

KUAT LEKAT DAN SUSUT MORTAR BERSERAT BAMBUN DENGAN VARIASI PENAMBAHAN POLYMER SEBAGAI MATERIAL PERBAIKAN STRUKTUR BETON

Uu Saepudin¹, Gini Hartati²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Galuh, Jl. R.E. Martadinata No.150, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat, 46274, Indonesia^{1,2}

E-mail : uusaepudin20@gmail.com¹, ginihartati70@gmail.com²

Abstrak

Mortar sebagai *repair material* relatif mudah dibuat dan diaplikasikan di lapangan. Pembuatan dan penggunaan mortar relatif lebih mudah dibandingkan dengan beton sendiri. Namun, mortar belum memenuhi sebagai *repair material*. Untuk itu, mortar perlu ditambahkan dengan material lainnya guna menambah kuat lekat antara *repair material* beton. Salah satu material yang dapat digunakan adalah *polymer*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian dirancang dengan 5 perlakuan untuk uji kuat lekat dan susut (*shrinkage*), perlakuan yang diujicobakan yaitu penambahan polymer 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat semen dan variasi campuran serat bambu 1%, 2% dan 3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *polymer* pada mortar berserat bambu mempengaruhi nilai kuat lekat dan susut (*shrinkage*) mortar. Kuat lekat mortar berserat bambu tertinggi pada variasi penambahan polymer 5% yaitu 4,33 Mpa, 4,72 Mpa dan 4,07 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Kemudian kuat lekat mortar berserat bambu terendah pada variasi penambahan polymer 10% yaitu 2,10 Mpa, 2,36 Mpa dan 1,84 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Mortar berserat bambu yang mengalami susut paling besar pada variasi penambahan polymer sebesar 10% yaitu 703,333 *microstrain*, 695,000 *microstrain* dan 708,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Selanjutnya mortar berserat bambu yang mengalami susut paling kecil pada variasi penambahan polymer 5% yaitu sebesar 573,333 *microstrain*, 563,333 *microstrain* dan 611,667 *microstrain* pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Variasi penambahan polymer yang optimum 4,48% menghasilkan kuat lekat maksimum sebesar 4,402 MPa dan susut yang minimum sebesar 563,333 *microstrain*.

Kata Kunci: Kuat Lekat, Susut Mortar, *Polymer*.

1. Pendahuluan

Beton memiliki berbagai kelebihan sebagai bahan konstruksi dibandingkan dengan bahan yang lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut di antaranya bahan pembentuknya didapat dengan mudah baik secara alami atau dapat dicari alternatif bahan lain sehingga harga relatif murah, mudah dalam pengerjaannya dapat dibentuk sesuai dengan keinginan, tahan terhadap cuaca, perawatan bangunan relatif murah.

Selain kelebihan tersebut, beton juga dapat mengalami kerusakan yang diakibatkan karena korosi, kelebihan beban, serangan asam dan masih banyak lagi. Kerusakan-kerusakan

yang terjadi di antaranya patah karena kelebihan beban, aus karena asam, *spalling* (terlepasnya bagian beton), retak-retak dan lain-lain. Pembuatan campuran (*mix design*) yang tidak sesuai dengan perbandingan yang ditentukan juga dapat menjadi penyebab awal kerusakan sebuah beton. Oleh karena itu pada pembuatan *mix design* perlu dicermati komposisi yang digunakan dalam campuran tersebut.

Penambalan (*patch repair*) adalah salah satu solusi untuk mengatasi kerusakan pada beton. Untuk pekerjaan *patch repair* ini perlu juga diperhatikan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh material-material yang akan digunakan. Syarat-syarat tersebut di antaranya

mampu menyatu baik dengan beton yang akan di *patch repair* dan tidak mengurangi kekuatan pada beton. Banyak material yang dapat digunakan untuk sebuah pekerjaan *patch repair* ini. Akan tetapi material *patch repair* yang terdapat di pasaran harganya relatif tinggi jika digunakan untuk pengerjaan *patch repair* dalam jumlah besar. Oleh karena itu perlu dikembangkan *material repair* dengan bahan dasar mortar.

Mortar sebagai *repair material* relatif mudah dibuat dan diaplikasikan di lapangan. Pembuatan dan penggunaan mortar relatif lebih mudah dibandingkan dengan beton sendiri. Namun, mortar belum memenuhi sebagai *repair material*. Untuk itu, mortar perlu ditambahkan dengan material lainnya guna menambah kuat lekat antara *repair material* beton. Salah satu material yang dapat digunakan adalah *polymer*. *Polymer* merupakan bahan yang dapat ditambahkan dalam campuran *repair mortar* karena bersifat *deformable* dan memiliki daya lekat yang baik, sehingga dapat menyesuaikan bentuk dengan beton induknya.

