

## **TUGAS AKHIR**

**PENELITIAN BATU KUMBUNG SEBAGAI BAHAN  
MATERIAL DINDING BANGUNAN TEMPAT  
TINGGAL DENGAN VARIASI KOMPOSISI SPESI  
SEMEN DAN PASIR  
*(RESEARCH OF KUMBUNG STONE AS A WALL  
MATERIAL FOR BUILDING WITH A VARIETY OF  
COMPOSITION CEMENT AND SAND SPECIMENS)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**HUSNA VINDA LUTFI  
15511099**

**PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2020**

## TUGAS AKHIR

# **PENELITIAN BATU KUMBUNG SEBAGAI BAHAN MATERIAL DINDING BANGUNAN TEMPAT TINGGAL DENGAN VARIASI KOMPOSISI SPESI SEMEN DAN PASIR (RESEARCH OF KUMBUNG STONE AS A WALL MATERIAL FOR BUILDING WITH A VARIETY OF COMPOSITION CEMENT AND SAND SPECIMENS)**

Disusun Oleh

**Husna Vinda Lutfi**

**15 511 099**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

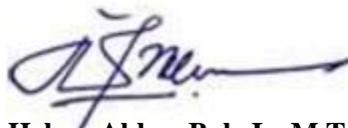
Diuji pada tanggal 11 November 2020

Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**

**Penguji I**

**Penguji II**



**Helmy Akbar Bale, Ir., M.T.**

NIK: 885110105



**Novi Rahmayanti, S.T.,  
M. Eng.**

NIK: 155111306



**Astriana Hardawati, S.T.,  
M. Eng.**

NIK: 165111301

Mengesahkan  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



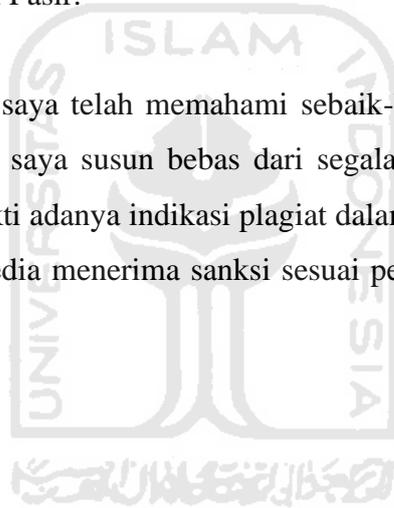
**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**  
NIK: 885110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Husna Vinda Lutfi  
NIM : 15511099  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Penelitian Batu Kumpang Sebagai Bahan Material Dinding Bangunan Dengan Variasi Komposisi Spesi Semen Dan Pasir.

Dengan penuh kesadaran saya telah memahami sebaik-baiknya dan menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun bebas dari segala bentuk plagiat. Apabila pada kemudian hari terbukti adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir yang saya susun ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan hukum yang berlaku.



Yogyakarta, 4 Juni 2020  
Yang membuat pernyataan,



Husna Vinda Lutfi  
( 15 511 099 )

## DEDIKASI



Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan seluruh alam yang telah melimpahkan rahmat, nikmat serta hidayahnya sehingga penulis telah mampu hingga tahap ini.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita nabi besar, Nabi Muhammad SAW serta seluruh keluarga dan kerabatnya.

Dari hati yang terdalam, disini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

Bapak Heri Mulyanto, S.E. , Ibu Diah Umini, dan adek Kemal Andra Ikhsan, dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan doa, maupun materil tanpa kenal lelah kepada penulis.

Bapak/Ibu dosen yang telah memberikan banyak ilmu serta pengalaman yang tak ternilai harganya serta membimbing penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Seluruh keluarga besar “Sipil angkatan 2015” yang penulis sayangi, yang telah banyak membantu khususnya teman-teman yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitiannya di Laboratorium dan menjadi teman diskusi dari permasalahan yang dihadapi penulis.

Segenap keluarga besar alumni Kos Eyang 3, khususnya kaka-kaka dan anggota ROMBENG, yang selama ini menemani dan berbagi suka duka menjadi keluarga baru selama penulis menempuh pendidikannya hingga akhir ini.

Segenap keluarga besar DC PRITZEL yang telah memberikan banyak pengalaman baru diluar akademis dan semangat kepada penulis menyelesaikan pendidikannya.

Serta semua rekan, kolega, dan seluruh pihak yang telah membantu banyak penulis selama ini.

Semoga apa yang penulis sampaikan dalam karya ini bisa menjadi manfaat baik pada diri penulis sendiri maupun bagi orang lain serta nusa dan bangsa.

Akhir kata penulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu persatu.

Terimakasih

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT tuhan semesta alam, yang mana dengan segala rahmat dan hidayahnya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Penelitian Batu Kumbang Sebagai Bahan Material Dinding Tempat Tinggal Dengan Variasi Komposisi Spesi Semen dan Pasir*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Helmy Akbar Bale, Ir., M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 4 Juni 2020  
Penulis

Husna Vinda Lutfi  
(15 511 099)

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Keaslian Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Batu Kumpang	16
3.2 Sifat Dasar Batuan	16
3.2.1 Sifat Fisik	17
3.2.2 Sifat Mekanik	19
3.3 Semen Portland (PC)	21

3.4 Pasir	22
3.5 Air	24
3.6 Mortar	24
3.7 Kuat Lekat Pasangan Bata	27
3.8 Kuat Tekan Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan	28
3.9 Kuat Geser Diagonal Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan	29
3.10 Kuat Lentur Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan	31
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>33</b>
4.1 Metode Penelitian	33
4.2 Metode Pengambilan Data	33
4.3 Tahapan Penelitian	34
4.3.1 Pemeriksaan Material	34
4.3.2 Persiapan Alat	35
4.3.3 Lokasi Penelitian	36
4.3.4 Pelaksanaan Penelitian	36
4.4 Pengujian Kuat Tekan Mortar	36
4.5 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbang	37
4.6 Pengujian Kuat Dinding Batu Kumbang Tanpa Perkuatan	37
4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Dinding	38
4.6.2 Pengujian Kuat Lentur Dinding	39
4.6.3 Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding	39
4.7 Analisis Data	40
4.8 Bagan Alir Metode Penelitian	43
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>45</b>
5.1 Pendahuluan	45
5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	45
5.2.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	45
5.3 Hasil Pengujian Parameter Dasar Batu Kumbang	50
5.3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Batu Kumbang	50
5.3.2 Hasil Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu Kumbang	52
5.3.3 Parameter Dasar Batu Kumbang	54

5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar	57
5.5 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batu Kumbang	65
5.5.1 Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang	65
5.5.2 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbang	69
5.5.2.1 Pembahasan Luas Lekat Benda Uji Batu Kumbang	74
5.6 Hasil Pengujian Pasangan Dinding Batu Kumbang	76
5.6.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumbang	76
5.6.2 Hasil Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbang	83
5.6.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbang	91
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	99
6.1 Kesimpulan	99
6.2 Saran	101
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	102
<b>LAMPIRAN</b>	105



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	14
Tabel 3.1 Kuat Tekan Rata-rata dan Koefisien Variasi Pengujian Kuat Tekan Bata Merah Pejal Pasangan Dinding yang Diizinkan	20
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	46
Tabel 5.2 Gradasi Pasir	47
Tabel 5.3 Hasil Analisis Sifat Tampak Batu Kumbang	51
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu Kumbang	53
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil pengujian Parameter Dasar Batu Kumbang	56
Tabel 5.6 Hasil Kuat tekan Mortar Variasi Spesi 1PC : 4PS	60
Tabel 5.7 Hasil Kuat tekan Mortar Variasi Spesi 1PC : 4PS	61
Tabel 5.8 Hasil Kuat tekan Mortar Variasi Spesi 1PC : 4PS	62
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Dinding Pas. Batu Kumbang	63
Tabel 5.10 Hasil Kuat Tekan Batu Kumbang dengan SNI 15-2094-2000	66
Tabel 5.11 Ketentuan Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata yang Yang Diijinkan SII 0021-1978	68
Tabel 5.12 Hasil Kuat Tekan Batu Kumbang dengan SII 0021-1978	69
Tabel 5.13 Hasil Pemeriksaan Kuat Lekat Pasangan Batu Kumbang	72
Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Dinding Pas. Batu Kumbang	78
Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Kuat Geser Diagonal Dinding Pas. Batu Kumbang	86
Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Kuat Lentur Dinding Pas. Batu Kumbang	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Uji Parameter Dasar Batuan	8
Gambar 2.2 Hasil Uji Kuat Batu Kumbang	9
Gambar 2.3 Hasil Uji Kuat Batu Kumbang Yang Mewakili	9
Gambar 3.1 Ilustrasi Benda Uji Kuat Tekan Bata Merah Pejal	20
Gambar 3.2 Benda Uji Pengujian Kuat Lekat Pasangan Batu	27
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan Di Laboratorium	28
Gambar 3.4 Benda Uji Kuat Geser Dinding	30
Gambar 3.5 Ilustrasi Pengujian Kuat Geser Pas. Dinding di Lab.	31
Gambar 3.6 Benda Uji Kuat Lentur Dinding	32
Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Pas. Dinding di Lab	32
Gambar 4.1 Ukuran Dinding Pasangan Batu Kumbang	38
Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian (1 dari 2)	43
Gambar 4.3 Bagan Alir Metode Penelitian (2 dari 2)	44
Gambar 5.1 Analisa Saringan Agregat Halus	47
Gambar 5.2 Gradasi Pasir Data Analisis dan Batas Gradasi Pasir Daerah III	48
Gambar 5.3 Gradasi Pasir Data Analisis Daerah I,II, dan IV	49
Gambar 5.4 Benda Uji Batu Kumbang	50
Gambar 5.5 Sampel Benda Uji Karakteristik Batu Kumbang	50
Gambar 5.6 (A) Sketsa Sampel Pengujian Parameter Dasar Batu Kumbang (B) Sampel Pegujian Parameter Dasar Batu Kumbang	53
Gambar 5.7 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Mortar (B) Sampel Pegujian Kuat Tekan Mortar	58
Gambar 5.8 Grafik Kuat Tekan Mortar	64
Gambar 5.9 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang (B) Sampel Pegujian Kuat Tekan Batu Kumbang	65
Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang SII 0021-1978	67
Gambar 5.11 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbang	70

Gambar 5.12 Dimensi Benda Uji Kuat Lekat Batu Kumbung	70
Gambar 5.13 (A) Tipe Lepas Lekatan pada Kedua Sisi Pas. Batu Kumbung (B) Tipe Lepas Lekatan pada Satu Sisi Pas. Batu Kumbung	74
Gambar 5.14 Dimensi Luas Penampang Benda Uji Kuat Lekat	75
Gambar 5.15 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumbung (B) Sampel Pegujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumbung	77
Gambar 5.16 (A) Pelat Bulat, (B) Pelat Baja 1, (C) Pelat Baja 2, dan (D) Pelat Baja 3	77
Gambar 5.17 Tipe Kebutuhan Mortar Sampel Dinding Batu Kumbung Pengujian Kuat Tekan Dinding	82
Gambar 5.18 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbung (B) Sampel Pegujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbung	83
Gambar 5.19 (A) Pelat Siku Baja 1, (B) Pelat Siku Baja 2	84
Gambar 5.20 (A) Pelat Siku Baja Tambahan, (B) Pelat Bulat	84
Gambar 5.21 Sketsa Retakan Benda Uji Geser Diagonal Tipe 1	89
Gambar 5.22 Sketsa Retakan Benda Uji Geser Diagonal Tipe 2	89
Gambar 5.23 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbung (B) Sampel Pegujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbung	91
Gambar 5.24 (A) Pelat Baja 2, (B) Pelat Baja 4, dan (C) Pelat Bulat	92
Gambar 5.25 Dimensi 1:5-C Posisi Sampel Dinding Batu Kumbung Pengujian Kuat Lentur	93
Gambar 5.26 Dimensi 1:5-C Sampel Dinding Batu Kumbung Pengujian Kuat Lentur	93
Gambar 5.27 Sketsa Deformasi Sampel Dinding Pengujian Kuat Lentur	96
Gambar 5.28 Benda Uji 1:4-C yang Mengalami <i>Crack</i> atau Lepas Sambungan	97
Gambar 5.29 Pengujian pada Benda Uji 1:4-C yang Mengalami <i>Crack</i>	98

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus	106
Lampiran 2 Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu	107
Lampiran 3 Hasil Pengujian Parameter Dasar Batu	108
Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang SNI 15-2094-2000	109
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang SII 0021-1978	110
Lampiran 6 Hasil Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang	111
Lampiran 7 Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Spesi 1:4	112
Lampiran 8 Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Spesi 1:5	113
Lampiran 9 Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Spesi 1:6	114
Lampiran 10 Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Kumpang	115
Lampiran 11 Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batu Kumpang	116
Lampiran 12 Pengujian Kuat Tekan Lentur Pasangan Batu Kumpang	117
Lampiran 13 Tabel Gradasi Pasir	118
Lampiran 14 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Analisis Saringan	119
Lampiran 15 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Mortar	120
Lampiran 16 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Parameter Dasar Batu	122
Lampiran 17 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Batu Kumpang	124
Lampiran 18 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Lekat Batu Kumpang	125
Lampiran 19 Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Pasangan Dinding Batu Kumpang	127
Lampiran 20 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Mortar	130
Lampiran 21 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang	131

Lampiran 22 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang	132
Lampiran 23 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Dinding	
Pasangan Batu Kumpang	133
Lampiran 24 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding	
Pasangan Batu Kumpang	134
Lampiran 25 Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Lentur Dinding	
Pasangan Batu Kumpang	136
Lampiran 26 Gambar Tambang Batu Kumpang, Desa Sawir, Tuban	
Jawa Timur	137



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

### Notasi :

$W_n$	= Berat asli batu (g)
$W_o$	= Berat kering oven batu (g)
$W_w$	= Berat jenuh (g)
$W_s$	= Berat jenuh dalam air (g)
$V_p$	= Volume sampel tanpa pori (cm <sup>3</sup> )
$V_t$	= Volume sampel total (cm <sup>3</sup> )
$n$	= Porositas batu kumpang (%)
$f_m$	= Kuat tekan batu (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'_m$	= Kuat tekan mortar (MPa)
$f_{vh}$	= Kuat lekat pasangan bata (MPa)
$f'_k$	= Kuat tekan pasangan dinding batu kumpang, SNI 03-4164 (MPa)
$f'_{vd}$	= kuat geser diagonal dinding batu kumpang SNI 03-4166 (MPa)
$S_s$	= kuat geser dinding batu kumpang, ASTM E519 (MPa)
$F_{lt}$	= kuat lentur dinding batu kumpang SNI 03-4165 (Mpa)
$f_{xi}$	= kuat lentur dinding batu kumpang, BS EN 01052-02 (Mpa)
$E_m$	= Modulus elastisitas kuat tekan dinding batu kumpang (MPa)
$P_u$	= Beban uji maksimum kuat tekan dinding (N)
$P_{maks}$	= Beban uji maksimum kuat tekan batu (N)
$W$	= Berat alat bantu (N)
$B$	= Lebar benda uji dinding batu kumpang (mm)
$b$	= Tebal benda uji dinding batu kumpang (mm)
$A$	= Luas penampang tekan dinding batu kumpang (cm <sup>2</sup> , mm <sup>2</sup> )
$\mu$	= koefisien friksi sebesar 0,3
$A_n$	= luas area desak benda uji kuat geser dinding (mm <sup>2</sup> )
$w$	= lebar benda uji kuat geser dinding (mm)
$H$	= tinggi benda uji kuat geser dinding (mm)
$t$	= tebal benda uji kuat geser dinding (mm)

- $n$  = persen daerah bruto yang padat,  $n : 1$   
 $P_u$  = beban ultimit kuat lentur (N)  
 $c$  = jarak sumbu netral benda uji kuat lentur (mm)  
 $F_{i,max}$  = beban maksimum kuat lentur BS EN 01052-02 (N)  
 $l_1$  = panjang benda uji kuat lentur (mm)  
 $l_2$  = jarak antar beban tumpuan kuat lentur (mm)  
 $b$  = lebar benda uji kuat lentur (mm)  
 $h_u$  = tebal benda uji kuat lentur (mm)

**Singkatan :**

- SNI = Standar Nasional Indonesia  
 SII = Standar Industri Indonesia  
 PUBI = Peraturan Umum Bahan Bangunan di Indonesia  
 BS EN = *British Standard-European Norm*  
 ASTM = *American Standard Testing and Material*  
 ISSN = *Internasional Standard Serial Number*  
 MHB = Modulus Halus Butir  
 MPa = *Mega Pascal*  
 Kg = Kilo gram

## ABSTRAK

Dinding pada bangunan dapat berfungsi sebagai elemen struktur, dan elemen non struktur. Sebagai elemen non-struktur (penyekat ruang) dinding juga harus memenuhi syarat SNI sebagaimana yang berlaku. Yaitu cukup kokoh dan kaku, mampu menjadi penghantar suhu ruangan, dapat meredam suara, kedap air dan ringan. Dinding tersusun dari 2 bahan material yaitu pasangan bata dan mortar sebagai perekat yang masing-masing mempunyai syarat klasifikasi sesuai jenis dan fungsinya, diatur pada PUBLI 1982. Diantaranya yaitu batu bata merah, batako, kayu/bambu, dan *hebel*. Pada beberapa wilayah di Indonesia juga dijumpai bahan material dinding lain yaitu batu tambang putih atau “batu kumbang” sebagai bahan penyusun dinding. Penggunaan batu kumbang dapat dijumpai pada daerah Bangkalan, Lamongan, Bojonegoro, dan Tuban.

