

ARTIKEL ILMIAH

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATA MERAH DAN
KAPUR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT PENGGANTI
SEBAGIAN SEMEN TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR**
*Impact of Red Brick Waste and Lime as Partial Substitutes for Cement as Binding
Agents on the Mechanical Properties of Mortar*

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Gelar SarjanaS-1Jurusan Teknik Sipil



Oleh:
Fatahul Aziz
F1A116017

**JURUSANTEKNIKSIPIL
FAKULTASTEKNIK
UNIVERSITASMATARAM
2023**

Artikel Ilmiah

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATA MERAH DAN
KAPUR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT PENGGANTI
SEBAGIAN SEMEN TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR**
*Impact of Red Brick Waste and Lime as Partial Substitutes for Cement as Binding
Agents on the Mechanical Properties of Mortar*

Oleh:
FATAHUL AZIZ
F1A116017

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama

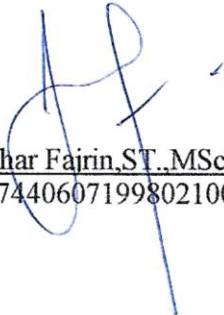


Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr. Eng.
NIP. 197310271998021001

Tanggal:

8/5 2023

2. Pembimbing Pendamping



Prof. Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng), Ph.D
NIP. 1974406071998021001

Tanggal:

Mengetahui,
~~Ph.~~ Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr. Eng.
197310271998021001

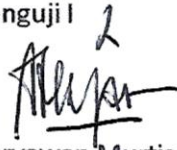
TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATA MERAH DAN KAP
SEBAGAI BAHAN PENGIKAT PENGGANTI SEBAGIAN SEME
TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR**

Oleh:
FATAHUL AZIZ
F1A116017

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal, 13 April 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Susunan Tim Punguji

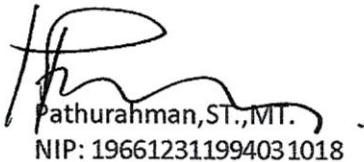
1. Penguji I



Ir. Suryawan Murtiadi, M.Eng., Ph.D.
NIP: 195807181993031001

Tanggal:

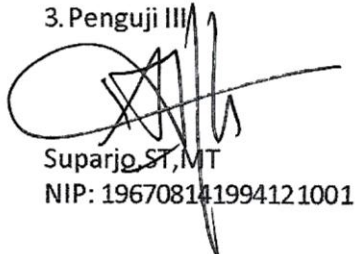
2. Penguji II



Pathurahman, ST., MT.
NIP: 196612311994031018

Tanggal:

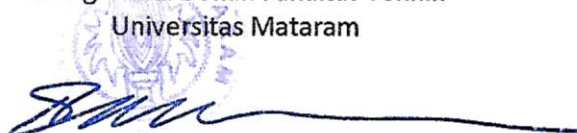
3. Penguji III



Suparjo, ST., MT.
NIP: 196708141994121001

Tanggal:

Mengetahui
Mengetahui Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP: 197202221999031002

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATA MERAH DAN KAPUR SEBAGAI BAHAN PENGIKAT PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP SIFAT MEKANIK MORTAR

Impact of Red Brick Waste and Lime as Partial Substitutes for Cement as Binding Agents on the Mechanical Properties of Mortar

Fatahul aziz¹, hariyadi,ST.,MSc(Eng).,Dr.Eng²,prof. Jauhar fajrin,ST.,MSc(Eng).,Ph.D³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

INTISARI

Sebelum ditemukan semen Portland, masyarakat memanfaatkan puing bata merah yang pecah pada proses pembakaran yang kemudian digiling atau ditumbuk sampai halus. Puing bata merah tersebut dinamakan semen merah. Semen merah juga lazim digunakan untuk campuran bentuk mortar atau spesi. Dan berdasarkan pengetahuan yang didapat dari beberapa sumber ternyata semen merah mengandung unsur silika (Si) yang cukup besar, Semen merah dan kapur dipakai untuk mereduksi atau mengganti sebagian semen. Selain ramah lingkungan dan harganya murah dibanding semen, semen merah itu sendiri bisa didapat dari pengolahan limbah batu bata merah dari bongkaran bangunan yang tidak terpakai. Bahan material alternatif tersebut memenuhi syarat untuk pembuatan mortar yang ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah bata merah dan kapur sebagai bahan pengikat pengganti sebagian semen terhadap sifat fisik dan mekanik mortar. Besar kuat tekan, kuat rekat dan daya serap air maksimum pada mortar. dalam penelitian ini digunakan variasi campuran 1 pc: 4 psr, 1 bt: 4 psr, 0.25 kp: 0.75 bt: 4 psr, 0.5 kp:0.5 bt: 4 psr, 0.75 kp 0.25 bt: 4 psr, 1 kp: 4 psr, 1 kp: 4 psr, 0.5pc: 0.5 kp: 4 psr dan 0.5 pc: 0.5 bt: 4 psr. Pengujian meliputi kuat tekan, kuat rekat, dan daya serap air mortar jika dibandingkan dengan mortar normal.

Hasil dari penelitian ini teridentifikasi bahwa pengaruh penggunaan limbah bata merah dan kapur sebagai bahan pengikat pengganti Sebagian semen mengalami penurunan yang signifikan ditandai dengan menurunnya hasil pengujian kuat tekan dan kuat rekat pada mortar jika dibandingkan dengan mortar normal. Hasil pengujian kuat tekan, dan kuat rekat pada mortar didapatkan nilai tertinggi pada variasi 0,5 pc: 0,5 kp: 4 psr sebesar 9,36 MPa mengalami penurunan sebesar 27,33% dari beton normal, nilai kuat rekat sebesar 0,025 MPa mengalami penurunan sebesar 61,11% dan nilai terkecil pada variasi 1 bt: 4 psr sebesar 0,2 MPa mengalami penurunan sebesar 98,45% dari mortar normal, nilai kuat rekat sebesar 0 MPa mengalami penurunan sebesar 100% dari mortar normal.

Kata Kunci: Limbah bata merah, kapur, kuat tekan, kuat rekat, daya serap mortar.

PENDAHULUAN

Dahulu sebelum ditemukan semen Portland, masyarakat memanfaatkan puing bata merah yang pecah pada proses pembakaran yang kemudian digiling atau ditumbuk sampai halus. Puing bata merah tersebut dinamakan semen merah. Semen merah juga lazim digunakan untuk campuran bentuk mortar atau spesi. Dan berdasarkan pengetahuan yang didapat dari beberapa sumber ternyata semen merah mengandung unsur silika (Si) yang cukup besar, Semen merah dan kapur dipakai untuk mereduksi atau mengganti semen. Selain ramah lingkungan dan harganya murah dibanding semen, semen merah itu sendiri bisa didapat dari pengolahan limbah batu bata merah dari bongkaran bangunan yang tidak terpakai. Bahan material alternatif tersebut memenuhi syarat untuk pembuatan mortar yang ramah lingkungan. Insinyur sipil harus menemukan solusi untuk semua masalah lingkungan. Selama beberapa dekade terakhir, akademisi dan industri semakin menyadari dan memahami pentingnya keberlanjutan dan daur ulang. Daur ulang konstruksi dan puing-puing limbah adalah salah satu dari banyak cara untuk mencegah limbah masuk ke tempat pembuangan sampah dan mengurangi ketergantungan industri konstruksi pada peralatan yang menurunkan sumber daya alam. Di Indonesia, khususnya Lombok, pasca gempa 2018, banyak tembok-tembok hancur yang tidak berguna bagi lingkungan. Ini adalah limbah yang sulit untuk ditangani.

