

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Bab ini membicarakan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan pembahasan mengenai hasil penelitian yang diperoleh. Hasil penelitian yang didapat meliputi : berat jenis agregat kasar dan halus, gradasi pasir, nilai slump dan aliran slump, hasil pengujian beton yaitu kuat desak dan kuat geser.

#### **5.2 Pengaruh pengurangan air dan penambahan *Superplasticizer* terhadap workabilitas**

Workabilitas merupakan salah satu kinerja beton segar, dan dengan adanya workabilitas yang tinggi pada beton akan memudahkan pekerjaan pada saat penuangan beton ke dalam cetakan. Pada saat penuangan dan pemadatan beton segar mudah dilaksanakan maka workabilitas beton tersebut tinggi (Swamy, 1989). Pada penelitian ini beton normal dan beton dengan pengurangan kandungan air dan penambahan *superplasticizer* ditetapkan memiliki nilai slump lebih dari 180 mm.

Pengujian nilai slump dan aliran slump sebagai indikator workabilitas beton saling berkaitan, nilai slump tinggi akan menghasilkan aliran slump yang tinggi

juga, begitu pula sebaliknya. Untuk itu aliran slump juga bisa dijadikan sebagai parameter workabilitas beton, karena memperlihatkan sifat mengalir beton segar.

Data pengujian beton segar berupa nilai slump dan aliran slump dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Nilai Slump dan Aliran Slump

Variasi Beton	Slump (mm)	Aliran Slump (mm)	<i>Superplasticizer</i> (%)
B30N	190	325	-
B30 – 90 SP	190	360	0,1
B30 – 80 SP	183	290	0,9
B30 – 70 SP	186	355	1,83
B30 – 60 SP	180	380	3,62
B40N	105	220	-
B40NSP	185	330	0,08
B40 – 90 SP	182	290	0,29
B40 – 80 SP	185	320	0,88
B40 – 70 SP	185	360	1,26
B40 – 60 SP	200	380	6,64

Pada pengerjaan pengadukan beton B30N, B40N dan beton B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP, B40-80SP untuk mencapai nilai slump 180 mm relatif lebih mudah dalam pengerjaannya, sedangkan untuk beton B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP nilai slump rencana relatif lebih sulit dicapai karena beton segar tersebut lebih kental dan lebih cepat mengeras pada penambahan *superplasticizer* sedikit demi sedikit.

Dari tabel 5.1 terlihat bahwa nilai slump dan aliran slump adukan beton yang dihasilkan lebih besar dari 180 mm dan nilai aliran slump di atas 300 mm. Hal ini sesuai dengan yang diperoleh Swamy (1989), bahwa dengan penggunaan *superplasticizer* nilai slump yang didapat antara 15 – 25 cm, menurut Murdock

dan Brook (1991) nilai slump yang diperoleh dengan penambahan *superplasticizer* antara 17,5 – 22,5 cm dan pada penelitian Ramachandran (1979) *superplasticizer* memberikan keuntungan dengan mendapatkan nilai slump lebih besar 200 mm dari nilai slump asli yang hanya sebesar 50 mm dengan dosis penambahan antara 0,3 – 0,6 % dari berat semen.

Swamy (1989) mengatakan bahwa dengan pemakaian *superplasticizer* akan meningkatkan workabilitas 12 %. Hal ini sesuai dengan Pengadukan beton B40N dengan peningkatan workabilitas dari 105 mm menjadi 185 mm atau sekitar 70 % dengan menjaga beton dari segregasi dan *bleeding*. Kombinasi fas rendah dan *superplasticizer* tinggi dengan sendirinya menghasilkan adukan beton lebih kohesif dan memiliki sifat mengalir lebih baik, kemungkinan *bleeding* dan *segregation* semakin kecil (Ilham, 2003). Pada variasi B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP, B40-80SP pengerjaan beton relatif mudah dengan waktu pengadukan antara 20 – 35 menit begitu juga saat penuangan dan pemadatan beton segar pada cetakan mudah dikerjakan. Pengaruh pemberian *superplasticizer* terhadap beton segar sangat baik, *bleeding* dan *segregation* dapat dikatakan tidak terjadi, walaupun ada relatif kecil, menurut Ilham (2003) boleh diabaikan.

Pengadukan beton B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP dapat mencapai nilai slump lebih dari 180 mm tetapi sifat-sifat workabilitasnya berbeda dengan variasi sebelumnya. Campuran terlihat berwarna agak kecoklatan yang menunjukkan campuran *superplasticizer* terlalu banyak dan beton lebih bersifat plastis pada slump yang sama, aliran slump lebih tinggi (lihat Tabel 5.1). Lama pengadukan beton yang dilakukan pada variasi tersebut selama 45 – 100 menit.

Hal ini dikarenakan penambahan *superplasticizer* sedikit demi sedikit, jika langsung dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan pengerasan dalam waktu yang relatif cepat. Pengujian slump dilakukan beberapa kali karena nilai slump rencana belum dicapai.