Selain penambahan *polymer*, pada penelitian ini juga akan ditambahkan serat bambu. Penambahan serat tersebut dapat memperbaiki daktilitas mortar dan sifat lenturnya, juga dapat menambah daya tahan terhadap beban kejut, susut dan adanya perubahan perilaku mortar dalam menerima retakan. Serat pada campuran mortar dapat berfungsi sebagai tulangan mikro yang tersebar secara acak dalam mortar.

Pengujian *Slant Shear* merupakan cara pengujian untuk memperoleh nilai kuat lekat dengan cara memberikan kemiringan pada beton induk dan beton repair (benda uji) yang kemudian pada beton tersebut diberikan tekanan sehingga terjadi pemisahan yang diakibatkan oleh adanya geser pada kedua material tersebut. Selain pengujian *Slant Shear* juga dilakukan pengujian susut (*Shrinkage*). Penambahan *polymer* dan serat bambu pada campuran mortar, diharapkan dapat menjadi bahan tambah pada *repair mortar* yang berfungsi sebagai bahan pengikat butiran

agregat dengan semen, campuran lebih elastis, dengan demikian dapat mengimbangi susut (*shrinkage*) yang terjadi pada *repair material*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan *polymer* dan serat bambu pada campuran mortar terhadap kuat lekat dan susut (*shrinkage*), serta mengetahui variasi kadar penggunaan *polymer* dan serat bambu pada campuran mortar yang optimum sehingga menghasilkan kuat lekat yang maksimum dan susut (*shrinkage*) yang minimum.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Mortar

Mortar merupakan bahan yang terbuat dari campuran antar semen dengan agregat halus yang dicampur dengan air sebagai perekat. Sebagai bahan yang terbuat dari *cement based* (pengikat), mortar mempunyai sifat mengembang dan menyusut. Kerusakan yang sering terjadi pada mortar adalah retak. Hal ini disebabkan karena berbagai macam faktor, seperti kualitas sumber daya manusia, pengaruh cuaca, pengaruh elemen struktural bangunan dan komposisi mortar yang digunakan di mana dapat mempengaruhi kualitas dan ketahanan mortar tersebut. Untuk meningkatkan ketahanan dan kekuatan awal mortar dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan menambahkan bahan tambah seperti *superplasticizer* yang dapat mengurangi kadar air dan meningkatkan kekuatan awal serta *accelerator* yang dapat mempercepat pengerasan.

Campuran mortar dengan penambahan bahan tambah akan diperoleh perubahan sifat sifat tertentu dari mortar tersebut. Dalam penelitian ini digunakan *polymer* sebagai bahan tambahnya untuk bahan *repair*. Adapun bahan penyusun mortar sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis

ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (PUBI, 1982). Bahan utama semen adalah batu kapur yang kaya akan kalsium karbonat dan tanah lempung yang banyak mengandung silika (sejenis mineral berbentuk pasir), aluminium oksida (alumina) serta oksida besi. Bahan-bahan itu kemudian dihaluskan dan dipanaskan pada suhu tinggi (15500C) sampai terbentuk campuran baru. Selama proses pemanasan, terbentuklah campuran padat yang mengandung zat besi. Agar tak mengeras seperti batu, ramuan diberi bubuk gips dan dihaluskan hingga berbentuk partikel-partikel kecil seperti bedak.

2. Agregat halus

Agregat halus sering disebut dengan pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian maupun hasil pemecahan. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat halus adalah agregat dengan besar butir kurang dari 4,75 mm. Agregat halus mempunyai peran penting sebagai pembentuk beton dalam pengendalian *workability*, kekuatan (*strength*), dan keawetan beton (*durability*) dari mortar yang dihasilkan. Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan.

Syarat – syarat agregat halus (pasir) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C 33 adalah:

- Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
- Butiran tajam, keras, kekal (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
- Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.
- Gradasi sesuai spesifikasi dan hindari *gap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga.
- Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada

bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.

- Kadar lumpur agregat tidak lebih dari 5 % terhadap berat kering karena akan berpengaruh pada kuat tekan beton.
- ## 3. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun mortar yang paling penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai bahan pengikat (bahan penghidrasi semen) dan bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*). Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan pada beton, tetapi kelemahan atau daya kerjanya akan berkurang. Secara umum air yang dapat digunakan dalam campuran adukan mortar adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan mortar dengan kekuatan lebih dari 90 % dari mortar yang memakai air suling. Pemakaian air untuk beton, sebaiknya memenuhi syarat baku air bersih sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.2 Kerusakan Beton

1. Retak (*Crack*)

Beton biasanya dikarenakan proporsi campuran pada beton kurang baik. Retak merupakan kerusakan paling ringan yang terjadi pada beton. Keretakan dibedakan retak struktur dan non-struktur. Retak struktur umumnya terjadi pada elemen struktur konstruksi bangunan, sedang retak non-struktur terjadi dinding bata atau dinding non-beton lainnya. Pada retak non struktur dapat terjadi karena beberapa sebab, di antaranya proporsi campuran beton kurang baik, umur bangunan, cuaca,

efek panas yang berlebihan, reaksi kimia dan susut. Kemudian penyebab retak pada struktur sama dengan retak non struktur tapi retak pada struktur juga terjadi karena gempa, kebakaran dan korosi pada struktur beton.

