

Analisis Eksperimental Penggunaan Kapur dengan Campuran Putih Telur (Bio-Cement) sebagai Bahan Pengikat pada Campuran Mortar

Faisal Rizal¹, Chairil Anwar², Syarwan³, Mulizar⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹faisalrizal@pnl.ac.id

Abstrak—Bangunan bersejarah dibangun menggunakan kapur sebagai bahan dasar, pasir dan dikombinasikan dengan putih telur sebagai bahan perekatnya. Seiring berjalannya waktu, bangunan bersejarah tersebut banyak yang sudah mengalami kerusakan akibat pengaruh usia dan lingkungan dan harus dilakukan revitalisasi/restorasi. Penggunaan kapur sebagai pengganti semen untuk revitalisasi/renovasi bangunan bersejarah menjadi salah satu alternatif yang menarik, selain untuk menjaga keasliannya juga dapat mengurangi penggunaan semen. Telur mengandung persentase protein yang tinggi, yang terdiri dari asam amino, dan ini dapat mempengaruhi sifat semen. Kandungan albumen pada putih telur memiliki daya rekat yang tinggi serta dapat meningkatkan kekakuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *workability*, kuat tekan dan kuat lekat mortar kapur dengan campuran putih telur sebagai bahan perekat. Putih telur yang digunakan adalah putih telur dalam bentuk cairan dan bentuk bubuk. Penelitian ini menggunakan metode uji eksperimental melalui percobaan di laboratorium untuk memperoleh data bagaimana karakteristik dari mortar *bio-semen* yang terbuat dari campuran kapur dan putih telur dengan komposisi 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat kapur. Pengujian dilakukan setelah benda uji direndam di dalam air selama 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *workability* menurun seiring bertambahnya persentase variasi putih telur. Untuk nilai kuat tekan tertinggi ada pada campuran mortar kapur-putih telur cair dengan variasi 2% sebesar 1,01 MPa pada umur mortar 28 hari dan kuat tekan terendah ada pada campuran mortar kapur-bubuk putih telur dengan variasi 2% sebesar 0,18 MPa pada umur 7 hari. Sedangkan nilai kuat lekat tertinggi ada pada campuran mortar kapur-putih telur cair 6% dan mortar kapur-bubuk putih telur 4% yaitu sebesar 0,11 MPa dan kuat lekat terendah ada pada campuran mortar kapur tanpa bahan tambah sebesar 0,056 MPa.

Kata kunci—Kuat Tekan, Kuat Lekat, Mortar Kapur, Putih Telur Cair, Bubuk Putih Telur

Abstract— The historical buildings were built using lime as a base material, sand and combined with egg white as an adhesive. As time passes, many of these historical buildings have been damaged due to age and environmental influences and must be revitalized/restored. The use of lime as a substitute for cement for revitalization/renovation of historical buildings is an interesting alternative, in addition to maintaining its originality, it can also reduce the use of cement. Eggs contain a high percentage of protein, which consists of amino acids, and this can affect the properties of cement. The albumen content in egg white has high adhesion and can increase stiffness. This study aims to determine the *workability*, compressive strength and adhesive strength of lime mortar with egg white as an adhesive. The egg white used is egg white in liquid form and powder form. This research uses experimental test method through laboratory experiments to obtain data on the characteristics of bio-cement mortar made from a mixture of lime and egg white with a composition of 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% from the weight of lime. The test was conducted after the specimens were immersed in water for 7, 14 and 28 days. The results showed that the *workability* value decreased as the percentage of egg white variation increased. The highest compressive strength value is in the lime-liquid egg white mortar mix with 2% variation which is 1.01 MPa at the age of 28 days and the lowest compressive strength is in the lime-egg white powder mortar with 2% variation which is 0.18 MPa at the age of 7 days. While the highest adhesive strength value was in the 6% lime-liquid egg white mortar and 4% lime-egg white powder mortar which amounted to 0.11 MPa and the lowest adhesive strength was in the lime mortar without additives at 0.056 MPa.