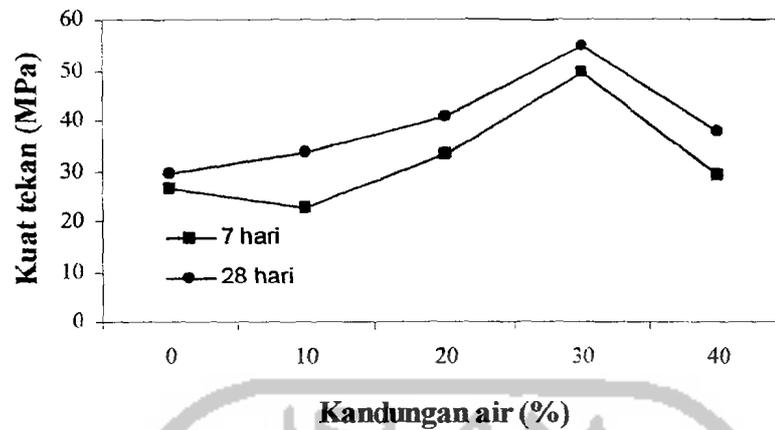
Pada variasi B30-70SP, B40-70SP, dan B30-60SP, B40-60SP mulai terlihat adanya segregasi pada adukan beton walaupun masih relatif kecil karena sedikitnya kandungan air pada campuran beton. Hal ini sesuai dengan penelitian Ilham (2003) *bleeding* dan *segregation* hampir tidak terjadi walaupun ada relatif kecil dan boleh diabaikan. Pada saat penuangan pada cetakan mengalami hambatan karena campuran adukan beton cepat mengeras, hal ini dipengaruhi rendahnya kandungan air pada adukan beton terutama pada variasi B30-60SP, B40-60SP sebesar 60 % dari jumlah kandungan air, walaupun penambahan *superplasticizer* sudah cukup tinggi 3,62 % dan 6,64 % hal ini sesuai dengan pendapat Ramachandran (1979) mengatakan, faktor yang mempengaruhi cepat mengerasnya adukan antara lain tipe dan jumlah penambahan *superplasticizer*, tipe dan jumlah kandungan semen, waktu penambahan *superplasticizer*, kelembaban, temperature, cara pengadukan, dan pemakaian bahan tambah lainnya

Pemadatan yang dilakukan juga sangat susah karena campuran hampir padat tanpa mengisi cetakan secara penuh sehingga menghasilkan adanya rongga-rongga udara pada benda uji. Beton ini memiliki waktu pengerasan pada cetakan relatif lama, sehingga untuk variasi B30-60SP ini perawatan dengan perendaman air tidak dilakukan (tidak dirawat). Penggunaan *superplasticizer* dosis tinggi mengakibatkan beton tidak mengeras dalam satu hari karena proses hidrasi semen

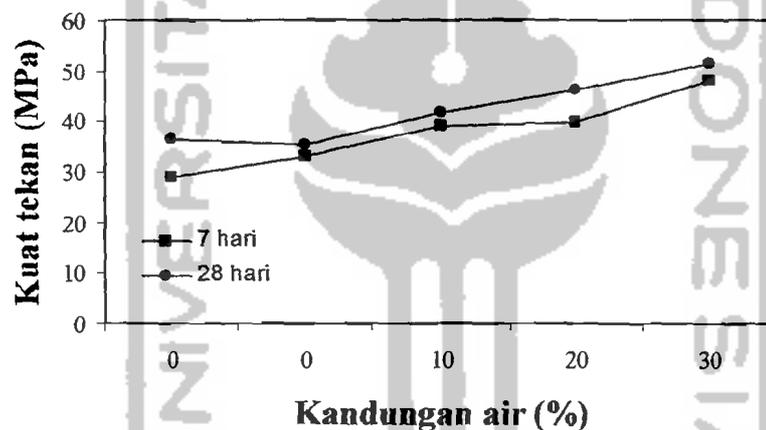
lambat dan menyebabkan masa pengerasan tertunda serta kekuatan beton pada umur muda rendah, menurut Ilham (2003) kondisi demikian dikatakan jenuh. Beton segar pada variasi B40-60SP terlihat jenuh, sehingga perawatan dengan perendaman dilakukan setelah umur 2 hari, tetapi saat perawatan beton mengalami pemisahan agregat di dalam air karena proses hidrasi pada beton mengalami hambatan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilham (2003) yaitu beton dengan campuran *superplasticizer* dosis tinggi ( $> 3\%$ ) tidak mengeras dalam 24 jam atau dapat mengeras dalam 24 jam tapi masih terlihat lembab, maka kemungkinan kuat tekan beton rendah, hal ini disebabkan *superplasticizer* dalam campuran beton melampaui titik jenuh.

