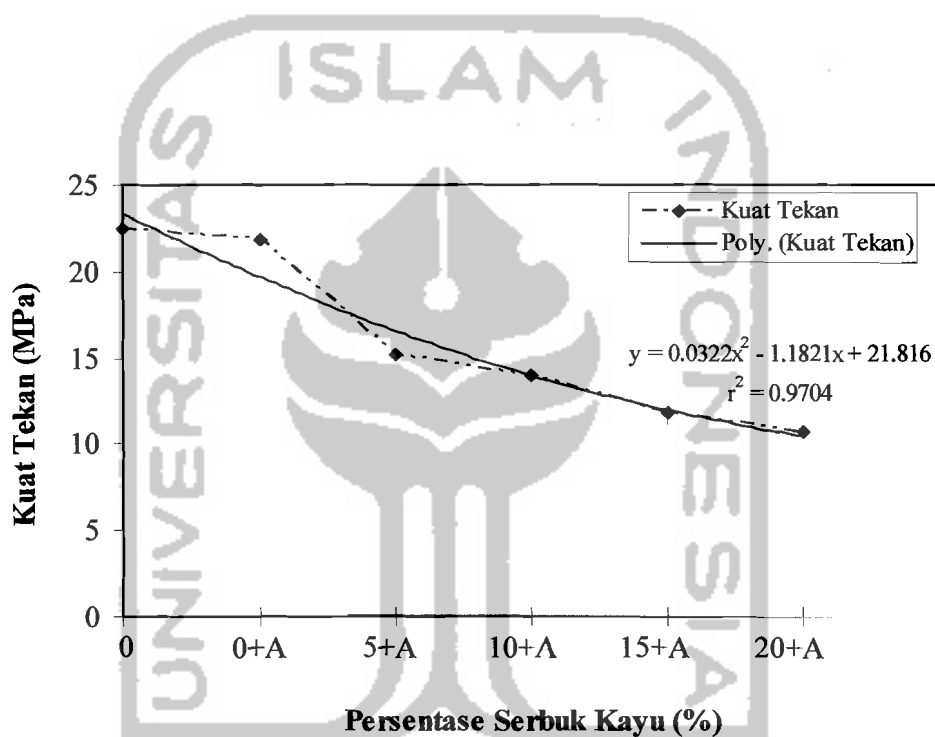
Analisis korelasi antara serbuk kayu ulin dan *alcasit* terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat bantu statistik yaitu dengan regresi polynomial tingkat-dua. Dari hasil regresi akan diperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi ( $r$ ) nilainya berkisar antara  $0 < r < 1$ . Berdasarkan nilai koefisien korelasi, tingkat hubungan dapat dikelompokan sebagai berikut :

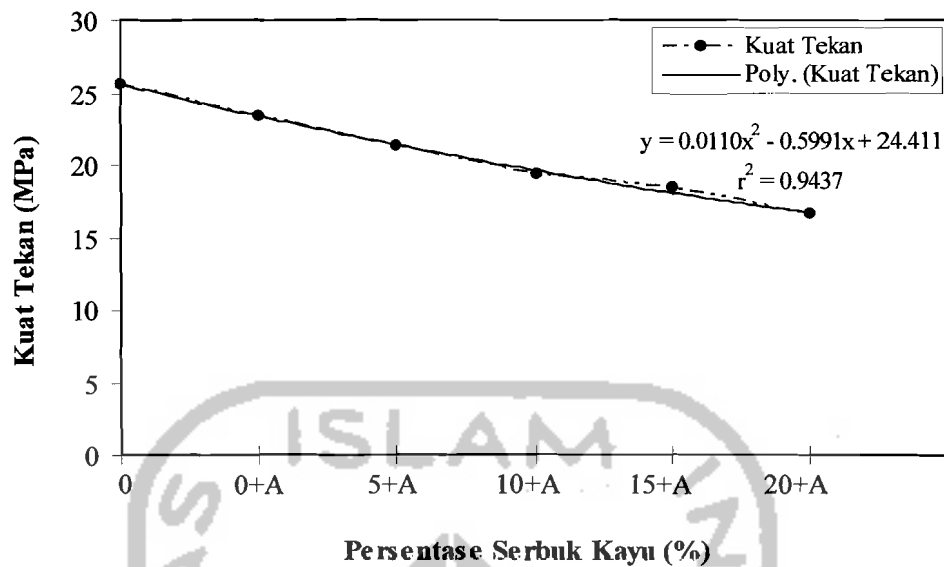
1.  $r < 0,33$  = tingkat hubungan lemah
2.  $0,33 \leq r \leq 0,66$  = tingkat hubungan sedang
3.  $r > 0,66$  = tingkat hubungan kuat

