

PENGARUH EPOXY PADA MORTAR GEOPOLIMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA LEKAT SEBAGAI PATCH REPAIR MATERIAL

Faisal Rizal¹, Yuhanis Yunus², Sella Ardiana³, Chairil Anwar⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280, Buketrata 24301, Indonesia

email: faisalrizal@pnl.ac.id

Abstrak

Kerusakan yang sering timbul pada beton seperti retak, delaminasi, spalling, aus, patah keropos, dan void (berlubang) perlu dilakukan perbaikan, yaitu dengan cara penambalan (patch repair). Mortar geopolimer merupakan mortar dengan material dan bahan alami yang memiliki kandungan oksida silica dan alumina yang tinggi seperti fly ash dan epoxy sebagai pengikat yang harus diaktifkan dengan alkali aktivator berupa NaOH dan Na₂SiO₃. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh epoxy terhadap kuat tekan dan lekat mortar geopolimer, sehingga diperoleh komposisi campuran mortar geopolimer optimum yang memenuhi persyaratan kuat tekan dan daya lekat sebagai patch repair material. Hasil penelitian ini menunjukkan kuat tekan maksimum dengan penambahan 6% epoxy yaitu sebesar 35,04 MPa. Hasil pengujian kuat lekat maksimum dengan penambahan 6% epoxy sebesar 2,15 MPa. Hasil penelitian terhadap mortar SikaGrout menunjukkan nilai kuat tekan dan kuat lekat lebih tinggi dibandingkan mortar geopolimer epoxy yaitu 38,17 MPa dan 9,03 MPa, sehingga mortar sikagrout sebagai patch repair material lebih baik dibandingkan dengan mortar geopolimer epoxy.

Kata Kunci : Fly Ash, Epoxy, Alkali Aktivator, Kuat Tekan, Kuat Lekat

Abstract

Damage that often occurs in concrete such as cracks, delamination, spalling, time-worn, porous fractures, and voids needs to be repaired, namely by patch repair. Geopolymer mortar is a mortar with natural materials and has a high content oxide of silica and alumina such as fly ash and epoxy as binders which must be activated with alkaline activators of NaOH and Na₂SiO₃. The purpose of this study was to determine the effect of epoxy on the compressive strength and adhesion of geopolymer mortar, to obtain the optimum composition of the geopolymer mortar that fulfills the compressive strength and adhesion requirements for patch repair material. The results showed the maximum compressive strength in the addition of 6% epoxy was 35.04 Mpa. The maximum results of the adhesive strength test in the addition of 6% epoxy of 2.15 Mpa. The result of the study on SikaGrout mortar has higher compressive strength and bond strength values than epoxy geopolymer mortar, that is 38,17 MPa and 9,03 MPa, so SikaGrout mortar as a patch repair material is better than epoxy geopolymer mortar.

Keywords : Fly Ash, Epoxy, Alkaline Activator, Compressive Strength, Adhesive Strength

DOI: <https://doi.org/10.30811/bissotek.v12i2.3315>

© Politeknik Negeri Lhokseumawe. All rights reserved

PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang sering mengalami kerusakan yang disebabkan oleh berbagai macam faktor seperti bencana gempa, beban yang berlebihan serta faktor lingkungan yang mengakibatkan terjadinya korosi pada tulangan. Jenis kerusakan yang nampak dapat berupa retak, pengelupasan selimut beton bahkan sampai pada kondisi patahnya elemen struktur. Kerusakan dalam bentuk pengelupasan dapat direhabilitasi dengan cara penambalan (patch repair) yang mana perbaikan dengan cara ini dimaksudkan untuk mengembalikan bentuk dan ukuran penampang, melindungi tulangan dari bahaya korosi berlanjut serta secara parsial dapat mengembalikan kekuatan penampang (Kristiawan, & Sunarmasto, 2011). Material yang dipakai sebagai patch repair harus memiliki kompatibilitas dengan material beton induk yang akan diperbaiki, agar

distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada penampang dapat seimbang (Kristiawan, & Sunarmasto, 2011).