### 5.3 Pengaruh pengurangan air dengan kuat tekan

Tujuan utama penelitian ini adalah memodifikasi formula beton normal agar memiliki kuat tekan lebih tinggi dari kuat tekan normal. Kuat tekan beton akan meningkat dengan pengurangan air pada campuran bahan beton. Kelebihan jumlah air pada pasta semen akan menghasilkan beton dengan porositas tinggi, kekuatan rendah dan kurang adanya ikatan antara pasta semen dan agregat. Pengurangan air berlebihan akan menghasilkan beton kering dengan workabilitas rendah (Chaiyasena, 1992). Untuk mempertahankan workabilitas pada beton segar ditambahkan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer* yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja beton tersebut. Pengaruh pengurangan air terhadap kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5.1 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 30 MPa



Gambar 5.2 Hubungan pengurangan kandungan air dan kuat tekan 40 MPa

Gambar 5.1 dan 5.2 terlihat bahwa semakin besar pengurangan kandungan air akan menambah kuat tekan pada beton. Untuk B30-70SP dan B40-70SP kekuatan beton mencapai kuat tekan optimal dan pada B30-60SP mengalami penurunan kuat tekan akibat pengurangan kandungan air terlalu banyak karena tidak sesuainya kandungan air dengan dosis *superplasticizer* yang ditambahkan,

sehingga proses hidrasi semen pada beton terhambat. Benda uji B40-60SP tidak dilakukan uji kuat tekan, karena tidak kering.

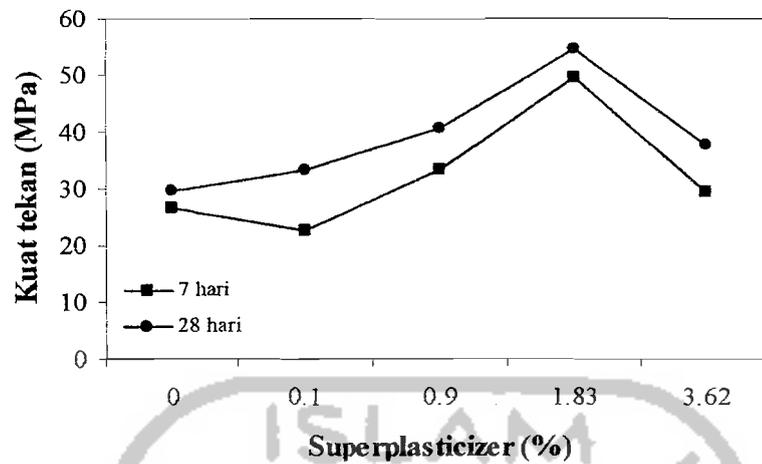
Pengurangan kandungan air antara 10 – 30 % mengalami peningkatan kekuatan dan kekuatan optimal dicapai pada pengurangan kandungan air 30 %. Pada pengurangan kandungan air 40 % mengalami penurunan kekuatan sebesar 31,26 % dari kuat tekan optimal. Pada variasi B40NSP pada umur 28 hari mengalami penurunan kekuatan dari B40N, hal ini terjadi akibat workabilitasnya tinggi sehingga beton menjadi encer dan pengikatan agregat oleh pasta semen kurang baik. Kuat tekan maksimal diperoleh pada variasi B30-70SP dan B40-70SP yaitu 54,7 MPa dan 51,25 MPa. Pengurangan kandungan air 30 % menghasilkan reaksi yang tepat antara semen, air dan *superplasticizer* sehingga kuat tekan maksimal dapat tercapai.

Dari hasil pengujian *superplasticizer* dengan merk dagang Sikament NN mampu mereduksi air maksimal 30 % dengan peningkatan maksimal. Pengurangan kandungan air antara 10 – 30 % dengan penambahan *superplasticizer* untuk mendapatkan kekuatan yang lebih tinggi sesuai dengan penelitian yang dilakukan *Admixtures and ground slag* (1990) bahwa *superplasticizer* mampu mereduksi pemakaian air antara 12 – 25 % tanpa mempengaruhi workabilitas yang dihasilkan beton kinerja tinggi dan lebih padat, serta kuat tekan yang dihasilkan mampu mencapai 96,5 MPa setelah umur 28 hari. Pada penelitian Cook (1994) *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air antara 15 – 35 % dan menghasilkan beton dengan nilai slump antara 20 – 25 cm,

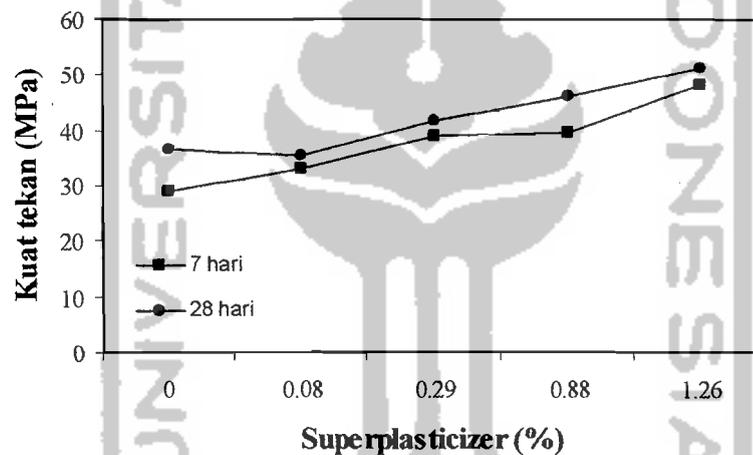
dan menurut Ramachandran (1979) penambahan *superplasticizer* dapat mengurangi kandungan air sampai 30 %.