2. Terlepasnya Bagian Beton (*Spalling*)
Spalling atau terlepasnya bagian beton merupakan jenis kerusakan beton yang sering terjadi pada bangunan beton dan biasanya kurang diperhatikan dalam pembuatan campurannya. Kerusakan ini terjadi karena campuran beton yang kurang homogen dan juga faktor umur beton. Oleh karena itu metode perbaikan pada kerusakan *spalling*, tergantung pada besar dan dalamnya *spalling* yang terjadi.
3. Aus
Aus merupakan jenis kerusakan beton yang sering terjadi pada bangunan. Kerusakan jenis ini biasanya kurang diperhatikan karena tingkat kerusakan yang sulit diprediksi. Kerusakan ini juga disebabkan karena umur beton yang sudah terlalu lama, kebakaran, reaksi kimia dan sebagainya.
4. Patah
Patah yang terjadi pada beton biasanya dikarenakan struktur beton yang tidak mampu untuk menahan beban. Kerusakan ini bisa terjadi karena pada saat pembuatan campuran beton (*mix design*) kurang diperhatikan proporsi yang digunakan. Sebelum pembuatan campuran beton harus menghitung beban-beban yang akan menimpa struktur beton tersebut agar patah pada beton tidak terjadi.
5. Keropos
Keropos merupakan jenis kerusakan yang disebabkan salah satunya karena umur beton yang terlalu lama. Kerusakan ini biasanya kurang diperhatikan karena kerusakan terjadi pada bagian bangunan yang sulit dijangkau. Misalnya pada bagian bawah jembatan. Untuk itu agar tidak terjadi keropos dini karena reaksi kimia atau yang lain maka perlu diperhatikan pada saat pembuatan bangunan.

6. Delaminasi
Beton mengelupas sampai kelihatan tulangnya disebut delaminasi. Kerusakan ini bisa terjadi pada konstruksi bangunan dikarenakan banyak sebab, di antaranya kegagalan pada pembuatan campuran, reaksi kimia, kelebihan beban dan sebagainya. Oleh karena itu perlu diperhitungkan agar kerusakan ini tidak terjadi pada konstruksi bangunan.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian dirancang dengan 5 perlakuan untuk uji kuat lekat dan susut, masing-masing diulang 3 kali. Perlakuan yang diujicobakan sebagai berikut :

- Perlakuan 1 = Mortar normal
- Perlakuan 2 = Mortar dengan penambahan *Polymer* 2,5 % dari berat semen
- Perlakuan 3 = Mortar dengan penambahan *Polymer* 5,0 % dari berat semen
- Perlakuan 4 = Mortar dengan penambahan *Polymer* 7,5 % dari berat semen
- Perlakuan 5 = Mortar dengan penambahan *Polymer* 10 % dari berat semen

Dengan Variasi campuran serat bambu 1%, 2% dan 3%.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar

Pengujian kuat lekat mortar berserat bambu pada penelitian ini digunakan balok umur 14 hari dengan dimensi 55 x 100 x 250 mm sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi penambahan *polymer*, total benda uji sebanyak 45 benda uji. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan uji geser miring (*slant shear*) yang dilakukan dengan alat *compression testing machine* didapatkan beban maksimum, yaitu pada saat benda uji

retak dan terjadi geser atau patah dari sambungan saat menerima beban tersebut (P_{maks}). Berdasarkan data tersebut kemudian diolah sehingga didapatkan nilai kuat desak *slant shear* (f'_{cr}). Cara perhitungan kuat lekat *slant shear* sebagai berikut :

$$f'_{cr} = \frac{P_{maks}}{A} \times \cos \alpha \sin \alpha$$

$$= \frac{35000}{100 \times 55} \times \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$

$$= 2,76 \text{ MPa}$$

Hasil pengujian kuat lekat mortar berserat bambu benda uji balok dengan dimensi 55 x 100 x 250 mm umur 14 hari selengkapnya seperti ditunjukkan dalam tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 di bawah ini.

