

PENGARUH KADAR BESTMITTEL PADA ADUKAN BETON SERAT BENDERAT 2% TERHADAP PERCEPATAN KEKUATAN BETON NORMAL DENGAN FAS 0.4 %

Oleh: Nurokhman¹

E-mail: nurokhman.jogja@gmail.com

ABSTRAK: Beton serat saat telah banyak dikembangkan dalam menunjang kinerja kekuatan beton untuk meningkatkan daktilitas. Beberapa serat telah dilakukan penelitian, salah satunya serat bendrat. Dalam pelaksanaan pekerjaan upaya untuk mempercepat kekuatan adukan beton dilakukan penambahan additif.

Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar additif bestmittle pada adukan beton serat 2% pada faktor air semen 0,4%.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan kadar bestmettel pada beton serat 2% ada kecenderungan makin naik kuat tekannya dan maksimal dicapai pada kadar 3% sebesar 28,60 MPa atau lebih tinggi 108,497% dari beton normal pada umur 7 hari. Sedangkan pada umur 14 hari kuat tekan mencapai 33,06 MPa atau lebih tinggi 125,132% dari beton normal. Kuat lentur pada umur 7 hari mengalami kenaikan kuat lentur maksimal pada variasi benda uji 0,3% sebesar 5,664 MPa atau lebih tinggi 105,142% dari beton normal dan pada umur 14 hari mencapai 5,857 MPa atau lebih tinggi 105,798% dari beton normal. Kesetaraan kuat tekan pada umur 28 hari 0% sebesar 30,022 MPa dapat dicapai pada umur kurang dari 14 hari dengan penambahan variasi bestmittel 0,3% yaitu 33,06 MPa. Perlu dikaji lebih lanjut tentang beton dengan penambahan kimia dengan jenis yang berbeda karena baru dikaji dari segi bestmittelnnya.

Kata kunci: Bestmittel, Kuat Tekan, dan Kuat Lentur

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan struktur yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Beton sudah lama dikenal di Indonesia, beton mempunyai kelebihan mudah dilaksanakan, mudah perawatannya, dan juga mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi. Meskipun demikian beton juga mempunyai kelemahan, yaitu sifatnya yang relative getas sehingga kurang mampu menahan tegangan tarik.

Beton yang akhir-akhir ini dikembangkan adalah beton serat dikarenakan secara ekonomis dan kekuatan teruji melalui penelitian baik yang diteliti oleh instansi pemerintah maupun swasta, sebagai upaya untuk mengatasi kelemahan sifat beton, tinggallah inovasi yang perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan mutu beton sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam penelitian kali ini dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan mutu beton yang lebih baik dengan memperhatikan sifat-sifat yang dimiliki beton, dengan memberikan bahan tambah berupa serat kawat bendrat dan bestmittel yang dicampurkan kedalam adukan beton. Maksud utama penambahan serat kawat kedalam beton adalah untuk menambah sifat daktil atau getas pada beton, sedangkan penambahan bestmittel adalah untuk mempercepat proses pencapaian kekuatan pada beton.

Mergusa chemie (dalam adhi,1997) menjelaskan bahwa bestmittel adalah bahan tambah kimia yang berbentuk cair dari proses pencampuran khusus pada pencucian/pembersihan garam-garam alkali pada asam lignin sulfonik,

¹⁾ adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

yang berfungsi mempercepat laju kenaikan kuat tekan. Selain itu akan menambah nilai *slump* pada adukan beton untuk factor air semen yang sama, dengan demikian sifat kemudahan pengerjaannya akan meningkat.

Penelitian Riana (1996) dengan penambahan serat kawat bendrat yang berdiameter 0,75 cm dengan potongan kawat lurus sepanjang ± 6 cm pada beton non-pasir, dalam lima variasi konsentrasi serat 0% sampai 2% memberikan petunjuk bahwa terjadi penggumpalan serat (*balling*) selama proses pengadukan seiring dengan peningkatan konsentrasi serat.