Hasil analisis korelasi regresi polynomial dapat dilihat pada Lampiran E dan hasil pengujian kuat tekan beton pada benda uji umur 7 hari dan umur 28 hari dapat dilihat pada Lampiran D, selanjutnya hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tekan ( $f_c$ )

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata ( $f_c$ ) (MPa)		Persentase terhadap BN (%)	
	7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari
BN - 0	22,44	25,65	-	-
BNA - 0	21,82	23,37	2,76	8,89
BSKUA - 5	15,18	21,34	32,35	16,80
BSKUA - 10	14,02	19,37	37,52	24,48
BSKUA - 15	11,79	18,46	47,46	28,03
BSKUA - 20	10,69	16,58	52,36	35,36

Gambar 5.1 Hubungan variasi persentase serbuk kayu ulin tambah *alcasit* dan regresinya terhadap kuat tekan beton umur 7 hari.



Gambar 5.2 Hubungan variasi persentase serbuk ulin tambah *alcasit* dan regresinya terhadap kuat tekan beton umur 28 hari

Tabel 5.6 Perbandingan kuat tekan rata-rata dengan *alcasit* terhadap kuat tekan rata-rata tanpa *alcasit* umur 7 hari

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata dengan <i>Alcasit</i> (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata tanpa <i>Alcasit</i> (Penelitian : Andriawan, 2006) (MPa)	Rasio <i>alcasit</i> dengan tanpa <i>alcasit</i>
BN - 0	22,44	22,44	0
BNA - 0	21,82	-	-
BSKUA - 5	15,18	18,38	1,21
BSKUA - 10	14,02	13,88	0,99
BSKUA - 15	11,79	12,81	1,09
BSKUA - 20	10,69	12,62	1,18

**Tabel 5.7 Perbandingan kuat tekan rata-rata dengan *alcasit* terhadap kuat tekan rata-rata tanpa *alcasit* umur 28 hari**

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata dengan <i>Alcasit</i> (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata tanpa <i>Alcasit</i> (Penelitian : Andriawan, 2006) (MPa)	Rasio <i>alcasit</i> dengan tanpa <i>alcasit</i>
BN – 0	25,65	25,65	1
BNA – 0	23,37	-	-
BSKUA – 5	21,34	22,57	1,04
BSKUA – 10	19,37	21,31	1,10
BSKUA – 15	18,46	18,85	1,02
BSKUA – 20	16,58	15,65	0,94

Pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.1 serta Gambar 5.2 dapat dilihat gambaran pengaruh serbuk kayu ulin dan *alcasit* terhadap kuat tekan beton yang diambil dari hasil perhitungan data pengujian (Lampiran D) dan analisa regresi (Lampiran E). Dari hasil analisis regresi pada beton umur 7 hari dan umur 28 hari diperoleh nilai  $r > 0,66$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara serbuk kayu ulin dan *alcasit* terhadap kuat tekan beton memiliki tingkat hubungan yang kuat.

Pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.1 serta Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase volume serbuk kayu ulin ditambah *alcasit*, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh serbuk kayu ulin sebagai bahan penyusun beton menjadi bagian yang lemah, karena serbuk kayu ulin dalam menahan beban, rendah dibandingkan bahan yang lain. Menurut Ismeddiyanto (1998), menyatakan bahwa penambahan serbuk kayu ulin dalam beton, akan menambah adanya rongga-rongga udara pada permukaan butiran serbuk kayu, yang menjadi bagian yang lemah. Selain itu juga, berat jenis kayu ulin yang kecil, dengan bertambahnya volume serbuk kayu ulin akan menyebabkan ketahanan pasta semen untuk menyelimuti bahan campuran beton menjadi rendah.