#### 5.4 Pengaruh penambahan *superplasticizer* dengan kuat tekan

Kuat tekan yang akan dicapai oleh beton akan mengalami peningkatan apabila kandungan air dalam campuran bahan dikurangi. Sesuai dengan sifat beton, workabilitas akan menurun apabila kandungan air pada beton dikurangi, untuk menjaga workabilitas beton ditambahkan bahan tambah *superplasticizer*. *Superplasticizer* dapat mengurangi porositas dan kadar pori pada beton akibat pengurangan kandungan air (Swamy, 1989). *Superplasticizer* memiliki fungsi untuk meningkatkan workabilitas beton segar, dengan meningkatnya workabilitas tersebut beton lebih encer sehingga pasta semen akan dapat mengisi rongga pori-pori pada agregat dan mengurangi kandungan udara yang terperangkap. Workabilitas yang tinggi pada beton akan membuat kekuatan dan kekakuan beton meningkat. Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton tidak mengurangi kinerja beton keras, kuat tekan beton cenderung meningkat, kecuali pada kandungan *superplasticizer* lebih besar dari 3 % seperti terlihat pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 30 MPa



Gambar 5.4 Hubungan penambahan *superplasticizer* dan kuat tekan 40 MPa

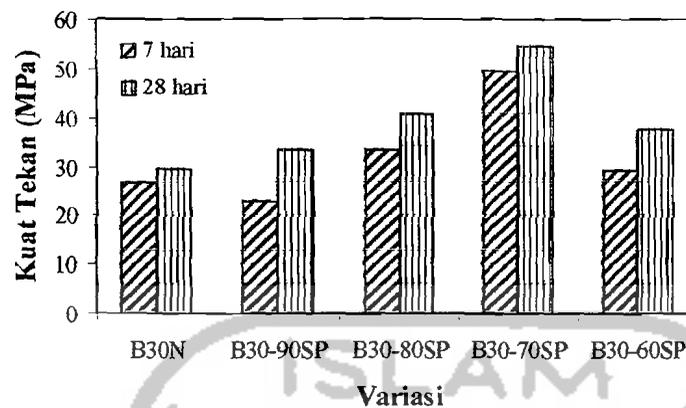
Gambar 5.3 dan 5.4 memperlihatkan penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan kekuatan beton secara optimal pada pengurangan kandungan kandungan air 30 %. Penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan maksimal pada kuat tekan 30 MPa sebesar 1,83 % dan pada kuat tekan 40 MPa sebesar 1,26 % dari berat semen. Hasil penelitian tersebut hampir mendekati dengan penelitian yang dilakukan Chaiyasena (1992) bahwa dengan pemakaian *superplasticizer*

antara 1 – 3 % dari berat semen akan meningkatkan kuat tekan dan workabilitas beton, dan mencapai kuat tekan optimal dengan pemakaian *superplasticizer* sebesar 2 %. Penelitian yang dilakukan Baronio (1990) kuat tekan optimal tercapai dengan penggunaan *superplasticizer* 1,5 % dari berat semen

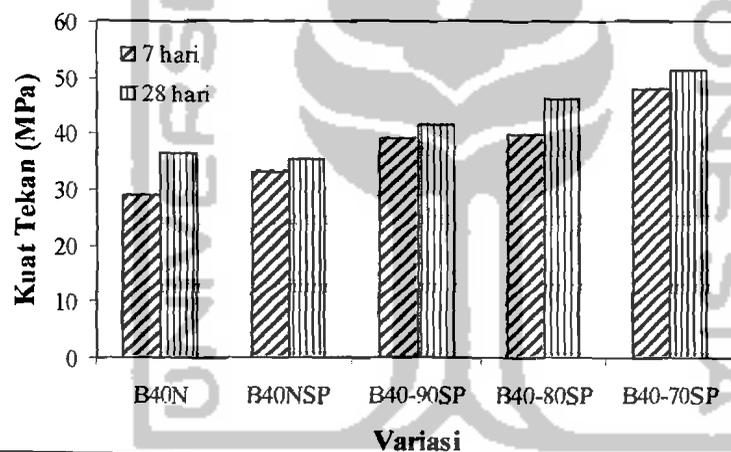
Pada B30-60SP kuat tekan beton berkurang dibandingkan variasi B30-70SP, hal ini terjadi karena penambahan SP dengan dosis tinggi sebesar 3,62 % dari berat semen dan pada B40-60SP sebesar 6,64 % dari berat semen. Hal ini sesuai dengan penelitian Punkki, dkk (1996) bahwa penambahan SP lebih besar dari 3,1 % dari berat semen akan membuat kekuatan beton berkurang. Pada B40-60SP campuran beton sudah sangat kental sehingga tidak mengeras dalam jangka waktu 24 jam karena campuran tersebut terlalu banyak *superplasticizer* dan melampaui titik jenuhnya sehingga proses hidrasi beton terhambat dan saat perawatan beton mengalami pemisahan antara agregat dan pasta semen.