Keywords— Compressive Strength, Adhesion Strength, Lime Mortar, Liquid Egg White, Egg White Powder

I. PENDAHULUAN

Pada abad ke-17, bangunan bersejarah dibangun menggunakan kapur sebagai bahan dasarnya. Salah satunya adalah Monumen Gunongan yang dibangun pada masa Sultan Iskandar Muda [1]. Gunongan ini dalam pembangunannya menggunakan material berbahan dasar kapur dan putih telur sebagai bahan pengikat. Seiring berjalannya waktu, bangunan bersejarah tersebut banyak yang sudah mengalami kerusakan akibat pengaruh usia dan lingkungan dan harus dilakukan revitalisasi/restorasi.

Saat ini untuk revitalisasi/restorasi bangunan bersejarah masih banyak menggunakan material yang berbahan dasar semen Portland. Namun, dikarenakan sifat-sifat semen Portland yang kurang menguntungkan, seperti koefisien muai panas yang tinggi dan tingkat kerapuhan yang tinggi, serta karena tingginya kebutuhan semen menyebabkan meningkatnya produksi semen di Indonesia yang mengakibatkan tingginya pencemaran udara, dimana untuk memproduksi 1 ton semen akan melepaskan 1 ton CO₂ ke udara.

Penggunaan kapur sebagai pengganti semen untuk revitalisasi/renovasi bangunan bersejarah menjadi salah satu alternatif yang menarik karena kapur memberikan keuntungan yaitu kekuatan ikatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar non-kapur yang tidak dimodifikasi. Selain itu, ukuran partikel kapur jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan pengikat mortar umum lainnya. Dengan demikian dapat lebih efektif mengikat dan mengisi pori-pori batu bata [2].

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Mortar kapur menunjukkan sifat anti jamur, ketahanan mekanis yang tinggi, dan perlindungan kedap air yang lebih baik dibandingkan dengan beton kekuatan normal, epoksi, batu cor, aluminium cor, dan polimer yang diperkuat dengan serat kaca [3]. Fungsi dari mortar ini tidak lain sebagai matrik pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural [4]. Untuk menyesuaikan dengan persyaratan kinerja yang baru, mortar untuk revitalisasi memerlukan penambahan putih telur pada mortar kapur untuk memodifikasi sifat-sifatnya [2].

Telur mengandung persentase protein yang tinggi, yang terdiri dari asam amino, dan ini dapat mempengaruhi sifat semen. Putih telur umumnya bersifat basa, dan mengandung

hampir 40 protein berbeda [5]. Putih telur dapat bertindak sebagai zat pengikat yang kuat dalam makanan karena konsentrasi proteinnya yang tinggi; protein cenderung berikatan, karena sifatnya yang sedikit elastis. Kandungan albumen pada putih telur memiliki daya rekat yang tinggi serta dapat meningkatkan kekakuan.

Albumen yang terdapat pada putih telur mengandung senyawa resin yang dapat berfungsi sebagai pengikat antar material. Semakin tinggi campuran albumen, maka daya rekatnya semakin baik dan menghasilkan tegangan hancur yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan albumen juga dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan densitasnya [6].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui *workability*, kuat tekan dan kuat lekat mortar kapur dengan campuran putih telur sebagai bahan perekat dengan variasi putih telur 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%.

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu. Fungsi utama mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah besar, maka mortar akan mengeras dan akan kehilangan ikatan adhesinya. Secara umum dalam volume mortar terkandung Agregat $\pm 68\%$, Semen $\pm 11\%$, Air $\pm 17\%$, Udara $\pm 4\%$ [4]. Sifat mekanik mortar dapat mempresentasikan kualitas atau mutu dari mortar. Sifat-sifat mekanis mortar semen terdiri dari :

1. Kuat Tekan
Kuat tekan mortar mempunyai hubungan yang linear terhadap kuat tekan beton, sehingga bila kuat tekan mortar tinggi, maka kuat tekan beton akan tinggi pula [7].
2. Kuat Lentur
Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya persatuan luas.
3. Kuat Lekat
Pengujian kuat lekat merupakan penentuan kekuatan lekat sistem pengikat yang mengacu pada SNI 8054:2014