Bahan bangunan yang paling umum digunakan untuk konstruksi rumah adalah semen. Mengingat emisi karbon dioksida yang terkait dengan produksi semen saat membakar kapur pada suhu tinggi, penggunaan semen sebagai pengikat mortar dianggap mahal dan meningkatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Semen yang digunakan selama ini pasti menghasilkan banyak emisi karbon dioksida, yang meningkatkan risiko pemanasan global.

Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah bata merah dan kapur sebagai bahan pengikat pengganti semen terhadap sifat mekanik mortar.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang menjadi dasar dalam penelitian tugas akhir ini:

- Berapa besar kuat rekat pada mortar?
- Berapa besar kuat tekan dan daya serap air maksimum pada mortar?

- Pengaruh penggunaan limbah bata merah dan kapur sebagai bahan pengikat pengganti sebagian semen terhadap sifat fisik dan mekanik mortar?

Batasan Masalah

Agar penelitian berjalan dengan sistematis dan tidak menyimpang dari rumusan masalah, maka diperlukan batasan masalah. Adapun lingkup bahasan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini yaitu:

- Dilakukan di laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram
- Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tiga roda.
- Pasir yang digunakan adalah pasir alam.
- Proporsi kapur terhadap campuran kapur dan bata merah sebagai pengganti semen adalah sebesar 0%,25%,50%,75%,100% dari berat semen yang digunakan.
- Jumlah air (FAS) yang digunakan adalah 0.5%. Mortar diuji pada usia 28 hari.
- Pengujian yang dilakukan hanya pengujian kuat tekan, kuat rekat dan daya serap air.
- Limbah bata merah berasal dari Desa Dasan Geria, Kecamatan Lingsar, Kabupaten Lombok Barat.
- Kapur padam yang digunakan berasal dari Desa Mangkung, Kecamatan Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah.
- Limbah bata merah dan kapur tidak dilakukan pengujian kandungan kimia.

DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Umumnya mortar terbuat dari campuran agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, dan semen Portland) dan air. Mortar berfungsi sebagai matrik pengikat atau bahan pengisi suatu konstruksi, baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Penelitian mengenai campuran mortar sebelumnya telah dilakukan oleh Wenda dkk. (2018). Pada pembuatan campuran mortar tanpa bahan tambahan lain diperoleh nilai kuat tekan $\pm 12,315$ MPa (Wenda et al., 2018)

Selain itu serbuk kapur sebagai cementitious pada mortar. Penulis melakukan penelitian serbuk kapur sebagai cementitious pada mortar dengan komposisi 0%,25%, 50%,75% dan 100% dari berat semen. Tujuannya untuk mendapatkan komposisi serbuk kapur yang optimum dalam mortar bila ditinjau dari kuat tekan, resapan dan berat jenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya komposisi serbuk kapur maka kuat tekan mortar semakin menurun. Kuat tekan

mortar pada umur 28 hari dengan variasi komposisi 0% sebesar 9,76 MPa, 25% sebesar 7,65 MPa, 50% sebesar 4,67 MPa, 75% sebesar 4,67 dan 100% sebesar 1,18 MPa. Hasil tes resapan mortar dengan menggunakan serbuk kapur akan semakin besar seiring dengan bertambahnya variasi campuran serbuk kapur, sedangkan berat jenis mortar dengan menggunakan serbuk kapur akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya variasi campuran serbuk kapur. Maka tidak dapat direkomendasikan serbuk kapur untuk mortar struktur, tetapi substitusi serbuk kapur dengan komposisi 25% dari berat semen masih dapat dipakai untuk campuran mortar non struktur yaitu untuk pasangan batu bata dan plesteran (Zuraidah & Hastono, 2017).

LandasanTeori

Hidrologi

Mortar adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, bahan pengikat dan air dengan cara diaduk sampai homogen. Mortar sering digunakan sebagai bahan plesteran, pekerjaan pasangan dan banyak pekerjaan lainnya. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam - macam, yaitu tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan) maupun semen portland (Wibowo, 2007).

Bahan susun mortar adalah material tertentu yang dicampur untuk membentuk mortar. Umumnya bahan susun mortar terdiri atas bahan ikat, agregat halus (pasir) dan air. Secara umum kualitas bahan susun mortar sama dengan yang digunakan pada beton. Karena itu bahan susun yang digunakan harus dipilih dan bahan-bahan yang berkuahitas baik.

Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu (Tjokrodimuljo, K 2007:6).

Semen Merah Limbah Batu Bata

Semen merah limbah batu bata adalah semen merah yang diperoleh dari hasil penggilingan limbah bata merah bekas hasil bongkaran bangunan yang tidak terpakai. Bata merah yang merupakan bahan dasar pembuatan semen merah sangat beragam. Pengaruh daerah lokasi pembuatan, suhu pembakaran, umur bata merah, dan komposisi sangat berpengaruh terhadap kandungan kimia terutama silika dan alumina yang ada didalam bata merah. Kandungan kimia dari suatu bahan akan menentukan sifat fisik dan mekanik dari suatu bahan tersebut.

Bata merah baru umumnya memiliki kandungan senyawa kimia silika oksida (SiO_2)

berkisar 55-65% dan alumina oksida ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) berkisar 10-25% (Hendro suseno,2010). Berbeda dengan limbah batu bata. Komposisi kimia dari limbah batu bata terdiri dari 54-61% silika oksida (SiO_2) dan 22-32% alumina oksida ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) (Paulo B. Lourenco, Francncisco M. Fernandes, Fernando Casto, 2009). Perbedaan ini dikarenakan adanya perlakuan fisik dari limbah batu bata selama dipakai menjadi bahan bangunan suhu udara, angin, kelembapan, temperature, air hujan/garam dan perubahan termal (El-Gohary & Al-Naddaf,2009).

Tabel Perbandingan Komposisi Senyawa Kimia Bata Merah Baru Dan Limbah Bata Merah.

Senyawa	Limbah Bata Merah	Bata Merah Baru
SiO_2	56,4%	60,6%
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	27,4%	19,2%
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	7,2%	8,1%
CaO	1,2%	2,6%
MgO	1,4%	2,9%

Sumber: Paulo B. Lourenco, Francncisco M. Fernandes, Fernando Casto (2009).

Kapur

Kapur merupakan bahan bangunan yang penting. Bahan ini telah dipakai sejak zaman kuno. Orang – orang mesir kuno memakai kapur untuk memplester bangunan. Di Indonesia kapur ini juga sudah lama dikenal sebagai bahan perekat, dalam pembuatan tembok, pilar, dan sebagainya. Untuk bahan bangunan dapat dibagi dalam 2 macam berdasarkan penggunaannya yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut dapat dalam bentuk kapur tohor maupun kapur padam (PUBI-1982, dalam Tjokrodimulyo, 2003).

Tabel 2. 1. Komposisi Senyawa Kimia Batu Kapur.

Senyawa	Kandungan
$\text{Na}_2 \text{O}$	0,10%
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	0,41%
MgO	2,72%
$\text{K}_2 \text{O}$	0,32%
CaO	50,84%
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	0,68%
SiO_2	1,00%

Sumber: Sitohang, Abinhot dan Hazairin (2002).

Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002 (2002), agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai butiran sebesar 4,76 mm.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SK SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut:

- a. Modulus halus butir antara 1,50 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- b. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan ≤ 2.2 .
- c. Tidak mengandung zat organik tertalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar.
- d. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% berat, sedangkan jika dipakai magnesium sulfat yang hancur maksimum 18% berat. Butir sesuai standar gradasi.
- e. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering). Jika kadar lumpur melebihi 5% pasir harus dicuci.
- f. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif dengan alkali.
- g. Agregat halus dari laut / pantai boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan – bahan yang diakui.

Air

Air pada campuran mortar berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan reaksi semen, pasir dan kapur agar dapat saling mengikat. Selain itu air juga berfungsi sebagai pelumas antar butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (workability) adukan mortar. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30% berat semen namun dalam kenyataannya nilai faktor air yang dipakai sulit kurang dari 35% berat semen. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Air yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan mortar tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak adukan mortar. Sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum, tawar, tidak berbau dan tidak keruh. Tetapi belum pasti air yang tidak dapat diminum, tidak dapat digunakan sebagai pereaksi adonan mortar (Tjokrodiljo, K.1992).

Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas sehingga menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan mortar dihitung dengan rumus:

$$f_c$$

Dengan:

f_c = kekuatan tekan mortar, (kg/cm²)

P = beban maksimum, (kg)

A = luas penampang mortar, (cm²)

Di Indonesia sampai sekarang belum ada persyaratan yang mengisyaratkan kekuatan adukan mortar, hanya untuk kondisi tertentu dianjurkan menggunakan jenis campuran tertentu pula. Beberapa negara sudah mencantumkan kekuatan adukan mortar. Menurut ASTM C 270 standar mortar berdasarkan kekuatannya dibedakan sebagai berikut:

a. Mortar tipe M

Mortar tipe M adalah adukan dengan kuat tekan yang tinggi, dipakai untuk dinding bata bertulang, dinding dekat tanah, pasangan pondasi, adukan pasangan pipa air kotor, adukan dinding penahan dan adukan untuk jalan. Kuat tekan minimumnya adalah 175 kg/cm² sama dengan 17 Mpa

b. Mortar tipe N

Mortar tipe N adalah adukan kuat tekan sedang, dipakai bila tidak disyaratkan menggunakan tipe M, tetapi diperlukan daya rekat tinggi serta adanya gaya samping. Kuat tekan minimumnya adalah 124 kg/cm² sama dengan 12 Mpa.

c. Mortar tipe S

Mortar tipe S adalah adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimumnya adalah 52,5 kg/cm² sama dengan 5 Mpa

d. Mortar tipe O

Mortar tipe O adalah adukan dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk konstruksi dinding yang tidak menahan beban yang lebih dari 7 kg/cm² dan gangguan cuaca tidak berat. Kuat tekan minimumnya adalah 24,5 kg/cm² sama dengan 2,5 Mpa.

e. Mortar tipe K

Mortar tipe K adalah adukan dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk pasangan dinding terlindung dan tidak menahan beban, serta tidak ada persyaratan mengenai kekuatan. Kuat tekan minimumnya adalah 5,25 kg/cm² sama dengan 0,6 Mpa.

Kuat Rekat Mortar

Pengujian kuat rekat pasangan bata merah dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas mortar terhadap gaya geser pada dinding saat menerima beban gempa. Pengujian kuat rekat mortar dilakukan berdasarkan ASTM 155207 (*Standard Practice For Capping Concrete Masonry Units*)



Gambar 2. 1. Pengujian Kuat Rekat Mortar.

Daya Serap Mortar

Bahan penyusun dalam mortar yang terbesar adalah agregat, pada umumnya agregat yang dipakai adalah agregat halus/pasir. Oleh karena itu sifat - sifat agregat dalam menyerap air akan mempengaruhi daya serap air pada mortar.

Penyerapan air pada mortar perlu dilakukan dengan pengujian daya serap air di laboratorium. Pelaksanaan pengujian daya serap air dimulai dengan penimbangan berat basah mortar dikeringkan di dalam oven pada suhu kurang lebih 105°C selama 24 jam. mortar kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering.

Daya serapan air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Serapan air} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\%$$

Dengan:

w_1 = Berat mortar dalam keadaan kering mutlak (di oven) (kg)

w_2 = Berat mortar setelah direndam (kg)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram.

Peralatan Penelitian

1. Cetakan kubus dengan ukuran (5x5x5) cm³
2. Ayakan.
3. Timbangan
4. Oven
5. Mesin uji tekan mortar
6. Mesin pengaduk mortar
7. Jangka sorong dan penggaris
8. Bak premdaman
9. piknometer
10. stopwatch
11. gelas ukur

Bahan Penyusun Penelitian

1. Semen PCC merek Tiga Roda.
2. Pasir.
3. Limbah bata merah yang digunakan adalah hasil bekas bongkaran bangunan yang tidak terpakai.
4. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam.
5. Air yang digunakan dalam penelitian diambil dari jaringan air bersih dari laboratorium struktur Teknik sipil universitas mataram.

Rancangan Percobaan

Tabel 3. 1. Variasi Penelitian.

Variasi Campuran (%)	Semen (gr)	Air (gr)	Bata Merah (gr)	Kapur (gr)	Pasir (gr)	Jumlah benda uji (bh)
Kontrol	300	150	0	0	1200	5
0%	0	150	300	0	1200	5
25%	0	150	225	75	1200	5
50%	0	150	150	150	1200	5
75%	0	150	75	225	1200	5
100%	0	150	0	300	1200	5

Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium struktur jurusan Teknik sipil fakultas Teknik Universitas Mataram. Adapun tahap-tahap pelaksanaan penelitian meliputi tahap persiapan, tahap pengujian bahan, tahap pembuatan benda uji, perawatan dan pelaksanaan pengujian.

Tahap Pengujian Bahan

Untuk mengetahui karakteristik dari bahan penyusun mortar dengan bahan pengikat pengganti semen, perlu diteliti bahan penyusunnya, dalam hal ini bahan penyusun yang diteliti adalah pasir, pengujian bahannya adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Gradasi Pasir

- a. Pasir dengan berat 1000 gram dikeringkan dalam tungku dengan panas antara 100°C- 110°C selama ±24 jam.
- b. Ayakan disusun sesuai dengan lubang ayakan terbesar diletakkan paling atas kemudian lubang yang kecil dibawahnya dan pasir dimasukkan pada ayakan teratas.
- c. Susunan ayakan ditaruh di atas alat penggetar dan diayak selama 10 menit.
- d. Masing-masing kelompok pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang dan penimbangan dilakukan secara kumulatif, yaitu dari butir-butir yang kasar dahulu kemudian ditambahkan dengan butir agregat yang lebih halus sampai semua agregat tertimbang.
- e. Menghitung persentase berat pasir yang tertahan diatas masing-masing lubang ayakan terhadap berat total pasir dengan rumus berikut:

$$C = \frac{A}{B} \times 100\%$$

dengan,

A = Berat pasir yang tertahan di atas saringan (gram)