### **5.5 Hubungan Umur Beton dengan Kuat Tekan**

Umur beton merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan suatu beton karena dengan bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton akan meningkat. Pengaruh umur beton terhadap kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5.5 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 30 MPa



Gambar 5.6 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan pada beton 40 MPa

Dari Gambar 5.6 dan 5.7 terlihat bahwa pada beton B30-90SP, B40-90SP, B30-80SP dan B40-80SP kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Beton pada umur 7 hari memiliki peningkatan kuat tekan awal yang tinggi, terutama pada variasi B30-70SP dan B40-70SP. Peningkatan kuat tekan pada umur 7 hari terhadap kuat tekan rencana rata-rata untuk variasi B30-70SP dan B40-70SP yaitu 33,89 % dan 1,98 %. Pada variasi

yang lain kuat tekan pada umur 7 hari kurang dari kuat tekan rencana rata-rata. Perbedaan kuat tekan untuk variasi kuat tekan 30 MPa antara 10,08 – 38,54 %, sedangkan pada kuat tekan 40 MPa perbedaan kuat tekan umur 7 hari terhadap kuat tekan rencana rata-rata antara 15,6 – 38,6 %. Kuat tekan awal yang tinggi pada umur 7 hari karena penambahan *superplasticizer* terhadap pengurangan kandungan air pada kondisi optimum, sehingga reaksi yang terjadi dapat mempercepat proses hidrasi semen dan menghasilkan kekuatan tekan awal beton tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Ilham (2003) bahwa penambahan *superplasticizer* optimum pada umur 7 hari akan mencapai kekuatan awal tinggi dan meningkat lagi pada umur 28 hari.

Pada beton kuat tekan 30 MPa untuk variasi B30-90SP mengalami peningkatan kekuatan sebesar 10,66 MPa atau 31,92 %, sedangkan pada B30-80SP peningkatannya sebesar 7,32 MPa atau 18,04 %. Demikian pula pada beton kuat tekan 40 MPa untuk B40-90SP peningkatan kekuatan sebesar 2,31 MPa atau 5,56 % dan pada B40-80SP peningkatan kekuatan sebesar 2,46 MPa atau 5,33 %. Pada variasi B30-90SP hampir sama dengan penelitian Fahmi dan Wahyu (2004) bahwa penambahan *superplasticizer* sebesar 0,5 % dari berat semen pada umur 28 hari kekuatannya meningkat sebesar 40 % dari kuat tekan 7 hari untuk beton kuat tekan 25 MPa. Umur beton juga menentukan kekuatan beton terutama pada saat beton dalam proses hidrasi, oleh karena itu diadakan perawatan agar proses tersebut dapat terjadi secara sempurna. Menurut Tjokrodimulyo (1996), pada proses hidrasi dengan semen beton diperlukan sedikitnya 20 - 30 % jumlah air dari berat semen.

Pada beton variasi B30-60SP kekuatan bertambah karena pengaruh umur sebesar 8,39 MPa atau 22,31 %. Besarnya peningkatan tersebut karena proses hidrasi yang terhambat pada beton dapat diatasi dengan lamanya waktu perawatan sehingga campuran bahan yang terdapat di dalam beton dapat terhidrasi.

### 5.6 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Kuat Geser

Kuat geser merupakan salah satu hal penting yang harus diperhitungkan terutama untuk struktur balok. Oleh karena itu, pengujian untuk kuat geser perlu dilakukan. Besar kekuatan geser pada beton berkisar antara 8 % - 13 % dari kuat desak (Ilham, dkk). Pada variasi beton normal didapat kuat geser sebesar 3,09 MPa dan 4,56 MPa. Perbandingan antara kuat geser dengan kuat tekan pada variasi normal (B30N dan B40N) sebesar 15,44 % dan 8,5 %, sedangkan pada variasi B30-60SP dan B40-70SP prosentase perbedaan kuat geser terhadap kuat tekan sebesar 9,28 % dan 6,34 %. Kuat geser maksimal pada variasi B30-70SP sebesar 5,70 MPa atau 10,42 % dan pada variasi B40NSP sebesar 4,71 MPa atau 13,32 %. Penurunan kuat geser antara variasi B30-70SP dengan variasi B30-60SP sebesar 38,77 %, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *superplasticizer* dosis tinggi memberikan pengaruh yang besar terhadap kuat geser. Oleh karena itu, penambahan *superplasticizer* hanya meningkatkan kuat tekan dengan disertai peningkatan kuat geser yang rendah. Perhitungan hubungan antara kuat geser dan kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Korelasi kuat geser dan kuat tekan

No	Variasi	f'c umur 28 hari		fsh umur 28 hari		Prosentase (%)	
		30 MPa	40 MPa	30 MPa	40 MPa	30 MPa	40 MPa
1	B-N	29,53	36,35	4,56	3,09	15,44	8,5
2	B-NSP	-	35,37	-	4,71	-	13,32
3	B-90SP	33,4	41,49	4,98	3,83	14,91	9,23
4	B-80SP	40,59	46,14	4,31	4,28	10,62	9,28
5	B-70SP	54,7	51,25	5,70	3,25	10,42	6,34
6	B-60SP	37,6	-	3,49	-	9,28	-

Dari hasil pengujian pada tabel 5.2 terlihat bahwa prosentase kuat geser terhadap kuat tekan antara 6,34 – 15,44 %. Hasil penelitian tersebut mendekati penelitian yang dilakukan Ilham (2004), yaitu antara 8 – 13 %.