Kapur alam merupakan bahan bangunan yang di peroleh dari galian alam. Kapur alam ini berwarna putih atau putih kekuningan dan memiliki butiran yang mirip dengan pasir. Kapur alam ini sudah digunakan sejak lama oleh masyarakat sebagai bahan bangunan. Penggunaan kapur alam ini adalah sebagai bahan substitusi semen pada beton karena karakteristik butirannya mirip dengan pasir, pada penelitian kali ini menggunakan kapur yang sudah di proses yang sudah menjadi butiran kecil, maka dari itu harus di ayak lagi pakai

ayakan No. 200 sehingga tekstur kapur akan lebih halus sama seperti semen [8]. Komposisi dan karakteristik kimia kapur:

1. SiO₂ (silikon dioksida) 1,2%
2. CaCO₃ (kalsium karbonat) 95,2%
3. MgCO₃ (magnesium karbonat) 0,90%
4. H₂O (air) 2,7 %

Agregat halus mempunyai peran penting sebagai pembentuk mortar dalam pengendalian kelecakan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan keawetan (*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 sesuaidengan ASTM C 33-97 adalah:

- a. Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
- b. Butiran tajam, keras, kekal (*durable*) dan tidak bereaksi dengan materialbeton lainnya.
- c. Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.
- d. Gradasi sesuai spesifikasi dan hindari *gap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga.
- e. Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15 % dari berat total agregat.
- f. Kadar lumpur agregat tidak lebih dari 5 % terhadap berat kering karena akan berpengaruh pada kuat tekan beton.

Aquadest diperoleh dari hasil penyulingan atau biasa disebut dengan proses destilasi atau biasa juga disebut air murni. Pada dasarnya aquades diperoleh dengan cara menguapkan air pada temperatur didihnya kemudian uap air didinginkan dengan suhu rendah sehingga terjadi proses pengembunan. Air hasil pengembunan ini disebut aquades yaitu air yang rendah akan kandungan mineral didalamnya.

Telur merupakan bahan makanan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yang merupakan sumber protein. Telur tersusun atas beberapa bagian yaitu kulit telur, kuning telur dan putih telur. Putih telur merupakan cairan putih atau yang sering disebut dengan albumen yang terkandung dalam telur. Putih telur memiliki kandung yang terdiri atas 40% putih telur encer dan 60% putih telur kental yang mengandung 10% protein terlarut dalam air. Putih telur memiliki kegunaan untuk menyediakan nutrisi tambahan dan melindungi kuning telur. Selain itu putih telur juga memiliki banyak kegunaan sebagai sumber pangan dan papan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari [9].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sebelum melakukan pencampuran pada mortar, penelitian harus melakukan pengujian sifat – sifat fisik material yang akan digunakan sebagai bahan campuran pada mortar yang

akan direncanakan. Beberapa pengujian yang dilakukan terhadap material adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Jenis-jenis Pengujian

No.	Uraian	Jenis-Jenis Pengujian	Referensi	
1.	Sifat-sifat Fisis Material	Agregat Halus	Kadar Air	ASTM C.566-13/SNI 03-1971-1990
			Berat Jenis	ASTM C.128-15/SNI 03-1970-1990
			Analisa Saringan	ASTM C.136-1996/BS 410-1986/SNI 03-1968-1990
			Berat Volume	ASTM C.29-1991/SNI 03-4804-1989
			Kadar Lumpur	ASTM C.117-13/SNI 03-4142-1996
			Kadar Organik	ASTM C.305-82
			Workability	ASTM C-305-82
			Setting Time	ASTM C-305-82
			Kuat Tekan	SNI 03-6882-2002
			Kuat Lentur	ASTM C 78-94
3.	Pengujian Mekanis		Kuat Lekat	SNI 8054:2014
4.	Pengujian Mikrostruktur		XRD	ASTM C 958-92
			SEM	ASTM E 986-97

A. Pembuatan Benda Uji

1) *Proses Pengadukan*: Mortar kapur dapat diproduksi dengan mengadopsi teknik konvensional yang digunakan dalam pembuatan beton semen Portland. Kapur dan pasir dicampur dengan menggunakan mesin mixer selama satu menit, kemudian air dituangkan kedalam blow yang telah terisi campuran semen dan pasir selama 90 detik dengan kecepatan rendah dan dilanjutkan dengan kecepatan tinggi selama 60 detik. Mesin mixer dihentikan selama 30 detik dan dilanjutkan selama 60 detik dengan kecepatan tinggi.