B = Berat total pasir = 1000 gram

2. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

- Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu sekitar $105^{\circ}\text{C} \pm 24$ jam.
- Pasir dikeringkan dari dalam oven kemudian didiamkan selama beberapa jam, selanjutnya pasir direndam selama 24 jam.
- Air rendaman dibuang, kemudian pasir diletakkan agar kering sampai tercapai keadaan jenuh kering muka (SSD).
- Pasir yang sudah jenuh kering muka (SSD) dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 500 gram (B_0). Air dimasukkan sampai 90% penuh. Kemudian piknometer diputar-putar untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap diantara butiran-butiran pasir.
- Air ditambahkan ke dalam piknometer sampai tanda batas, kemudian piknometer yang berisi air dan pasir ditimbang (B_1).
- Pasir dikeluarkan dari piknometer sampai tanda batas, kemudian dikeringkan dalam oven sampai beratnya konstan. Kemudian dilakukan penimbangan setelah pasir didinginkan (B_2).
- Piknometer yang berisi air penuh ditimbang (B_3).
- Menghitung berat jenis, berat jenis SSD dan absorpsi (penyerapan) pasir:
Berat jenis = $(B_2) / (B_3 + B_0 - B_1)$
Berat jenis SSD = $(B_0) / (B_3 + B_0 - B_1)$
Absorpsi = $(B_0 - B_2) / (B_2) \times 100\%$
Dengan:
 B_0 = Berat pasir dalam keadaan SSD (gram).
 B_1 = Berat piknometer berisi pasir dan air (gram).
 B_2 = Berat pasir setelah kering tungku (gram).
 B_3 = Berat piknometer berisi air (gram).

3. Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Lepas

- Bejana timbangan beratnya (B_1) dan diukur diameter serta tingginya.
- Pasir yang telah kering tungku dimasukkan ke dalam bejana dengan hati-hati agar tidak ada butiran yang keluar.
- Perataan permukaan pasir dengan mistar perata.

d. Berat jenis bejana yang berisi pasir ditimbang (B_2).

e. Menghitung berat benda uji ($B_3 = B_2 - B_1$).

f. Menghitung berat satuan agregat lepas.

g. Berat satuan agregat lepas = $(B_3) / V$

Dimana

B_3 = Berat lepas benda uji (gram)

V = volume bejana (cm^3)

4. Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Halus Padat

a. Setelah menimbang berat bejana (B_1), bejana diisi dengan pasir dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis mendapat pemadatan yang seragam.

b. Permukaan pasir diratakan.

c. Berat jenis bejana yang berisi pasir ditimbang (B_2).

d. Menghitung berat benda uji ($B_3 = B_2 - B_1$).

e. Menghitung berat satuan agregat padat.

f. Berat satuan agregat lepas = $(B_3) / V$
Dengan

B_3 = Berat benda uji kondisi padat (gram)

V = volume bejana (cm^3)

5. Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus (Pasir)

a. Disiapkan pasir kering tungku yang lewat ayakan 4,80 mm minimal 500 gram (B_1).

b. Pasir tersebut dimasukkan ke dalam nampan pencuci dan air dimasukkan secukupnya sampai semua pasir terendam.

c. Nampan diguncang kemudian air cucian dituangkan ke dalam ayakan no.16 dan no.200.

d. Langkah 3 diulangi sampai air cucian nampak bersih.

e. Butir-butir pasir yang tersisa di ayakan no.10 dan no.200 dimasukkan kembali ke dalam oven untuk dikeringkan kembali selama 24 jam. Kemudian ditimbang kembali setelah kering tungku (B_2).

f. Jika persentase bahan yang lewat > 5%, berarti bahan mempunyai kandungan lumpur yang tinggi.

g. Menghitung kandungan lumpur pada pasir dengan menggunakan rumus:
Kandungan lumpur = $(B_1 - B_2) / (B_1) \times 100\%$

Dengan:

B_1 = Berat pasir mula-mula (gram).

B_2 = Berat pasir setelah dicuci dan kering tungku (gram).

6. Semen Portland

Dalam penelitian ini, pemeriksaan semen hanya dilakukan dengan pemeriksaan visual semen diamati warna dan kehalusan butirannya, kemudian jika terdapat gumpalan maka gumpalan semen tersebut dihancurkan sehingga butirannya benar-benar halus.

7. Kapur

Pemeriksaan terhadap kapur dilakukan pemeriksaan secara visual. Kapur diamati warna dan kehalusan butirannya, kemudian jika terdapat gumpalan maka gumpalan kapur tersebut dihancurkan sehingga butirannya benar-benar halus.

8. Limbah Bata Merah

Dalam penelitian ini, limbah batu bata yang digunakan adalah potongan-potongan / limbah dari batu bata yang sudah tidak terpakai lagi lalu dihancurkan secara manual sampai hancur seperti pasir. Pemeriksaan limbah bata merah dilakukan dengan menggunakan ayakan lolos saringan 1.18 mm.

9. Air

Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Mataram

Tahap Pembuatan Benda Uji Mortar

1. Perhitungan Pembuatan Dan Penimbangan Bahan Susun Mortar

2. Pembuatan Pasta Mortar

- Langkah-langkah dalam pembuatan pasta mortar adalah sebagai berikut: Setelah masing-masing bahan ditimbang, bahan kemudian diaduk dalam keadaan kering hingga homogen dalam bak adukan. Langkah ini dilakukan agar pencampuran bahan-bahan tersebut bisa lebih mudah dan merata sehingga diharapkan mendapat hasil yang merata.
- Tuangkan air ke dalam bak adukan dengan merata, kemudian aduk hingga didapatkan adukan yang merata.
- Diamkan selama kurang lebih 1 menit, di dalam bak adukan, kemudian aduk kembali hingga benar-benar tercampur merata.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur (beban maksimum) kemudian baca beban maksimum yang dapat ditahan benda uji dengan melihat jarum manometer.

3. Uji Sebar Pasta Mortar

- Setelah pasta mortar sudah diaduk dan siap digunakan, siapkan alat uji sebar mortar.
- Letakkan cincin sebar di atas meja sebar, lalu isi dengan pasta mortar hingga kurang lebih $\frac{1}{2}$ dari cincin, padatkan dengan alat pemadat kurang lebih 20 kali tumbukan. Pengisian dilakukan dalam 2 lapis, setiap lapis harus dipadatkan.
- Ratakan permukaan atas mortar dalam cincin sebar dan bersihkan mortar yang menempel pada sisi luar cincin dan pada meja sebar.
- Angkat cincin sebar perlahan-lahan sehingga di atas meja sebar terbentuk kerucut terpancung.
- Meja sebar digetarkan sebanyak 25 kali selama 15 detik dengan tinggi jatuh meja $\frac{1}{2}$ inchi atau 12,7 mm.
- Ukur diameter bawah mortar di atas meja sebar, minimal dari 4 arah yang berbeda, lalu hitung diameter rata-rata (d_r) mortar.
- Jika hasil diameter rata-rata mortar lebih dari 115 mm, maka pengujian diulangi dengan menambah atau mengurangi pemakaian air dalam mortar.

4. Pembuatan Benda Uji Mortar

- Mengaduk kembali mortar yang ada didalam mangkok dengan sendok pengaduk selama 15 menit.
- Memasukkan mortar kedalam cetakan kubus, pengisian cetakan dilakukan sebanyak 2 lapis dan setiap lapis dipadatkan 32 kali. Pencetakan kubus mortar harus sudah dimulai paling lama 2 $\frac{1}{2}$ menit setelah pengadukan.
- Meratakan permukaan kubus mortar dengan menggunakan sendok perata.
- Setelah itu cetakan dibuka dan mortar dibiarkan selama 24 jam.
- Mengumpulkan kubus - kubus mortar untuk disimpan di tempat tertentu untuk masa perawatan benda uji.