Pada penelitian kali ini digunakan batu kumbang yang berasal dari Desa Sawir, kecamatan Tambakboyo, Tuban Jawa Timur. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi parameter dasar, maupun kekuatan dari batu kumbang, sehingga dapat memberikan informasi data teknis baru pada daerah tersebut. Untuk mencapai tujuan tersebut pada penelitian ini dilakukan pengujian pada batu kumbang dan dinding pasangan batu kumbang. Dengan menggunakan variasi spesi mortar meliputi perbandingan 1:4, 1:5, dan 1:6 dengan tujuan mengetahui kekuatan spesi mortar dengan perbandingan yang optimum sehingga baik digunakan sebagai perekat dinding pasangan batu kumbang, khususnya daerah Tuban, Jawa Timur. Penelitian yang dilakukan mengacu pada standar pengujian SNI 03-1996 dan ASTM E519-02 tahun 2002

Dan dari hasil penelitian menunjukkan batu kumbang Tuban mempunyai parameter dasar diantaranya bobot isi asli 1,780 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis 2,417, kadar air 9,029%, dan porositas 32,059%. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan batu kumbang ialah 32,46 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil rata-rata kuat lekat dari masing-masing variasi yaitu 1:4 sebesar 0,159 MPa, 1:5 sebesar 0,158 MPa, dan 1:6 sebesar 0,129 MPa. Dari pengujian kuat dinding batu kumbang diantaranya yaitu, hasil rata-rata kuat tekan dinding batu kumbang dengan variasi 1:4 sebesar 1,0721 MPa, variasi 1:5 sebesar 1,5633 MPa, dan variasi 1:6 sebesar 2,2332 MPa. Hasil rata-rata kuat geser diagonal dinding batu kumbang dari variasi 1:4 ialah 0,232 MPa, variasi 1:5 ialah 0,346 MPa, dan variasi 1:6 ialah 0,307 MPa. Dan hasil rata-rata kuat lentur dinding batu kumbang variasi 1:4 sebesar 0,260 MPa, variasi 1:5 sebesar 0,363 MPa, dan variasi 1:6 sebesar 0,528 MPa.

Kata kunci : Batu kumbang, dinding pasangan, kuat tekan.

## **ABSTRACT**

*The walls on the building can function as structural elements, and non structural elements. As non-structural elements (space insulation) The walls must also meet the requirements of the SNI as applicable. That is quite sturdy and rigid, able to be a room temperature conductor, can dampen sound, waterproof and lightweight. The walls are composed of two materials that are brick and mortar pairs as an adhesive which each has a requirement of classification according to the type and function, set at PUBI 1982. Among them are red bricks, brick, wood/bamboo, and Hebel. In some regions in Indonesia also found other wall material that is white quarry stone or "kumpang" as wall composition material. The use of kumpang can be found in Bangkalan, Lamongan, Bojonegoro, and Tuban.*

*In the research this time used the kumpang that originated from Sawir Village, Tambakboyo Sub-district, Tuban, East Java. The purpose of this research is to identify basic parameters, as well as the strength of the kumpang so that it can provide new technical data information in the area. To achieve these objectives in this study conducted testing on the kumpang and the wall of the kumpang pair. With the use of a variation of mortar covering the comparison of 1:4, 1:5, and 1:6 with the aim of knowing the strength of the coats with an optimum comparison so that it is used as a wall adhesive of kumpang pairs, especially the area of Tuban, East Java.*

*And from the results showed Tuban Kumpang has basic parameters including the original content weight 1.780 gram/cm<sup>3</sup>, the weight of type 2.417, water content 9.029%, and porosity 32.059%. The average result of strong test of the Kumpang press is 32.46 kg/cm<sup>2</sup>. The average strong result of each variation is 1:4 for 0.159 MPa, 1:5 of 0.158 MPa, and 1:6 at 0.129 MPa. From the strong testing of the stone wall of the kumpang that is, the average result of a strong press of the stone wall of the kumpang with a variation of 1:4 of 1.0721 MPa, 1:5 Variation of 1.563 MPa, and a variation of 1:6 at 2.233 MPa. The average result of the strong diagonal sliding stone wall from the variation of 1:4 is 0.232 MPa, the 1:5 variation is 0.346 MPa, and the variation of 1:6 is 0.307 MPa. And the average yield of strong bending of the kumpang variations of 1:4 at 0.260 MPa, 1:5 Variation of 0.363 MPa, and a 1:6 variation of 0.528 MPa.*

*Keywords: kumpang stone, wall mate, strong press.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebuah bangunan pada umumnya terbentuk dari banyak elemen-elemen bangunan. Elemen-elemen tersebut dapat dikelompokkan menjadi elemen struktur dan elemen non-struktur. Elemen struktur bangunan ialah bagian yang berperan dalam kekokohan/kekuatan bangunan menahan aksi mekanika dari gaya-gaya yang terjadi pada bangunan. Sedangkan elemen non-struktur ialah pelengkap bangunan, diantara banyaknya elemen bangunan salah satunya ialah dinding.

Dinding sebagai salah satu elemen yang ada pada bangunan gedung dapat mempunyai fungsi sebagai elemen struktur (dinding geser atau *shear wall*, atau dinding penahan), atau dapat menjadi elemen non struktur (penyekat ruang). Dinding sebagai pembatas/partisi, sifatnya tidak perlu kokoh tetapi harus kaku sehingga perlu kolom penguat (kolom praktis), hal ini antara lain harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagaimana peraturan standar nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

Persyaratan sebuah dinding bangunan tempat tinggal yaitu kokoh dan cukup kaku, mampu menjadi isolator suhu, mampu meredam suara, kedap air, diusahakan seringan mungkin, dan dapat memberikan bentuk-bentuk dan penampilan yang menarik. Dinding bangunan terdiri dari dua bahan penyusun, yaitu pasangan bata dan mortar sebagai bahan pengikat. Dalam Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982) bahan pasangan penyusun dinding mempunyai syarat ataupun klasifikasi berbeda-beda sesuai jenis dan fungsi bahan. Diantaranya tanah liat, bambu, kayu, papan buatan dari *gypsum* (partisi), bata merah, batako, bata ringan seperti *hebel*, ataupun bahan batuan lain yang diperoleh dari sumber alam setempat.

Di beberapa wilayah, di Indonesia sering dijumpai penggunaan batu kumpang sebagai penggunaan pasangan dinding. Batu kumpang (batu putih) ini banyak ditemukan di wilayah Kabupaten Lamongan, Tuban, Bangkalan,

Pamekasan, dan Bojonegoro yang berasal dari pegunungan kapur di wilayah tersebut. Batu kumpang termasuk dalam jenis batuan sedimen batu kapur yang memiliki rumus kimia  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , yang ditambang dan dipotong-potong sesuai kebutuhan. Umumnya batu kumpang mempunyai ukuran  $20 \times 10 \times 8 \text{ cm}^3$  untuk dinding, sedangkan  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  untuk pondasi. (Zuraida, 2013).

Keunggulan dari batu kumpang selain dari segi ukuran karena lebih besar dari batu bata sehingga lebih ekonomis. Pemakaian batu kumpang pada bangunan tempat tinggal dengan kondisi tanah yang lembab, juga kadar air tinggi akan sangat cocok. Batu kumpang dapat mudah menyatu dengan bahan dasar lain seperti semen. (Yulio, 2018). Pada penelitian terdahulu yang melakukan pengujian kekuatan batu kumpang pada kabupaten Lamongan dan Bangkalan dibandingkan dengan batu bata merah, batu vulkanik dan batako, menghasilkan kuat tekan unit batu kumpang Lamongan rata-rata  $32,5 \text{ kg/cm}^2$ . Sedangkan batu kumpang Bangkalan memiliki kuat tekan unit rata-rata  $22,5 \text{ kg/cm}^2$ . Batu kumpang mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan unit batu bata yaitu  $11,2 \text{ kg/cm}^2$ , dan kuat tekan batako  $21,2 \text{ kg/cm}^2$ . (Muntaha, 2007).

Penelitian kali ini menggunakan batu kumpang yang berasal dari daerah Desa Sawir kecamatan Tambakboyo, Tuban, Jawa Timur. Hal ini dikarenakan belum adanya informasi data teknis terkait parameter dasar, maupun kekuatan dari batu kumpang daerah tersebut. Selain itu, juga untuk mengetahui apakah sudah memenuhi standar syarat Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI, 1982), dan SNI dasar pengujian kekuatan dinding bata sebagai bahan dasar yang digunakan, yang nantinya dapat dibandingkan dari data batu kumpang dengan daerah lain.

Berkenaan dengan itu masih banyaknya perbedaan pemakaian komposisi pasir dan semen untuk mortar di daerah Tuban, sebagai perekat dinding batu kumpang. Hal tersebut menunjukkan belum adanya standar acuan pada masyarakat, kekuatan mortar mana yang masuk batas minimal SNI ataupun di atasnya dari perbandingan pemakaian semen dan agregat (nilai optimum). Oleh karena itu, variasi komposisi pasir dan semen untuk mortar pada penelitian ini

digunakan, sehingga dapat diharapkan memberikan informasi baru bagi masyarakat daerah Tuban, Jawa Timur.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Apakah bahan dasar dinding pasangan menggunakan batu kumpang desa Sawir, Tambakboyo Tuban Jawa Timur dapat memenuhi standar sesuai persyaratan Peraturan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982) dan SNI pengujian kekuatan dinding pasangan bata?
2. Bagaimana nilai perbandingan spesi yang optimum pada kuat dinding pasangan batu kumpang desa Sawir, Tuban Jawa Timur menggunakan variasi komposisi pasir dan semen pada mortar?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Mengetahui keterpenuhan batu kumpang Desa Sawir, Tambakboyo Tuban sebagai bahan dasar pasangan dinding bata, dan mengetahui memenuhi terhadap persyaratan PUBI 1982, dan SNI kuat dinding pasangan bata.
2. Mengetahui perbandingan kuat pasangan dinding batu kumpang Desa Sawir, Tambakboyo Tuban, Jawa Timur dengan variasi komposisi pasir dan semen pada mortar yang optimum.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan informasi teknis bagi masyarakat tentang hasil penelitian bahwa batu kumpang daerah Desa Sawir, Tambakboyo Tuban, Jawa Timur terkait dengan standar kekuatan PUBI -1982, dan SNI kuat pasangan dinding bata, sebagai bahan dasar dinding bata bangunan tempat tinggal.
2. Dapat mengetahui kekuatan spesi mortar dengan komposisi pasir dan semen yang optimum sehingga baik digunakan sebagai perekat dinding pasangan batu kumpang, khususnya daerah Tuban, Jawa Timur.

3. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Material yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah batu kumpang hasil tambang dari desa Sawi, kecamatan Tambakboyo, kabupaten Tuban, Jawa Timur.
2. Semen yang digunakan adalah semen portland merk Holcim, 40 kg/sak.
3. Pasir yang digunakan untuk campuran mortar berasal dari pasir Merapi.
4. Menggunakan variasi perbandingan komposisi campuran mortar, yaitu :
  - a. 1 semen : 4 pasir,
  - b. 1 semen : 5 pasir,
  - c. 1 semen : 6 pasir, dandengan jumlah air (*water contain*) disesuaikan separuh penggunaan berat semen.
5. Pengujian yang akan dilakukan di antaranya :
  - a. Pengujian parameter dasar batu kumpang, meliputi :
    - 1) Sifat fisik batu kumpang, dan
    - 2) Sifat mekanik batu kumpang.
  - b. Pengujian analisis butir agregat halus.
  - c. Pengujian kuat tekan mortar per variasi.
  - d. Pengujian kuat lekat pasangan bata.
  - e. Pengujian dinding pasangan yang dilakukan, di antaranya:
    - 1) Kuat Tekan Pasangan Dinding Batu Kumpang tanpa perkuatan
    - 2) Kuat Lentur Pasangan Dinding Batu Kumpang tanpa perkuatan
    - 3) Kuat Geser Diagonal Pasangan Dinding Batu Kumpang tanpa perkuatan.
6. Peraturan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain :
  - a. Peraturan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI - 1982)
  - b. SNI 6882:2014 Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Unit Pasangan
  - c. ASTM E519-02 Tahun 2002 *American Society for Testing and Materials*,

- d. SNI 03-2437-1991 Metode Pengujian Laboratorium untuk Menentukan Parameter Sifat Fisika Pada Contoh Batu,
  - e. SNI 15-2094-2000 Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding,
  - f. SII 0021-1978 Mutu dan Uji Bata Merah Pejal,
  - g. SNI 03-4164-1996 untuk Metode Pengujian Kuat Lekat, dan
  - h. SNI 03-6825-2002 Pengujian Kuat Tekan Mortar,
7. Pengujian dinding pasangan yang dilakukan dengan menggunakan acuan :
- a. SNI 03-4164-1996 Kuat Tekan Pasangan Dinding Bata.
  - b. SNI 03-4165-1996 Kuat Lentur Pasangan Dinding Bata.
  - c. SNI 03-4166-1996 Kuat Geser Diagonal Pasangan Dinding Bata.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Studi pustaka adalah teknik pengumpulan data dengan melakukan penelaahan terhadap berbagai buku, literatur, catatan, serta berbagai laporan yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan (M.Nazir, 1988). Studi pustaka adalah kajian teoritis, referensi serta literatur ilmiah lainnya yang berkaitan dengan budaya, nilai, dan norma yang berkembang pada situasi sosial yang diteliti (Sugiyono, 2011).

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Penelitian pada batu kumpang dengan batu bata merah telah banyak dilakukan oleh akademisi sebelumnya. Berbagai variasi penelitian yang dilakukan dapat memberikan banyak referensi bagi penelitian yang akan dilakukan. Perencanaan penelitian ini mengacu pada penelitian sejenis yang dilakukan sebelumnya.