2) *Proses Pencampuran Putih Telur*: Proses pencampuran putih telur kedalam campuran mortar kapur dilakukan dengan 2 cara. Jika putih telur cair hanya zat bening atau berkabut yang mengelilingi kuning telur yang digunakan, karena merupakan bagian telur yang mengandung berbagai jenis protein, yang sebagian besar terdiri dari asam amino. Cairan putih telur yang digunakan akan dikocok hingga berbusa untuk meningkatkan kemampuannya bercampur dengan adonan mortar. Sedangkan jika bubuk putih telur maka bubuk tersebut akan ditambahkan sebagai pengganti sebagian dari kapur.

3) *Proses Pencetakan Benda Uji*: Benda uji yang digunakan pada penelitian ini bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan standar pengujian yang berlaku. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini untuk pengujian kuat tekan benda uji kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, untuk pengujian kuat lentur 3 cm x 3 cm x 13 cm, untuk pengujian kuat lekat benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 20 cm dan diameter 10 cm.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji

Jenis Putih Telur	Persentase Putih Telur dari berat kapur	Uji Sifat Mekanis		
		Kuat Tekan	Kuat Lentur	Kuat Lekat
		28 Hari	28 Hari	28 Hari
Putih Telur Cair	0%	3	3	3
	2%	3	3	3
	4%	3	3	3
	6%	3	3	3
	8%	3	3	3
	10%	3	3	3
Bubuk Putih Telur	0%	3	3	3
	2%	3	3	3
	4%	3	3	3
	6%	3	3	3
	8%	3	3	3
	10%	3	3	3
Jumlah		36	36	36
Total		108		

4) *Perawatan Benda Uji*: Adapun metode perawatan yang digunakan dalam penelitian ini dengan meletakkan benda uji pada suhu ruangan selama 28 hari. Suhu ruangan yang digunakan disini adalah suhu ruangan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, dimana suhunya berkisar antara 23-28°C.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sifat Fisis Material

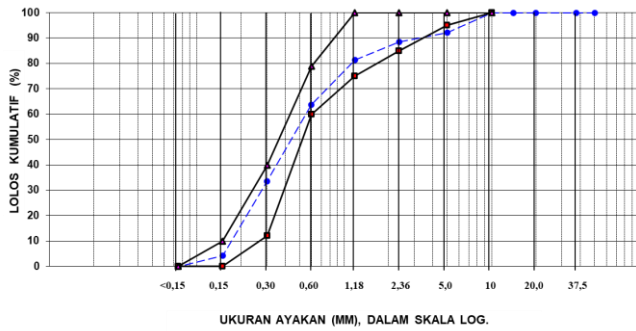
Pengujian sifat fisis material dalam penelitian ini dilakukan terhadap agregat halus. Tujuan dari pengujian sifat fisis agregat adalah untuk mengetahui kualitas dari material yang hasilnya akan dipakai untuk keperluan *mix design*.

1) *Agregat Halus*: Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus dengan ukuran butiran <4,75 mm, dan hasil pemeriksaan sifat fisis terhadap agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisis Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Analisa Rata-Rata	Standar ASTM	Satuan	Standar Pengujian
1	Berat Jenis (SSD)	2,676	1.6- 3.2	kg/m ³	ASTM C128-15
2	Fine Modulus	2,365	2.3 - 3.1	-	ASTM C.33-01
3	Water Absorbtion	0,928	Max 12%	%	ASTM C128-15
4	Kandungan Air	1,881	Max 10%	%	ASTM C.566-13
5	Kadar Lumpur	0,67	5%	%	ASTM C.117-13
6	Kadar Organik	Kuning muda	no.2	-	ASTM C.40-92

Tabel 3 Menunjukkan bahwa hasil dari pengujian sifat fisis agregat halus semuanya memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan oleh standar ASTM C.33-01. Selanjutnya untuk hasil pemeriksaan terhadap analisa saringan pada agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