Dalam penelitian yang terdahulu tentang bahan kimia cair terutama bestmittel dengan prosentase tertentu dapat mempercepat proses pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton kemudian ditambah serat kawat bendrat dengan prosentase tertentu dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur. Hasil penelitian *A kadir Aboe* dengan penambahan serat kawat bendrat ± 6 cm pada adukan beton normal menunjukkan serat 3%, volume beton mampu meningkatkan kuat tekan sekitar 36,16% dan kuat lentur 7,42%.

Dalam penelitian kali ini dengan prosentase 0%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5% pada bestmittel ditambah serat kawat bendrat 2 %, diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton lebih dari 36,16%, dan kuat tekan lebih dari 7,42%.

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan bestmittel dengan variasi 0%, 0,3%, 0,4%, 0,5% berat semen ditambah serat kawat dengan konsentrasi tetap 2% terhadap kuat tekan dan kuat lentur. Sehingga diharapkan dapat mempercepat dan menambah kekuatan sifat mekanik beton dengan fas 0,4 pada umur 7 dan 14 hari.

1.3. Manfaat Penelitian

Sebagai bahan acuan atau referensi bagi mahasiswa pada khususnya dan masyarakat pada umumnya tentang pengaruh bahan tambah bestmittel dan kawat bendrat untuk menambah kekuatan dan mempercepat sifat mekanik pada beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton serat pada dasarnya adalah suatu bahan tambah yaitu berupa serat yang dicampurkan ke dalam adukan beton pada perbandingan tertentu. Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat, karena ditambah serat maka menjadi suatu bahan yang komposit, yaitu beton dan serat. Ramakrisna (1988) memberikan hasil bahwa indeks tahanan lentur akan meningkat sesuai dengan konsentrasi serat. Secara umum, indeks tahanan lentur bervariasi sekali pada posisi retak, konsentrasi, aspek rasio, distribusi, dan jenis serat. Meskipun demikian, indeks tahanan lentur untuk balok dengan campuran serat berkait akan berkisar dua sampai tiga kali lebih besar dibandingkan dengan memakai serat lurus. Menurut Suhendro, B. (1991) bahwa sifat-sifat kurang baik beton adalah getas, yang berakibat beton tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur serta ketahanan yang rendah terhadap beban impact. Kondisi tersebut dapat diperbaiki dengan menambah serat yang terbuat dari potongan-potongan kawat bendrat pada adukan.

ACI Committee 544, mendefinisikan beton serat (*fiber Reinforced Concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran semen portland, agregat halus, agregat kasar, air, serat sejumlah kecil serat (*fiber*) Menurut kardiyono 1992, beton beserat ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Adanya serat mengakibatkan berkurangnya sifat mudah dikerjakan dan mempersulit terjadinya *segregasi*. Serat dalam beton berguna untuk mencegah adanya retak retak, sehingga

menjadikan beton serat lebih daktil dibandingkan dengan beton normal. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas lebih tinggi dari beton, maka beton serat akan bersifat lebih tahan benturan dan lenturan, sedangkan jika modulus elastisitas lebih rendah maka hanya membuat beton serat lebih tahan benturan. Karena lebih tahan benturan, beton serat banyak digunakan pada bangunan hidraulik, landasan pesawat terbang, jalan raya, lantai jembatan, dll.

Dengan demikian, adanya serat pada beton diharapkan dapat berfungsi untuk menahan sebagian beban yang diterima oleh beton, baik gaya tekan maupun kuat lentur. Secara garis besar serat dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat buatan. Masing-masing jenis serat ini mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Dan disarankan pemilihan serat perlu disesuaikan dengan sifat beton yang akan diperbaiki ataupun yang akan ditingkatkan mutu beton tersebut.

Serat baja (*steel fibers*), mempunyai ke kuat dan modulus elastisitas yang relative tinggi, selain itu serat ini tidak mengalami perubahan bentuk akibat alkali dalam semen, digunakan bila dibutuhkan kuat lentur beton tinggi, tetapi penggunaan serat baja dapat mengakibatkan terjadi penggumpalan (*balling effects*) akibat sifat adhesi serat selama proses pengadukan. Kawat bendrat termasuk dalam kelompok *steel fibers* yang biasa digunakan sebagai pengikat rangkaian baja tulangan, mempunyai diameter ± 1 mm dan terbuat dari campuran besi baja tanpa pelapis aluminium maupun seng. Kawat bendrat dapat diperoleh dengan mudah dan memiliki kekuatan dan modulus elastisitas relative tinggi. Factor utama yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton serat adalah interaksi antara serat dan adukan beton.