Semen merupakan salah satu bahan yang sangat penting sebagai bahan pengisi dalam pembuatan mortar dan beton. Masyarakat umumnya masih sering menggunakan semen Portland sebagai bahan pengikat utama dalam pembuatan mortar. Seiring berkembangnya industri konstruksi membuat para perusahaan semen memproduksi semen dengan skala besar. Hal ini memunculkan beberapa inovasi yang dapat mengurangi jumlah semen dan menaikkan kuat tekan mortar. Salah satu inovasinya adalah dengan menggunakan mortar geopolimer. Mortar geopolimer adalah mortar berbahan dasar *fly ash* yang dihasilkan dari pabrik industri maupun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Dalam proses pembuatan *patch repair* ini digunakan mortar geopolimer berupa *fly ash*, sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) atau biasa disebut *waterglass* sebagai bahan pengikatnya yang ditambahkan epoxy resin sebagai media perbaikan kerusakan beton dengan takaran cairan epoxy yang berbeda-beda. Penelitian yang telah dilakukan oleh Setiyarto (2022) dan Putri (2020) menunjukkan bahwa penambahan zat epoxy pada beton dapat meningkatkan kualitas serta menutupi kelemahan dari beton itu sendiri. Resin epoxy banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktur, seperti perekat dari beton lama ke beton baru, untuk memperbaiki keretakan pada bagian beton, dan dapat juga sebagai penguat dengan cara diinjeksikan dengan type spring crack bond. Pada beton Resin epoxy berfungsi mempercepat proses pengerasan, karena resin epoxy menimbulkan panas sehingga membantu proses pengerasan (Gemert dkk, 2004).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan epoxy dalam campuran mortar geopolimer terhadap kuat tekan dan daya lekat sebagai material patch repair serta mengukur perbandingan antara mortar epoxy geopolimer dengan mortar sikagrout jika dilihat dari kekuatan dan kemudahan penggunaannya.

Manfaat dan penelitian ini adalah mendapatkan komposisi campuran mortar geopolimer berbasis *Fly Ash* dan Epoxy yang dapat digunakan sebagai *patch repair* (penambalan) dengan kinerja dan kualitas yang baik serta mengurangi pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan *fly ash* dan epoxy.

Beton merupakan campuran yang bahan penyusunnya terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah *admixture* atau *additive*). Campuran dari air dan semen yang membentuk pasta disebut pasta semen. Pasta semen selain mengisi pori-pori diantaranya butiran-butiran agregat halus, juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan sehingga butiran-butiran agregat saling terikat kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat.

Beton dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beberapa kondisi seperti serangan asam, korosi, beban yang terlalu berlebihan, gempa, kebakaran, susut, dan lain sebagainya. Kerusakan-kerusakan yang sering sering timbul diantaranya terjadi retak, delaminasi, *spalling*, aus, patah, keropos, dan *void* (berlubang).

Terdapat beberapa metode dalam perbaikan beton, diantaranya *grouting*, *shotcrete* (beton tembak), *grout preplanced agregat* (beton prepack), injeksi, *overlay*, dan *patch repair* (beton tambal). Material dan metode yang digunakan untuk perbaikan beton dipilih berdasarkan jenis kerusakan yang terjadi. Salah satu metode untuk memperbaiki kerusakan pada beton adalah dengan penambalan (*patch repair*).

Metode perbaikan ini adalah metode untuk memulihkan kerusakan yang terjadi pada selimut beton yaitu berupa retak dan delaminasi yang diaplikasikan dengan cara menempel mortar secara manual pada permukaan beton yang rusak.

Mortar geopolimer adalah mortar dengan bahan pengikat menggunakan material alami. Pada dasarnya Material alami yang digunakan adalah material yang mengandung oksida silika dan

alumina tinggi. Mortar geopolimer dihasilkan dengan sepenuhnya mengganti *semen Portland* (PC) dengan pengikat lainnya seperti *fly ash* dan *Epoxy* yang harus diaktifkan dengan alkali activator berupa sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3) sebagai katalisator untuk meningkatkan reaksi polimerisasi. Molaritas larutan aktivator, molaritas larutan katalisator, dan persentase penambahan air mempengaruhi sifat mekanik geopolimer mortar. Secara umum, semakin besar molaritas dan semakin sedikit persentase penambahan air pada campuran akan memberikan karakteristik mortar yang lebih tinggi.

Fly ash adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air (Sugiarto dan Kusuma, 2001).

Epoxy merupakan salah satu jenis resin yang didapat dari proses polimerisasi dari epoksida (Nuryana, 2022). *Epoxy* disebut sebagai resin thermosetting karena mampu bereaksi atau curing dengan menghasilkan panas internal dan mampu membentuk ikatan molekul yang erat dalam struktur crosslinking polimer. *Epoxy* banyak digunakan terutama sebagai perekat, lem dan coating. Aplikasi untuk bahan *epoxy* berbasis luas dan mencakup pelapis, perekat dan material komposit seperti yang menggunakan serat karbon dan bantuan fiberglass (meskipun polyester, vinyl ester, dan resin thermosetting lainnya juga digunakan untuk plastik yang diperkuat kaca).

SikaGrout215 (New) merupakan salah satu jenis semen grouting siap pakai yang mempunyai karakteristik yang tidak dapat menyusut dengan waktu kerja yang sesuai karakteristik yang tidak dapat menyusut dengan waktu kerja yang sesuai untuk temperatur lokal dan dapat mengalir dengan baik.