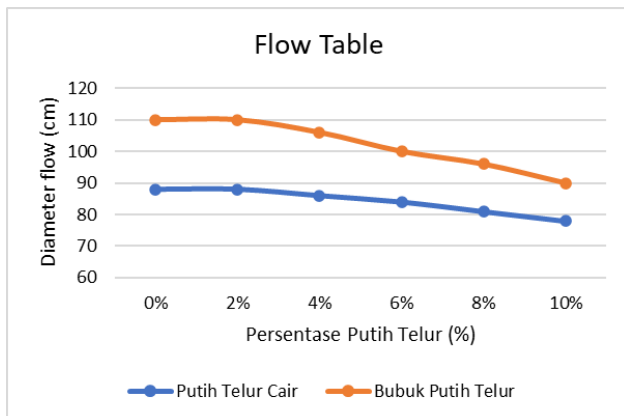
Gambar 1. Kurva Gradasi Agregat Halus

Gambar 1. menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus masuk dalam zona 3 yang merupakan daerah gradasi pasir sedang. Diperoleh data *Fineness Modulus* (FM) kahalusan agregat halus yaitu 2,37 Yang telah memenuhi spesifikasi gradasi sesuai persyaratan ASTM C33-01.

B. Pengujian Karakteristik Mortar Kapur

Pengujian karakteristik mortar yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *workability*. Tujuan dari pengujian *workability* ialah mengetahui kemudahan suatu campuran beton/mortar segar untuk dikerjakan.

1) *Workability*: Pengujian *workability* menggunakan alat flow table dengan mengukur diameter sebaran mortar yang ditambahkan putih telur maupun bubuk putih telur. Adapun hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. *Workability* mortar kapur-putih telur

Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan penambahan putih telur baik dalam bentuk cair maupun bubuk pada campuran mortar menyebabkan penurunan pada nilai *workability*. Hal ini kemungkinan terjadi karena penambahan putih telur umumnya akan menambah jumlah dalam adukan, dimana kebutuhan air akan bertambah. Tetapi, jika ditambahkan air akan menaikkan faktor air semen, dan dengan meningkatnya faktor air semen akan menyebabkan turunnya kuat tekan. Maka penggunaan bahan tambah sebaiknya diikuti dengan menggunakan superplastisicer, sehingga *workability* mortar tidak mengalami penurunan yang menyebabkan kepadatan mortar tidak tercapai.

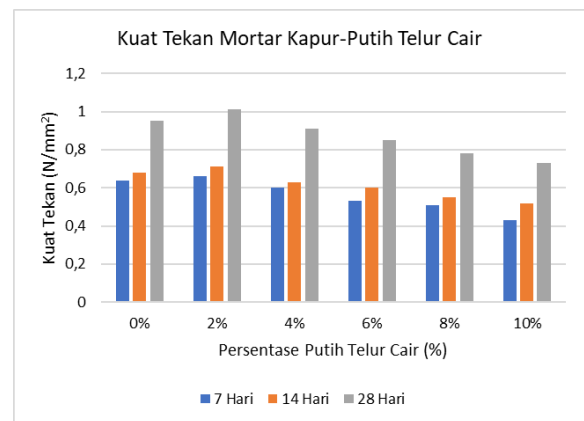
C. Pengujian Sifat Mekanis

Pada mortar yang telah mengeras dan mencapai umur 7, 14, dan 28 hari dilakukan pengujian sifat mekanis yaitu pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lekat.

1) *Kuat Tekan Mortar*: Kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang nantinya menekan pada mortar [10]. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan berdasarkan SNI 03-6825-2002 (BSN 2002b). Adapun hasil pengujian kuat tekan diperlihatkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai Kuat tekan mortar kapur-putih telur

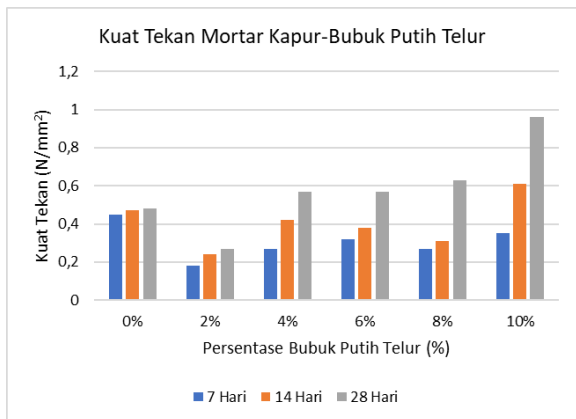
Jenis Putih Telur	Variasi Campuran	Kuat Tekan (N/mm ²)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
Putih Telur Cair	0%	0,64	0,68	0,95
	2%	0,66	0,71	1,01
	4%	0,60	0,63	0,91
	6%	0,53	0,60	0,85
	8%	0,51	0,55	0,78
	10%	0,43	0,52	0,73
Bubuk Putih Telur	0%	0,45	0,47	0,48
	2%	0,18	0,24	0,27
	4%	0,27	0,42	0,57
	6%	0,32	0,38	0,57
	8%	0,27	0,31	0,63
	10%	0,35	0,61	0,96