Tjokrodimulyo, (1996) menerangkan bahwa bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) ialah bahan kimia cair yang dicampurkan pada adukan beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan factor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen sama. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh. Sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan. Bahan kimia tambahan yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan ikatan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan di atas permukaan air atau pada struktur beton yang memerlukan penyelesaiannya segera misalkan perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang jembatan dan sebagainya. Selain 5 jenis diatas, ada dua jenis yang lain yang lebih khusus, yaitu bahan kimia yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sampai 12 % atau bahkan lebih. Untuk menghasilkan adukan beton dengan kekentalan sama (air dikurangi sampai 12 % lebih namun adukan tidak bertambah kental). Bahan kimia tambahan dengan fungsi ganda, yaitu mengurangi air sampai 12 % atau lebih dan memperlambat waktu pengikatan awal.

Secara umum kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi berlangsung hanya kira-kira 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Artinya kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat. Tetapi jika kekurangan air malah cenderung akan menyulitkan dalam pembuatan beton, beton tak tercampur dengan baik, sulit diangkut dan dimungkinkan terdapat rongga-rongga yang besar (*keropos*). Tetapi diusahakan jumlah air sedikit mungkin sesuai dengan kebutuhan agar kekuatan beton tidak terlalu rendah.

Umur beton diperlukan untuk memperkirakan atau memprediksi kekuatan beton, sehingga dengan mengetahui umur beton kita dapat merencanakan kekuatan dan mutu

yang diharapkan. Umur beton yang biasa direncanakan yaitu 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Secara teoritis, umur 3 hari pada adukan beton normal kekuatannya sebesar 53% terhadap umur 28 hari, pada 7 hari 70%, pada 14 hari 85%.

Bahan tambah kimia jenis *accelerating admixture* dapat dijadikan sebagai alternative bahan tambah beton. Bahan tambah *accelerating admixture* mempunyai ciri khusus dapat meningkatkan kualitas beton, sehingga diharapkan sifat mekanik beton dapat meningkat. Bahan *accelerating admixture* yang dimaksud adalah merk Bestmittel. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa pemakaian bahan tambah serat bendrat dengan kadar prosentase tertentu dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton. Tetapi dalam penelitian ini lebih spesifik pada kadar prosentase 2%, dengan harapan dapat meningkatkan kuat tekan.

Sifat yang paling penting dari beton pada umumnya adalah kuat tekan. Kuat tekan biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekan tinggi, sifat-sifatnya yang lain juga tinggi. Dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja. (Tjokrodimuljo, 1992). Kuat tekan beton tergantung dengan factor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen, serta sifat agregat penyusunnya. Pada prinsip lain bahwa kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai factor antara lain: factor air semen dan suhu perawatan, semakin tinggi f.a.s semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya. Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh besar pori-pori diantara gel-gel atau pori-pori hasil hidrasi (Tjokrodimuljo, 1992). Secara umum untuk memperoleh kuat tekan sesuai mutu yang diinginkan harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain: air, semen, jenis semen, jumlah semen, dan sifat dari agregat penyusunnya.

Kuat lentur beton adalah nilai tegangan yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penampang benda uji. Tegangan maksimum pada pengujian kuat lentur yaitu beban ditempatkan ditengah bentang dan dua titik sentries pada tengah balok. Pengukuran kuat lentur salah satunya dengan cara memprediksi kekuatan lentur beton, dengan membuat benda uji berupa balok ukuran 15cmx15cmx60cm. Benda uji ini diisi dengan adukan beton, masing-masing dengan dua benda uji yang sama dimana setiap benda uji mendapatkan pemadatan yang secukupnya dengan menggunakan besi yang di tusukan kedalam adukan beton yang terdapat pada benda uji tersebut. Sehingga beton tidak berongga dan didapat mutu yang sesuai harapan.