Perawatan Benda Uji Mortar

Benda uji mortar yang telah berumur 24 jam, cetakan mortar dilepas dan benda uji diberi tanda, kemudian benda uji ditimbang, kemudian diletakkan pada tempat yang lembab sampai berumur 27 hari. Setelah berumur 27 hari benda uji direndam dalam kolam perendaman selama 15 menit. Setelah proses tersebut, benda uji dikeluarkan dari dalam air, kemudian ditimbang dan diletakkan pada tempat yang lembab sampai berumur 28 hari.

Pengujian Mortar

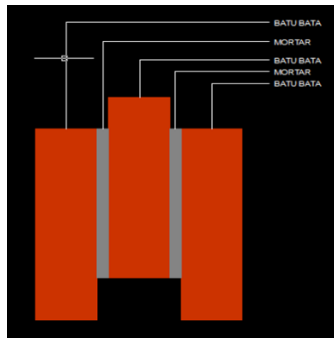
1. Pengujian Kuat Tekan Mortar

- Masing-masing benda uji diukur panjang, lebar, tingginya dan ditimbang

- beratnya serta hitung luas bidang tekannya (A).
- b. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan secara simetris, Jalankan mesin tekan dengan penambahan berat yang konstan. Perhatikan jarum manometer yang menunjukkan kenaikan kuat tekan yang terjadi.
 - c. Jalankan mesin tekan dengan penambahan berat yang konstan. Perhatikan jarum manometer yang menunjukkan kenaikan kuat tekan yang terjadi.
 - d. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur (beban maksimum), kemudian baca beban maksimum yang dapat ditahan benda uji dengan melihat jarum manometer.

2. Pengujian Kuat Rekat Mortar

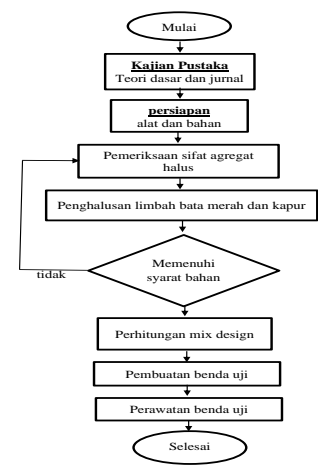
Pengujian kuat geser pasangan bata merah dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas mortar terhadap gaya geser pada dinding saat menerima beban gempa. Pengujian kuat geser mortar dilakukan berdasarkan ASTM 155207 (Standard Practice for Capping Concrete Masonry Units).



Gambar 3. 1. Ilustrasi pengujian kuat rekat mortar

3. Pengujian Daya Serap Air Mortar
 - a. Kemudian benda uji ditimbang guna mengambil massa basah
 - b. Setelah itu benda uji dibiarkan selama 24 jam.
 - c. Kemudian benda uji tersebut ditimbang kembali untuk memperoleh massa kering dari benda uji.
 - d. Prosedur ini diulangi kembali untuk sampel benda uji yang lain

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

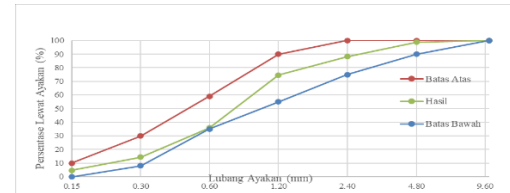
Air

Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, jernih, tidak berwarna, tidak kotor, dan tidak berbau. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa air dari laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram dalam kondisi tidak berwarna dan tidak berbau, sehingga dapat digunakan kerana telah memenuhi syarat sesuai yang tercantum pada SKSNI S-04-1989- F.

Semen Portland.

Semen yang digunakan adalah semen portland jenis 1 merk semen tiga roda dengan kemasan 50 kg/zak. Semen yang digunakan saat penelitian tidak menggumpal dan dalam keadaan kering sehingga semen layak digunakan sebagai bahan penelitian.

Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus



Gambar 4. 1. Gradasi pasir

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.1, gradasi pasir yang digunakan termasuk pada zonen II yaitu pasir agak kasar. Dari analisis gradasi agregat halus yang telah dilakukan didapat modulus kehalusan butir dimana persentase kumulatif tinggal ayakan berbanding dengan persentase tertinggal ayakan, sehingga didapat modulus kehalusan butir sebesar 2,815. Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa semua agregat halus yang melewati lubang ayakan pasir berada diantara batas atas dan bawah gradasi pasir.

Nilai modulus butiran pasir sebesar 2,815 telah memenuhi persyaratan sesuai dengan pernyataan Tjokrodinuljo (2007) dimana modulus kehalusan butir yang disyaratkan sebesar 1,5-3,8. Semakin besar nilai modulus halus butirannya menunjukkan bahwa semakin mendominasi butiran agregat yang berukuran besar.

Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Analisa pemeriksaan berat jenis agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.2, 3.3, 3.4 dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari analisa berat jenis yang dilakukan didapatkan berat jenis proporsi SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 2,422 sedangkan berat jenis kering rata-rata sebesar 2,504. Dimana hasil tersebut termasuk jenis agregat normal. Menurut Tjokrodinuljo (2007) agregat normal memiliki berat jenis antara 2,5-2,7.

Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Satuan Agregat Halus

Analisa pemeriksaan berat satuan agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari analisa berat satuan agregat halus yang dilakukan didapatkan berat satuan lepas rata-rata sebesar 1,323 gr/cm³ dan berat satuan padat rata-rata sebesar 1,442 gr/cm³. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa material yang digunakan masuk dalam jenis agregat normal, dimana agregat normal memiliki berat satuan 1,2-1,6 gr/cm³ (Tjokrodinuljo, 2007).

Hasil Pengujian Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus

Analisa pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari analisa yang dilakukan didapatkan kadar lumpur dari pasir yang di uji sebesar 2,10 %, sehingga pasir tersebut memenuhi standar yang disyaratkan ASTM C 33 86 sebagai bahan penyusun beton/mortar.

Hasil Perencanaan Campuran Mortar

Tabel 4.1. Komposisi campuran mortar

Jenis Mortar	Berat Semen (gr)	Berat Pasir (gr)	Berat Serbuk Bata Merah (gr)	Berat Kapur (g)
Mortar Normal	300	1200	0	0
Mortar Semen, Kapur	150	1200	0	150
Mortar Semen, Serbuk Bata	150	1200	150	0
Mortar Kapur	0	1200	0	300
Mortar Serbuk Bata	0	1200	300	0
Mortar 25%Serbuk Bata, 75%Kapur	0	1200	75	225
Mortar 50%Serbuk Bata, 50%Kapur	0	1200	150	150
Mortar 75%Serbuk Bata, 25%Kapur	0	1200	225	75

Kapur

Pemeriksaan terhadap kapur dilakukan pemeriksaan secara visual.Kapur diamati warna dan kehalusan butirnya,kemudian jika terdapat gumpalan maka gumpalan kapur tersebut dihancurkan sehingga butirannya benar-benar halus.

Semen Merah Limbah Batu Bata

Dalam penelitian ini, limbah batu bata yang digunakan adalah potongan-potongan / limbah dari batu bata yang sudah tidak terpakai lagi lalu dihancurkan secara manual sampai hancur seperti pasir.Pemeriksaan limbah bata merah dilakukan dengan menggunakan ayakan lolos saringan 1.18 mm.