Gambar 3. Kuat Tekan mortar Kapur-Putih Telur Cair

Berdasarkan hasil kuat tekan diatas, penambahan variasi putih telur 2% mengalami peningkatan yang dikarenakan pengaruh protein pada putih telur yang membentuk interaksi ikatan pada permukaan mortar kapur sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dari mortar. Pada penambahan variasi putih telur 4% kuat tekan mortar mengalami penurunan yang dikarenakan penambahan putih telur memiliki kandungan air yang dapat menurunkan kuat tekan pada mortar. Hal ini sesuai dengan banyaknya jumlah putih telur, makin banyak persentase penambahan putih telur maka semakin menurun kuat tekannya.

Dari hasil kuat tekan ini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi variasi kandungan putih telur cair dalam mortar maka semakin rendah nilai kuat tekannya.

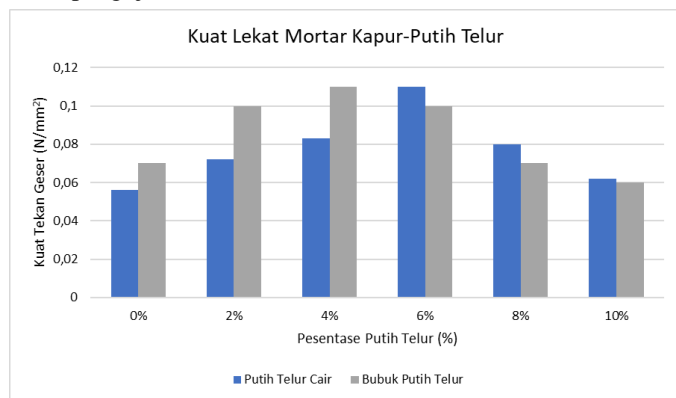


Gambar 4. Kuat Tekan mortar Kapur-Bubuk Putih Telur

Berdasarkan hasil diatas, kuat tekan mortar kapur mengalami kenaikan sesuai dengan banyaknya jumlah bubuk putih telur, semakin banyak persentase penambahan bubuk putih telur maka semakin tinggi kuat tekannya. Kuat tekan tertinggi ada pada variasi bubuk putih telur pada kondisi variasi 10% serbuk putih telur yaitu 0,96 N/mm² dan kuat tekan terlemah terjadi pada kondisi variasi 2% serbuk putih telur yaitu 0,18 N/mm².

Dari hasil kuat tekan ini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi variasi kandungan bubuk putih telur dalam mortar kapur maka semakin tinggi nilai kuat tekannya.

2) *Kuat Lekat Mortar*: Pengujian kuat lekat mortar dilakukan untuk mengetahui kekuatan lekat dari campuran mortar kapur dengan pengujian kuat tekan geser, benda uji yang dipakai adalah silinder dengan ukuran 100 x 200 mm. Berikut ini disajikan grafik kuat lekat mortar kapur dengan umur pengujian 14 hari.



Gambar 5. Kuat Lekat mortar Kapur-Putih Telur

Berdasarkan hasil uji kuat lekat menggunakan mesin uji kuat tekan dengan penambahan variasi putih telur, nilai kuat lekat tertinggi pada campuran mortar kapur-putih telur cair terdapat pada variasi 6% yaitu 0,110 N/mm² dan kuat lekat terendah ada pada variasi 0% yaitu 0,056 N/mm².

Sedangkan pada campuran mortar-bubuk putih telur, nilai kuat lekat tertinggi ada pada variasi 4% yaitu 0,11 N/mm² dan kuat lekat terendah ada pada variasi 10% yaitu 0,06 N/mm².