Tabel 1
Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar Berserat Bambu 1% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 14 Hari)

No	Benda Uji	A	P	P	f'cr	f'cr Rata-rata
		mm ²	kN	N	MPa	MPa
1	Mortar	5500	35	35000	2,76	3,02
2	0%	5500	40	40000	3,15	
3	Polymer	5500	40	40000	3,15	
1	Mortar	5500	45	45000	3,54	3,54
2	2,5%	5500	40	40000	3,15	
3	Polymer	5500	50	50000	3,94	
1	Mortar	5500	60	60000	4,72	4,33
2	5%	5500	50	50000	3,94	
3	Polymer	5500	55	55000	4,33	
1	Mortar	5500	40	40000	3,15	3,41
2	7,5%	5500	40	40000	3,15	
3	Polymer	5500	50	50000	3,94	
1	Mortar	5500	30	30000	2,36	2,10
2	10%	5500	25	25000	1,97	
3	Polymer	5500	25	25000	1,97	

Tabel 2
Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar Berserat Bambu 2% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 14 Hari)

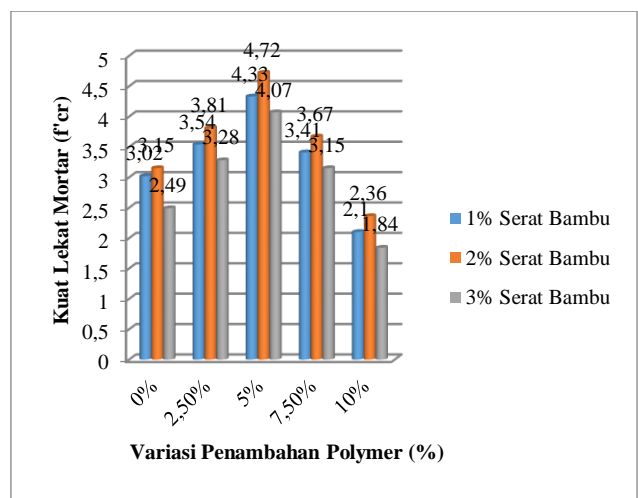
No	Benda Uji	A	P	P	f'cr	f'cr Rata-rata
		mm ²	kN	N	MPa	MPa
1	Mortar	5500	45	45000	3,54	3,15
2	0%	5500	35	35000	2,76	
3	Polymer	5500	40	40000	3,15	
1	Mortar	5500	45	45000	3,54	3,81
2	2,5%	5500	50	50000	3,94	
3	Polymer	5500	50	50000	3,94	
1	Mortar	5500	55	55000	4,33	

2	5% Polymer	5500	65	65000	5,12	4,72
3		5500	60	60000	4,72	
1	Mortar	5500	45	45000	3,54	3,67
2		7,5%	5500	50	50000	
3	Polymer	5500	45	45000	3,54	
1	Mortar	5500	25	25000	1,97	2,36
2		10%	5500	35	35000	
3	Polymer	5500	30	30000	2,36	

Tabel 3
Hasil Pengujian Kuat lekat Mortar Berserat Bambu 3% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 14 Hari)

No	Benda Uji	A	P	P	f'cr	f'cr Rata-rata
		mm ²	kN	N	MPa	MPa
1	Mortar	5500	30	30000	2,36	2,49
2		0%	5500	35	35000	
3	Polymer	5500	30	30000	2,36	
1	Mortar	5500	40	40000	3,15	3,28
2		2,5%	5500	40	40000	
3	Polymer	5500	45	45000	3,54	
1	Mortar	5500	50	50000	3,94	4,07
2		5%	5500	55	55000	
3	Polymer	5500	50	50000	3,94	
1	Mortar	5500	35	35000	2,76	3,15
2		7,5%	5500	45	45000	
3	Polymer	5500	40	40000	3,15	
1	Mortar	5500	25	25000	1,97	1,84
2		10%	5500	20	20000	
3	Polymer	5500	25	25000	1,97	

Berdasarkan tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 diperoleh grafik yang menggambarkan hasil pengujian kuat lekat mortar berserat bambu dengan variasi penambahan *polymer* seperti ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar Berserat Bambu

4.2 Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar

Pengujian susut pada penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 75 mm dan tinggi 275 mm. Pengujian *shrinkage* pada benda uji dimulai saat benda uji berumur 1,2,3,4,5,6,7 dan 14 hari. Nilai *shrinkage* didapat dari perhitungan antara selisih perubahan panjang dibagi panjang mula-mula. Hasil pengujian *shrinkage* mortar berserat bambu benda uji silinder dengan ukuran diameter 75 mm dan tinggi 275 mm umur 14 hari selengkapnya seperti ditunjukkan dalam tabel 4, tabel 5 dan tabel 6 di bawah ini.