Hasil Pengujian Nilai Sebar

Komposisi Campuran (gr)	Kode Sampel	Diameter Uji Sebar Rata-rata (cm)				Diameter Rata-rata (cm)	Diameter Rata-rata Maksimal (cm)
		D1	D2	D3	D4		
0 PC : 300 KP : 0 BT : 1200 PSR	Kontrol	11	11,6	11,6	11,3	11,4	11,5
300 PC : 0 KP : 0 BT : 1200 PSR	Var-1	11	11,5	11	11,2	11,2	11,5
0 PC : 225 KP : 75 BT : 1200 PSR	Var-2	11,2	11	11	11	11,1	11,5
0 PC : 150 KP : 150 BT : 1200 PSR	Var-3	10,9	10,5	10,7	10,9	10,8	11,5
0 PC : 75 KP : 225 BT : 1200 PSR	Var-4	11	10,7	11	10,9	10,9	11,5
150 PC : 150 KP : 0 BT : 1200 PSR	Var-5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	11,5
150 PC : 0 KP : 150 BT : 1200 PSR	Var-6	10	10,7	10	10,5	10,3	12,5
0 PC : 0 KP : 300 BT : 1200 PSR	Var-7	10,3	10	10	10,2	10,1	11,5

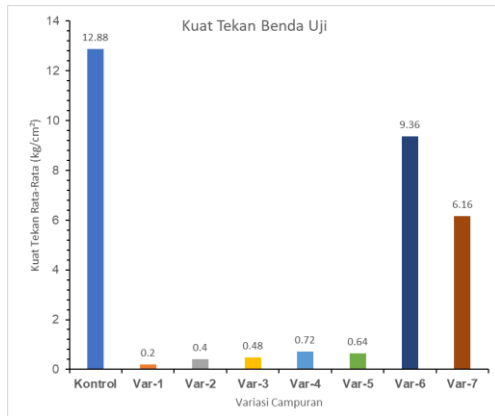
Berdasarkan data tabel 4.2 hasil pengujian menunjukkan bahwa diameter rata-rata (dr) di bawah diameter rata-rata maksimum itu artinya data hasil pemeriksaan uji sebar yang telah dilakukan telah memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

No	Kode sampel	Variasi				Sampel	Dimensi (mm)	Luas (mm ²) S x S	P maks (KN)	P maks (N)	f _c (Mpa)	f _c Rata-rata	Persen penurunan f _c terhadap mortar normal
		semen	kapur	bata	pasir								
1	kontrol	1	0	0	4	50 x 50 x 50	2500	31	31000	12.400	12,88	0,0%	
									32	33000			13.200
									31	31000			12.400
									34	34000			13.600
									32	32000			12.800
2	var-1	0	0	1	4	50 x 50 x 50	2500	0,5	500	0.200	0,20	98,45%	
									2	2000			0.800
									3	3000			1.200
									4	4000			1.600
									5	5000			2.000
3	var-2	0	0,25	0,75	4	51 x 50 x 50	2500	1	1000	0.400	0,40	96,89%	
									2	2000			0.800
									1	1000			0.400
									1	1000			0.400
									1	1000			0.400
4	var-3	0	0,5	0,5	4	52 x 50 x 50	2500	1,5	1500	0.600	0,48	96,27%	
									2	2000			0.800
									1	1000			0.400
									1,5	1500			0.600
									1,5	1500			0.600
5	var-4	0	0,75	0,25	4	53 x 50 x 50	2500	2	2000	0.800	0,72	94,41%	
									2	2000			0.800
									2	2000			0.800
									2	2000			0.800
									2	2000			0.800
6	var-5	0	1	0	4	54 x 50 x 50	2500	2	2000	0.800	0,64	95,03%	
									2	2000			0.800
									1	1000			0.400
									2	2000			0.800
									2	2000			0.800
7	var-6	0,5	0,5	0	4	55 x 50 x 50	2500	25	25000	10.000	9,36	27,33%	
									26	26000			10.400
									23	23000			9.200
									22	22000			8.800
									21	21000			8.400
8	var-7	0,5	0	0,5	4	50 x 50 x 50	2500	15	15000	6.000	6,16	52,17%	
									14	14000			5.600
									15	15000			6.000
									16	16000			6.400
									17	17000			6.800

Keterangan:

- PC = Semen
- KP = Kapur
- PSR = Pasir



Dari hasil perhitungan kuat tekan mortar dengan pengantian bahan perekat dengan serbuk bata dan kapur menunjukkan hasil yaitu nilai kuat tekan yang dihasilkan dari masing-masing variabel berbeda-beda. Kuat tekan tanpa pengantian bahan perekat atau mortar menggunakan semen menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata mortar sebesar 12.88 Mpa, mortar dengan variasi campuran 1 bt: 4 psr sebesar 0.2 Mpa, mortar dengan variasi campuran 0.25 kp: 0.75 bt: 4 psr sebesar 0.4 Mpa, mortar dengan variasi campuran 0.5 kp: 0.5 bt: 4 psr sebesar 0.48 Mpa, mortar dengan variasi campuran 0.75 kp: 0.25 bt: 4 psr sebesar 0.72 Mpa, mortar dengan variasi campuran 1 kp: 4 psr sebesar 0.64 Mpa, mortar dengan variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr sebesar 9.36 Mpa, dan mortar dengan variasi campuran 0.50 pc: 0.50 bt: 4 psr sebesar 6.61Mpa.

Hasil rata-rata kuat tekan menunjukkan penurunan antara kuat tekan rata-rata mortar tanpa pengantian bahan perekat semen dengan kuat tekan rata-rata mortar dengan pengantian bahan perekat serbuk bata dan kapur. Hal ini bertolak belakang dengan hipotesis awal yaitu dengan pengantian bahan perekat semen dengan serbuk bata dan kapur dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan mortar.

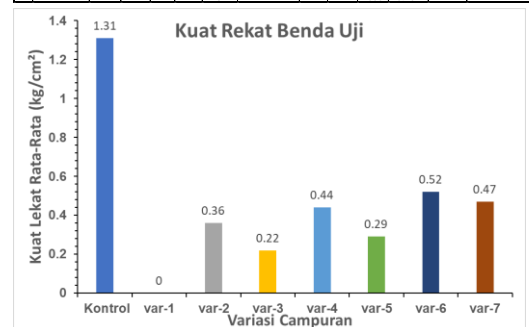
Dari hasil perhitungan kuat tekan mortar dengan penggantian sebagian bahan perekat (semen) dengan serbuk bata dan kapur menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dari masing-masing variasi campuran dihasilkan nilai yang berbeda-beda. Kuat tekan tanpa penggantian bahan perekat (semen) nilai kuat tekan rata-rata mortar sebesar 12.88 Mpa., untuk kuat tekan dengan variasi campuran 1 bt: 4 psr sebesar 0.2 Mpa, mengalami penurunan 98,45%, variasi campuran 0.25 kp: 0.75 bt: 4 psr sebesar 0.4 Mpa, mengalami penurunan 96,89%, variasi campuran 0.5 kp: 0.5 bt: 4 psr

sebesar 0.48 Mpa, mengalami penurunan 96,27%, variasi campuran 0.75 kp: 0.25 bt: 4 psr sebesar 0.72 Mpa, mengalami penurunan 94,41%, variasi campuran 1 kp: 4 psr sebesar 0.64 Mpa, mengalami penurunan sebesar 95,03%, variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr sebesar 9.36 Mpa, mengalami penurunan sebesar 27,33%, dan variasi campuran 0.50 pc: 0.50 bt: 4 psr sebesar 6.61Mpa. mengalami penurunan sebesar 52,17%. Kuat tekan mortar berbahan pengikat campuran kapur dan bata merah akan mengalami penurunan apabila campurannya lebih banyak bata merah dibandingkan dengan kapur yang digunakan. Faktor penyebab penurunan tersebut salah satunya adalah bertambahnya bata merah akan mempunyai sifat seperti pasir berarti akan menambah jumlah agregat yang akan diikat oleh kapur, sementara jumlah kapur yang tersedia tidak mencukupi untuk berikatan dengan agregat yang jumlahnya bertambah banyak sehingga akan menimbulkan slip antar agregat dan kurang kuatnya ikatan antara agregat dengan kapur pada campuran mortar yang menyebabkan kuat tekan mortar menjadi turun.