Nilai banding antara kuat tekan (F_c') dan regangan (ϵ) disebut Modulus elastisitas. Dan untuk mengetahui nilai modulus elastisitas harus dilakukan pengujian tegangan-regangan. Pada pengujian tersebut akan diperoleh grafik hubungan tegangan regangan yang bentuknya hampir linier pada pembebanan awal hingga batas elastis, kemudian berbentuk busur pada kondisi plastis hingga kuat batas telah tercapai dan kemudian kuat tekan akan menurun hingga regangan maksimum (*pecah*). Perencanaan adukan beton pada penelitian menggunakan metode "Road Note No.4". Pada metode ini kekuatan tidak mutlak ditentukan banyaknya semen, tetapi dipengaruhi oleh komposisi perbandingan air, kerikil, pasir dan bahan tambah. Dengan demikian terdapat hubungan antara kekuatan semen, kekuatan beton, jumlah air dan agregat.

3. METODE PENELITIAN

Persiapan alat diperlukan sebagai upaya untuk mengecek sejauh mana alat tersebut bekerja sehingga diharapkan dalam penelitian tidak terjadi hal-hal yang dapat menghambat penelitian misalkan akibat kerusakan alat. Sedangkan persiapan bahan susun benda uji dan bahan tambah merupakan persiapan awal dari tahap penelitian

sehingga diketahui berapa banyak kebutuhan pasir, kerikil, semen, air dan bahan tambah. Perhitungan kebutuhan bahan menggunakan metode "Rode Note No 4" Hasil perhitungan betul jika berat beton permeter kubik mencapai 2300 kg sampai 2400 kg. Pembuatan benda uji untuk tiap posentase sebanyak 6 buah dan 4 buah. Kebutuhan bahan susun untuk semen, kerikil, air dan bahan kimia dan serat kawat bendrat untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada umur 7 dan 14 hari.

Kebutuhan bahan susun untuk benda uji dengan bahan tambah besmetel dan serat kawat bendrat 2% permeter kubiknya dapat dilihat dalam Tabel 1, dibawah ini:

Tabel 1 Kebutuhan bahan susun beton permeter kubik

Bahan Susun	0%	0,3 %	0,4 %	0,5 %
Semen (kg)	376	376	376	376
Pasir (kg)	752	752	752	752
Kerikil(kg)	1128	1128	1128	1128
Air (Liter)	150,4	150,4	150,4	150,4
Bendrat (kg)	0	7,52	7,52	7,52
Bestmittel (Liter)	0	1,128	1,504	1,88

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan dilaboratorium menunjukkan bahwa pasir mempunyai berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) 2,787 menunjukkan pasir tersebut masih termasuk agregat density normal. Sedangkan penyerapan airnya 2,9 % dan kandungan lumpurnya 1,5 % berarti pasir dapat digunakan tanpa harus dicuci karena lebih kecil dari 5 % sehingga memenuhi syarat untuk campuran beton. Modulus halus pasir 2,6194. Melihat dari pemeriksaan gradasi agregat halus tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pasir yang digunakan termasuk pasir sedang. Kandungan lumpur 1,5 % dan dari data tersebut didapat bahwa masih dibawah batas maksimum kandungan lumpur pada pasir (5%), sehingga pasir tersebut dapat langsung digunakan dalam pembuatan beton tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

Agregat kasar yang dipakai berasal dari sungai Krasak DIY dengan butiran maksimum 20 mm secara umum berbentuk irregular atau tidak beraturan dan permukaannya kasar dan bersudut tajam. Dari hasil pemeriksaan krikil didapat berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) 2,51, sedangkan penyerapan airnya sebesar 4,8 %. Pemeriksaan modulus halus butiran didapat sebesar 7,68.