Alkali Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan mortar geopolimer, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu Sodium hidroksida (NaOH) dan Sodium silikat (Na_2SiO_3). Sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung di dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Sodium hidroksida yang tersedia umumnya berupa serpihan dengan kadar 98%. Sebagai aktivator, Sodium hidroksida harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sesuai dengan molaritas yang diinginkan. Larutan ini harus dibuat dan didiamkan setidaknya selama satu malam sebelum pemakaian. (Hardjito, dkk, 2005). Sodium silikat (Na_2SiO_3) merupakan salah satu bahan tertua dan paling aman yang sering digunakan dalam industri kimia.

METODOLOGI

Material : *Fly Ash* tipe F murni yang berasal dari PLTU Nagan Raya, Aceh., *Epoxy Resin*, Agregat halus (Pasir) yang berasal dari Krueng Mane, Aceh Utara., Sodium Hidroksida (NaOH), Sodium Silikat (Na_2SiO_3), *SikaGrout 215 (New)* sebagai pembanding dengan mortar geopolimer, dan Air.

Pemeriksaan Sifat Fisis Material :

Pengujian kandungan air pada agregat halus mengacu pada ASTM C-566-96, Pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus mengacu pada ASTM C-29-01, Pengujian analisa saringan agregat halus mengacu pada ASTM C-136-01, Pengujian berat volume agregat halus mengacu pada ASTM C-29 M-97, Pengujian agregat halus lolos saringan No. 200, dan Pengujian kadar organik pada agregat halus mengacu pada (ASTM C-40).

Jenis benda uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa mortar kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dan siliinder dengan ukuran 200 mm x 100 mm. Total benda uji dalam penelitian ini adalah 30 buah.

Tabel 1. Jenis benda uji

MIX	Persentase Epoxy	Persentase Hardener	Perawatan (28 Hari)	
			Kubus	Silinder
M1	0% epoxy	0% hardener	3	3
M2	2% epoxy	2% hardener	3	3
M3	4% epoxy	4% hardener	3	3
M4	6% epoxy	6% hardener	3	3
M5	SikaGrout		3	3
Jumlah			15	15

Perencanaan Campuran (Mix Design)

Mengadopsi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Setiyarto (2022) dan Putri (2020) dengan perbandingan antar agregat halus dengan *fly ash* sebesar 1 :1 yang membutuhkan pasir sebanyak 750 gram dan *fly ash* sebanyak 750 gram. Dengan variasi epoxy yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat *fly ash*. Dimana epoxy dicampurkan dengan hardener dengan perbandingan 1:1.

Tabel 2. Proporsi Campuran Patch Repair Material

% Epoxy : % hardener	Perbandingan Alkali Aktivator	FA:SA	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Fly Ash	Pasir	Air
			(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(ml)
0% Epoxy : 0% hardener	1:3,5	1:1	235,71	589,28	750	750	825
2% Epoxy : 2% hardener			236,71	590,28	750	750	825
4% Epoxy : 4% hardener			237,71	591,28	750	750	825
6% Epoxy : 6% hardener			238,71	592,28	750	750	825

a. Pengujian Mortar

- *Workability* : Pengujian *workability* dari mortar yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada ASTM 1437-07. Prosedur penelitian *Workability* menggunakan alat *flow table*, alat yang dipakai berupa suatu plat dasar dari logam dan cetakan kerucut kecil. Campuran mortar segar dituangkan kedalam cetakan kerucut kecil dalam dua lapisan dan dipadatkan oleh batang tamping kecil dengan 20 tusukan untuk setiap lapisan. Cetakan

kerucut kecil diangkat dari campuran mortar dengan arah vertikal ke atas alat *flow table* mulai bekerja dengan 25 ketukan dalam waktu 15 detik.