## 5.7 Prediksi Kuat Tekan dan Kuat Geser

### 5.7.1 Prediksi Kuat Tekan

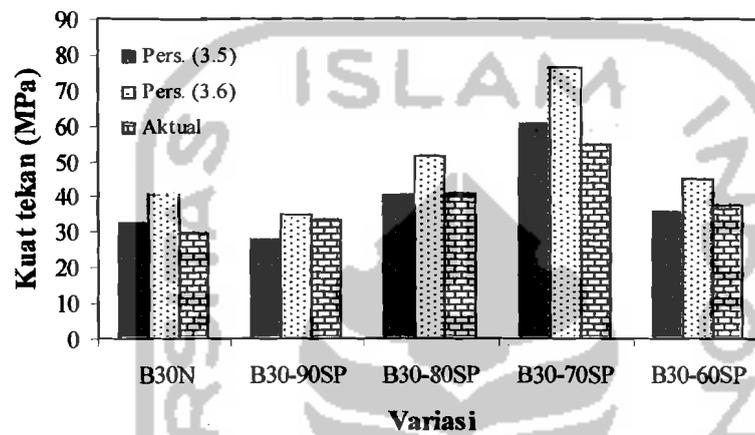
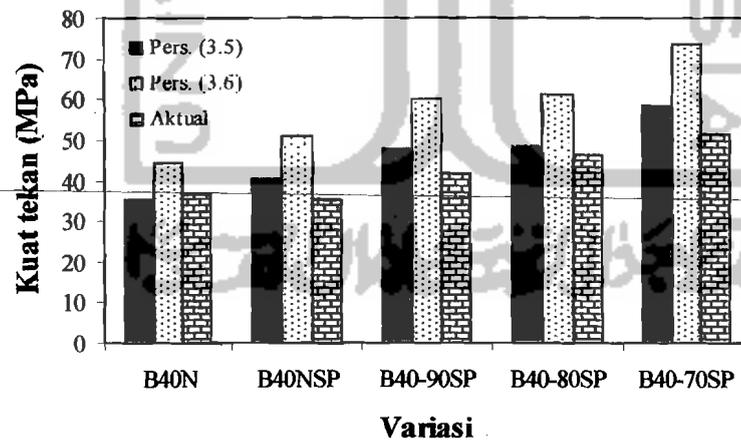
Perhitungan prediksi kuat tekan beton menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6). Data perhitungan prediksi dapat dilihat pada tabel 5.3 dan 5.4

Tabel 5.3 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 Mpa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	32,36	40,9	29,53	9,58	38,5
B-90SP	27,67	34,98	33,4	20,71	4,73
B-80SP	40,49	51,18	40,59	0,25	26,09
B-70SP	60,29	76,21	54,7	10,22	39,32
B-60SP	35,55	44,94	37,6	5,77	19,52

Tabel 5.4 Kuat tekan prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 Mpa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	35,12	44,4	36,35	3,5	22,14
B-NSP	40,23	50,86	35,37	13,74	43,79
B-90SP	47,5	60,05	41,49	14,48	44,73
B-80SP	48,26	61,01	46,14	4,6	32,22
B-70SP	58,33	73,74	51,25	13,81	43,88

Gambar 5.7 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi  $f_c'$  30 MPaGambar 5.8 Hubungan antara kuat tekan aktual dan prediksi  $f_c'$  40 MPa

Dari Gambar 5.7 dan 5.8 terlihat bahwa grafik hasil pengujian berada di bawah kedua persamaan persamaan (3.5) dan (3.6). Pada kuat tekan 30 MPa kuat tekan yang diuji hampir mendekati hasil prediksi persamaan (3.5), sedangkan untuk persamaan (3.6) perbedaannya sangat besar. Hasil prediksi (3.5) dengan aktual pada variasi B30N dan B30-70SP mengalami perbedaan sebesar 9,58 % dan 10,22 % lebih tinggi 2,83 dan 5,59 MPa, sedangkan pada variasi B30-90SP, B30-80SP dan B30-60SP perbedaannya lebih kecil antara 0,25 – 20,71 % atau 0,1 – 5,73 MPa. Hasil perhitungan pada prediksi (3.6) perbedaannya sangat besar dengan hasil aktual.