Wijayanto, dkk (2006) melakukan penelitian dengan membandingkan kekuatan pasangan bata merah dan batu kapur dengan variasi perawatan air tawar dan air laut daerah Tuban Jawa Timur. Bahan-bahan yang digunakan ialah elemen penyusun dinding yang terdiri dari bata merah dan batu kapur masing-masing 10 pasang bata diambil uji kuat lekatan dan uji kuat geser pasangan masing-masing menggunakan 5 sampel dan dirawat dengan menggunakan air laut. Mortar (campuran bahan perekat) berdasarkan metode ASTM/C-270, menggunakan tipe mortar III dengan perbandingan berat mortar semen : kapur : pasir, 1 : 1 : 5. Semen portland dengan berat 40 kg merk Gresik, kapur berasal dari desa Samben, kecamatan Plumpang, Tuban. Pasir dari daerah Jombang, Jawa Timur berdiameter lolos saringan 4,75 mm. Air tawar diambil dari Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sedangkan untuk air laut diambil dari daerah Tuban Jawa Timur. Pengujian yang

dilakukan yaitu uji dimensi bata, uji berat bata, uji volume kering, uji berat jenis, uji jenuh air, uji kandungan lumpur dalam pasir, uji tekan mortar, uji tekan, uji tarik mortar, uji lekatan mortar ( Uji *Small Specimen*). Sedangkan untuk Uji *Medium Specimen* terdapat uji pasangan bata merah dan batu kapur, uji geser pasangan bata, dan uji tekan pasangan bata merah dan batu kapur. Hasil dari pengujian salah satunya kuat tekan pasangan batu kapur maupun bata merah menunjukkan kekuatan yang lebih baik apabila dirawat dengan air tawar. Penurunan kekuatan dengan perawatan air laut adalah sebesar 13.04% untuk batu kapur dan 18.70% untuk bata merah. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan pengaruh air laut sangat berarti terhadap penurunan kualitas batu kapur dan bata merah .

Mohammad Muntaha (2007) dosen D3 Teknik Sipil FTSP-ITS meneliti bagaimana parameter dasar, kekuatan batuan berdasarkan ketentuan SNI meliputi berat jenis, kadar air, porositas, dan kuat tekan uniaksial batuan serta simulasi penggunaan batu kumpang (batu putih) sebagai pondasi dan dinding pada rumah jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bangunan yang lain yaitu batu pecah, batu bata, batako. Studi lapangan yang dilakukan mengambil obyek pada daerah Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Bangkalan dengan pembanding batu bata merah, batako dan batu pecah (batu vulkanik). Pusat penambangan di Kabupaten Lamongan terletak di sebelah barat di dekat perbatasan Kab. Lamongan dan Kab. Bojonegoro, sedangkan pusat penambangan Kab. Bangkalan terletak di selatan kaki jembatan Suramadu. Batu Kumpang yang digunakan sebagai dinding pada umumnya mempunyai ukuran  $\pm 20 \times 10 \times 8 \text{ cm}^3$ . Didapatkan hasil pengujian dari parameter dasar dan kekuatan menahan beban batu putih Lamongan dan Bangkalan, ialah sebagai berikut.

#### 1. Pengujian Parameter Dasar Batuan.

Pengujian parameter dasar batuan adalah pengujian kepadatan natural, kadar air, kadar air natural, derajat kejenuhan, porositas dan kadar air pori. Pengujian dilakukan menurut SNI 03-2437-1991. Dengan hasil sebagai berikut :

- a. Kepadatan natural :  $1,78 \text{ gr/cm}^3$ , lebih tinggi dari batu bata merah  $1,58 \text{ gr/cm}^3$  akan tetapi lebih rendah di bandingkan batu pecah  $1,96 \text{ gr/cm}^3$ .

- b. Kadar air natural : 0,24%, hampir sama dengan batu bata merah dan batako tetapi lebih tinggi dibandingkan batu pecah 0,19%.
- c. Derajat kejenuhan : 1,2%, hampir sama dengan batu bata merah, batako, dan batu pecah.
- d. Kadar pori : 0,5 lebih rendah dibandingkan batu bata merah dan batako, tetapi lebih tinggi dibanding batu pecah.

Berikut merupakan gambar lengkap tabel hasil uji parameter dasar batuan dari penelitian yang dilakukan oleh Moh Muntaha.

Tabel 1. Hasil Uji Parameter dasar batuan

JENIS BATUAN	Berat Jenuh Dalam Air	Kepadatan Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	Kepadatan kering (gr/cm <sup>3</sup> )	Kepadatan jenuh (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Jenis Semu (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Jenis Sebenarnya (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air Natural (%)	Kadar Air Jenuh	Derajat Kejenuhan (%)	Porositas	Kadar Pori	
Batu Kumbang Lamongan	1	103.100	1.774	1.770	1.104	1.770	2.658	0.240	18.87	1.28	0.428	0.749
	2	110.000	1.809	1.808	1.099	1.808	2.549	0.060	16.08	0.34	0.100	0.111
	3	101.300	1.765	1.761	1.073	1.761	2.561	0.240	17.75	1.36	0.424	0.735
	Average	104.800	1.783	1.780	1.092	1.780	2.589	0.180	17.57	0.99	0.317	0.532
Batu Kumbang Bangkalan	1	44.600	1.695	1.691	1.010	1.691	2.483	0.240	18.87	1.28	0.409	0.692
	2	45.100	1.556	1.553	1.836	1.553	2.166	0.200	18.24	1.10	0.311	0.452
	3	41.900	1.734	1.730	1.037	1.730	2.497	0.240	17.75	1.36	0.416	0.713
	Average	43.900	1.662	1.658	1.961	1.658	2.382	0.230	18.29	1.25	0.379	0.619
Batu Bata Merah	1	72.700	1.562	1.560	1.853	1.560	2.206	0.150	18.77	0.80	0.234	0.306
	2	52.800	1.615	1.610	1.914	1.610	2.313	0.300	18.86	1.60	0.485	0.940
	3	58.000	1.562	1.559	1.853	1.559	2.208	0.240	18.87	1.28	0.377	0.606
	Average	61.200	1.580	1.576	1.873	1.576	2.242	0.230	18.83	1.23	0.365	0.617
Batu Vulkanik	1	77.000	1.950	1.946	1.262	1.946	2.846	0.200	16.25	1.23	0.390	0.639
	2	90.378	1.989	1.986	1.308	1.986	2.928	0.170	16.20	1.05	0.338	0.511
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Average	84.100	1.970	1.966	1.285	1.966	2.887	0.190	16.22	1.14	0.364	0.575
Batako	1	53.530	1.789	1.784	1.102	1.784	2.615	0.250	17.79	1.41	0.447	0.809
	2	73.970	1.812	1.806	1.120	1.806	2.630	0.290	17.34	1.68	0.525	1.107
	3	52.900	1.805	1.801	1.116	1.801	2.628	0.250	17.49	1.43	0.451	0.822
	Average	60.100	1.802	1.797	1.112	1.797	2.624	0.260	17.54	1.51	0.475	0.913

**Gambar 2.1 Hasil Uji Parameter Dasar Batuan Kab.Lamongan dan Kab. Bangkalan**

(Sumber : Muntaha,2007)

## 2. Identifikasi Kekuatan

Pengujian kekuatan batu kumbang Kab. Lamongan dan Bangkalan yang dilakukan, dengan menggunakan pengujian kuat tekan uniaksial batu (SNI M-10-1991-03), dengan hasil uji kuat batu yang mewakili yaitu:

- a. Batu kumbang Kab. Lamongan : 32,5 kg/cm<sup>2</sup>
- b. Batu kumbang Kab. Bangkalan : 22,5 kg/cm<sup>2</sup>
- c. Batu bata merah : 11,2 kg/cm<sup>2</sup>
- d. Batako : 21,2 kg/cm<sup>2</sup>

e. Batu pecah : 170,3 kg/cm<sup>2</sup>

dari hasil tersebut kuat tekan uniaxial batu kumpang Kab. Lamongan dan Bangkalan lebih besar dari batu bata merah dan batako, tetapi lebih kecil dari batu pecah. Hasil dari pengujian di atas secara rinci terdapat pada tabel-tabel berikut.

JENIS BATUAN	KUAT TEKAN UNIAKSIAL BATU		
	Tegangan Deviator Puncak (kg)	Modulus Elastisitas (Kg)	Regangan (cm)
<b>Batu Kumpang Lamongan</b>			
Test ke - 1	41.300	2,609.890	1.600
Test ke - 2	40.240	2,034.170	1.800
Test ke - 3	18.760	1,594.700	1.200
Test ke - 4	7.900	671.450	1.200
Test ke - 5	28.430	1,794.860	1.800
<b>Batu Kumpang Bangkalan</b>			
Test ke - 1	19.490	311.760	5.800
Test ke - 2	25.160	335.510	7.100
Test ke - 3	21.070	309.870	6.600
Test ke - 4	27.290	284.730	8.300
Test ke - 5	15.280	287.980	4.900
<b>Batu Bata Merah</b>			
Test ke - 1	1.340	344.580	0.400
Test ke - 2	10.490	262.310	3.800
Test ke - 3	11.200	310.890	4.100
Test ke - 4	11.370	187.640	6.300
Test ke - 5	12.780	268.860	5.300
<b>Batu Vulkanik</b>			
Test ke - 1	167.950	4,261.500	2.700
Test ke - 2	183.610	5,246.120	3.200
<b>Batako</b>			
Test ke - 1	24.380	883.810	2.800
Test ke - 2	2.530	642.120	0.600
Test ke - 3	28.080	1,411.030	1.800
Test ke - 4	13.700	869.330	1.600

**Gambar 2.2 Hasil Uji Kuat Batu**  
(Sumber : Muntaha, 2007)

Jenis Batuan	Kuat Tekan Uniaksial Batu		
	Tegangan Deviator Puncak (kg)	Modulus Elastisitas (kg)	Regangan (%)
Batu Putih Lamongan	32.5	2000	1.60
Batu Putih Bangkalan	22.5	310	6.50
Batu Bata Merah	11.2	310	4.10
Batu Vulkanik	170.3	5000	3.0
Batako	21.2	1000	2.0

**Gambar 2.3 Hasil Uji Kuat Batu yang Mewakili**  
(Sumber : Muntaha,2007)

Tarmuji (2008), meneliti pemanfaatan batu kumpang dari Tuban sebagai pengganti untuk pasangan dinding bertujuan agar berkembangnya batu kumpang yang berkualitas baik dan memenuhi syarat teknik sesuai dengan SII 0021-78 dan standar industri Indonesia (SSI. 0284-80). Sampel atau bahan dalam penelitian ini adalah batu kumpang yang diambil dari wilayah Tuban. Obyek penelitian ini yaitu 10 (sepuluh) buah batu kumpang yang dibuat kubus dengan sisi 14 cm yang menggunakan campuran spesi dengan perbandingan 1 semen : 2 pasir, tujuannya untuk mengikat dan meratakan bidang tekan batu kumpang. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan nomor 3 mm. Menggunakan metode research eksploratif yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk menemukan suatu pengetahuan yang bermanfaat bagi masyarakat yang memakai pendekatan standar dan Peraturan Persyaratan Umum Kualitas Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI - 1989), Standar SK SNI S -04 – 1989 – F dan Standar Industri Indonesia (SII. 0284 – 80) yang berlaku di Indonesia. Hasil yang didapatkan batu kumpang secara fisual memiliki bentuk persegi panjang dengan ukuran 27 cm x 10 cm x 14 cm. Serta kuat tekan dengan menggunakan standar kuat tekan diperoleh dari 10 (sepuluh) buah batu kumpang yang diuji didapat kuat tekan rata-rata  $9,82 \text{ N/mm}^2$ , ini memenuhi syarat pada kuat tekan batu bata untuk kelas 25 dan 50 yang mempunyai kuat tekan sebesar  $2,5 \text{ N/mm}^2$  dan  $5 \text{ N/mm}^2$  pada SNI 03-2094-2000 Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding

Zuraida (2013), dalam penelitiannya tentang “Keberlanjutan Batu Kumpang Sebagai Pilihan Material Rumah Masyarakat” menilai dari segi kelayakan batu kumpang sebagai salah satu alternatif pengganti batu bata untuk dinding menggunakan spesi pasir dan kapur. Penentuan bahan bangunan di daerah tropis bukan hanya berdasarkan kemungkinan penggunaannya, tetapi juga tergantung pada faktor-faktor ekonomi, seperti persediaan setempat, perlunya bahan impor dan kemungkinan pengerjaan dan kondisi iklim. Dalam tinjauan pustakanya pemilihan bahan bangunan faktor-faktor yang harus diperhatikan dan menjadi pertimbangan antara lain adalah sifat fisik bahan, perletakan dan peruntukkan bahan, ekonomi penyediaan bahan, kemampuan tukang dan pekerja lokal, ungkapan bahasa budaya dari bahan yang dipilih, pengontrolan dan pemeliharaan,

pertimbangan biaya, dan keindahan. Melihat penelitian sebelumnya, Muntaha (2007) untuk menganalisa dari segi kekuatan, dan parameter dasar bahan bangunan tersebut. Memberikan hasil dan kesimpulan penggunaan batu kumpang sudah mulai dikenal di perkotaan walaupun belum banyak yang menggunakan namun dengan bertambahnya jumlah rumah yang dibangun terutama oleh masyarakat maka batu kumpang ini pada suatu saat juga akan menjadi bahan yang banyak digunakan orang sebagai alternatif pengganti batu bata atau batako.

Abroor Bagas Raharja (2018), alasan penelitian ini dilakukan melihat gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta tahun 2006 menyebabkan keruntuhan dan kerusakan pada bangunan terutama dinding pasangan rumah tinggal. Dengan tujuan memperoleh karakteristik dinding pasangan bata-kait. Pedoman yang digunakan dalam penelitian tersebut ialah ASTM E519-02-2002 dengan melakukan pengujian sebagai berikut :

1. Kuat Tekan Unit Bata-Kait dan Nilai Modulus Elastisitas
2. Kuat Tekan Dinding Pasangan
3. Kuat Lekat Unit Bata-Kait Press
4. Geser Diagonal

Untuk dinding pasangan pemasangan dilakukan menjadi 2 (dua) cara, dari metode tersebut cara pemasangan kait dalam dinding pasangan diharapkan memperoleh perbedaan kinerja dinding pasangan agar dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi. Tinjauan dari penelitian ini ialah metode pengujian yang dapat diterapkan dalam penelitian sekarang dengan variabel benda uji yang berbeda.

Kantius Wenda, dkk. (2018), melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan” dengan tujuan mengetahui komposisi campuran mortar yang benar, nilai resapan dari masing-masing komposisi campuran dan mengetahui kuat tekan dari masing-masing perbandingan komposisi mortar. Metode penelitian ialah metode eksperimen, dilakukan menggunakan dua sampel jenis semen, yaitu Semen Gresik, dan Semen Holcim dengan variasi campuran mortar yang diujikan antara lain 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Fungsi utama mortar ialah menambah data lekat dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun, gaya-gaya yang berkerja pada mortar harus

dapat dipikul dan mortar harus tahan terhadap penyerapan air maupun kekuatan gesernya. Mudah dalam pengadukan, pengangkutan, penuangan dan pemadatan merupakan ciri campuran mortar yang baik. Secara umum dalam volume mortar terkandung agregat  $\pm 68\%$ , semen  $\pm 11\%$ , air  $\pm 17\%$ , dan udara  $\pm 4\%$ . Pengujian yang dilakukan pada penelitian kali ini antara lain pengujian kuat tekan, dan pengujian resapan/porositas mortar silinder ukuran 10 x 20 cm. Kuat tekan yang dihasilkan mortar dengan menggunakan semen Gresik dan semen Holcim memiliki kuat tekan yang berbeda pada variasinya, kuat tekan rata-rata mortar tertinggi pada komposisi campuran 1:5 semen Gresik sebesar 11,68 Mpa sedangkan 1:4 sebesar pada semen Holcim sebesar 13,38 Mpa. Rendah kelekatan mortar dilihat semakin tinggi nilai presentase resapan pada air, hal ini terjadi pada kedua jenis semen yang digunakan pada campuran. Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah :

1. Semakin besar nilai resapan atau porositas dari setiap variasi komposisi benda uji silinder semakin menurun begitu juga dengan kuat tekannya.
2. Perbandingan semen dengan pasir untuk mortar yang menghasilkan kuat tekan maksimum ialah 1:5.