- *Setting Time* : Pengujian *Setting time* dari mortar yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-6827-2002. Prosedur uji *setting time* dilakukan dengan menuangkan campuran mortar segar ke dalam cetakan kerucut sepenuhnya dan membuang kelebihan campuran mortar dari permukaan. Pada saat permulaan, pengujian penembusan jarum mortar dilakukan setiap 15 menit sekali, sampai pada saat jarum tidak sampai menyentuh dasar/alas cetakan. Kemudian dilakukan pada setiap 10 menit, sampai pada saat tercapai penembusan sedalam 10 mm atau kurang.
- b. Pembuatan Mortar Geopolimer dengan Variasi Epoxy
- Setelah menghitung komposisi *Fly Ash Gepolymer Mortar* dan menimbang bahan-bahan yang akan digunakan, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji. Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :
1. Sodium hidroksida (NaOH) dilarutkan ke dalam air, kemudian sodium silikat (Na_2SiO_3) ditambahkan ke dalam larutan sodium hidroksida.
 2. Bahan-bahan penyusun *Fly Ash Gepolymer Mortar* yaitu *fly ash*, alkali aktivator (NaOH dan Na_2SiO_3), pasir, air dan bahan tambah *epoxy* disiapkan.
 3. *Fly ash* dan pasir dimasukkan kedalam mixer lalu diaduk selama kurang lebih 3 menit.
 4. Setelah merata, kemudian larutan alkali aktivator (NaOH dan Na_2SiO_3) dicampurkan kedalam campuran kering (pasir, *fly ash*), semua bahan diaduk hingga merata.
 5. Kemudian *epoxy* ditambahkan sesuai persentase (0%, 2%, 4%, dan 6%) pada adukan *fly ash gepolymer mortar*.
 6. Permukaan dalam cetakan diolesi dengan menggunakan oli.
 7. Adukan dimasukkan ke dalam cetakan sebanyak 3 lapis dan tiap lapis dipadatkan agar padatnya sempurna, kemudian permukaannya diratakan.
- c. Pembuatan Mortar *SikaGrout*
- Untuk pencampuran air pada mortar *sikagrout* (tergantung pada konsistensi yang dibutuhkan) kedalam bejana pencampuran. Adapun langkah-langkah pembuatan mortar *sikagrout* adalah sebagai berikut :
1. *Sikagrout* dan air ditimbang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.
 2. Kemudian *sikagrout* dimasukkan kedalam bejana pencampuran.
 3. Air ditambahkan secara perlahan dan dicampur secara terus menerus selama 3 menit, agar material tercampur merata dan mencapai konsistensi yang dikehendaki.
- d. 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.
- e. Pengujian Sifat Mekanis
- Pengujian Kuat Tekan
- Pengujian kuat tekan mortar pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm yang telah berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Machine*. Dimana *Compression Machine* akan memberikan tekanan hingga benda uji tersebut runtuh. Pengujian kuat tekan mengacu kepada SNI 03-6882-2002.
- Pengujian Kuat Lekat
- Pengujian kuat lekat merupakan penentuan kekuatan lekat sistem pengikat berbahan dasar geopolimer dengan tambahan epoxy dengan beton semen Portland mengacu pada SNI 8054:2014. Benda uji yang dipakai adalah beton normal dengan pengikat semen Portland berbentuk silinder

dengan ukuran 20 cm x 10 cm yang telah berumur 28 hari, yang nantinya akan dipotong atau dibelah menjadi bentuk prisma.

HASIL DAN PEMBAHASAN

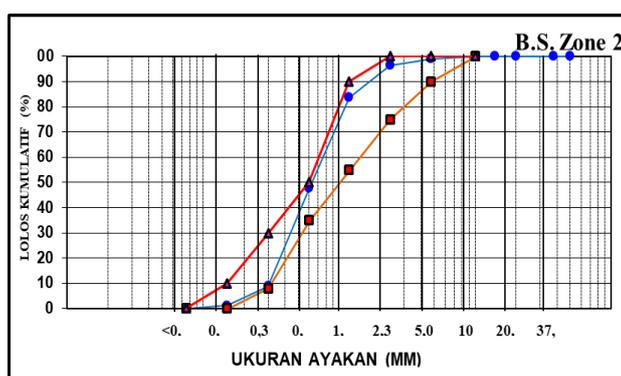
1. Sifat Fisis Material

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 Volume	1558	<1445	gr/cm ³	ASTM C.29-1991
2	Berat Jenis (SSD)	2,66	1,6-3,2	-	ASTM C128-15
3	Fine Modulus	2,62	2,3-3,1	-	ASTM C.33-01
4	Water Absorbtion	1,49	Max 12%	%	ASTM C128-15
5	Kandungan Air	1,43	Max 10%	%	ASTM C.566-13
6	Kadar Lumpur	1,61	5%	-	ASTM C.117-13
7	Kadar Organik	Kuning muda	No.2	-	ASTM C40-92

Tabel 3. menunjukkan bahwa hasil dari pengujian sifat fisis agregat halus telah memenuhi ketentuan yang telah diisyaratkan oleh standar ASTM. Selanjutnya, untuk Analisa saringan agregat halus dengan tujuan mengetahui ukuran butir dan gradasi agregat halus, untuk keperluan campuran mortar dapat dilihat pada Gambar 1.



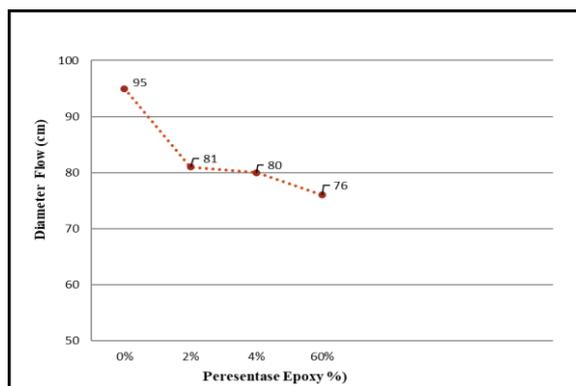
Gambar 1. Kurva gradasi agregat halus

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa gradasi untuk agregat halus telah memenuhi syarat dari BS 882-92, dimana gradasinya masuk pada Zona 2 yaitu dengan kondisi pasir agak kasar.