Tabel 4

Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 1% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 1,2,3,4,5,6,7 dan 14 Hari)

Hari ke	ϵ_{sh} Mortar 0% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 2,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 7,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 10% Polymer
1	-	-	-	-	-
2	180,000	93,333	113,333	151,667	103,333
3	310,000	256,667	205,000	300,000	221,667
4	370,000	336,667	298,333	338,333	313,333
5	440,000	453,333	405,000	370,000	386,667
6	351,667	483,333	463,333	455,000	495,000
7	581,667	555,000	561,667	560,000	566,667
14	660,000	628,333	573,333	673,333	703,333

Tabel 5

Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 2% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 1,2,3,4,5,6,7 dan 14 Hari)

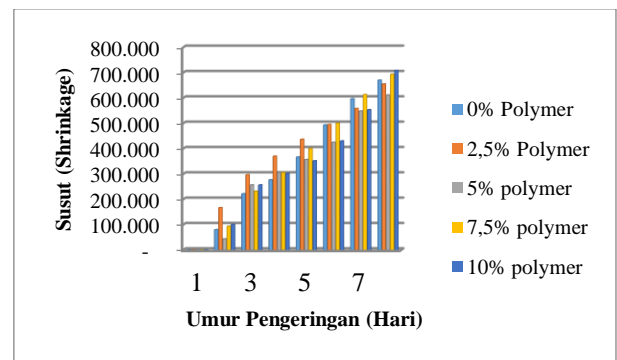
Hari ke	ϵ_{sh} Mortar 0% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 2,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 7,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 10% Polymer
1	-	-	-	-	-
2	105,000	138,333	111,667	143,333	93,333
3	203,333	303,333	231,667	270,000	255,000
4	256,667	338,333	293,333	331,667	303,333
5	356,667	426,667	356,667	373,333	346,667
6	448,333	438,333	428,333	473,333	486,667
7	540,000	495,000	496,667	586,667	598,333
14	645,000	596,667	563,333	675,000	695,000

Tabel 6

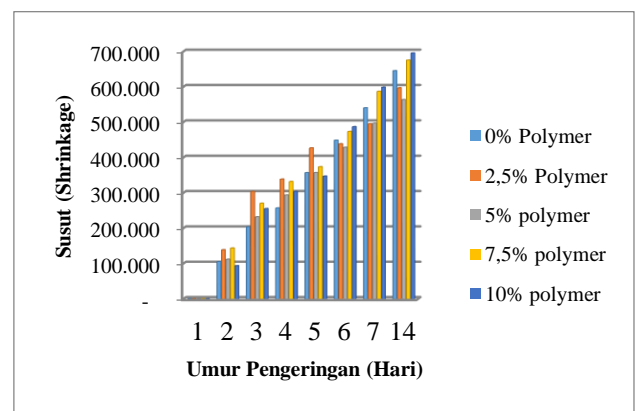
Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 3% dengan Variasi Penambahan *Polymer* (Umur 1,2,3,4,5,6,7 dan 14 Hari)

Hari ke	ϵ_{sh} Mortar 0% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 2,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 7,5% Polymer	ϵ_{sh} Mortar 10% Polymer
1	-	-	-	-	-
2	80,000	166,667	43,333	93,333	100,000
3	221,667	296,667	256,667	231,667	256,667
4	276,667	370,000	305,000	305,000	301,667
5	366,667	436,667	356,667	400,000	351,667
6	493,333	495,000	425,000	500,000	430,000
7	596,667	558,333	548,333	613,333	553,333
14	670,000	655,000	611,667	693,333	708,333

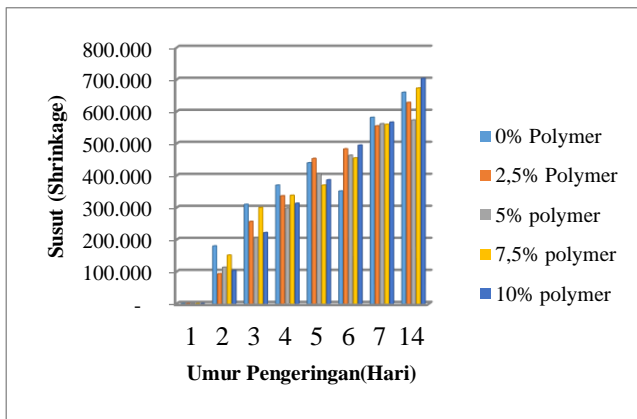
Berdasarkan tabel 4, tabel 5 dan tabel 6 diperoleh grafik yang menggambarkan hasil pengujian *shrinkage* mortar berserat bambu dengan variasi penambahan *polymer* seperti ditunjukkan pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4 di bawah ini.