Pada Gambar 5.1 terlihat bahwa kuat tekan menurun tajam pada variasi persentase serbuk kayu ulin 5 %, dan selanjutnya di atas persentase serbuk kayu ulin 5 % kuat tekan beton cenderung linier dengan penurunan kuat tekan yang kecil, sedangkan pada Gambar 5.2 terlihat bahwa penurunan kuat tekan cenderung linier dengan penurunan yang landai, seiring dengan peningkatan variasi



persentasi serbuk kayu ulin dalam beton. Untuk benda uji umur 7 hari kuat tekan tertinggi pada benda uji BN-0 sebesar 22,44 MPa dan kuat tekan terendah pada benda uji BSKUA-20 sebesar 10,69 MPa dengan persentase penurunan sebesar 52,36 %, sedangkan untuk benda uji umur 28 hari kuat tekan tertinggi sebesar 25,65 MPa pada BN-0 dan kuat tekan terendah sebesar 16,58 MPa pada BSKUA-20 dengan persentase penurunan sebesar 35,36 %.

Pada penelitian Ismeddyanto (1998), dalam penelitiannya Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*) untuk Bata Beton, memberikan hasil pengujian kuat tekan dengan variasi persentasi serbuk sebanyak 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 % dan 40 % berturut – turut sebesar 14,0659 MPa, 11,0064 MPa, 10,3067 MPa, 8,3706 MPa, 7,0672 MPa dan 6,3241 MPa. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase volume serbuk gergaji kayu jati dalam bata beton, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah.

Pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa penggunaan serbuk kayu ulin ditambah *alcasit* sebagai bahan tambah dalam campuran beton menunjukkan kuat tekan yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan serbuk kayu ulin tanpa *alcasit* pada tiap variasi persentase serbuk kayu ulin. Pada BSKUA-5 umur 7 hari, kuat tekan dengan *alcasit* sebesar 15,18 MPa dan kuat tekan tanpa *alcasit* sebesar 18,38 MPa dengan rasio sebesar 1,21, sedangkan untuk umur 28 hari kuat tekan dengan *alcasit* sebesar 21,34 MPa dan kuat tekan tanpa *alcasit* sebesar 22,57 MPa dengan rasio sebesar 1,04. Salah satu indikator perbedaan kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji dengan penggunaan serbuk kayu ulin ditambah *alcasit* terhadap benda uji dengan penggunaan serbuk kayu ulin tanpa *alcasit* adalah berat volume-betonnya. Benda uji dengan penggunaan serbuk kayu ulin tambah *alcasit* memiliki berat volume-beton yang lebih ringan dibandingkan dengan penggunaan serbuk kayu ulin tanpa *alcasit*. Hal ini disebabkan gel-gel yang dibentuk oleh partikel-parikel *alcasit* membuat campuran beton menjadi kenyal. Gel-gel tersebut mengisi beton lebih banyak dari volume agregat dalam beton, sehingga volume-beton menjadi lebih ringan. Menurut Murdock dan Brook (1986), pada umumnya berat volume-beton yang lebih ringan

akan menghasilkan kekuatan beton yang rendah. Selain itu, penurunan kuat tekan pada benda uji dengan penggunaan serbuk kayu ulin tambah *alcasit* dimungkinkan oleh *alcasit* yang mengganggu proses pengerasan semen pada saat perawatan beton. Sifat lem pada *alcasit* tidak terikat kuat akibat air menghambat proses pengerasan *alcasit*.

Serbuk kayu merupakan butiran-butiran kayu yang memiliki sifat-sifat tertentu. Kayu merupakan bahan organis yang amat bervariasi struktur bahannya yang memiliki sifat fisik dan sifat mekanik yang berbeda-beda. Satu butir serbuk kayu merupakan kumpulan sel-sel kayu, dinding sel dibentuk oleh selulosa yang disatukan oleh zat perekat lignin yang memiliki kekuatan yang relatif lemah jika dibandingkan dengan selulosa, sehingga serbuk kayu merupakan bahan yang terdiri dari partikel-partikel kuat tetapi tidak terikat dengan kuat.