2. Pengujian Karakteristik Mortar Geopolimer

Pengujian *workability* menggunakan alat *flow table* dengan mengukur diameter sebaran mortar yang ditambahkan *epoxy* 0% untuk kontrol, 2%, 4% dan 6% dari berat *fly ash*. Adapun hasil

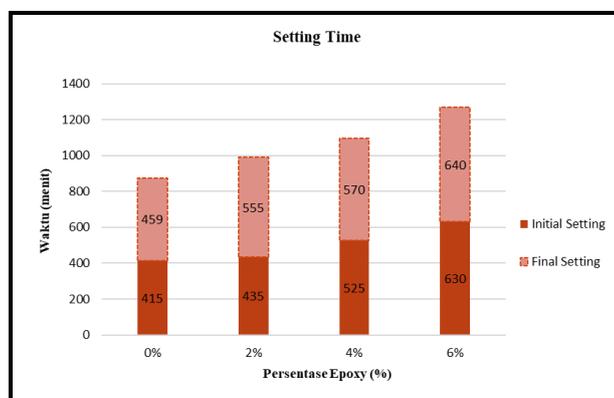
pengujian diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Workability* Mortar geopolimer epoxy

Gambar 2. menyimpulkan bahwa dengan penambahan *epoxy* dalam adukan mortar akan menurunkan *workability*, dimana penurunan *workability* adukan tersebut sejalan dengan penambahan persentase *epoxy*. Hal ini disebabkan semakin banyak persentase *epoxy* dalam adukan mortar maka adukan mortar menjadi sedikit lebih kental, sehingga menyebabkan *setting process* mortar semakin lambat, sehingga pada saat proses pengadukan mortar tanpa *epoxy* proses pengikatannya lebih cepat dari pada mortar dengan *epoxy* sehingga pada saat uji *workability* terjadi penurunan seiring bertambahnya persentase *epoxy*.

Pengujian *setting time* dilakukan berdasarkan rentang waktu 15 menit sekali, sampai jarum tidak sampai menyentuh dasar/ alas cetakan. Kemudian, dilakukan setiap 10 menit. Pengujian *setting time* dilakukan sampai jarum pada alat vicat tercapai penembusan dalam 10mm atau kurang. Persentase perubahan hasil pengujian *setting time* terhadap penambahan *epoxy* untuk waktu awal dan waktu akhir dapat dilihat pada Gambar 3.



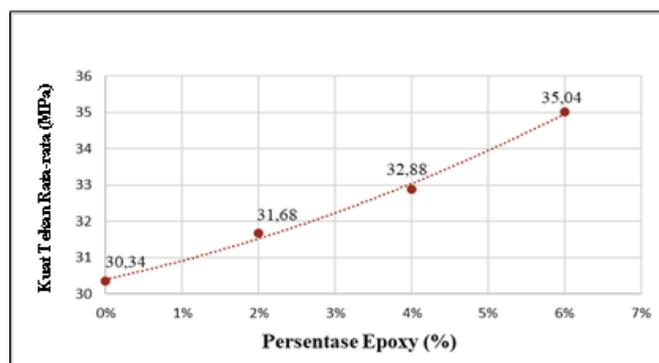
Gambar 3. *Setting Time* mortar

Waktu pengikatan awal dan akhir mortar geopolimer dengan dan tanpa *epoxy* sesuai dengan ASTM C-305-82. Dari hasil pengujian menggunakan alat Vicat seperti terlihat pada gambar 3, bahwa pada pengikatan awal (*initial setting time*) *epoxy* memberikan pengaruh terhadap waktu pengerasan, dengan demikian juga untuk proses pengikatan akhir (*final setting time*). Terlihat bahwa waktu pengikatan mortar geopolimer dengan persentase epoxy 2%, 4% dan 6% meningkat secara signifikan sehingga seiring bertambahnya persentase *epoxy* dalam adukan mortar geopolimer waktu pengikatan akan semakin meningkat.