Dari hasil kuat lekat ini dapat disimpulkan bahwa penambahan putih telur cair dan bubuk putih telur berpengaruh terhadap hasil kuat lekat mortar kapur. Walaupun terjadi peningkatan seiring bertambahnya variasi putih telur, namun nilai kuat lekat hanya mencapai nilai optimal pada variasi putih telur cair 6% dan variasi bubuk putih telur 4% dan mengalami penurunan nilai kuat lekat seiring bertambahnya persentase variasi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur yang dikurangi seiring penambahan variasi campuran.

IV. KESIMPULAN

Nilai *workability* mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi campuran mortar kapur-putih telur baik dengan penambahan putih telur cair maupun bubuk putih telur. Nilai *workability* tertinggi ada pada variasi 2% bubuk putih telur sebesar 110 cm. Sedangkan nilai terendah ada pada variasi putih telur cair sebesar 78 cm.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kuat tekan tertinggi pada campuran mortar kapur-putih telur cair ada pada variasi 2% sebesar 1,01 MPa dengan umur perawatan mortar 28 hari. Pada kuat lekat, nilai tertinggi ada pada variasi telur 6% sebesar 0,11 MPa dengan umur perawatan mortar 14 hari. Penambahan variasi putih telur cair selanjutnya pada mortar kapur membuat kuat tekan dan kuat lekat mulai menurun.

Sedangkan pada campuran mortar kapur-bubuk putih telur kuat tekan tertinggi pada variasi 10% sebesar 0,96 MPa dengan umur perawatan mortar 28 hari. Berbeda dengan penambahan putih telur cair, pada penambahan bubuk putih telur, nilai kuat tekan meningkat seiring bertambahnya penambahan variasi. Pada kuat lekat, nilai tertinggi ada pada variasi telur 4% sebesar 0,11 MPa dengan umur perawatan mortar 14 hari. Selanjutnya, penambahan 6%, 8% dan 10% bubuk putih telur pada mortar kapur membuat nilai kuat lekat semakin menurun.

REFERENSI

- [1] Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Aceh. (2015, 14 Maret). *Gunongan*. Diakses pada 07 Maret 2023, dari <https://disbudpar.acehprov.go.id/gunungan/>
- [2] M. A. O. Mydin, *Preliminary Studies on the Development of Lime-Based Mortar with Added Egg White*, IJTech 2017, Hal: 800-810. ISSN: 2086-9614.
- [3] C. Groot, J. J. Hughes, K. V. Balen, *Repair Mortars for Historic Masonry. Performance Requirements for Renders and Plasters*. Materials and Structures, Vol. 45, pp. 1277–1285, 2012, doi :10.1617/s11527-012-9916-0
- [4] K. Wenda, S. Zuridah, dan B. Hastono, *Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan*, GeSTRAM, Vol. 1, no.1 pp.8-1, 2018.
- [5] G. Shafabakhsh, S. Ahmadi, *Evaluation of Coal Waste Ash and Rice Husk Ash on Properties of Pervious Concrete Pavement*. International Journal of Engineering Transactions B: Applications, Vol. 29(2), pp. 192–201, 2016, doi: 10.5829/idosi.ije.2016.29.02b.08
- [6] ITS News. (2021, 31 Maret). *Eco-Cement, Inovasi Semen dari Bahan Organik*. Diakses pada 28 Februari 2023, dari <https://www.its.ac.id/news/2021/03/31/eco-cement-inovasi-semen-dari-bahan-organik/>

- [7] Rahmayani dkk. 2017. *Kuat Tekan dan Porositas Mortar Menggunakan Bahan Tambah Bubuk Kulit Kerang di air Gambut*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau.
- [8] S. Melinda, S. O. Dapas, M. D. J. Sumajouw, *Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan Beton menggunakan Kapur dan Batu Apung sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*, Jurnal Sipil Statik. Vol.8, No.5, pp: 671-678, 2020, ISSN:2337-6732.
- [9] Abidin, K. 2011. *Uji Kekuatan Material dengan Injeksi Putih Telur*. Jurnal Dinamika. Universitas Cokroaminoto Palopo. Palopo.
- [10] M. S. Ali, E. Walujodjati, *Pengujian kuat tekan mortar dengan campuran pasir ladot*, Jurnal Konstruksi, Vol. 19, No. 1 pp. 313-324, 2021.