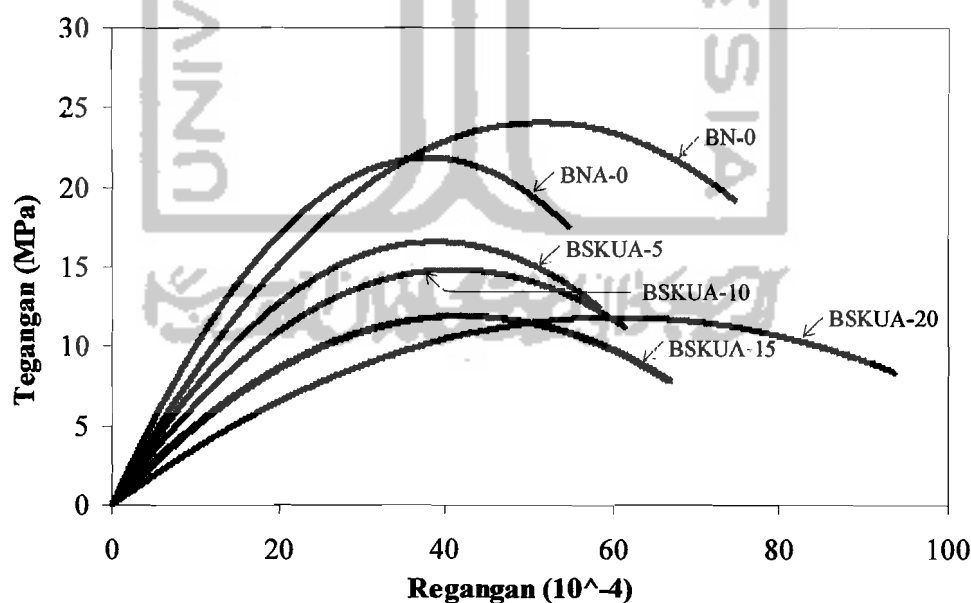
Faktor lain yang memberikan kontribusi terhadap penurunan kekuatan beton adalah sifat kimia kayu, yaitu kandungan ekstraktif pada serbuk kayu ulin. Pengerasan semen akan terhambat apabila bahan baku kayu yang berupa serbuk mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi. Agar proses pengerasan semen tidak terhambat, menurut Kurdi (1987, dalam Ismeddiyanto, 1998) maksimum kandungan ekstraktif pada kayu adalah 1% gula, 2% tanin atau 3% minyak. Kandungan zat ekstraktif pada serbuk kayu juga akan melapisi permukaan butiran agregat yang berhubungan langsung dengan bahan-bahan lainnya yaitu antar sesama agregat dengan pasta semen. Zat ekstraktif akan memperlemah lekatan yang terjadi antara agregat dengan pasta semen.

Zat selulosa yang terkandung dalam serbuk kayu ulin juga akan sangat berpengaruh terhadap campuran beton. Zat selulosa dihasilkan oleh sitoplasma sel dan yang membentuk dinding sel, tersusun atas rantai-rantai bercabang molekul-molekul D-glukosa (gula). Berarti semakin banyak persentase serbuk kayu ulin dalam adukan, semakin besar pula zat selulosa yang tercampur dalam adukan, dengan demikian gula yang terkandung dalam zat selulosa ini akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Tjokrodikuljo (1996) menyatakan bahwa kandungan gula dalam jumlah yang lebih banyak dapat mengakibatkan lambatnya ikatan awal pada beton dan juga dapat menurunkan kekuatan beton.