3. Pengujian Sifat Mekanis

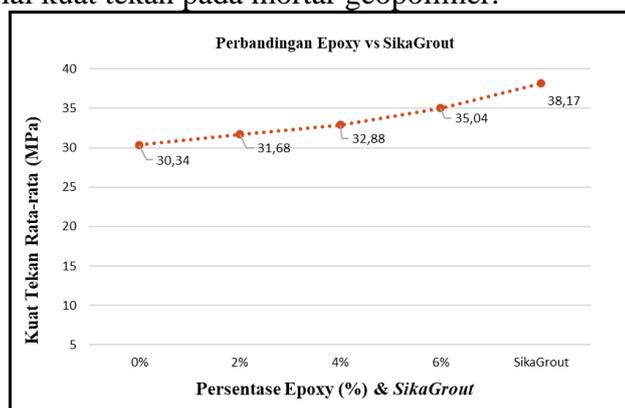
Pengaruh penambahan epoxy terhadap kuat tekan

Pada Gambar 4. terlihat bahwa penambahan epoxy sebesar 2% dari volume fly ash dapat meningkatkan kuat tekan. Peningkatan kuat tekan mortar geopolimer epoxy disbanding mortar geopolimer biasa kemungkinan dikarenakan adanya gabungan antara agregat halus, fly ash dan resin epoxy sebagai perekat tercampur secara merata sehingga membentuk suatu kesatuan yang kuat. Dari penelitian Prema, dkk (2017) menyatakan bahwa semakin banyak kadar epoxy masuk ke dalam pori-pori, maka daya ikat semakin kuat.



Gambar 4. Pengaruh penambahan % epoxy terhadap kuat tekan

Gambar 4. menunjukkan pola kenaikan kuat tekan pada mortar geopolimer yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah persentase epoxy. Dari hasil pengujian dapat diketahui kuat tekan mortar geopolimer yang paling maksimum terjadi pada penambahan persentase epoxy sebesar 6% dengan nilai kuat tekan 33,71 MPa. Sedangkan kuat tekan mortar geopolimer yang minimum terjadi pada mortar geopolimer tanpa penambahan epoxy dengan nilai kuat tekan 30,34 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan persentase epoxy yang optimal mampu meningkatkan nilai kuat tekan pada mortar geopolimer.



Gambar 5. Hasil perbandingan kuat tekan ditambah epoxy dengan mortar SikaGrout

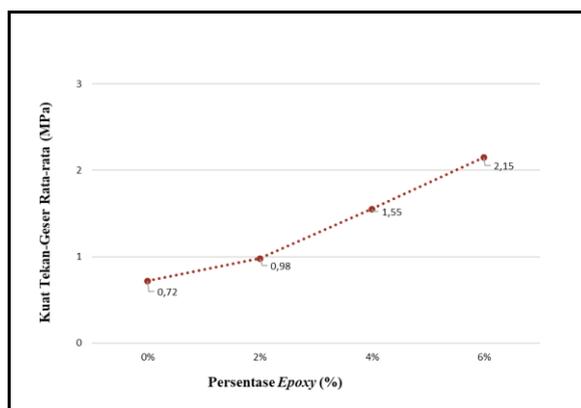
Dari hasil pengujian kuat tekan mortar geopolimer campuran optimum epoxy dengan mortar sikagrout juga menunjukkan perbedaan nilai kuat tekan. Mortar sikagrout memiliki kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan mortar geopolimer epoxy. peningkatan kuat tekan yang terjadi pada mortar sikagrout lebih pesat dibandingkan mortar geopolimer dengan penambahan epoxy. Hal ini dikarenakan sikagrout tahan terhadap getaran dan penyusutan serta memiliki kekuatan tekan yang tinggi (Dinamika Utama, 2013).

Hasil Pengujian Kuat Lekat Mortar Geopolimer Epoxy

Pengujian kuat lekat mortar geopolimer dengan penambahan *epoxy* dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI 8054:2014 . Hasil pengujian selengkapnya disajikan dalam tabel dan diagram kuat lekat sebagai berikut :

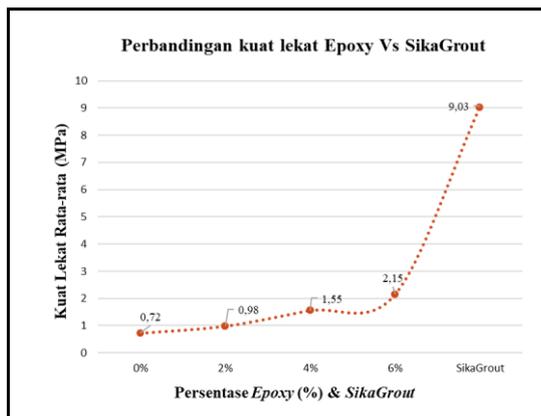
Tabel 4. Hasil uji kuat lekat Mortar Geopolimer *Epoxy*