### **2.3 Keaslian Penelitian**

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu membandingkan parameter dasar dan kekuatan batu kumpang dengan batu bata merah, batako, batu pecah (batu vulkanik). Penelitian yang akan dilakukan kali ini yaitu Penelitian Batu Kumpang dengan dengan variasi komposisi pasir dan semen mortar.

Pada penelitian ini direncanakan membuat dinding sederhana pasangan batu kumpang yang berasal dari Desa Sawi, Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban dengan variasi komposisi semen dan pasir pada spesi mortar. Dengan perbandingan uji parameter dasar batu, kuat tekan, kuat geser diagonal, dan kuat lentur yang akan dibedakan menjadi beberapa variasi. Dasar penelitian yang digunakan Peraturan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI - 1982), SNI 6882:2014 Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Unit Pasangan, dan ASTM E519-02 tahun 2002 *American Society for Testing and Materials*, SNI 8640: 2018

Spesifikasi Bata Ringan untuk Pasangan Bata Ringan yang merupakan acuan dalam penelitian teknologi bahan konstruksi di Indonesia.

Dari penjelasan penelitian terdahulu di atas, dapat dilihat pada Tabel 2.1 perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang di bawah ini.



**Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang**

Nama Peneliti	Wijayanto, Dheny Mustika, Eko	Mohammad Muntaha	Tarmuji	Abroor Bagas Raharja	Husna Vinda Lutfi
Tahun	2006	2007	2008	2018	2019
Bahan yang diteliti	10 pasang batu kapur (jenis kumbang)	Batu Kumbang	Batu Kumbang 10 buah dengan mortar spesi 1 semen : 2 pasir lolos saringan 3 mm	Bata-kait	Batu Kumbang
Bahan pembanding	10 pasang batu bata merah	Batu bata, batako dan batu pecah	Batu Bata merah	-	Variasi komposisi campuran mortar
Lokasi bahan yang diteliti	Tuban, Jawa Timur (tidak dijelaskan secara detail)	1. Kab. Bangkalan dan Kab. Lamongan (Batu Kumbang) 2. Surabaya (Batu bata, batako, dan batu pecah)	Tuban, Jawa Timur (tidak dijelaskan secara detail)	Asal produksi Godean, Yogyakarta.	Desa Sawi, Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban, Jawa Timur
Pengujian yang dilakukan	Uji <i>small specimendan medium specimen</i> dengan parameter perawatan menggunakan air tawar dan air laut	2. Pengujian parameter dasar : berat jenis, kepadatan, dan penyerapan air 3. Pengujian tekan iniaksial batuan (SNI 03-2825-1992)	1. Pengujian menggunakan metode research 2. Pengujian kuat tekan, dan parameter dasar	1. Kuat Tekan Unit Bata-Kait 2. Kuat tekan dinding pasangan	1. Pengujian Parameter Dasar Batuan, Kuat Lekat Pasangan Bata. 2. Kuat Tekan Dinding Tanpa Perkuatan, dengan variasi

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang**

Nama Peneliti	Wijayanto, Dheny Mustika, Eko	Mohammad Muntaha	Tarmuji	Abroor Bagas Raharja	Husna Vinda Lutfi
Tahun	2006	2007	2008	2018	2019
Pengujian yang dilakukan		4. Pengujian geser langsung batu (SNI 03-2824-1992) 5. Pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal (SNI 03-2826-1992)	-	3. Kuat Geser Diagonal 4. Modulus Elastisitas	3. Kuat Geser Diagonal Dinding Tanpa Perkuatan, dengan variasi 4. Kuat Lentur Dinding Tanpa Perkuatan, dengan variasi
Peraturan yang digunakan	1. SNI-10, ASTM/C - 270 untuk mortar 2. ASTM/E-447 lentur pasangan bata	SNI-03 tahun 1991-1992	1. PUBI 1989 2. Standar SNI S-04-1989-F 3. SII 0284-80	ASTM E519-02 tahun 2002	1. PUBI 1982 2. SNI 6882 tahun 2014 3. SNI 03-4164/4165/4166 tahun 1996 4. SNI 15-2094 tahun 2000. 5. SNI 03-2437 tahun 1991

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Batu Kumbang**

Batu kumbang atau batu putih merupakan batu tambang pegunungan kapur. Batu kumbang atau batu putih pada dasarnya adalah batuan sedimen dari batu kapur. Dengan kandungan mineral batuan sedimen kapur adalah sekitar 95% *Calcite*, 3% *Dolomite*, dan 2% mineral lempung. Tegangan runtuh batuan sedimen kapur bervariasi dari 20 - 100 MPa, dan kekuatan menahan beban berkisar antara 0,5 - 4 MPa. Batu kumbang mempunyai rumus kimia  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  yang ditambang dan dipotong-potong sesuai kebutuhan. Batu kumbang tersedia dalam dua ukuran, yaitu ukuran untuk pondasi ialah 25 x 25 x 50 cm, sedangkan untuk ukuran pasangan dinding ialah 25 x 8 x 10 ( $\pm 2$ ) cm. (Zuraida, 2013).

#### **3.2 Sifat Dasar Batuan**

Pada sifat dasar batuan, ilmu yang digunakan yaitu mekanika batuan dimana teori dan penerapan karakteristik, perilaku, serta respon batuan yang disebabkan oleh perubahan keseimbangan medan daya di sekitarnya, baik karna aktivitas buatan ataupun alami. (Alwan, 2014). Dalam mekanika hal yang dikaji meliputi :

1. Sifat fisik, serta karakteristik massa batuan, dan
2. Teknik analisis tegangan dan regangan batuan, yang mana sifat mekanik batuan.

Pengujian sifat fisik dan mekanik terdapat dua jenis, yaitu pengujian tak merusak (*non-destructive test*), dan pengujian merusak (*destructive test*). Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut dari kedua pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.

### 3.2.1 Sifat Fisik

Sifat fisik batuan adalah sifat pada suatu batuan yang diperoleh dari pengujian tanpa merusak batuan tersebut. Setelah pengujian, maka didapatkan ukuran dimensi, luas permukaan, maupun volume yang nantinya dapat diperoleh :

#### 1. Sifat Tampak Batu

Dalam SNI bata merah pejal untuk pasangan dinding 15-2094 Tahun 2000, bentuk dinyatakan dengan bidang-bidang datarnya rata atau tidak, menunjukkan retak atau tidak, rusuk-rusuknya siku-siku atau tidak, dan lainnya. Sedangkan untuk pengujian warna dinyatakan dengan merah tua, merah muda, kekuning-kuningan, kemerah-merahan, keabu-abuan, dan sejenisnya. Warna pada belahan merata atau tidak, mengandung butir-butir kasar atau tidak, serta rongga-rongga di dalamnya. Pada penelitian ini dibutuhkan 5 sampai 10 batu kumpang /benda uji yang akan diperiksa bidang-bidang datarnya serta rusuk dengan alat penyiku maupun tekstur dan warnanya dari hasil pengujian dinyatakan dalam persen (%).

#### 2. Ukuran dan berat sampel batu kumpang, meliputi:

- a. Berat asli batu :  $W_n$  (gram)
- b. Berat kering batu (setelah dimasukkan ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan temperatur kurang lebih  $100^\circ\text{C}$ ) :  $W_o$  (gram)
- c. Berat jenuh (setelah direndam dengan air selama  $\pm 24$  jam ) :  $W_w$  (gram)
- d. Berat jenuh + berat air + berat wadah/bejana :  $W_b$  (gram)
- e. Berat jenuh dalam air :  $W_s$  (gram)
- f. Volume sampel batu kumpang tanpa pori-pori :  $W_o - W_s$  ( $\text{cm}^3$ )
- g. Volume sampel batu kumpang total :  $W_w - W_s$  ( $\text{cm}^3$ )

#### 3. Bobot Isi

Bobot atau dapat juga dikatakan kepadatan isi batuan merupakan perbandingan dari berat batu dengan volume batu, pada bobot isi dibedakan menjadi tiga jenis menurut sifatnya, yaitu :

- a. Bobot isi asli, adalah perbandingan berat batuan asli dengan volume batu. Berikut rumus perhitungan bobot isi asli

$$\begin{aligned}\text{Bobot isi asli} &= \frac{\text{Berat asli batu (gram)}}{\text{Volume sampel total batu kumbang (cm}^3\text{)}} \\ &= \frac{W_n}{W_w - W_s} \quad (\text{gram/cm}^3)\end{aligned}\quad (3.1)$$

- b. Bobot isi kering, ialah perbandingan berat batuan kering dengan volume batu. Berikut rumus perhitungan bobot isi kering

$$\begin{aligned}\text{Bobot isi kering} &= \frac{\text{Berat kering batu (gram)}}{\text{Volume sampel total batu kumbang (cm}^3\text{)}} \\ &= \frac{W_o}{W_w - W_s} \quad (\text{gram/cm}^3)\end{aligned}\quad (3.2)$$

- c. Bobot isi jenuh, ialah perbandingan berat batuan jenuh dengan volume batu. Berikut rumus perhitungan bobot isi jenuh

$$\begin{aligned}\text{Bobot isi jenuh} &= \frac{\text{Berat batu (gram)}}{\text{Volume sampel total batu kumbang (cm}^3\text{)}} \\ &= \frac{W_w}{W_w - W_s} \quad (\text{gram/cm}^3)\end{aligned}\quad (3.3)$$

#### 4. Berat Jenis

Berat jenis atau *specific gravity* merupakan perbandingan bobot isi dengan berat isi air, terdapat dua tipe berat jenis yaitu berat jenis semu, dan berat jenis asli, berikut penjelasannya

- a. Berat jenis semu, adalah perbandingan bobot isi kering dengan bobot isi air

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis isi semu} &= \frac{\text{Bobot isi kering (gram/cm}^3\text{)}}{\text{Bobot isi air (gram/cm}^3\text{)}} \\ &= \frac{W_o}{W_w - W_s} / \text{bobot isi air}\end{aligned}\quad (3.4)$$

- b. Berat jenis asli, adalah perbandingan bobot isi jenuh (basah) dengan bobot isi air

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis isi asli} &= \frac{\text{Bobot isi jenuh (gram/cm}^3\text{)}}{\text{Bobot isi air (gram/cm}^3\text{)}} \\ &= \frac{W_o}{W_o - W_s} / \text{bobot isi air}\end{aligned}\quad (3.5)$$

### 5. Kadar Air

Merupakan perbandingan antar berat butir batuan dengan berat air yang ada didalamnya, terdapat dua kadar air yaitu :

- a. Kadar air asli , perbandingan antara berat air asli dalam batuan dengan berat butir batu kumpang itu sendiri dalam persen (%).

$$\text{Kadar air asli} = \frac{Wn - Wo}{Wo} \times 100 \quad (3.6)$$

- b. Kadar air jenuh , perbandingan antara berat air jenuh dalam batuan dengan berat butir batu kumpang itu sendiri dalam persen (%).

$$\text{Kadar air jenuh} = \frac{Ww - Wo}{Wo} \times 100 \quad (3.7)$$

### 6. Porositas

Merupakan perbandingan dari volume pori-pori batuan dengan volume total batuan dinyatakan dalam persen (%). Berikut perhitungan yang mewakili

$$\text{Porositas (n)} = \frac{Ww - Wo}{Ww - Ws} \times 100 \quad (3.8)$$

### 7. Kadar Pori

Berbeda dengan porositas merupakan perbandingan dari volume pori-pori batuan dengan volume batuan, berikut perhitungan untuk mendapatkan angka pori.

$$\text{Kadar pori} = \frac{n}{100 - n} \quad (3.9)$$

### 8. Derajat Kejenuhan

Ialah perbandingan dari kadar air asli dengan kadar air jenuh batuan, dinyatakan dalam persen (%). Berikut ialah perhitungan derajat kejenuhan.

$$\text{Derajat Kejenuhan} = \frac{Wn - Wo}{Ww - Wo} \times 100 \quad (3.10)$$

## 3.2.2 Sifat Mekanik

Berbeda dengan sifat fisik, pengujian sifat mekanik termasuk *destructive* yang merusak batuan sampai hancur sehingga dapat diperoleh kekuatan batuan, beban maksimum yang dapat diterima batuan, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas batu. Pengujian sifat mekanik meliputi kuat tekan dan kuat lekat batuan bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat batu kumpang menahan beban, dan

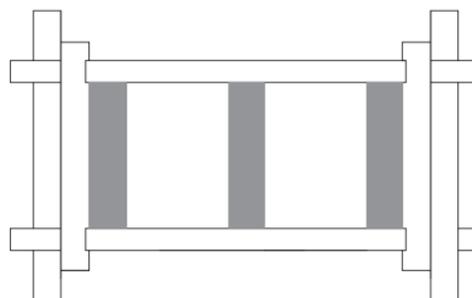
kuat lekatan anatar pasangan dan perekat terhadap gaya geser maupun gaya aksial yang terjadi. Dengan menggunakan metode yang ada pada SNI bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094, 2000), klasifikasi bata merah pejal untuk pasangan dinding menurut kekuatan tekan rata-rata terendah terbagi atas 3 (tiga) kelas selain itu besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk bata merah pejal dinding ada pada Tabel 3.6 di bawah ini.

**Tabel 3.1 Kuat Tekan Rata-rata dan Koefisien Variasi untuk Pengujian Kuat Tekan Bata Merah Pejal Pasangan Dinding yang Diizinkan**

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang diuji kg/cm <sup>2</sup> (MPa)	Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji %
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

(Sumber : SNI 15-2094-2000)

Dari nilai kuat tekan rata-rata bata merah pejal, faktor yang mempengaruhi ialah beban maksimum dan luas bidang tekan. Menurut SNI 15-2094 benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tekan bata merah pejal ialah disesuaikan jumlah benda uji yang dibutuhkan, kemudian potong benda uji menjadi dua bagian dengan ukuran sama rata yang selanjutnya di cetak seperti Gambar 3.6 di bawah ini.



**Gambar 3.1 Ilustrasi Benda Uji Kuat Tekan Bata Merah Pejal**

Dalam ilustrasi benda uji kuat tekan bata merah pejal, akan digantikan dengan batu kumbang sesuai penelitian yang dilakukan, dan dengan ukuran potongan mengikuti dimensi batu. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk mengetahui kuat tekan batu kumbang.

$$f_m = \frac{P_m}{A} \quad (3.11)$$

Keterangan :

- $f_m$  = Kuat tekan batu ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ),  
 $P_{\text{maks}}$  = Beban uji maksimum (kg),  
 $A$  = Luas penampang tekan ( $\text{cm}^2$ ).

### 3.3 Semen Portland (PC)

Semen portland atau *Portland Cement* (PC) atau biasa disebut semen hidraulis ialah bahan ikat yang banyak digunakan dalam fisik pembangunan. Fungsi semen secara umum ialah sebagai perekat butir-butir agregat dan pengisi (*filler*) rongga-rongga antar agregat oleh karna itu menjadi suatu massa yang padat, walaupun jumlah semen berkisar  $\pm 10\%$  volume beton. Dalam pembuatan semen portland membutuhkan beberapa tahapan dengan membakar secara bersama suatu campuran terdiri dari *calcareous* (mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (mengandung *alumina* atau tanah liat) menggunakan perbandingan tertentu. (Abdul Kadir Aboe, 2016).