Pada kuat tekan 40 MPa perbedaannya terlihat sangat mencolok, rata-rata untuk kedua persamaan prediksi tersebut lebih besar dari hasil pengujian. Dari kedua persamaan tersebut yang lebih mendekati dari uji aktual adalah persamaan (3.5). Pada B40N persentase kekuatan lebih kecil dari hasil uji aktual sedangkan untuk B40-90SP sampai B40-60SP baik pada persamaan (3.5) maupun persamaan (3.6) lebih besar dari hasil uji aktual yaitu antara 4,6– 44,73 % atau sekitar 2,12 – 18,56 MPa.

Hasil prediksi dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6), menunjukkan bahwa hasil prediksi persamaan (3.5) lebih mendekati hasil uji aktual dibanding persamaan (3.6). Dengan demikian persamaan (3.5) dapat digunakan untuk pendekatan kuat tekan umur 28 hari dengan menggunakan data kuat tekan umur 7 hari. Persamaan (3.6) hasil yang diperoleh jauh dari hasil yang aktual, hal itu karena persamaan (3.6) lebih cocok dipakai untuk beton pada kondisi normal tanpa modifikasi.

### 5.7.2 Prediksi Kuat Geser

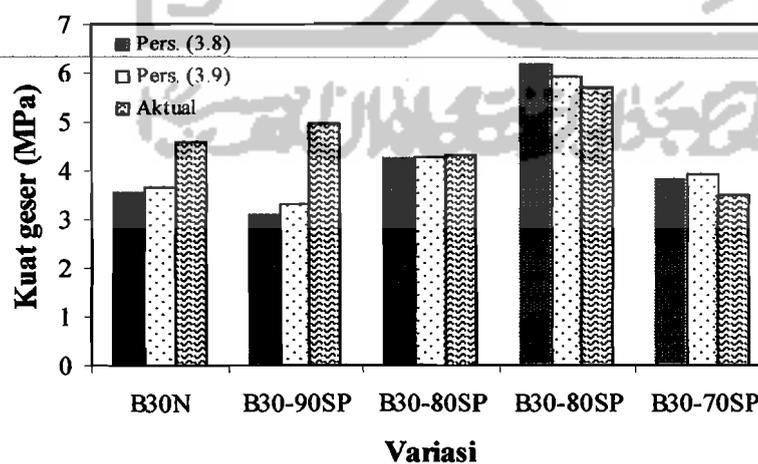
Perhitungan prediksi kuat geser beton menggunakan persamaan (3.8) dan (3.9). Data perhitungan kuat geser dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6

Tabel 5.5 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 30 MPa

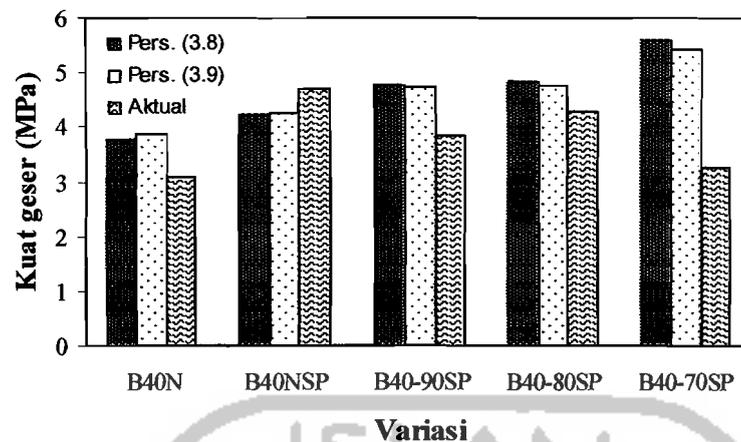
Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	3,52	3,67	4,56	29,54	24,25
B-90SP	3,08	3,31	4,98	61,68	50,45
B-80SP	4,22	4,26	4,31	2,13	5
B-70SP	6,15	5,92	5,70	7,89	3,86
B-60SP	3,8	3,91	3,49	8,88	12,03

Tabel 5.6 Kuat geser prediksi dan aktual pada kuat tekan 40 MPa

Variasi	Prediksi umur 28 hari		Rata - rata Umur 28 hari	Prosentase	
	I	II		I	II
B-N	3,76	3,88	3,09	21,68	25,56
B-NSP	4,2	4,24	4,71	12,14	11,08
B-90SP	4,78	4,73	3,83	24,80	23,49
B-80SP	4,84	4,78	4,28	13,08	11,68
B-70SP	5,59	5,42	3,25	72	66,77



Gambar 5.9 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi  $f_c'$  30 MPa



Gambar 5.10 Hubungan antara kuat geser aktual dan prediksi  $f_c' 40$  MPa

Gambar 5.9 terlihat bahwa kuat geser aktual variasi B30N, B30-90SP dan B30-80SP lebih besar dibandingkan hasil kedua persamaan prediksi tersebut, yaitu antara 2 % - 62 %. Variasi B30-70SP dan B30-60SP hasil kuat geser aktual mendekati hasil yang didapat dari kedua persamaan prediksi antara 4 – 12 %. Dari hasil prediksi persamaan (3.8) dan (3.9), yang menunjukkan hasil yang hampir sesuai dengan kuat geser aktual adalah persamaan (3.8), maka persamaan (3.8) dapat dipakai untuk mengetahui kuat geser umur 28 hari dengan data kuat tekan pada umur 28 hari.