% Epoxy	No. Benda Uji	Diameter		Luas Bidang Elips (mm) ²	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan geser (N/mm ²)	Rata-rata
		a	b				
		(mm)	(mm)				
0%	1	100	180	14137,17	9,581	0,678	0,72
	2	100	180	14137,17	10,179	0,720	
	3	100	180	14137,17	10,880	0,770	
2%	1	100	180	14137,17	14,751	1,043	0,98
	2	100	180	14137,17	13,581	0,961	
	3	100	180	14137,17	13,166	0,931	
4%	1	100	180	14137,17	21,148	1,496	1,55
	2	100	180	14137,17	22,650	1,602	
	3	100	180	14137,17	22,066	1,561	
6%	1	100	180	14137,17	31,148	2,203	2,15
	2	100	180	14137,17	30,001	2,122	
	3	100	180	14137,17	30,150	2,133	
<i>Sika Grout</i>	1	100	180	14137,17	125,984	8,912	9,03
	2	100	180	14137,17	130,980	9,265	
	3	100	180	14137,17	125,990	8,912	



Gambar 6. Hasil pengujian kuat lekat mortar geopolimer ditambah *epoxy*

Gambar 6. menunjukkan pola kenaikan kuat lekat pada mortar geopolimer yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah persentase *epoxy* . Dari hasil pengujian dapat diketahui kuat lekat mortar geopolimer yang paling maksimum terjadi pada penambahan persentase *epoxy* sebesar 6% dengan nilai kuat tekan 1,99 MPa. Sedangkan kuat lekat mortar geopolimer yang minimum terjadi pada mortar geopolimer tanpa penambahan *epoxy* dengan nilai kuat tekan 0,72 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan persentase *epoxy* yang semakin besar mampu meningkatkan nilai kuat tekan pada mortar geopolimer.



Gambar 7. Perbandingan kuat lekat mortar geopolimer dengan ditambah epoxy Dengan mortar sikagrout

Dari hasil pengujian kuat lekat mortar geopolimer ditambah epoxy dengan mortar sikagrout juga menunjukkan perbedaan nilai kuat lekat yang jauh berbeda mortar sikagrout memiliki kuat lekat yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan mortar geopolimer epoxy. hal ini dikarenakan sikagrout memiliki karakteristik tidak susut dan dapat mengkilir sangat baik.

Tabel 5. Mutu Beton dan Penggunaannya

Mutu	σ'_{bk} kg/c m ²	σ'_{bm} (S=46) kg/cm ²	Tujuan	Pengawasan Mutu Agregat	Terhadap Kuat tekan
Bo	-	-	Non	Ringan	Tanpa
B ₁	-	-	Struktur	Sedang	Tanpa
K 125	125	200	Struktur	Ketat	Kontinyu
K 175	175	250	Struktur	Ketat	Kontinyu
K 225	225	300	Struktur	Ketat	Kontinyu
> K 225	>225	>300	Struktur	Ketat	Kontinyu

Sumber : PBI -1971

Tabel 6. Jenis Mutu Beton

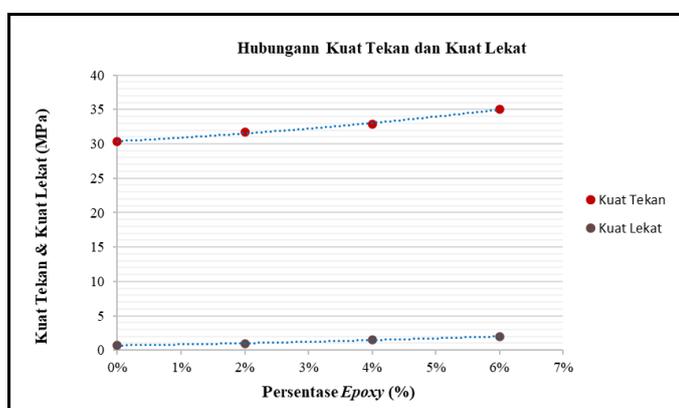
Jenis Beton	f_c' (Mpa)	Uraian
Mutu tinggi	$f_c' \geq 45$	Umumnya digunakan untuk beton pratekan seperti tiang pancang beton pratekan gelagar beton pratekan, pelat beton pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya
Mutu sedang	$20 \leq f_c' < 45$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kere beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen

Mutu rendah	$15 \leq f_c' < 20$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, dan trotoar
	$F_c' < 15$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan Kembali dengan beton

Sumber : Departemen PU

Komposisi campuran mortar geopolimer yang optimum yang memiliki kuat tekan maksimum sebagai variasi epoxy 6% dengan nilai kuat tekan adalah 33,71 MPa pada umur 28 hari. Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, maka mortar geopolimer berada pada mutu sedang dan memenuhi persyaratan kuat tekan sebagai *repair material* pada segala jenis beton berdasarkan mutunya.