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI, 1982), terdapat 5 jenis semen, yang disesuaikan dengan pemakaiannya, sebagai berikut :

1. Jenis I : Semen Portland untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
2. Jenis II : Semen Portland untuk konstruksi umumnya dalam penggunaan memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen Portland dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen Portland dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

5. Jenis V : Semen Portland dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

### 3.4 Pasir

Agregat ialah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada campuran mortar atau beton. Umumnya ukuran butir agregat dibedakan menjadi :

1. Ukuran butir  $> 40$  mm disebut batu
2. Ukuran butir  $4,80 - 40,00$  mm disebut agregat kasar/kerikil/split
3. Ukuran butir  $\leq 4,80$  mm agregat halus/pasir.

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) 1982, pasir mempunyai ukuran butir  $\leq 4,80$  mm yang merupakan agregat halus, adalah butiran-butiran mineral keras yang berbentuk bulat dan ukuran butirnya sebagian besar sebagian besar terletak antara  $0,075 - 5$  mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari  $0,063$  mm tidak lebih dari 5%. (Abdul Kadir Aboe, 2016). Untuk persyaratan agregat halus pasir yang digunakan untuk kebutuhan pasangan bata, plesteran, maupun pengecoran ialah sebagai berikut:

1. Agregat halus pasir harus bersih. Bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang 70%.
2. Kadar lumpur pada agregat pasir tidak boleh lebih dari 5%.
3. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding. Sedangkan yang tidak memenuhi percobaan ini dapat juga digunakan, jika kuat tekan adukan dengan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% percobaan yang dilakukan. (SNI 03-6881, 2002).
4. Kekekalan butir agregat terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  atau  $\text{MgSO}_4$  yaitu:
  - a. Terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat.
  - b. Terhadap larutan  $\text{MgSO}_4$  fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.
 (PUBI, 1982).

5. Susunan butir agregat pasir harus mempunyai modulus kehlusan butir antara 1,50 - 3,80, dan harus terdiri butir-butir yang beraneka ragam besarnya, dan dipastikan masuk salah satu daerah susunan butir/gradasi menurut zona/daerah gradasi 1, 2, 3, atau 4, dan harus memenuhi syarat-syarat di bawah ini :
  - a. Sisa di atas ayakan 4,80 mm, maksimum 2% berat.
  - b. Sisa di atas ayakan 1,20 mm, maksimum 10% berat.
  - c. Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimum 15% berat.(SNI 03-6881, 2002).
6. Butir-butir agregat pasir mempunyai sifat kekal, yang mempunyai arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan, maupun kondisi lainnya.
7. Agregat halus pasir harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras, dengan indeks kekerasan  $\leq 2,2$ .

Selain persyaratan di atas, mutu agregat halus pasir juga dipengaruhi oleh gradasi butir agregat. Gradasi butir agregat ialah keragaman atau distribusi ukuran butir agregat yang dinyatakan dalam nilai prosentase butiran yang tertinggal atau dinyatakan lewat atau lolos dalam suatu susunan ayakan, dan dibedakan menjadi 4 tingkat gradasi.

Tingkat gradasi berpengaruh pada jumlah volume pori, kemampuan (kerapatan) dan kebutuhan perekat (pasta semen). Semakin bervariasi ukuran butir dari ukuran besar ke kecil, dan semakin kecil pori yang berada diantara butiran, maka sedikit perekat yang dibutuhkan (semen/pasta semen) untuk butiran dan mengisi ruang diantara butiran.

Modulus halus butir atau analisa saringan agregat halus menurut SNI 03-1968-1990 ialah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka presentase disajikan dalam bentuk grafik pembagian butir. Dan bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat halus dengan saringan. Pengujian ini dilakukan pada agregat halus atau pasir dan sejenisnya yang lolos saringan No. 4 ( $\pm 4,75$  mm) yang nantinya hasil daripada pengujian ini dapat menentukan penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran mortar, ataupun pengendalian mutu beton.

### 3.5 Air

Air selain merupakan bahan dasar pembuatan beton juga berfungsi sebagai reaktor ( $\pm 25\%$  berat semen) semen dan pelumas antar butiran agregat. Penggunaan jumlah air akan mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workability*), kelebihan air (berdasarkan fas) dari yang dibutuhkan untuk reaksi kimia dengan semen dipakai sebagai pelumas. (Abdul Kadir Aboe, 2016). Dalam pemakaiannya harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut, yang terdapat pada PUBI 1982 antara lain :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dai 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-graam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik sejenisnya) lebih dari 15 ream/liter. Kandungan khlorida (Cl) < 0,50 gram/liter dan senyawa sulfat  $SO_3$  tidak lebih dari 1 gram/liter.
5. Semua air yang mutunya diragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut penggunaannya.

Pada penelitian ini digunakan faktor air semen (fas) yaitu 0,5 atau separuh dari berat semen, yang mana penentuan tersebut digunakan dengan mengikuti acuan dasar metode SNI 03-2843-2000 tata cara penentuan rencana campuran beton normal, untuk penggunaan semen Tipe 1 dengan atau tanpa pozolan (15-40%). Dan pada nilai 0,5 ini dinilai sudah optimum pada pemakaiannya.

### 3.6 Mortar

Definisi mortar adalah campuran yang terdiri dari material penyusun yaitu pasir, semen sebagai perekat, serta air yang homogen. Fungsi mortar sendiri yaitu membuat bagian-bagian penyusun suatu bangunan menjadi lebih lekat dan mempunyai ketahanan. Kuat mortar bergantung dari kohesi pasta semen terhadap butir agregat halus. Dan juga mortar disesuaikan dari penyerapan air serta kuat geser untuk dapat menerima gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut.

Menurut SNI 6882-2014 mortar mempunyai dua spesifikasi di antaranya spesifikasi proporsi dan spesifikasi properti dalam pelaksanaan struktur unit pasangan tidak bertulang dan bertulang. Dan dari masing-masing spesifikasi mortar dibagi menjadi empat tipe mortar yang dibedakan dari segi kekuatan dan bahan penyusun yang digunakan. Tipe-tipe mortar tersebut ialah sebagai berikut:

1. Tipe M

Mortar tipe M mempunyai kekuatan 17,2 MPa, yang tersusun dari semen pasangan tipe N atau kapur semen dengan tambahan komposisi semen portland dan kapur padam.

2. Tipe S

Mortar tipe S mempunyai kekuatan 12,4 MPa, yang tersusun dari semen pasangan tipe S atau kapur semen dengan tambahan komposisi semen portland dan kapur padam.

3. Tipe N

Mortar tipe N mempunyai kekuatan 5,2 MPa, yang tersusun dari semen pasangan tipe S atau kapur semen dengan tambahan komposisi semen portland dan kapur padam.

4. Tipe O

Mortar tipe O mempunyai kekuatan 2,4 MPa, yang tersusun dari semen pasangan tipe S atau kapur semen dengan tambahan komposisi semen portland dan kapur padam.

Dari beberapa jenis tipe mortar, dalam perancangan ataupun pelaksanaan perlu diketahui sifat-sifat mortar terutama untuk adukan mortar yang akan diaplikasikan pada bangunan yang akan dikerjakan, diantaranya :

1. Kuat Tekan

Ialah ketahanan dan kekuatan mortar untuk menerima gaya-gaya ataupun beban mekanis sampai terjadinya gagal bangunan. Kuat tekan dapat juga dipengaruhi dari komposisi campuran mortar yaitu pasir, semen, dan jumlah air. Menurut SNI 03-6825 tahun 2002 pengertian kuat tekan mortar antara lain:

- a. Kekuatan tekan mortar semen portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu dan berumur tertentu.
- b. Gaya maksimum adalah gaya yang bekerja pada saat benda uji kubus pecah.
- c. Mortar semen portland adalah campuran antara pasir kwarsa, air suling, dan semen portland dengan komposisi tertentu.
- d. Pasir kwarsa adalah pasir yang mengandung silika > 90%, serta memenuhi persyaratan standard ASTM No.C 190.
- e. Air suling adalah air yang diperoleh dari hasil proses penyulingan air.

Dan dalam SNI pengujian kuat mortar meliputi persyaratan pengujian, ketentuan-ketentuan, cara pengujian, dan laporan hasil pengujian kekuatan tekan mortar semen portland dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm. yang kemudian diuji tekan pada umur 3, 7, 14, atau 28 hari. Beban tekan maksimum (N) didapat dibagi dengan luas penampang terkecil ( $\text{mm}^2$ ) akan diperoleh nilai kuat tekan (MPa). Berikut merupakan perhitungan 3.12 untuk kuat tekan mortar.

$$\text{Kuat tekan } (f'_m) = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.12)$$

$$\text{Luas bidang tekan } A = p \times l$$

Keterangan :

$f'_m$  = kuat tekan mortar (MPa)

$P_{maks}$  = gaya tekan maksimum (N)

A = luas penampang benda uji,  $\text{mm}^2$

## 2. Modulus Elastistas Mortar

Adalah kuat tekan mortar yang dibandingkan dengan nilai regangannya. Antara 25%-30% penentuannya.

## 3. Keawaetan (*Durability*)

Ketahanan mortar pada kondisi yang telah terencana tanpa terjadinya kerusakan maupun korosi dalam jangka waktu yang direncana. Pada hal ini adanya batasan nilai  $f_{as}$  (faktor air semen) maupun batasan minimum kadar yang sesuai kondisi lingkungan.

#### 4. Kelecekan (*Workability*).

Campuran mortar yang dalam proses pengadukan, pengangkutan, pemadatan, dan finishing pada pekerjaan pasangan mempunyai kompaksi penuh sehingga sifat mudah dikerjakan besar, tersebut definisi dari kelecekan.

### 3.7 Kuat Lekat Pasangan Bata

Dalam pengujian kuat lekat pasangan bata bertujuan untuk mengetahui kuat lekatan antara pasangan bata menggunakan variasi perbandingan rasio semen dan pasir mortar yaitu 1:4, 1:5, dan 1:6. Dinding pasangan batu mempunyai standar yang dirumuskan dalam PUBI 1982 dan SNI, berikut rumus perhitungan untuk mengetahui kuat lekat pasangan yang sesuai ASTM/Vol. 04-05/C-321 .

$$f_{vh} = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.13)$$

Keterangan :

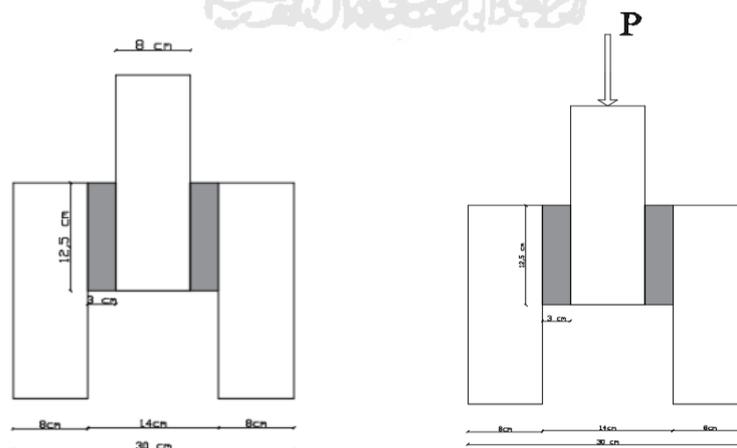
$f_{vh}$  = Kuat lekat pasangan bata (MPa),

$P_{maks}$  = Beban uji maksimum (kg),

$A$  = Luas penampang tekan (cm<sup>2</sup>).

9,81 = satuan Newton

Berikut merupakan ukuran dan gambar benda uji kuat lekat pasangan bata.



**Gambar 3.2 Benda Uji Pengujian Kuat Lekat Pasangan Batu**

### 3.8 Kuat Tekan Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan

Dalam SNI 03-4164-1996 kuat tekan dinding pasangan ialah gaya tekan yang bekerja pada pasangan dinding per satuan luas penampang dinding yang tertekan. Variabel dari pengujian kuat tekan dinding antara lain dimensi benda uji, dan beban yang diberikan, nilai kuat pasangan dinding dapat dihitung dengan persamaan 3.14 berikut ini.

$$f'_k = \frac{P_u + W}{B \times b} \quad (3.14)$$

Keterangan :

- $f'_k$  = kuat tekan pasangan dinding (MPa),
- $P_u$  = beban uji maksimum (N),
- $W$  = berat alat bantu (N),
- $B$  = lebar benda uji (mm), dan
- $b$  = tebal benda uji (mm).

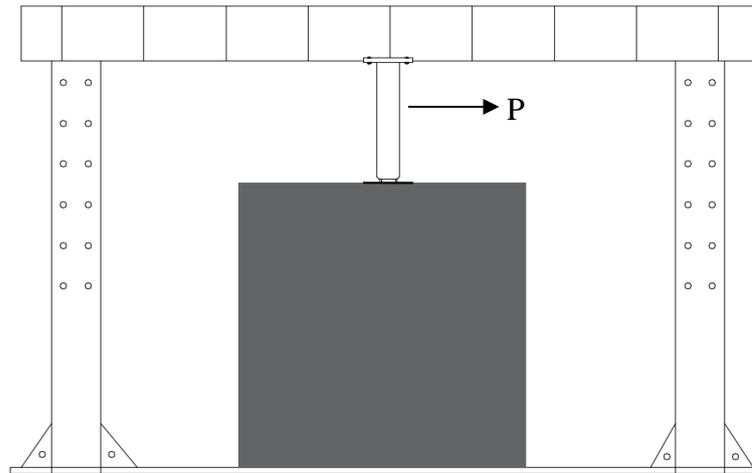
Dari nilai kuat tekan yang didapat, nilai modulus elastisitas yang mana menunjukkan penurunan kekuatan dinding pada batas regangan tertentu. (Dewi, 2019). Rumus modulus yang dipakai didapatkan dari pendekatan FEMA-356 sesuai dengan persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$E_m = 550 f'_m \quad (3.15)$$

Keterangan :

- $E_m$  = Modulus elastisitas,
- $f'_m$  = kuat tekan pasangan dinding (MPa)

Ukuran benda uji kuat tekan dinding batu kumpang dapat diketahui pad SNI 03-4164-1996. Berikut merupakan gambar 3.6 ilustrasi benda uji pada pengujian kuat tekan dinding pasangan batu kumpang.



**Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan di Laboratorium**

(Sumber : SNI-03-4164-1996)

### 3.9 Kuat Geser Diagonal Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan

Tegangan normal maupun tegangan geser akan terjadi pada benda dikarenakan adanya gaya aksial atau gaya secara umum. Tegangan geser dapat terjadi pada arah melintang atau arah memanjang benda, menurut penyebabnya tegangan geser dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu .

1. Geseran murni : adalah peristiwa geseran yang disebabkan oleh gaya geser yang bekerja pada batang atau benda.
2. Geseran tercampur : adalah peristiwa geseran yang disebabkan selain gaya geser juga disebabkan momen pelengkungan atau gaya aksial pada batang.