Hasil Pengujian Kuat Rekat Mortar

Tabel 4. 1. Hasil pengujian kuat rekat mortar pada umur 28 hari.

No	Kode sampel	Variasi				Dimensi (mm)	Luas (mm ²) P x L	P maks (KN)	P maks (N)	f _c (Mpa)	f _c Rata-rata	Persen penurunan f _c terhadap mortar normal
		semen	kapur	bata	pasir							
1	kontrol	1	0	0	4	120 x 110 x 50	5500	3 3000	0.545	0.55	0.0%	
2	var-1	0	0	1	4	121 x 110 x 50	5500	0 4000	0.727	0.00	100.00%	
		0	0	0	0.000							
		0	0	0	0.000							
3	var-2	0	0.25	0.75	4	122 x 110 x 50	5500	1 1000	0.182	0.15	72.22%	
		0	0.5	0	0.091							
		0	0.5	0	0.091							
4	var-3	0	0.5	0.5	4	123 x 110 x 50	5500	0.5 500	0.091	0.09	83.33%	
		0	0.5	0	0.091							
		0	0.5	0	0.091							
5	var-4	0	0.75	0.25	4	124 x 110 x 50	5500	1 1000	0.182	0.18	66.67%	
		0	0.75	0	0.136							
		0	0.75	0	0.136							
6	var-5	0	1	0	4	125 x 110 x 50	5500	0.6 600	0.109	0.12	77.78%	
		0	0.5	0	0.118							
		0	0.5	0	0.118							
7	var-6	0.5	0.5	0	4	126 x 110 x 50	5500	1 1000	0.182	0.21	61.11%	
		0.5	0.5	0	0.218							
		0.5	0.5	0	0.218							
8	var-7	0.5	0	0.5	4	127 x 110 x 50	5500	1 1000	0.182	0.19	64.44%	
		0.5	0	0.5	0.182							
		0.5	0	0.5	0.182							



Gambar 4. 2. Grafik hubungan konsentrasi kapur dan bata merah dengan kuat rekat mortar.

Hasil pengamatan secara visual pada pengujian kuat rekat menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada benda uji adalah lepasnya ikatan antara mortar dan bata merah. Bata merah masih dalam kondisi utuh tidak

mengalami kerusakan (patah), secara umum ini menunjukkan bahwa ikatan yang terjadi antar mortar dan bata merah kurang kuat.

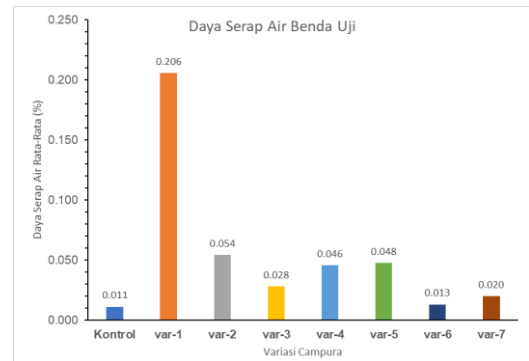
Dari hasil perhitungan kuat rekat mortar dengan penggantian bahan perekat (semen) dengan serbuk bata dan kapur menunjukkan penurunan nilai kuat rekat dari masing-masing variasi campuran dihasilkan nilai yang berbeda-beda. Kuat rekat tanpa penggantian bahan perekat (semen) nilai kuat rekat rata-rata mortar sebesar 0.065 Mpa, untuk kuat rekat dengan variasi campuran 1 bt: 4 psr sebesar 0 Mpa, mengalami penurunan 100%, variasi campuran 0.25 kp: 0.75 bt: 4 psr sebesar 0.018 Mpa, mengalami penurunan 72,22%, variasi campuran 0.50 kp: 0.50 bt: 4 psr sebesar 0.011 Mpa, mengalami penurunan 83,33%, variasi campuran 0.75 kp: 0.25 bt: 4 psr sebesar 0.022 Mpa, mengalami penurunan 66,67%, variasi campuran 1 kp: 4 psr sebesar 0.014 Mpa, mengalami penurunan sebesar 77,78%, variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr sebesar 0.025 Mpa, mengalami penurunan sebesar 61.11%, dan variasi campuran 0.50 pc: 0.50 bt: 4 psr sebesar 0,023 Mpa, mengalami penurunan sebesar 64,44%.

Dari hasil pengujian kuat rekat pasangan bata yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai optimum kuat rekat mortar pasangan bata paling besar berada pada variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr yaitu 0.025 Mpa dan nilai paling minimum terjadi pada variasi campuran 1 bt: 4 psr yaitu 0 Mpa. Sedangkan prosentase variasi campuran 1 pc: 4 psr yang dianggap sebagai kontrol menunjukkan bahwa kuat rekat rata-rata yang dicapai pada umur 28 hari sebesar 0.065 Mpa. Seiring semakin besar pemakaian semen merah, maka kuat rekat mortar akan mengalami penurunan. Pemakaian semen merah dalam jumlah berlebih akan menyebabkan campuran mortar yang terserap pada pasangan bata tidak dapat mengikat bata merah dengan kuat karena semen merah yang tidak mempunyai sifat mengikat akan menambah jumlah butiran-butiran halus yang terserap bata merah pada proses pengeringan dibandingkan kapur yang berfungsi sebagai pengikat proporsinya menjadi kecil. Sehingga kekuatan rekat pasangan bata menjadi berkurang.