Tingkat kemudahan pengejaan berkaitan dengan tingkat kelecakan (*keenceran*) adukan beton. makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat workability (*kemudahan dalam pengerjaan*) adukan beton perlu dilakukan pengujian nilai slump sebelum proses pencetakan untuk masing-masing tipe beton. Makin besar nilai slump berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan. Untuk tipe beton dengan kode Bu-00 diperoleh nilai slump rata-rata $\pm 1,87$ cm, untuk kode BU-0,3 diperoleh nilai slump rata-rata $\pm 3,00$ cm, untuk kode Bu-0,4 cm diperoleh nilai slump rata-rata $\pm 2,75$ cm, dan untuk kode Bu- 0,5 diperoleh nilai slump rata-rata $\pm 3,75$ cm. Nilai slump yang diperoleh ternyata lebih kecil dari perencanaan untuk adukan beton yang dipergunakan untuk dinding dan balok yaitu 7,5-15 cm (PBB1 1971). Kecilnya nilai slump tersebut disebabkan oleh pasir dan kerikil yang digunakan tidak pada kondisi SSD, sehingga kemungkinan terjadinya penyerapan air campuran kedalam agregat.

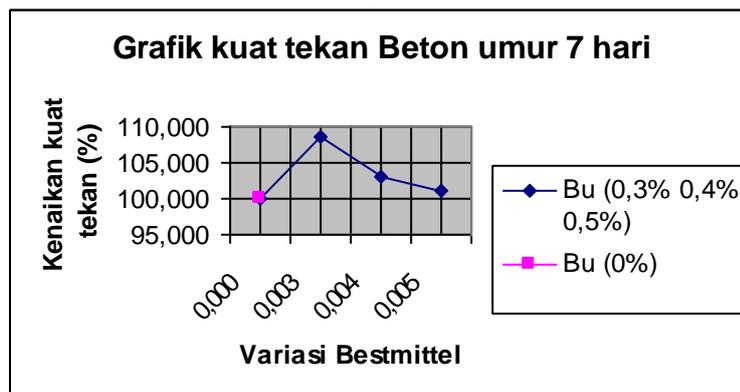
Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton bahan tambah bestmittel dan serat kawat bendrat maka dilakukan pengujian kuat tekannya. Penambahan bestmittel dan serat kawat bendrat pada umur 7 hari memberikan peningkatan terhadap kuat tekan beton pada benda uji 0,3 % besarnya kuat tekan maksimum yaitu 28,60 MPa. Namun tingkat kenaikannya tidak terlalu tinggi dari beton

normal atau meningkat 108,497% dari beton normal, sedangkan pada benda uji 0,4% dan 0,5% juga mengalami peningkatan kuat tekan yaitu untuk 0,4% besar kuat tekan maksimum sebesar 27,13 MPa atau meningkat 102,921% dari beton normal, sedangkan untuk benda uji 0,5% besarnya kuat tekan yaitu 26,66 MPa atau meningkat 101,138 % dari beton normal. Hasil analisis kuat tekan beton umur 7 hari dapat disajikan pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2 Hasil analisa kuat tekan beton umur 7 hari

Type	Tinggi T (cm)	Diameter (cm)	Luas (A) (cm ²)	P max (KN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata ² (MPa)	Kenaikan terhadap 0%	
0 %	1	30	177	480	27,7	26,36	100	
	2	29,9	14,6	430	25,7			
	3	30	14,61	167,6	440			26,6
0,3 %	1	29,9	15	176,6	500	28,60	108,497	
	2	30,1	15,2	181,4	570			31,43
	3	29,93	14,5	165,05	430			26,05
0,4 %	1	29,8	14,9	174	430	27,13	102,921	
	2	29,9	15	176	470			26,
	3	30	14,99	176,4	530			30,05
0,5 %	1	29,8	15	176,6	490	26,66	101,138	
	2	29,8	14,8	11,9	460			26,75
	3	29,99	15	176,63	450			25,78

Berdasarkan tabel diatas dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti pada gambar 5.1. Dari grafik tersebut didapat bahwa dengan penambahan bestmittel dan serat kawat bendrat pada beton normal semuanya mengalami tren kenaikan. Kenaikan tertinggi/optimal didapat pada variasi bestmittel 0,3%. Dilanjutkan variasi 0,4% dan 0,5%.