Pengujian kuat geser diagonal dapat menunjukkan kegagalan pasangan bata terhadap perilaku pelengkungan yang ditunjukkan dari hancurnya dinding pasangan sepanjang garis diagonal atau pemisahan antar pasangan bata. Dari pengujian ini kemampuan menerima beban geser maksimum dari batu kumpang dan mortar diketahui. Dengan persamaan 3.16 di bawah ini sesuai pada SNI 03-4166-1996 menghasilkan kekuatan geser diagonal dinding pasangan batu kumpang.

$$f'_{vd} = \frac{0,707 P_{maks} + W}{A} \times (1 - u) \quad (3.16)$$

Keterangan :

$f'_{vd}$  = kuat geser diagonal bata (Mpa),

$P_{maks}$  = beban uji maks (N),

$A$  = luas penampang tekan ( $\text{mm}^2$ ),

$\mu$  = koefisien friksi sebesar 0,3 dan

$W$  = massa alat bantu (N).

Sedangkan rumus perhitungan berdasarkan ASTM E519-02-2002, yaitu

$$S_s = \frac{0,707 \times P}{A_n} \quad (3.17)$$

$$A_n = \frac{(w+h)}{2} \times t \times n \quad (3.18)$$

Keterangan :

$S_s$  = kuat geser (MPa),

$P$  = beban maksimum (N),

$A_n$  = luas area desak ( $\text{mm}^2$ ),

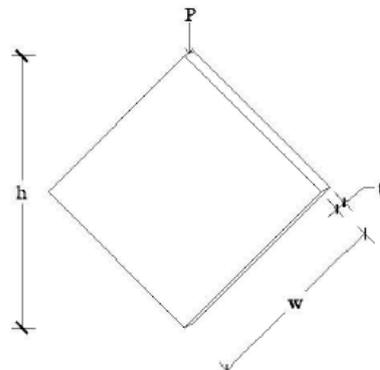
$w$  = lebar benda uji (mm),

$H$  = tinggi benda uji (mm),

$t$  = tebal benda uji (mm), dan

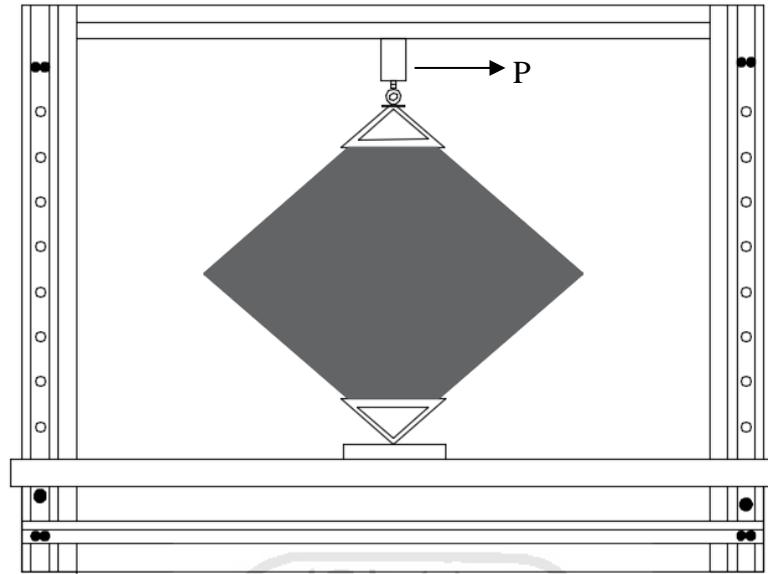
$n$  = persen daerah bruto yang padat,  $n : 1$ .

Data yang diperoleh untuk dapat dimasukkan pada rumus tersebut yaitu dimensi tampang benda uji dan beban maksimum. Berikut merupakan gambar 3.4 dan 3.5 bentuk dan ukuran pasangan dinding yang akan diujikan.



**Gambar 3.4 Benda Uji Kuat Geser Dinding**

(Sumber : Abroor Bagas Raharja, 2018 )



**Gambar 3.5 Ilustrasi Pengujian Kuat Geser di Laboratorium**

### 3.10 Kuat Lentur Pasangan Dinding Tanpa Perkuatan

Kuat lentur pada dinding pasangan bata terjadi karena adanya lenturan atau momen lentur yang mengakibatkan tegangan pada elemen struktur. Beban-beban tegak lurus sumbu memanjang elemen yang bekerja, yaitu serat atas mengalami tekan dan serat bawah mengalami tarik ialah penyebab adanya momen lentur.

Pengujian kuat lentur pasangan dinding pada SNI 03-4165-1996 dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk persegi tanpa plesteran. Pada benda uji diberikan garis terpusat pada jarak se perempat ( $1/4$ ) bentang. Dari SNI 03-4165-1996 formula yang digunakan untuk menghitung kuat lentur dinding pasangan bata ialah persamaan 3.19 berikut.

$$f_{lt} = \left[ \frac{P_u + W}{2} \right] \times \left[ \frac{l}{4} \right] \times \left[ \frac{c}{I} \right] \text{ (Mpa)} \quad (3.19)$$

$$I = \frac{1}{12} \times H \times b^3$$

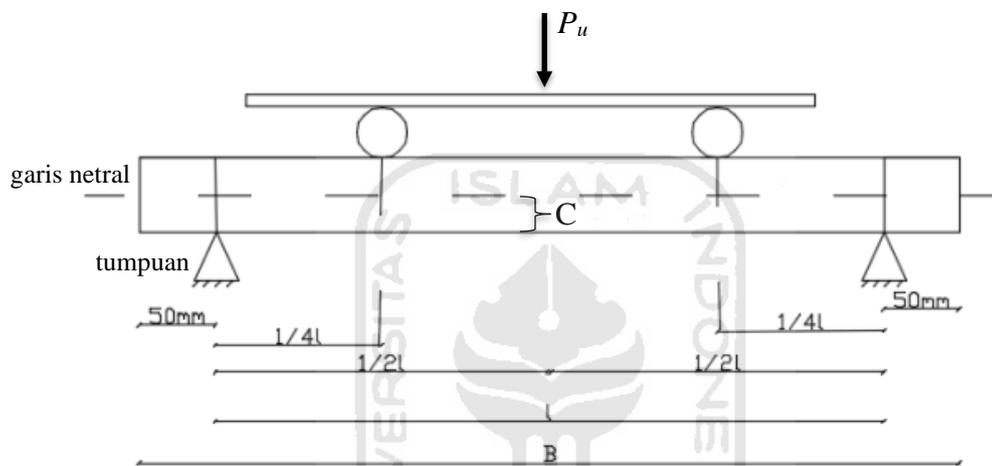
Keterangan :

$f_{lt}$  = kuat lentur dinding, (Mpa)

$P_u$  = beban ultimit, (N)

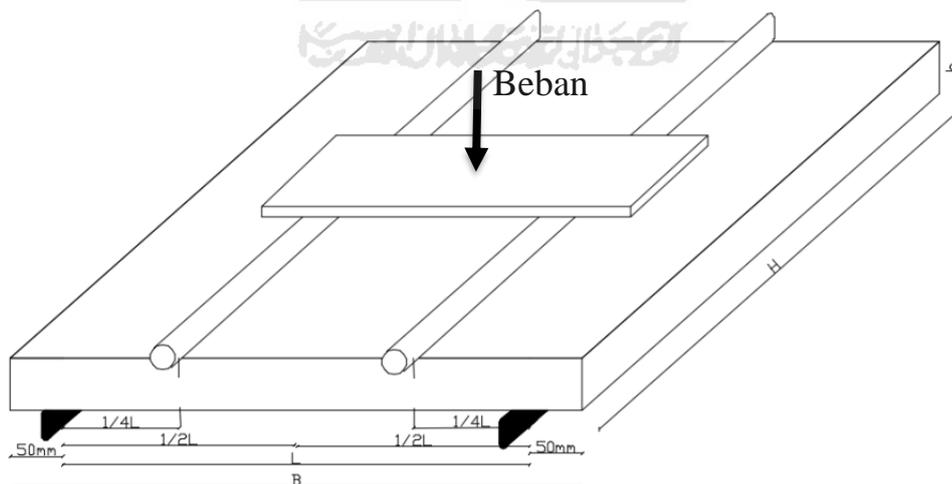
- $W$  = berat alat bantu, (N)  
 $c$  = jarak dari garis netral terhadap permukaan tarik terluar, (mm)  
 $I$  = inersia penampang lentur, (mm<sup>4</sup>)  
 $H$  = tinggi benda uji, (mm)  
 $b$  = lebar batu kumbang, (mm)

Berikut merupakan gambar 3.6 dan 3.7 bentuk dan ukuran pasangan dinding yang akan diujikan.



**Gambar 3.6 Posisi Benda Uji Kuat Lentur Dinding**

(Sumber : BS EN 01052-02-1999)



**Gambar 3.7 Ilustrasi Benda Uji Pengujian Kuat Lentur di Laboratorium**

Dari gambar 3.6 dan 3.7 pengujian kuat lentur dinding pasangan dapat diperoleh data dimensi benda uji, jarak antar tumpuan, dan beban maksimum.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Pada metode penelitian ialah langkah-langkah atau cara yang dilakukan untuk mendapatkan, menganalisis, mengolah, dan menyimpulkan data dari variabel yang akan diteliti. Meliputi pengujian benda uji yang akan dikerjakan di laboratorium. Tahap pengujian benda uji diantaranya :

1. Tahap persiapan. Ialah tahap utama yaitu mempersiapkan bahan material dan alat-alat apa saja yang digunakan untuk keperluan pengujian dengan memperhatikan kelayakan alat ataupun bahan sesuai syarat yang berlaku.
2. Tahap pembuatan benda uji, meliputi pembuatan dinding pasangan batu kumbang, sesuai prosedur yang ditetapkan.
3. Tahap pengujian benda uji, yaitu pengujian bahan material batu kumbang, pengujian kuat tekan dinding pasangan bata, pengujian kuat lentur dinding pasangan bata, dan pengujian kuat geser diagonal dinding pasangan bata.
4. Tahap pengumpulan data, merupakan pengambilan data yang diperoleh dari pengujian yang sudah dilakukan.
5. Tahap pengolahan data ialah tahap akhir yaitu mengolah data yang didapatkan dari pengujian yang sudah dilakukan.

#### **4.2 Metode Pengambilan Data**

Pada penelitian ini pengambilan data primer dilakukan selama pengujian dan data sekunder didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya. Untuk mempermudah pengambilan data maka data dikelompokkan berdasarkan benda ujinya yaitu data analisa saringan agregat halus, parameter dasar batu kumbang, kuat tekan batu kumbang, kuat lekat batu kumbang, kuat tekan variasi mortar, kuat tekan dinding batu kumbang, kuat geser diagonal dinding batu kumbang, dan kuat lentur dinding batu kumbang.

### 4.3 Tahapan Penelitian

#### 4.3.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan bertujuan untuk mengetahui layak tidaknya bahan material pengujian sebelum pembuatan benda uji untuk menentukan apakah sudai memenuhi spesifikasi atau belum. Pemeriksaan ini berpedoman pada SNI, *ASTM*, dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI 1982). Adapun pemeriksaan material untuk batu kumpang dan agregat halus pasir, semen, dan air.

##### 1. Pengujian Batu Kumpang

Pada penelitian kali ini batu kumpang yang digunakan berasal dari desa Sawir, kecamatan Tambakboyo, Tuban, Jawa Timur. Mempunyai dimensi panjang lebar dan tinggi kurang lebih 25 x 8 x 12 cm, sebanyak yang dibutuhkan untuk sampel masing-masing dari pengujian yang dilakukan. Pengujian benda uji batu kumpang antara lain ialah pengujian sifat fisik dan mekanik.

##### a. Sifat Fisik.

Pengujian sifat fisik batuan terdapat pada SNI 03-2437-1991, meliputi persiapan peralatan, pembuatan benda uji, dan pengujian. Benda uji yang digunakan pada pengujian sifat fisik yaitu silinder dengan syarat ukuran diameter  $\pm 50 - 70$  mm dengan cara penngintian menggunakan bor, untuk ukuran tinggi per benda uji yaitu dua kali diameter, dengan dipotong menggunakan mesin potong batu.

##### b. Sifat Mekanik.

Pengujian sifat mekanik ialah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kuat desak batu kumpang menggunakan metode yang ada pada SNI bata merah pejal untuk pasangan dinding (SNI 15-2094, 2000). Benda uji yang digunakan yaitu satu buah batu kumpang dipotong menjadi 2 bagian sama besar dengan tiap potongan batu yang ke satu ditumpukkan pada potongan yang lain. Penjelasan terkait pembuatan sampel pengujian ini dapat dilihat pada SNI 15-2094 Tahun 2000 Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding.

## 2. Semen Portland (PC)

Pemeriksaan bahan material pengikat untuk campuran mortar dinding pasangan batu kumpang menggunakan semen portland merk Holcim kemasan 40 kg/sak. Dengan mengamati keadaan fisik semen portland meliputi penuh isi kemasan semen, halus butir semen yang mana warna butir abu-abu halus dan tidak adanya gumpalan.

## 3. Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan agregat halus pasir terdapat pada SNI 03-1968-1990 analisa saringan agregat halus, benda uji yang dipakai adalah agregat yang lolos Saringan No.4 (4,75 mm), disiapkan menurut standar yang berlaku dan terkait, dikecualikan apabila butiran yang lolos saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

## 4. Air

Kebutuhan air dalam pembuatan benda uji berfungsi untuk pelumas dan reaktor ( $\pm 25\%$  minimal- 50% maksimal berat semen portland). Air yang digunakan berasal dari laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, melalui pemeriksaan secara visual harus memenuhi syarat yaitu air harus bersih bau dan warna, tidak mengandung lumpur, tidak mengandung benda-benda tersuspensi. Penggunaan jumlah air akan mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workability*).

### 4.3.2 Persiapan Alat

Pada penelitian di laboratorium untuk membuat benda uji dan pengujian dibutuhkan masing-masing peralatan. Berikut merupakan alat-alat yang dipakai pada penelitian.

1. Seperangkat alat pengujian analisa gradasi agregat halus yaitu satu set saringan terdiri dari ukuran yang paling besar sampai terkecil dan pan. Selain itu timbangan merk OHAUS dengan kapasitas 20 kg, oven, kain lap, talam, atau sejenisnya, dan alat penggetar. Dan juga dipakai ayakan konvensional untuk mendapatkan ukuran benda uji sesuai yang digunakan pada masyarakat umum.

2. Seperangkat alat pengujian karakteristik batuan sifat fisik, maupun mekanik antara lain, *core drill*, desikator, cetakan benda uji kuat tekan batu kumbang, dan alat tekan uji tekan yaitu UTM (*Universal Testing Machine*).
3. Seperangkat alat pengujian kuat tekan mortar antara lain, alat pembuatan benda uji salah satunya cetakan kubus ukuran 50 x 50 x 50 mm, dan alat uji tekan UTM (*Universal Testing Machine*).
4. Seperangkat alat pengujian kuat lekat pasangan batu kumbang, digunakan pelat baja seukuran lebar benda uji batu kumbang untuk penekan dan alat mesin tekan.
5. Seperangkat alat pengujian kuat tekan pasangan dinding batu kumbang antara lain alat pembuatan dinding pasangan ukuran 70 x 70 cm. Alat pengujian kuat tekan, kuat lentur, dan geser diagonal menggunakan *hydraulic jack* dan *load cell* sebagai pembebanan, dan alat bantu pembebanan berupa pelat yang disesuaikan dengan penampang benda uji.

#### **4.3.3 Lokasi Penelitian**

Pengujian dan pembuatan benda uji dinding pasangan batu kumbang dilakukan di Laboratorium Tekonologi Bahan Konstruksi, Laboratorium Struktur dan Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

#### **4.3.4 Pelaksanaan Penelitian**

Tahap pelaksanaan merupakan tahap dimulainya penelitian di laboratorium meliputi pengukuran benda uji, pengujian parameter dasar benda uji, pembuatan benda uji dinding pasangan dengan ukuran yang sudah direncanakan, dan pengujian pada benda uji dinding pasangan, yang nantinya menghasilkan data-data pengujian, setelahnya diolah dan memberikan hasil, kesimpulan.