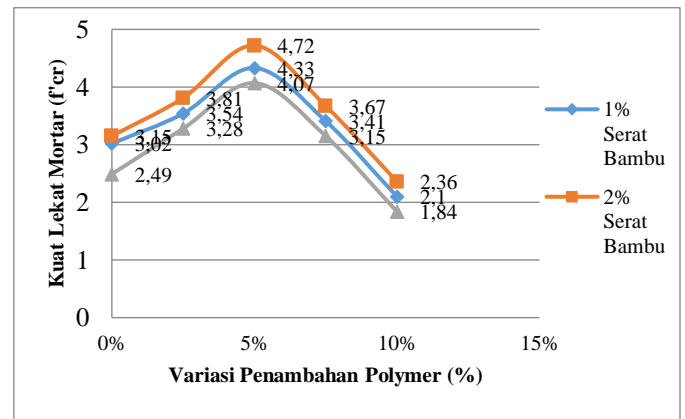
Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 1%



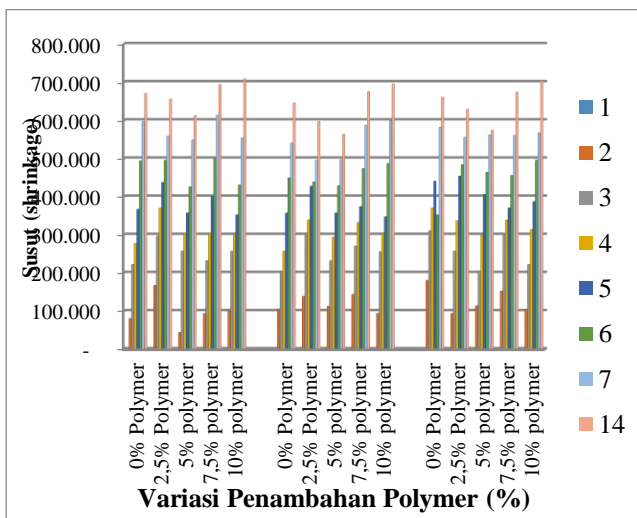
Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 2%



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu 3%



Gambar 6 Grafik Hubungan Variasi Penambahan *Polymer* dengan Kuat Lekat Mortar Berserat Bambu



Gambar 5 Grafik Gabungan Hasil Pengujian Susut (*Shrinkage*) Mortar Berserat Bambu

Hasil penelitian di atas maka dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

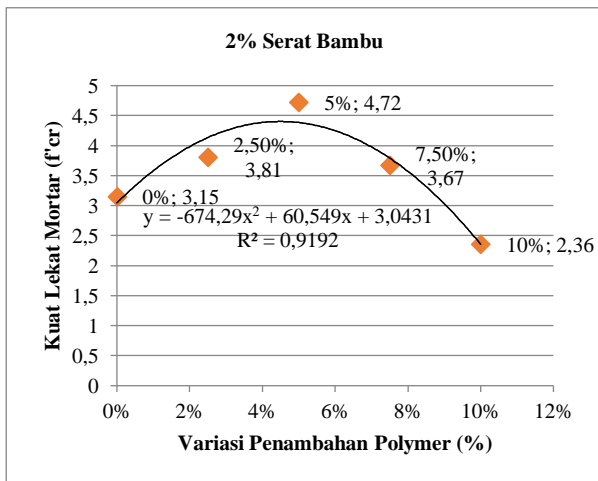
1. Kuat Lekat Mortar

Berdasarkan tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara variasi penambahan *polymer* dengan kuat lekat mortar berserat bambu terlihat pada gambar 6 di bawah ini.

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa kuat lekat mortar berserat bambu rata-rata tertinggi pada variasi penambahan *polymer* 5% sebesar 4,33 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 4,72 Mpa pada mortar berserat bambu 2% dan 4,07 pada mortar berserat bambu 3%. Kuat lekat mortar berserat bambu rata-rata terendah pada variasi penambahan *polymer* 10% yaitu 2,10 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 2,36 Mpa pada mortar berserat bambu 2% dan 1,84 Mpa pada mortar berserat bambu 3%.

Berdasarkan pengujian *slant shear* didapatkan modus kerusakan yang terjadi pada benda uji. Modus kerusakan yang terjadi pada pengujian *slant shear* dengan variasi penambahan *polymer* pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3% semuanya menghasilkan kegagalan pada sambungan. Kegagalan yang terjadi terletak pada sambungan (*interface failure*) dapat disebabkan karena mutu kuat lekat pada sambungan lebih rendah dibandingkan dengan mutu benda uji.