Hubungan Kuat Tekan Terhadap Kuat Lekat Mortar Geopolimer



Gambar 8. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat lekat Mortar Geopolimer dengan bahan tambah Epoxy

Dari Gambar 8. dapat dilihat perbandingan Hubungan kuat tekan mortar geopolimer dengan tambahan epoxy sebesar 2%, 4%, dan 6% dari volume fly ash, didapatkan nilai kuat tekan sebesar 33,71 MPa, mencapai maksimum pada penambahan 6% epoxy. Hubungan kuat lekat mortar geopolimer dengan tambahan epoxy sebesar 2%, 4%, dan 6%, didapatkan nilai kuat lekat sebesar 1,99 MPa, mencapai maksimum pada penambahan 6% epoxy. untuk nilai kuat tekan minimum didapat nilai sebesar 30,34 MPa, tanpa adanya penambahan epoxy (0%), demikian juga dengan nilai kuat lekat minimum didapat nilai sebesar 0,72 MPa, tanpa adanya penambahan epoxy (0%).

Dari Gambar 8. disimpulkan bahwa hubungan kuat tekan dan kuat lekat mortar geopolimer dengan tambahan epoxy, menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase epoxy maka semakin tinggi nilai kuat tekannya, sehingga nilai kuat lekatnya juga ikut meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Semakin banyak kandungan epoxy pada campuran mortar geopolimer, maka kuat tekan mortar geopolimer semakin tinggi.

2. Semakin banyak kandungan *epoxy* pada campuran mortar geopolimer, maka kuat lekat mortar geopolimer semakin tinggi.
3. Mortar *sikagrout* memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan mortar geopolimer.
4. Mortar *sikagrout* lebih mudah untuk digunakan dibandingkan dengan mortar geopolimer.

Perlu penelitian lebih lanjut mengenai tipe *fly ash* yang akan digunakan sehingga waktu pengikatan pada mortar lebih cepat, sehingga hasil penelitian dapat diaplikasikan pada kasus perbaikan secara langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2002). *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plasteran dengan Bahan Dasar Semen*. SNI 03-6820-2002. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2014). *Motode Uji Kekuatan Lekat Sistem Epoxy Resin pada Beton Dengan Cara Tekan Geser*. SNI 8054-2014. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2014). *Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton*. SNI 2460-2014. Jakarta.
- Dinamika Utama, Sika Grout 215, CV. *Dinamika Utama*. (Online),(
<http://www.dinamikautama.com/2013/10/sikagrout-215-new.html>, tanggal 18 Agustus 2022).
- Gemert VD, Czarnecki L, Lukowski P, & Krapen E, (2004). *Cement Concrete and Concrete-Polymer Composites*. Belgium: Katolik Universiti Leuven.
- Hardjito, Djwantoro, Steenie, E., Wallah, Dody, M.J., Sumajouw, dan B.V. Rangan. (2004). Faktor influencing The Compressive Strength Of Fly Ash Based Geopolymer Concrete, *Civil Engineering Dimension*. 6. Issue : 2, hal.88.
- Jaedun, A, Metode Penelitian Eksperimen, *Puslit Dikdasmen, Lemlit UNY*. (online), (<http://staffnew.uny.ac.id/upload/131569339/pengabdian/metode-penelitian-eksperimen.pdf>, tanggal 18 Agustus 2022).
- Kristiawan, S.A., dan Sunarmasto. Pengembangan Concrete Patch Repair Material dengan Bahan Polymer Cement Based Matrix yang Tahan Retak dan Delaminasi Akibat Restrained Shrinkage, *LPPM Universitas Sebelas Maret*. (Online), (<https://lppm.uns.ac.id/2011/01/11/pengembangan-concrete-patch-repair-material-dengan-bahan-polymer-cement-based-matrix-yang-tahan-retak-dan-delaminasi-akibat-restrained-shrinkage/>, tanggal 10 Agustus 2022).
- Nuryana, E., (2022). Epoxy Pelapis Lantai adalah? Pengertian Epoxy Lantai, *Academia*. (Online), (https://www.academia.edu/35397186/Epoxy_Pelapis_Lantai_adalah_Pengertian_Epoxy_Lantai, tanggal 11 Agustus 2022)
- Prema, S., Sakthivel, S., Sankar, C., Kumar, J.V., dan Vijay. S., (2017). Comparative Study on Polymer Resin Concrete, *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 10 (8): 656-661.
- Setiyarto, Y. D., (2022). Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *CRANE : Civil Engineerin Research Jounal*, Vol 3, NO.1, April 2022: E-ISSN: 2775-4588.
- Sugiharto, H. dan Kusuma, (2001). Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete Pada Self Compacting Concrete, *Dimensi Teknik Sipil*, Vol 3, No.1, Maret 2001: hal 30-35. ISSN 1410-9530.
- Wirani, P. E.S., 2020. *Pengaruh Penggunaan Resin Epoxy dan Additive Cement Terhadap Kuat Tekan Beton*. Skripsi, Bogor : Universitas Pakuan.