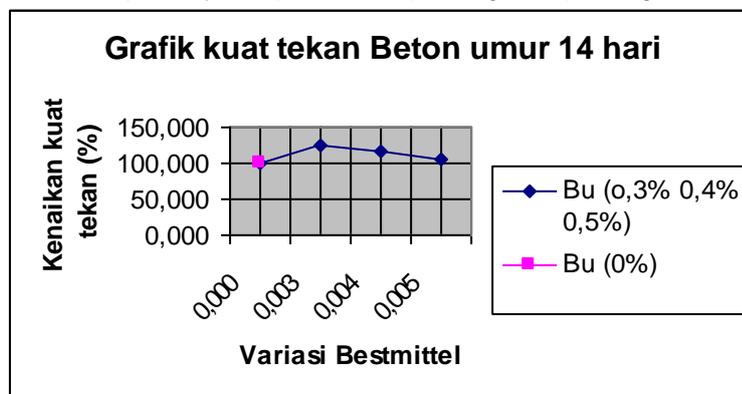
Gambar 1 Grafik kuat tekan beton umur 7 hari

Sedangkan penambahan besmetel dan serat kawat bendrat pada umur 14 hari lebih besar penambahan kuat tekannya. Hal ini bisa dilihat pada benda uji 0,3% yang mengalami kenaikan maksimal dibandingkan dengan benda uji 0,4% dan 0,5%. Yaitu pada benda uji 0,3% kenaikan kuat tekan maksimal sebesar 33,06 MPa atau meningkat dengan 125,132 % dari beton normal. Sedangkan benda uji 0,4% kuat tekannya yaitu sebesar 30,56 MPa atau meningkat dengan 115,45% dari beton normal dan untuk benda uji 0,5% kenaikan kuat tekannya yaitu sebesar 27,93 Mpa atau meningkat dengan 105,15 % dari beton normal untuk mengetahui nilai kuat tekan pada beton besmetel dan serat kawat bendrat dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3 Analisa kuat tekan beton umur 14 hari

Type	Tinggi T (cm)	Diameter Ø (cm)	Luas (A) (cm ²)	P max (KN)	Kuat Desak Fc' (MPa)	Kuat Desak Rata ² (MPa)	Kenaikan terhadap 0%
0 %	1	30,1	15	177	375	21,2	100
	2	30,1	15	177	475	26,9	
	3	30,13	15	176,7	555	31,14	
0,3 %	1	29,93	15,16	180,4	635	35,2	125,132
	2	30	15	176,6	520	29,44	
	3	29,93	14,93	175,21	605	35,529	
0,4 %	1	30,1	15,1	178	570	32,1	115,45
	2	30	15	176	510	29,9	
	3	30,58	15,02	177,1	545	30,77	
0,5 %	1	30	14,94	175,2	555	31,68	105,15
	2	30,11	15,04	177,6	435	24,5	
	3	29,93	14,96	175,68	485	22,606	

Dari hasil kuat tekan diatas menunjukkan bahwa pada pengujian kuat tekan umur 14 hari semua variasi benda uji mengalami tren kenaikan kuat tekan terhadap beton normal. Kenaikan kuat tekan terkait dengan penambahan bestmittel dan serat kawat bendrat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2 Grafik kuat tekan beton umur 14 hari

Perbandingan nilai dari tegangan dan regangan disebut nilai modulus elastisitas. Dalam hal ini modulus elastisitas diambil pada umur 14 hari, padahal kalau menurut aturan modulus elastisitas diambil pada umur 21 atau 28 hari. Tetapi dalam penelitian ini umur 14 hari diambil modulus elastisitasnya dengan asumsi bahwa penambahan bestmittel dan serat kawat bendrat 2% dianggap setara dengan umur 28 hari.

Tabel 4 Modulus elastisitas Beton.

Benda uji	Teg rata-rata/fc' (MPa)	Reg rata-rata/ε (mm)	$E = \frac{fc'}{\epsilon}$ (MPa)
A 0%	13,714	0,00213	6438,490
B 0,4%	15,815	0,00285	5550,526
C 0,5%	13,699	0,00185	7404,860
D 0,3%	13,716	0,00192	6892,460

Pada Tabel 4 dapat dilihat dua perbedaan nilai modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas yang pertama menggunakan pendekatan rumus 3.2. didapat modulus elastisitas tertinggi pada benda uji 0,5% yaitu 7404,860 MPa, Sedangkan nilai modulus

elastisitas yang kedua menggunakan pendekatan rumus 3.3 didapat modulus elastisitas tertinggi pada benda uji 0% yaitu 18690,996 Mpa.