Untuk menentukan penggunaan *polymer* yang optimum akan digunakan data kuat lekat mortar berserat bambu 2%, karena nilai kuat lekat mortar yang dihasilkan lebih besar dari nilai kuat lekat mortar berserat bambu 1% dan 3%. Grafik hubungan antara variasi penambahan *polymer* dengan kuat lekat mortar berserat bambu 2% seperti ditunjukkan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Penambahan Polymer dengan Kuat Lekat Mortar Berserat Bambu 2%

Berdasarkan grafik dan persamaan di atas, maka perhitungan nilai optimum variasi penambahan *polymer* pada mortar berserat bambu sebagai berikut :

$$y = -674,2x^2 + 60,54x + 3,043$$

$$y' = -1348,4x + 60,54$$

Nilai optimum didapat dari x saat $y' = 0$

$$0 = -1348,4x + 60,54$$

$$x = \frac{60,54}{1348,4} = 0,0448 = 4,48\%$$

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa nilai persentase penambahan *polymer* yang optimum adalah 4,48%, maka kuat lekat mortar maksimumnya adalah :

$$y = -674,2(0,0448)^2 + 60,54(0,0448) + 3,043$$

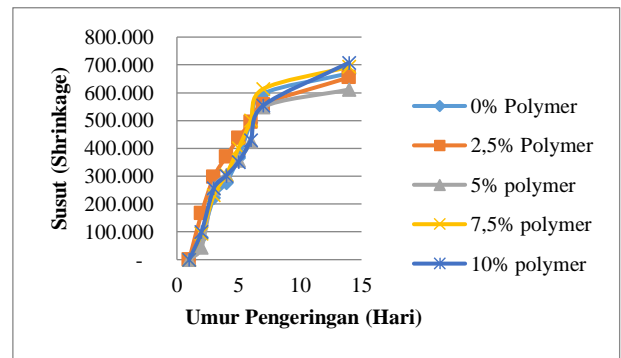
$$y = -1,353 + 2,712 + 3,043$$

$$y = 4,402$$

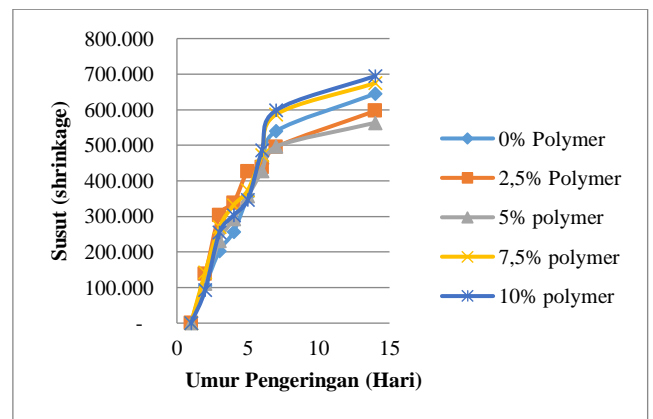
Jadi dengan variasi penambahan *polymer* yang optimum sebesar 4,48%, menghasilkan nilai kuat lekat mortar maksimum sebesar 4,402 MPa.

2. Susut (*Shrinkage*) Mortar

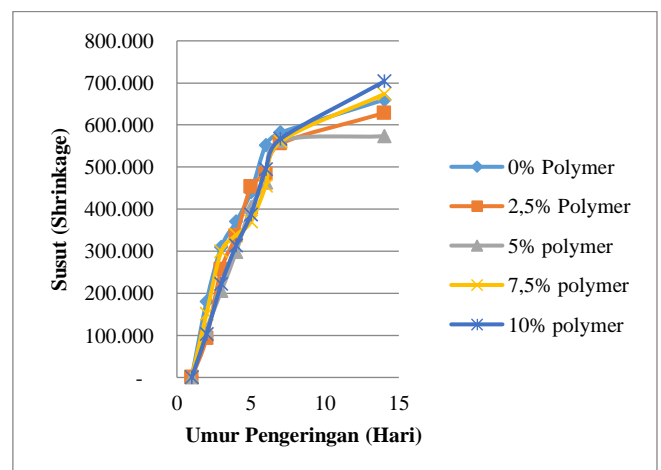
Berdasarkan tabel 4, 5, dan tabel 6 diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan variasi penambahan *polymer* dengan susut mortar berserat bambu seperti pada gambar 8, 9, dan gambar 10 di bawah.



Gambar 8 Grafik Hubungan antara Umur Pengerinan dengan Susut untuk Berbagai Variasi Penambahan *Polymer* pada Mortar Berserat Bambu 1%



Gambar 9 Grafik Hubungan antara Umur Pengerinan dengan Susut Berbagai Variasi Penambahan *Polymer* pada Mortar Berserat Bambu 2%



Gambar 10. Grafik Hubungan antara Umur Pengerinan dengan Susut untuk Berbagai Variasi Penambahan *Polymer* pada Mortar Berserat Bambu 3%