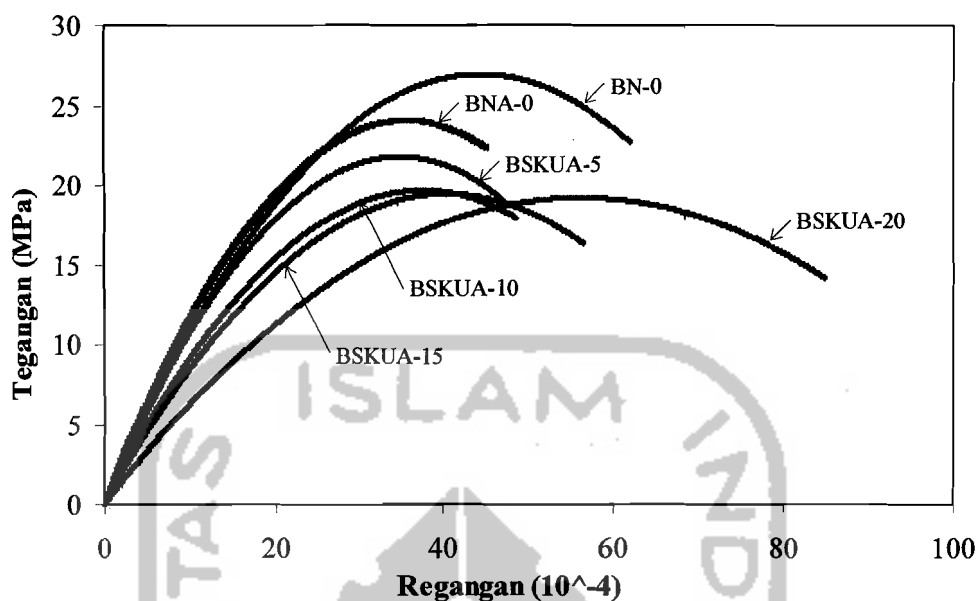
Semakin tinggi persentase penambahan serbuk kayu ulin, maka semakin banyak pula volume serbuk yang terkandung dalam campuran beton yang dapat mengakibatkan serbuk tidak tercampur merata dan semakin menurunkan daya rekat semen. Ismeddyanto (1998) menyebutkan bahwa semakin besar persentase volume serbuk, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya volume semen dalam campuran. Dengan berkurangnya volume semen tersebut, maka semakin berkurang pula pasta semen yang digunakan untuk mengikat agregat dan melapisi permukaan butiran agregat halus (pasir dan serbuk gergaji).

#### 5.4.1 Hasil Pengujian Tegangan-Regangan Beton

Pengujian tegangan-regangan dilakukan pada benda uji beton umur 7 hari dan umur 28 hari, untuk masing-masing variasi diambil 1 sampel. Analisis data hasil pengujian tegangan-regangan dapat dilihat pada Lampiran F – G dan grafik hubungan tegangan-regangan benda uji beton umur 7 hari dan 28 hari ditunjukkan pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.3 Grafik tegangan-regangan tiap variasi serbuk kayu ulin dan *alcasit* pada umur 7 hari



Gambar 5.4 Grafik tegangan-regangan tiap variasi serbuk kayu ulin dan *alcasit* pada umur 28 hari

Pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 menunjukkan bahwa tegangan tekan maksimal masing-masing benda uji memiliki regangan yang berbeda-beda dan menunjukkan bahwa regangan pada saat tegangan tekan maksimal tidak tergantung pada besarnya peningkatan tegangan tekan maksimal yang terjadi, dikarenakan keliatan benda uji yang berbeda-beda. Berdasarkan grafik di atas, kurva yang terjadi dapat dilihat bahwa setelah tegangan maksimum dilampaui, kurva akan menurun hingga benda uji beton hancur. Beton dengan kuat tekan yang rendah akan memiliki puncak kurva yang agak panjang dan datar, sedangkan beton dengan kuat tekan tinggi memiliki puncak kurva yang cenderung lebih tajam. Semakin rendah kekuatan beton, semakin tinggi regangan hancurnya dan semakin tinggi kekuatan tekan beton, maka regangan hancurnya semakin rendah. Semakin tinggi kekuatan tekan beton, panjang bagian linier pada kurva semakin bertambah, dan sebaliknya semakin rendah kekuatan tekan beton, panjang bagian linier pada kurva semakin berkurang. Beton dengan kuat tekan yang tinggi menunjukkan beton tersebut lebih getas. Beton dengan kuat tekan yang rendah

mempunyai kemampuan deformasi (daktilitas) yang tinggi dari beton dengan kuat tekan yang tinggi. Semakin besar persentase volume serbuk kayu ulin ditambah *alcasit* dalam beton, maka beton tersebut akan cenderung semakin daktil.

#### 5.4.2 Modulus Elastisitas ( $E_c$ )

Perhitungan Modulus Elastisitas adalah sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

dimana :  $\sigma$  = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

$\varepsilon$  = regangan yang dihasilkan dari tegangan ( $\sigma$ )

Untuk hasil perhitungan Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) kuat tekan beton dengan penggunaan serbuk kayu ulin dan *alcasit* pada umur 7 hari dan umur 28 hari dapat dilihat pada Lampiran F dan selanjutnya hasil pengujian Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) ditunjukkan pada **Tabel 5.8** dan **Tabel 5.9**.