Hasil pengujian kuat lentur dengan penambahan besmetel dan serat kawat bendrat 2% mengalami kenaikan maksimal pada beton dengan benda uji 0,3% sebesar 5,664 MPa atau meningkat 105,142%, bila dibandingkan dengan beton normal. Pada benda uji 0,4% juga mengalami kenaikan sebesar 5,491 MPa atau meningkat 101,429% dari beton normal. Dari hasil pengujian kuat lentur juga mengalami penurunan sebesar 4,915 MPa atau turun 91,328% dari beton normal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5 Hasil analisa kuat lentur beton umur 7 hari

Kadar Bu	Lebar Cm	Tinggi Cm	Beban Max P(Kg)	Jarak tumpuL (cm)	Fl (MPa)	Flrt (MPa)	Kenaikan (%)	
0%	1	15	15	2525	50	5,666	5,387	100
	2	15	15,3	2300	50	5,110		
0,3 %	1	15	15,3	2640	50	5,639	5,664	105,142
	2	15	15,4	2700	50	5,690		
0,4 %	1	15,2	14,8	2700	50	5,766	5,491	101,429
	2	15	15	2350	50	5,220		
0,5 %	1	15	15,4	2300	50	5,402	4,915	91,238
	2	15	15,2	2100	50	4,4300		

Dari hasil analisa kuat lentur beton bestmettel dan serat kawat bendrat 2% pada umur 14 hari. Didapat data bahwa kenaikan kuat lentur maksimal terjadi pada benda uji 0,3% yaitu sebesar 5,857 MPa dengan meningkat 105,798% dari beton normal. Tetapi penambahan di atas 3% cenderung kuat lentur menurun. Penambahan 0% menurun menjadi 5,111 MPa atau turun 93,027% dari beton normal, hal ini juga terjadi pada benda uji 0,5% menurun 4,906 Mpa atau turun 88,619% dari beton normal. Untuk lebih jelasnya dapat disajikan dalam Tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6 Analisa kuat lentur beton pada umur 14 hari

Kadar (Bu)	Lebar L (cm)	Tinggi T (cm)	Beban P.Max (Kg)	Jarak tumpu L (cm)	fl' (MPa)	fl'rt (MPa)	Kenaikan (%)	
0%	1	15	15,2	2550	50	5,518	5,536	100
	2	15	15,3	2600	50	5,550		
0,3 %	1	14,9	15	2600	50	5,411	5,857	105,798
	2	14,9	15	2800	50	5,900		
0,4 %	1	15	15	2100	50	4,666	5,111	93,027
	2	15	15	2300	50	5,560		
0,5 %	1	14,9	15	2100	50	4,667	4,906	88,619
	2	14,4	15	2300	50	5,150		

Sebagai pembanding atau komparasi dicoba dengan penelitian Hasan, H, 2006 yang menggunakan bahan tambah bestmittel 0%, 0,3% dan 0,4% dengan penelitian yang dilakukan oleh penyusun. Komparasi tersebut terdapat dalam Tabel 5.15. Komparasi penelitian yang dilakukan penyusun dengan penelitian Hasan, H. 2006. tentang Bestmittel. Penambahan bestmittel pada penelitian yang dilakukan sebelumnya bestmittel tanpa serat dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 25% dari

beton normal. Sedangkan dalam penelitian menggunakan bestmittel ditambah serat kawat bendrat 2% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 8,498% dari beton normal. Peningkatan kuat tekan dalam hal ini dipengaruhi oleh komposisi campuran bahan tambah, dan bahan susun beton, juga dipengaruhi oleh fas. Dan secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas semakin rendah mutu beton.