#### **4.4 Pengujian Kuat Tekan Mortar**

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan untuk menentukan nilai kuat perbandingan rasio semen dan pasir pada mortar yang optimum dan paling kuat. Pembuatan benda uji mortar berjumlah 15 buah dengan masing-masing 5 buah

benda uji per variasi perbandingan spesi yaitu 1:4, 1:5, 1:6 pengujian kuat tekan mortar berdasarkan SNI 03-6825-2002, adapun tahapannya ialah sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah dibuat direndam selama 28 hari, ataupun kurun waktu yang ditentukan.
2. Setelah pada umur perendaman, angkat benda uji keringkan  $\pm$  15 menit, kemudian timbang berat dan catat ukurannya.
3. Benda uji diletakkan pada mesin tekan untuk dilakukan pengujian.
4. Saat pada pengujian di titik maksimum catat besaran pembebanan yang berkerja yang nantinya didapatkan nilai kuat tekan maksimum mortar.

#### **4.5 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbung**

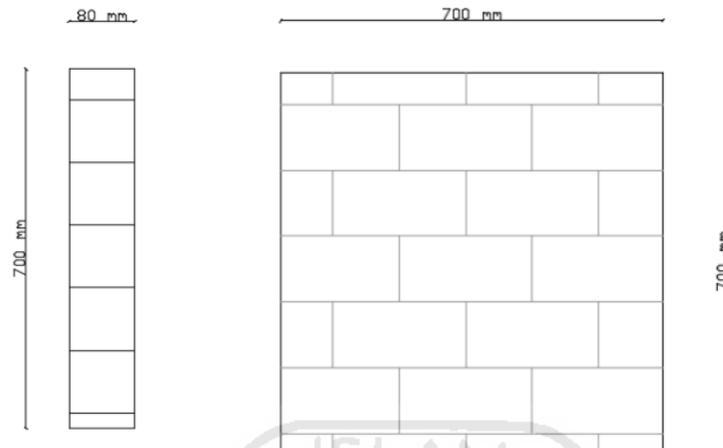
Pada pengujian kuat lekat pasangan bata yang sebelumnya sudah dibuat benda uji berupa 3 pasang bata untuk satu benda uji kuat lekat masing-masing per variasi, dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat lekat antara pasang batu. Adapun tahapannya antara lain :

1. Bersihkan benda uji dari debu yang menempel, dan ukur dimensi benda uji berikut juga dengan tebal spesi mortar.
2. Letakkan pelat baja yang sesuai dengan ukuran tebal batu kumbung, untuk pembebanan.
3. Benda uji diletakkan pada mesin tekan untuk dilakukan pengujian, pada saat pecah catat besaran gaya tekan maksimum yang bekerja. Dari data kuat tekan yang diperoleh dapat dihitung nilai kuat lekat benda uji dengan persamaan perhitungan 3.13.

#### **4.6 Pengujian Kuat Dinding Batu Kumbung Tanpa Perkuatan**

Pengujian dinding batu kumbung yang akan dilakukan antara lain kuat tekan dinding, kuat geser diagonal dinding, dan kuat lentur dinding batu kumbung. Masing-masing pengujian dipakai 3 sampel benda uji dinding pasangan, meliputi pengujian kuat tekan dinding pasangan batu kumbung, pengujian kuat geser diagonal dinding pasangan batu kumbung, dan pengujian kuat lentur dinding pasangan batu kumbung dengan dimensi perekat sebesar 2 cm dan masing-masing

ukuran dinding 700 x 700x 80 mm seperti pada gambar 4.6 Dimensi Benda Uji Kuat Tekan Dinding berikut.



**Gambar 4.1 Ukuran Dinding Pasangan Batu Kumbang**

Batu kumbang yang akan dipakai untuk dinding pasangan sebelumnya direndam dan dikikir untuk membersihkan debu lengket yang menempel pada batu kumbang, dan menghindari resapan air dari mortar. Bahan pengikat mortar digunakan 3 jenis perbandingan yaitu 1 semen : 4 pasir, 1 semen : 5 pasir, 1 semen : 6 pasir, dengan tebal spesi  $\pm 2$  cm.. Setelahnya benda uji dibiarkan dalam kondisi ruangan selama 28 hari sampai dilakukan pengujian. Masing-masing pengujian kuat dinding dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ada pada SNI 03-4164, SNI 03-4165, SNI 03-4166, Tahun 1996, adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut.

#### **4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Dinding**

Dari tahap pembuatan dan persiapan benda uji yang sudah dilakukan beriku merupakan tahapan pengujian yang berdasarkan SNI 03-4164-1996 berikut.

1. Menghidupkan mesin pada awal pengujian selama kurang lebih 15-20 menit untuk mengatur kesiapan pengujian yang akan dilakukan.
2. Benda uji yang sudah siap diukur tinggi, lebar, dan tebal benda uji dinding pasangan, selanjutnya tandai titik tengah benda uji agar mesin penekan tepat pada pembebanan yang merata.

3. Letakkan benda uji di bawah alat penekan yaitu *hydraulic jack*, kemudian siapkan pelat bantu yang akan digunakan sebagai beban tambahan pengujian ini.
4. Setelahnya atur dial beban pada kedudukan nol.
5. Lakukan pembebanan dengan kecepatan yang sesuai hingga benda uji mengalami *failure* atau retak patah
6. Mencatat data beban maksimum hancur pada formulir yang telah disiapkan.
7. Kemudian gambar bentuk retakan yang terjadi setelah pengujian kuat tekan yang dilakukan.

#### **4.6.2 Pengujian Kuat Lentur Dinding**

Dari tahap pembuatan dan persiapan benda uji yang sudah dilakukan berikut merupakan tahapan pengujian yang berdasarkan SNI 03-4165-1996.

1. Menghidupkan mesin pada awal pengujian selama kurang lebih 15-20 menit untuk mengatur kesiapan pengujian yang akan dilakukan.
2. Benda uji yang sudah siap diukur tinggi, lebar, dan tebal benda uji dinding pasangan, selanjutnya tandai titik tengah benda uji agar mesin penekan tepat pada pembebanan yang merata.
3. Letakkan benda uji di bawah alat penekan yaitu *hydraulic jack*, dengan posisi horizontal atau tidur mengarah pada alat penekanan kemudian siapkan pelat bantu yang akan digunakan sebagai beban tambahan pengujian ini.
4. Setelahnya atur dial beban pada kedudukan nol.
5. Lakukan pembebanan dengan kecepatan yang sesuai hingga benda uji mengalami *failure* atau retak patah
6. Mencatat data beban maksimum hancur pada formulir yang telah disiapkan.
7. Kemudian gambar bentuk retakan yang terjadi setelah pengujian kuat lentur yang dilakukan.

#### **4.6.3 Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding**

Berikut merupakan tahapan pengujian kuat geser diagonal menurut SNI 03-4166-1996. Tahap awal yang dilakukan yaitu peletakkan benda uji, kemudian pembebanan, berikut penjelasan singkatnya.

1. Tahap peletakkan :

Letak benda uji diletakkan sentris (diagonal) dengan alat pembebanan dan dijepit kedua sisinya untuk pengujian kuat geser horizontal, sedangkan untuk pengujian kali ini dijepit arah sentris untuk geser diagonal.

2. Tahap pembebanan :

- a. Benda uji yang sudah siap diukur tinggi, lebar, dan tebal benda uji dinding pasangan menggunakan roll meter.
- b. Letakkan benda uji di bawah alat pembebanan, dengan memasang pelat bantu dudukan agar beban dapat tersalurkan ke benda uji.
- c. Menghidupkan mesin pada awal pengujian selama kurang lebih 15 menit.
- d. Setelahnya atur jarum penunjuk beban pada kedudukan nol.
- e. Lakukan pembebanan dengan kecepatan yang sesuai hingga benda uji mengalami failure atau retak patah.
- f. Mencatat data beban maksimum hancur pada formulir yang telah disiapkan.
- g. Kemudian gambar bentuk retakan yang terjadi setelah pengujian kuat tekan yang dilakukan.

Dari data pembebanan pengujian yang dilakukan dapat dihitung kuat tekan, kuat lentur, dan kuat geser diagonal menggunakan Persamaan 3.14, Persamaan 3.16, dan Persamaan 3.19 pada bab 3 landasan teori yang setelahnya dapat diambil pembahasan dan kesimpulan penelitian.

#### 4.7 Analisis Data

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan, analisis data yang diperoleh meliputi.

1. Analisis Saringan Agregat Halus

Dari pengujian ini didapatkan berat agregat dari masing-masing lolos saringan yang tertahan terhadap berat total benda uji yang disaring. Data tersebut kemudian dimasukkan kedalam form jumlah presentase tertahan di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat, kemudian akan dibagi per daerah sesuai distribusi butiran agregat halus lolos ayakan.

## 2. Analisis Uji Sifat Fisik Batuan

Dengan melakukan pengujian sifat fisik batuan didapatkan nilai parameter perhitungan yang sudah dijelaskan pada sub bab 3.2.1. Dari data-data tersebut akan didapatkan nilai bobot isi, berat jenis, kadar air, porositas, angka pori, dan derajat kejenuhan yang mana perhitungan menggunakan Persamaan 3.1 sampai Persamaan 3.10

## 3. Analisis Uji Sifat Mekanik Batuan

Dari pengujian kuat tekan batu kumpang data yang diperoleh antara lain beban uji maksimum dan luas penampang yang dikenai beban dengan hasil nilai kuat tekan batu (MPa), dihitung menggunakan Persamaan 3.11

## 4. Analisis Uji Kuat Tekan Mortar

Nilai yang didapatkan dari pengujian kuat tekan mortar antara lain kekuatan tekan mortar dan berat isi mortar, adapun persamaan yang dipakai sebagai berikut.

Kekuatan mortar dapat dihitung dengan Persamaan 4.1

$$\delta_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (4.1)$$

Keterangan :

$\delta_m$  = kekuatan tekan mortar (Mpa),

$P_{maks}$  = gaya tekan maksimum (N),

$A$  = luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Kekuatan mortar dapat dihitung dengan Persamaan 4.2

$$\gamma_m = \frac{B_m}{V} \quad (4.2)$$

Keterangan :

$\gamma_m$  = berat isi mortar (kg/ml),

$B_m$  = berat benda uji (kg),

$V$  = volume benda uji (ml)

Untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka volum benda uji yaitu 125 ml.

#### 5. Analisis Kuat Lekat Batu

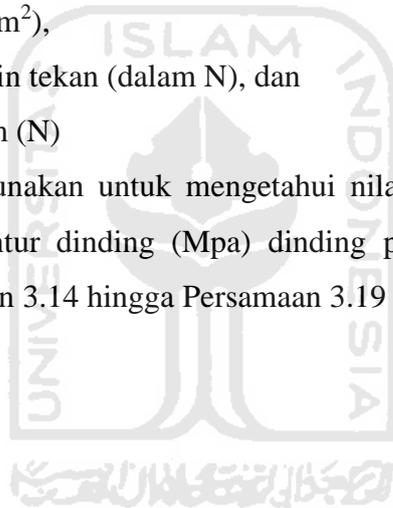
Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat lekatan antar batu menggunakan perekat yang berbeda spesi perbandingannya, antara lain 1:4, 1:5, 1:6. Menggunakan Persamaan 3.13 didapatkan kuat lekat ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) pasangan batu.

#### 6. Analisis Uji Kuat Dinding Pasangan Batu Kumpang.

Analisis pengujian kuat dinding pasangan antara lain yaitu kuat tekan, kuat geser diagonal, dan kuat lentur dinding pasangan. Adapun data yang diperoleh antara lain :

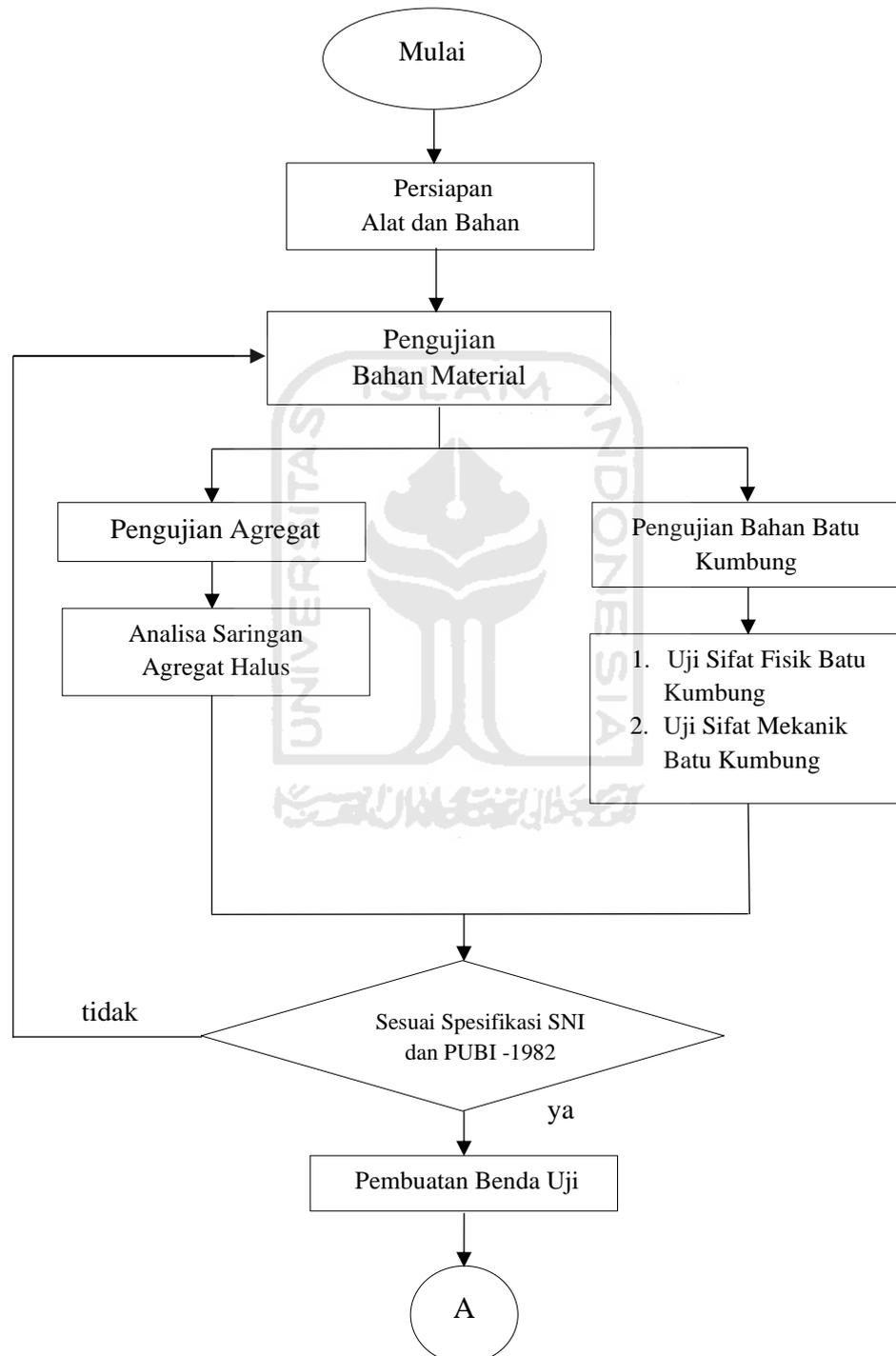
- a. Dimensi dinding pasangan (mm),
- b. Luas penampang ( $\text{mm}^2$ ),
- c. Berat alat bantu mesin tekan (dalam N), dan
- d. Beban uji maksimum (N)