**Tabel 5.8 Hasil pengujian modulus elastisitas ( $E_c$ ) umur 7 hari**

Benda Uji	$\sigma$ maks (MPa)	Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) (MPa)
BN - 0	24,07	8305
BNA - 0	21,85	10261
BSKUA - 5	16,58	7577
BSKUA - 10	14,82	6408
BSKUA - 15	11,88	5007
BSKUA - 20	11,82	3451

**Tabel 5.9 Hasil pengujian modulus elastisitas ( $E_c$ ) umur 28 hari**

Benda Uji	$\sigma$ maks (MPa)	Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) (MPa)
BN - 0	26,95	10782
BNA - 0	24,03	11992
BSKUA - 5	21,77	11109
BSKUA - 10	19,66	9311
BSKUA - 15	19,44	8535
BSKUA - 20	19,20	6074

Modulus elastisitas dipengaruhi oleh umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Modulus elastisitas beton akan meningkat dengan bertambahnya waktu. Peningkatan modulus elastisitas tergantung pada kelangsungan proses hidrasi semen, yang berhubungan dengan berkurangnya porositas beton dan peningkatan kekuatan. Perawatan dengan mempertahankan permukaan beton untuk selalu lembab akan menghasilkan modulus elastisitas beton lebih tinggi dibanding tanpa perawatan (Wang dan Salmon, 1993).

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Modulus elastisitas adalah perbandingan antara nilai tegangan pada 0,4 tekan uji terhadap nilai regangan yang dihasilkan dari tegangan. Lebih lanjut Nawi (1998) menyatakan bahwa modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar  $0,4.f'c$ ), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Dari modulus elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut.

Pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase volume serbuk kayu ulin ditambah *alcasit* dalam beton, maka nilai modulus elastisitasnya cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh serbuk kayu ulin sebagai bahan penyusun beton menjadi bagian yang lemah dalam menerima beban, sehingga semakin tinggi persentase serbuk kayu ulin dalam beton, maka tegangan tekan maksimum beton akan semakin rendah dan selanjutnya nilai modulus elastisitasnya juga semakin rendah. Pada BN-0 umur 28 hari, nilai modulus elastisitas dari hasil uji sebesar 10782 MPa dengan tegangan maksimum sebesar 26,95 MPa, sedangkan pada BSKUA-20 nilai modulus elastisitasnya sebesar 6074 MPa dengan tegangan maksimum sebesar 19,20 MPa .

Dari hasil penelitian pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 menunjukkan bahwa benda uji dengan kuat tekan tertinggi cenderung memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi dan benda uji dengan kuat tekan rendah memiliki modulus elastisitas yang rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Murdock dan Brook (1986), yang

menyatakan bahwa kekuatan beton yang lebih tinggi, biasanya mempunyai harga modulus elastisitas yang lebih tinggi juga.

### 5.5 Analisis Kuat Tarik Beton

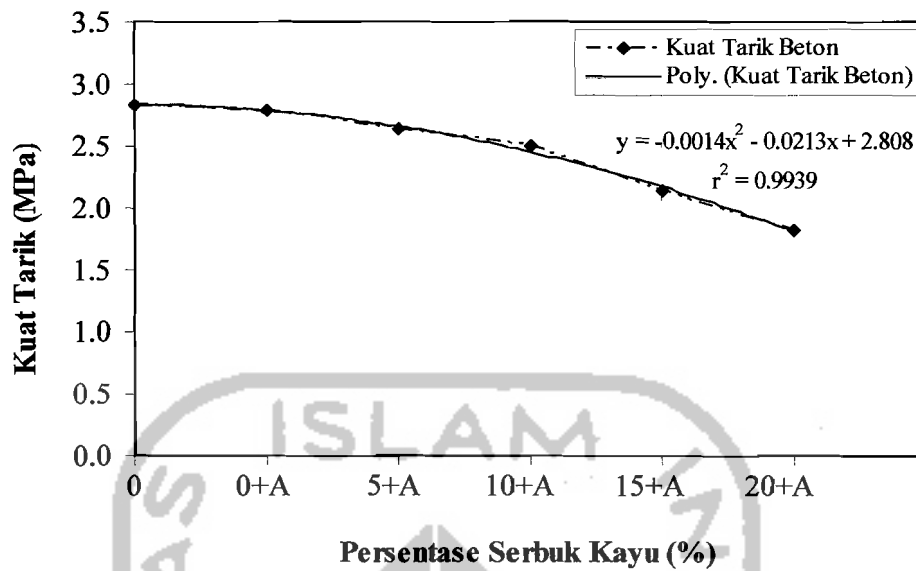
Pengujian kuat tarik dilakukan dengan metoda uji belah silinder beton (*splitting test*) sebanyak 3 buah benda uji untuk tiap variasi persentase serbuk kayu ulin ditambah *alcasit*. Pengujian kuat tarik terhadap benda uji berupa silinder beton hanya dilakukan pada benda uji umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada Lampiran G dan selanjutnya ditunjukkan pada **Tabel 5.10** dan **Tabel 5.11**.

**Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat tarik rata-rata dan persentase perubahannya terhadap beton normal**

Benda Uji	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)	Persentase Kuat Tarik terhadap Beton Normal (%)
BN - 0	2,839	-
BNA - 0	2,787	1,83
BSKUA - 5	2,631	7,33
BSKUA - 10	2,494	12,15
BSKUA - 15	2,143	24,52
BSKUA - 20	1,811	36,22

**Tabel 5.11 Persentase kuat tarik rata-rata dari kuat tekan rata-rata**

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)	Persentase Kuat tarik dari Kuat Tekan (%)
BN - 0	25,65	2,839	11,07
BNA - 0	23,37	2,787	11,93
BSKUA - 5	21,34	2,631	12,33
BSKUA - 10	19,37	2,494	12,88
BSKUA - 15	18,46	2,143	11,61
BSKUA - 20	16,58	1,811	10,92



Gambar 5.5 Hubungan variasi serbuk kayu ulin tambah *alcasit* dan regresinya terhadap kuat tarik beton umur 28 hari

Dari Tabel 5.10 dan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa penggunaan bahan tambah serbuk kayu ulin dan *alcasit* memberikan pengaruh terhadap penurunan kuat tarik beton, seiring dengan semakin besarnya persentase volume serbuk kayu ulin dalam beton. Hal ini sesuai dengan hasil analisis regresi (Lampiran E) yakni diperoleh nilai  $r > 0,66$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara serbuk kayu ulin tambah *alcasit* terhadap kuat tarik beton memiliki tingkat hubungan yang kuat.

Pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase volume serbuk kayu ulin ditambah *alcasit*, maka kuat tarik beton yang dihasilkan akan semakin rendah. Kuat tarik tertinggi pada benda uji BN-0 sebesar 2,839 MPa dan kuat tarik terendah pada benda uji BSKUA-20 sebesar 1,811 MPa dengan persentase penurunan sebesar 36,22 %. Pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa penurunan kuat tarik cenderung linier dengan penurunan yang landai dari persentase serbuk 0 % sampai persentase serbuk 10 % dan selanjutnya di atas persentase serbuk 10 % penurunan kuat tarik akan cenderung lebih curam.

Dari Tabel 5.11 dapat dilihat bahwa kuat tarik beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Menurut Wahyudi dan Syahril (1997)



bahwa dalam analisis atau desain, kekuatan tarik beton diabaikan dan beton dianggap hanya dapat menahan gaya tekan. Selanjutnya Dipohusodo, 1994, menyatakan bahwa kekuatan tarik beton berkisar antara 9 % sampai 15 % dari nilai kuat tekannya. Kekuatan tarik pada BN-0 sebesar 2,839 MPa dengan persentase 11,07 % dari kuat tekannya sebesar 25,65 MPa. Pada BNA-0 kuat tarik sebesar 2,787 MPa dengan persentase 11,93 % dari kuat tekannya sebesar 23,37 MPa. Pada BSKUA-5 kuat tarik sebesar 2,631 MPa dengan persentase 12,33 % dari kuat tekannya sebesar 21,34 MPa. Pada BSKUA-10 kuat tarik sebesar 2,494 MPa dengan persentase 12,88 % dari kuat tekannya sebesar 19,37 MPa. Pada BSKUA-15 kuat tarik sebesar 2,143 MPa dengan persentase 11,61 % dari kuat tekannya sebesar 18,46 MPa. Pada BSKUA-20 kuat tarik sebesar 1,811 MPa dengan persentase 10,92 % dari kuat tekannya sebesar 16,58 MPa.