Hasil Pengujian Daya Serap Air Mortar

Tabel 4. 2. Data hasil pengujian resapan air mortar

No	kode sampel	Variasi				Sampel	Dimensi (mm)	Lama (hr)	BERAT KERING (kg)	berat basah (kg)	daya serap	daya serap rata-rata	Persen penurunan daya serap terhadap mortar normal $\frac{B-A}{A} \times 100\%$
		semen	kapur	bata	pasir								
1	kontrol	1	0	0	4	1	50x50x50	2500	242.66	245.46	2.800	0.011	0.00%
						2			241.52	244.45	2.930		
						3			245.29	246.88	1.590		
						4			247.23	251.14	3.910		
						5			240.18	242.77	2.590		
2	var-1	0	0	1	1	50x50x50	2500	163.62	216.26	52.640	0.206	94.54%	
					2			170.88	211.12	40.240			
					3			166.82	206.62	39.800			
					4			166.54	212.93	46.390			
					5			172.64	210.71	38.070			
3	var-2	0	0.25	0.75	1	51x50x50	2500	206.29	219.92	13.630	0.054	79.34%	
					2			209.25	215.12	5.870			
					3			201.07	215.84	14.770			
					4			199.16	214.11	14.950			
					5			203.6	214.07	10.470			
4	var-3	0	0.5	0.5	1	53x50x50	2500	208.06	214.09	6.030	0.028	60.28%	
					2			216.53	217.62	1.090			
					3			204.4	217.42	13.020			
					4			204.4	214.88	10.480			
					5			214.91	214.79	-0.120			
5	var-4	0	0.75	0.25	1	53x50x50	2500	223.23	235.62	12.390	0.046	75.39%	
					2			225.03	234.42	9.390			
					3			223.04	228.46	5.420			
					4			224.04	236.75	11.710			
					5			222.25	242.38	10.130			
6	var-5	0	1	0	1	54x50x50	2500	228.57	235.97	7.400	0.048	76.39%	
					2			232.05	244.48	12.430			
					3			227.2	239.84	12.640			
					4			226.81	241.49	14.680			
					5			216.79	218.54	1.750			
7	var-6	0.5	0.5	0	1	55x50x50	2500	216.15	220.23	4.080	0.013	14.15%	
					2			216.93	219.04	2.110			
					3			213.51	217.65	4.140			
					4			215.63	217.83	2.200			
					5			187.78	188.83	1.050			
8	var-7	0.5	0	0.5	1	50x50x50	2500	189.53	191.11	1.580	0.020	43.41%	
					2			188	190	2.000			
					3			188.95	201.21	2.260			
					4			188.56	201.98	12.420			
					5								



Gambar 4. 3. Grafik hubungan konsentrasi kapur dan bata merah dengan daya serap air mortar.

Dari hasil perhitungan resapan mortar dengan penggantian sebagian bahan perekat (semen) dengan serbuk bata dan kapur menunjukkan kenaikan nilai resapan air dari masing-masing variasi campuran dihasilkan nilai yang berbeda-beda. Kuat resap tanpa penggantian sebagian bahan perekat (semen) nilai resap rata-rata mortar sebesar 0,011%, untuk daya serap dengan variasi campuran 1 bt: 4 psr sebesar 0,206%, mengalami kenaikan 94.54%, variasi campuran 0.25 kp: 0.75 bt: 4 psr sebesar 0,054%, mengalami kenaikan 79.34%, variasi campuran 0.50 kp: 0.50 bt: 4 psr sebesar 0,028%, mengalami kenaikan 60.28%, variasi campuran 0.75 kp: 0.25 bt: 4 psr sebesar 0,046 %, mengalami kenaikan 75.39%, variasi campuran 1 kp: 4 psr sebesar 0.048%, mengalami kenaikan sebesar 76.39%, variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr sebesar 0.013%, mengalami kenaikan sebesar 14.15%, dan variasi campuran 0.50 pc: 0.50 bt: 4 psr sebesar 0,020%, mengalami kenaikan sebesar 43.41%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Hasil dari penelitian ini teridentifikasi bahwa pengaruh penggunaan limbah bata merah dan kapur sebagai bahan pengikat pengganti sebagian semen mengalami penurunan yang signifikan di tandai dengan menurunnya hasil pengujian kuat tekan dan kuat rekat pada mortar jika di bandingkan dengan mortar normal. Hasil pengujian kuat tekan, dan kuat rekat pada mortar di dapatkan nilai tertinggi pada variasi 0,5 pc: 0,5 kp: 4 psr sebesar 9,36 MPa mengalami penurunan sebesar 27,33% dari beton normal, nilai kuat rekat sebesar 0,025 MPa mengalami penurunan sebesar 61,11% dan nilai terkecil pada variasi 1 bt: 4 psr sebesar 0,2 MPa mengalami penurunan sebesar 98,45% dari mortar normal, nilai kuat rekat sebesar 0 MPa mengalami penurunan sebesar 100% dari mortar normal.
- 2) Dari hasil perhitungan resapan mortar dengan penggantian sebagian bahan perekat (semen) dengan serbuk bata dan kapur menunjukkan kenaikan nilai resapan air dari masing-masing variasi campuran dihasilkan nilai yang berbeda-beda. Berdasarkan data perbandingan daya serap air pada mortar diatas dapat dilihat daya serap air mortar tertinggi pada variasi campuran 1 bt : 4 psr yaitu sebesar 0,206%, mengalami kenaikan 94.54% dari mortar normal dan daya serap terendah pada variasi campuran 0.50 pc: 0.50 kp: 4 psr sebesar 0.013%, mengalami kenaikan sebesar 14.15% dari mortar normal.

Saran

- 1) Penggunaan variasi campuran 1 bt: 4 psr diperoleh hasil mortar kurang baik, sehingga perlu digunakan bahan tambah lainnya untuk meningkatkan kuat tekan mortar, misalnya portland semen.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi campuran yang berbeda untuk mendapatkan hasil sifat fisik dan mekanik yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Andoyo. 2006. Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Serapan Air pada Mortar. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
- Anonim. 1989. Standar Nasional Indonesia. SK SNI S – 04 – 1989 – F. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

- ASTM C270-07. (2007). Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. United States.
- El-Gohary & Al-Naddaf. 2009. Characterization of Bricks Used In The External Casing of Roman Bath Walls "Gadara-Jordan".
- Fajriana, M., ST, P., & Nasution, N. (2009). Perbandingan Mutu Antara Mortar Pasangan Bata Komposisi 1 Kapur : 2 Semen Merah : 3 Pasir Dengan Mortar Pasangan Bata Komposisi 1 Semen Portland : 4 Pasir. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 20. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v4i2.7912>
- Hutagaol, D., & Butar-Butar, R. (2016). Penggunaan Limbah Bata Merah Sebagai Tambahan Semen Dalam Pembuatan Paving Block. *Educational Building*, 2(1), 41–47. <https://doi.org/10.24114/eb.v2i1.3747>
- Kharisma, E. M. (2013). Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Sebagai Semen Merah Terhadap Kuat Tarik Langsung Mortar (Semen Merah, Kapur, Pasir).
- Masduki, sholeh yudha. (2006). Uji Kekuatan Pasangan Bata Merah Dengan Speci Menggunakan Semen Merah Dari Daerah Nganjuk Jawa Timur.
- Nurlina, S., Hidayat, T., Suseno, H., & Kharisma, E. M. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Sebagai Semen Merah Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Mortar. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(2), 136–141.
- Rusgiana, L. D., Daryati, & Musalamah, S. (2022). Penambahan tumbukan batu bata terhadap kuat tekan mortar. 4(1), 18–23.
- Sihotang, Abinhot, Hazarin, 2002. Pemanfaatan Kapur dan Pozzolan sebagai Alternatif Bahan Baku Utama Pembuatan Semen Hidroulis Alternatif. Bandung.
- Paulo B. Lourenço.et.all. 2009. Handmade ClayBrick Chemical, Physical and Mechanical Properties. Portugal: University of Minho.
- Tjokrodimuljo, K (1992), "Bahan Bangunan", Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Nafiri
- Wenda, K., Zuridah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan*

Rekayasa Sipil, 1(1), 8–13.
<https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>

Wibowo, M. T. (2007). Pengaruh Penambahan Trass Muria Terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik Dan Serapan Air Pada Mortar.

Zuraidah, S., & Hastono, D. B. (2017). Serbuk Kapur Sebagai Cementitious Pada Mortar. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura, 2(Juni).