Sebagai pembandingan atau komparasi dicoba dengan hasil penelitian AKadir Aboe (Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP UII). Hasil penelitian yang dipakai adalah kuat tekan maksimal 32,307 MPA pada penambahan serat bendrat 2% yang dapat menaikkan kuat tekan 22%. Peningkatan kuat tekan sebesar 22% dari beton normal diasumsikan umur beton 28 hari. Sedangkan pada penelitian bestmittel ditambah serat kawat bendrat 2% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 25% dari beton normal. Perbedaan kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi campuran bahan tambah, bahan susun beton dan faktor air semen.

Kesetaraan atau konversi dilakukan pada umur 7 dan 14 hari. Untuk mencapai kesetaraan kuat tekan beton terhadap 0% (beton normal) umur 28 hari dapat dihitung dengan persamaan 3.5 dan 3.6 sehingga dapat diperoleh hasil kesetaraan umur beton terhadap 28 hari dalam Tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7 Kesetaraan kuat tekan terhadap 0% umur 28 hari

Kadar (%)	Umur		Kadar (%)	Umur	
	Fc' 7 hari	Fc' 28 hari		Fc' 14 hari	Fc' 28 hari
0	26,38	37,685	0	26,42	30,022
0,3	28,60	40,857	0,3	33,06	37,568
0,4	27,13	38,757	0,4	30,58	34,750
0,5	26,66	38,085	0,5	27,93	31,738

Bedasarkan Tabel 7 umur beton 7 hari tidak mencapai kesetaraan kuat tekan terhadap 0% (beton normal) umur 28 hari, dikarenakan kuat tekan umur 0% (beton normal) 28 hari lebih besar dari kuat tekan beton umur 7 hari. Tetapi kesetaraan kuat tekan umur beton dapat dicapai pada umur 14 dengan variasi benda uji 0,3% yaitu 33,06 Mpa lebih besar dari variasi benda uji 0% (beton normal) umur 28 hari.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Penambahan kadar bestmittel pada beton serat 2% ada kecenderungan makin naik kuat tekannya dan maksimal dicapai pada kadar 3% sebesar 28,60 MPa atau lebih tinggi 108,497% dari beton normal pada umur 7 hari. Sedangkan pada umur 14 hari kuat tekan mencapai 33,06 MPa atau lebih tinggi 125,132% dari beton normal.
2. Kuat lentur pada umur 7 hari mengalami kenaikan kuat lentur maksimal pada variasi benda uji 0,3% sebesar 5,664 MPa atau lebih tinggi 105,142% dari beton normal dan pada umur 14 hari mencapai 5,857 MPa atau lebih tinggi 105,798% dari beton normal.
3. Kesetaraan kuat tekan pada umur 28 hari 0% sebesar 30,022 MPa dapat dicapai pada umur kurang dari 14 hari dengan penambahan variasi bestmittel 0,3% yaitu 33,06 MPa.
4. Perlu dikaji lebih lanjut tentang beton dengan penambahan bahan kimia dengan jenis yang berbeda karena baru dikaji dari segi bestmittelnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariyanto, B. 2003, *Penaruh Penambahan fiber Plastik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Kuat Lentur pada Beton Non pasir dengan Agregat Batu Gamping*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cokroaminoto Yogyakarta
- Nurokhman, 2002, *Wahana Teknik*, Vol. 4. 2. Agustus, Penerbit Bidang Keteknikan antar Perguruan Tinggi Swasta DIY.
- Sudarmoko, 2002, *Prosiding Seminar Nasional*, Penerbit Nafiri Yogyakarta.
- Setioningsih, 2002, *Wahana Teknik*, Vol. 4. No. 1/ April, Penerbit Bidang Keteknikan antar Perguruan Tinggi Swasta DIY.
- Suharyanto, 2002, *Janateknika*, Vol. 4. No.1/Januari, Penerbit Fakultas Teknik Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Sulistiyowati E. E., 2000, *Penggunaan Breksi Batu Apung Ukuran 5 mm – 20 mm Sebagai Agregat dalam Pembuatan Beton Non Pasir*, TA, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1995, *Media Teknik*, No. 1. Tahun XVII April, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.
- Ulfah, S. 2003, *Pengaruh Penambahan High Strengt Additive pada Beton Non Pasir dengan Agregat Breksi Batuapung*, TA. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cokroaminoto Yogyakarta.