Gambar 5.10 terlihat bahwa hasil uji kuat geser aktual perbedaannya sangat besar, terutama pada variasi B40-70SP dengan perbedaan sebesar 67 % dari persamaan prediksi (3.9). Kuat geser lebih tinggi daripada hasil persamaan prediksi terjadi pada variasi B40NSP sebesar 11 %. Dengan hasil yang berbeda sangat besar maka kedua persamaan prediksi tersebut tidak dapat dijadikan acuan untuk mengetahui kuat geser dengan data kuat tekan umur 28 hari pada pengujian ini.

Secara keseluruhan persamaan (3.8) dan (3.9) yang diusulkan oleh Ilham (2004) untuk memprediksi kuat geser beton kinerja tinggi belum begitu meyakinkan untuk memprediksi beton normal.

### 5.8 Analisis Biaya Pemakaian *Superplasticizer*

Ditinjau dari segi kekuatannya, pengurangan air dan penambahan *superplasticizer* kuat tekan yang dihasilkan lebih besar dari beton rencana. Sebagai perencana bangunan faktor biaya sangat penting, karena dengan mengetahui biaya yang akan dikeluarkan akan diketahui besarnya manfaat yang akan diterima.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa beton dengan kuat tekan 30 MPa lebih baik dalam pengerjaannya dan memiliki kuat tekan maksimum pada variasi pengurangan kandungan air 30 %. Pada kuat tekan 40 MPa hasil penelitian yang didapat tidak lebih ekonomis dibandingkan kuat tekan 30 MPa, kuat tekan maksimal pada variasi B40-70SP sebesar 51,25 MPa.

Analisis biaya yang akan dibandingkan dengan perhitungan standar komposisi campuran bahan metode DOE berupa variasi B30-90SP, B30-80SP dan B30-70SP. Perhitungan analisis ini yang dijadikan acuan perbandingan pada bahan semen dan *superplasticizer*. Variasi B30-90SP menghasilkan kuat tekan 33 MPa menggunakan *superplasticizer* 0,5 kg dan semen sebesar 500 kg untuk 1 m<sup>3</sup>. Variasi B30-80SP menghasilkan kuat tekan 40 MPa menggunakan *superplasticizer* 4,5 kg dan semen sebesar 500 kg untuk 1 m<sup>3</sup>. Pada variasi B30-70SP kuat tekan yang dihasilkan 54 MPa dengan pemakaian *superplasticizer* 9 kg/m<sup>3</sup> dan semen 500 kg/m<sup>3</sup>. Dengan kuat tekan sebesar 33 MPa, 40 MPa dan 54

MPa pada perencanaan campuran metode DOE didapat kuat tekan rencana 26 MPa, 33 MPa dan 45 MPa dengan mutu pekerjaan baik. Dari hasil perencanaan campuran bahan tersebut, untuk kuat tekan rencana 26 MPa semen yang digunakan sebesar  $478 \text{ kg/m}^3$ , untuk kuat tekan rencana 33 MPa semen yang digunakan sebesar  $549 \text{ kg/m}^3$ , untuk kuat tekan rencana 45 MPa semen yang digunakan sebesar  $750 \text{ kg/m}^3$ . Data perhitungan analisis biaya pada Tabel 5.7, Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5.7 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 26 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan ( $\text{kg/m}^3$ )	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
26	Semen	478	296.360,00	296.360,00
B30-90SP	Semen <i>Superplasticizer</i>	500 0,5	310.000,00 8.750,00	318.750,00

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi kurang menguntungkan dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 26 MPa.

Tabel 5.8 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 33 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan ( $\text{kg/m}^3$ )	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
33	Semen	549	340.380,00	340.380,00
B30-80SP	Semen <i>Superplasticizer</i>	500 4,5	310.000,00 78.750,00	388.750,00

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi kurang menguntungkan dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 33 MPa.

Tabel 5.9 Perbandingan analisis biaya antara kuat tekan 30 MPa dan 45 MPa

Mutu Beton (MPa)	Bahan	Kebutuhan (kg/m <sup>3</sup> )	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
47	Semen	750	465.000,00	465.000,00
B30-70SP	Semen	500	310.000,00	467.500,00
	<i>Superplasticizer</i>	9	157.500,00	

Dari tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kuat tekan 30 MPa cara DOE yang telah dimodifikasi relatif sama dibandingkan perhitungan standar metode DOE dengan kuat tekan rencana 47 MPa. Dalam pengerjaan untuk beton kinerja tinggi dengan perhitungan metode DOE standar biasanya agak sulit tercapai, dengan adanya penelitian modifikasi campuran bahan ini beton kinerja tinggi dapat dicapai dengan pelaksanaan pekerjaan yang lebih mudah.