Susut (*shrinkage*) merupakan penyusutan volume yang tidak berhubungan dengan beban. *Shrinkage* dapat diartikan sebagai penyusutan mortar yang diakibatkan oleh faktor hilangnya air dalam mortar atau karena hidrasi semen. Seperti ditunjukkan dalam gambar 8, gambar 9 dan gambar 10 bahwa semakin lama umur mortar maka akan semakin besar nilai susut yang terjadi. Berdasarkan grafik di atas mortar berserat bambu yang mengalami susut paling besar pada variasi penambahan *polymer* sebesar 10% yaitu 703,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 1%, 695,000 *microstrain* pada mortar berserat bambu 2% dan 708,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 3%. Sedangkan mortar berserat bambu yang mengalami susut paling kecil pada variasi penambahan *polymer* 5% yaitu sebesar 573,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 1%, 563,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 2% dan 611,667 *microstrain* pada mortar berserat bambu 3%. Dengan demikian penambahan *polymer* pada mortar berserat bambu akan mempengaruhi nilai susut yang terjadi, dimana semakin tinggi variasi penambahan *polymer* dan semakin banyak serat bambu yang digunakan, maka semakin besar nilai susut yang terjadi.

3. Aplikasi pada *Repair* Beton

Serat dapat menahan retakan ketika menerima beban dan *polymer* dapat meningkatkan elastisitas mortar ketika diaplikasikan di lapangan. Kuat tarik yang dihasilkan oleh serat bambu dapat menahan tegangan dan regangan akibat pembebanan. Kemudian *polymer* selain dapat meningkatkan elastisitas mortar supaya lebih daktail juga dapat meningkatkan kekuatan lekat mortar pada *repair* beton. Mortar berserat bambu dengan variasi penambahan *polymer* memiliki karakteristik susut (*shrinkage*) berbeda dengan mortar normal. Susut mortar dengan variasi penambahan *polymer* 2,5% dan 5% mempunyai nilai susut cenderung rendah

sehingga tidak perlu dikhawatirkan akan terjadi retak pada material perbaikan. Namun pada penambahan *polymer* 7,5% dan 10% mempunyai nilai susut yang cenderung tinggi pada awal pengeringan sehingga dikhawatirkan akan menyebabkan retak (*crack*) pada material perbaikan. Berdasarkan hal ini pula membuktikan bahwa susut bukan merupakan satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya retak (*crack*) pada mortar atau beton.

Berdasarkan hasil pengujian kuat lekat dan susut, mortar berserat bambu dengan variasi penambahan *polymer* cocok digunakan untuk perbaikan kerusakan semua struktur beton, baik pada struktur gedung, struktur jalan perkerasan kaku, struktur bangunan air dan struktur jembatan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Penambahan *polymer* pada mortar berserat bambu mempengaruhi nilai kuat lekat dan susut (*shrinkage*) mortar. kuat lekat mortar berserat bambu rata-rata tertinggi pada variasi penambahan *polymer* 5% yaitu sebesar 4,33 Mpa, 4,72 Mpa dan 4,07 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Kemudian kuat lekat mortar berserat bambu rata-rata terendah pada variasi penambahan *polymer* 10% sebesar 2,10 Mpa, 2,36 Mpa dan 1,84 Mpa pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Mortar berserat bambu yang mengalami susut paling besar pada variasi penambahan *polymer* 10% yaitu 703,333 *microstrain*, 695,000 *microstrain* dan 708,333 *microstrain* pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%. Selanjutnya mortar berserat bambu yang mengalami susut paling kecil pada variasi penambahan *polymer* 5% yaitu 573,333 *microstrain*, 563,333 *microstrain* dan 611,667

microstrain pada mortar berserat bambu 1%, 2% dan 3%.

- b. Variasi penambahan *polymer* yang optimum sebesar 4,48%, menghasilkan nilai kuat lekat mortar maksimum sebesar 4,402 MPa dan 5% menghasilkan nilai susut yang minimum sebesar 563,333 *microstrain*.

Daftar Pustaka

- Anonim, 1997, "Struktur Beton", Badan Penerbit Universitas Semarang
- Anonim, 1982, "Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)", Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung.
- Dipohusodo, I, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Gere and Timoshenko, 2000, "Mekanika Bahan", Jilid I edisi keempat Erlangga Jakarta
- Kristiawan, S.A, 2002, "Restrained Shrinkage Cracking of Concrete", School of Civil Engineering PhD, Inggris.
- McCormac, 2003, "Desain Beton Bertulang", Erlangga Jakarta
- Murdock, L.J., and Brook, K. M. (alih bahasa: Stephanus Handoko). 1991, "Bahan dan Praktek Beton", Erlangga Jakarta
- Nawy, E.G. (alih bahasa: Bambang Suryoatmono), 2001, "Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar", Erlangga Jakarta
- Neville, A.M., and Brooks, J.J. 1997, "Concrete Technology", London
- Swastarini, M. 2007, "Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat tarik Belah Beton Ringan Berserat Nylon dan Superplasticizer", Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Tjokrodimulyo, K, 1996, "Teknologi Beton", Nafiri, Yogyakarta