Data-data tersebut digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat geser diagonal, dan kuat lentur dinding (Mpa) dinding pasangan batu kumpang, terdapat pada Persamaan 3.14 hingga Persamaan 3.19

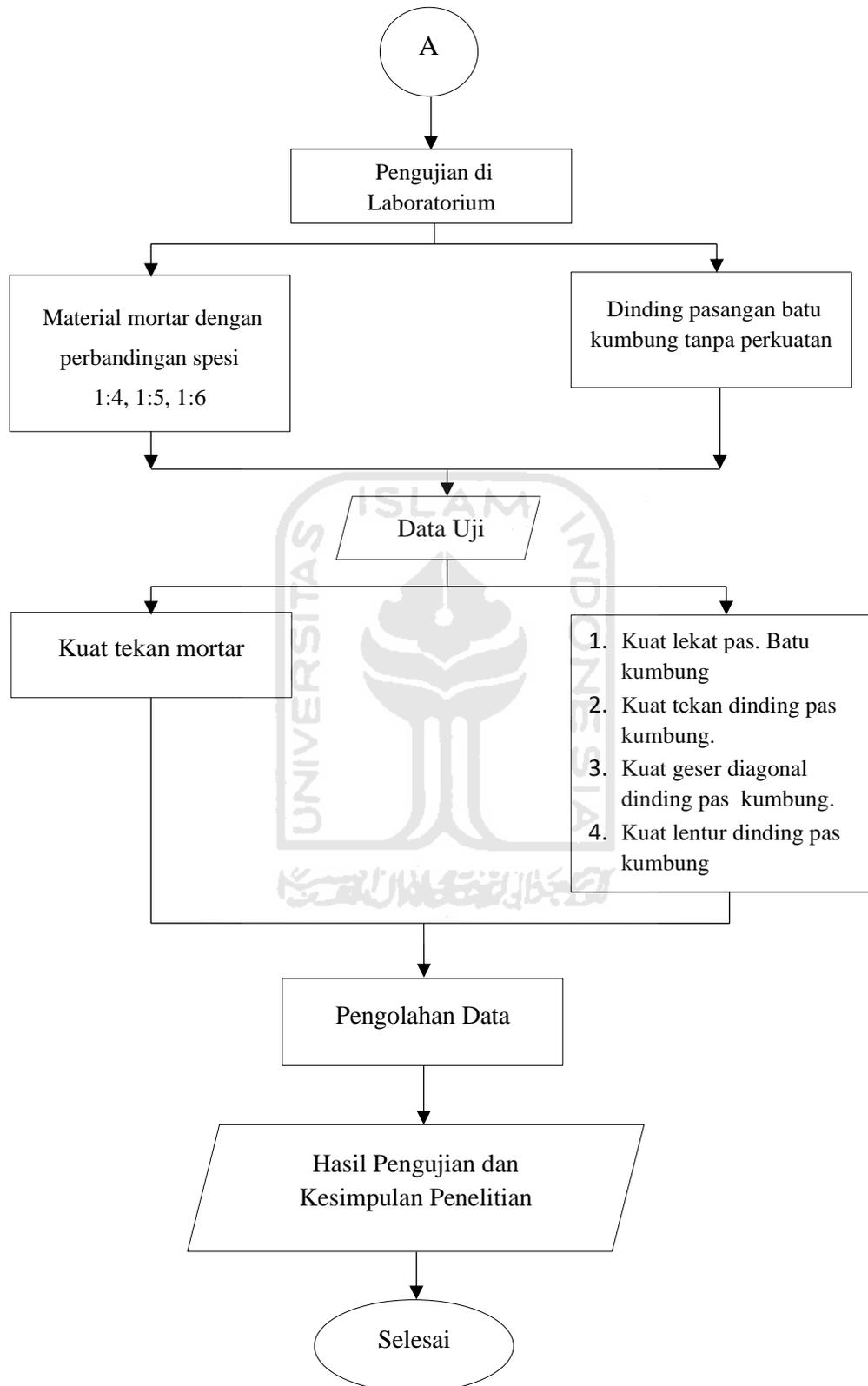


#### 4.8 Bagan Alir Metode Penelitian

Berikut merupakan penjelasan singkat tahapan penelitian. adapun bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini.



**Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian (1 dari 2)**



**Gambar 4.3 Bagan Alir Metode Penelitian (2 dari 2)**

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Pendahuluan**

Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji, merupakan tujuan dilakukannya penelitian ini. Dari hasil pengujian kemudian dilakukan analisis data yang disajikan dalam bentuk tabel ataupun grafik agar dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini.

#### **5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus**

Agregat halus merupakan salah satu bahan utama pembuatan campuran mortar sebagai perekat pasangan dinding bangunan. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus antara lain analisa saringan agregat halus dengan tujuan memperoleh karakteristik agregat halus yang digunakan pada penelitian ini. Dengan acuan dasar SNI 03-1968 tahun 1990 pengujian ini dilakukan.

##### **5.2.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus**

Analisa saringan bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat yang dinyatakan dengan prosentase butiran tertinggal atau lolos. Dan dalam suatu set ayakan, jumlah persen kumulatif butir agregat yang tertinggal, kemudian dibagi 100 (seratus) disebut sebagai Modulus Halus Butir (MHB). Berikut merupakan Tabel 5.1 hasil pemeriksaan analisa saringan di bawah ini.

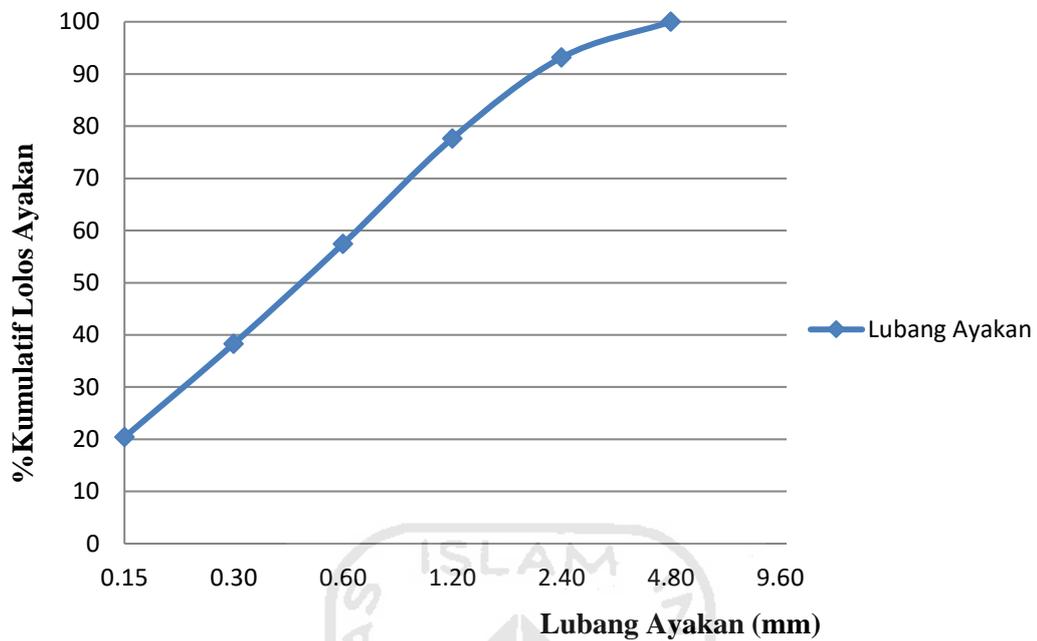
**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus**

<b>Lubang Ayakan</b>	<b>Berat Tertinggal</b>	<b>Berat Tertinggal</b>	<b>Berat Tertinggal Kumulatif</b>	<b>Presentase Lolos Kumulatif</b>
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
4,80	0	0	0	100
2,4	137	6,85	6,85	93,15
1,2	310	15,5	22,35	77,65
0,60	404	20,2	42,55	57,45
0,30	383	19,15	61,7	38,3
0,15	358	17,9	79,6	20,4
Sisa	408	20,4	-	-
Jumlah	2000	100	213,05	

Dari data yang tertera pada tabel 5.1 di atas maka dapat dihitung besar nilai modulus halus butir (MHB) agregat yang digunakan. Nilai modulus halus butir agregat dapat diperoleh dengan perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus butir} &= \frac{\text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} & (5.1) \\
 &= \frac{213,05}{100} \\
 &= 2,13
 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil dari perhitungan di atas modulus halus butir adalah 2,13 nilai tersebut ialah indeks yang menunjukkan kehalusan/kekasaran butir agregat yang mana masuk dalam kategori pasir dengan syarat MHB antara 1,5-3,8, dengan sampel agregat diketahui lolos lubang ayakan 4,80 maka dapat dikategorikan pasir halus (SII 052, 1980) , yang mana dapat diketahui dengan gambar grafik dari data analisis saringan atau modulus halus butir agregat halus yang didapat berikut ini.



**Gambar 5.1 Analisa Saringan Agregat Halus**

Dari tabel hasil analisa saringan penentuan daerah gradasi pasir berdasarkan persen berat butir agregat dapat dilihat pada tabel 5.2 daerah gradasi di bawah ini .

**Tabel 5.2 Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan							
	Daerah I		Daerah II		Daerah III		Daerah IV	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10,00	100	100	100	100	100	100	100	100
4,80	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	90	75	100	90	100
0,60	15	34	35	59	60	79	80	100
0,30	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

(Sumber : Tjokrodimoeljo, 1992)

Keterangan:

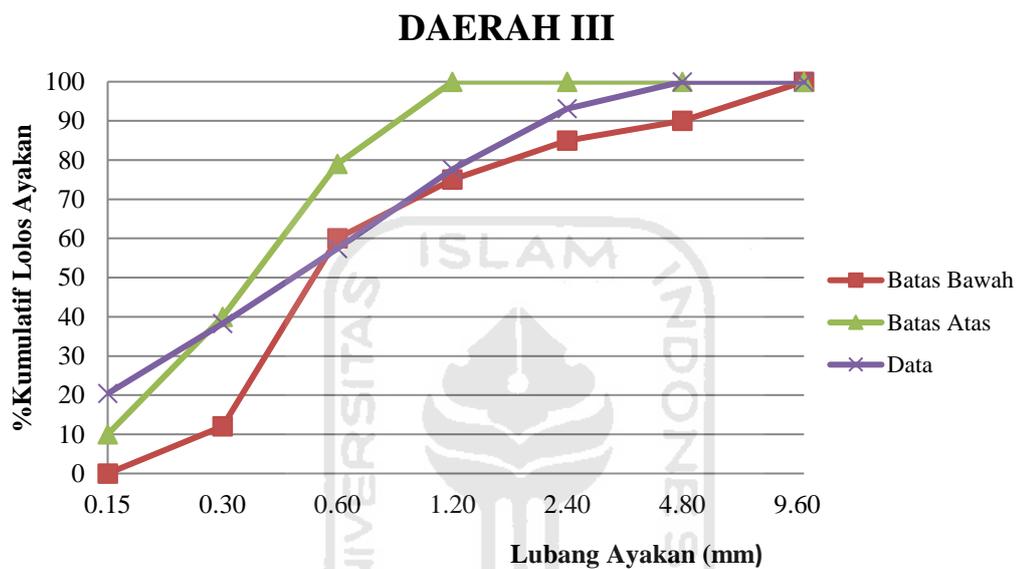
Daerah I = pasir kasar,

Daerah II = pasir agak kasar,

Daerah III = pasir halus, dan

Daerah IV = pasir agak halus.

Dari tabel daerah gradasi pasir di atas, grafik hasil analisa saringan butir agregat kemudian diplotkan dengan grafik daerah gradasi pasir, agar dapat diperoleh jenis pasir apa yang digunakan. Berikut ialah grafik pembagian butir agregat halus di bawah ini.

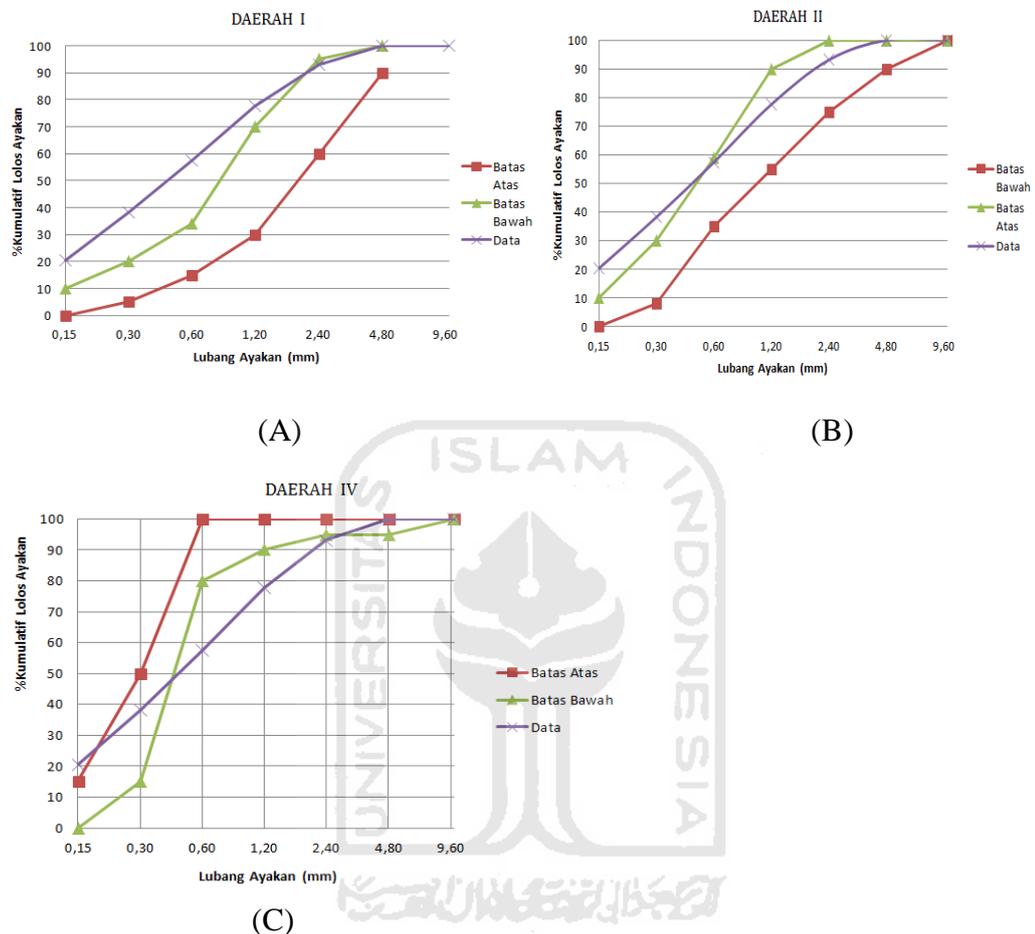


**Gambar 5.2 Gradasi Pasir Data Analisis dan Batas  
Gradasi Pasir Daerah III**

Grafik batas gradasi pasir mempunyai fungsi sebagai batas penentuan jenis pasir yang digunakan, yang mana ditunjukkan dengan grafik data hasil analisis saringan masuk diantara grafik batas gradasi.

Hasil pemeriksaan pada analisa saringan agregat halus yang sudah diplot dengan daerah gradasi pasir yang tertera pada gambar Grafik 5.2 dapat dilihat terdapat beberapa data yang keluar dari batas gradasi, dikarenakan pada saringan 0,15 data kumulatif lolos saringan sedikit melewati dari grafik batas atas daerah III, sedangkan pada saringan 0,60 data sedikit melewati batas bawah daerah III. Hal ini masih dapat diterima karena data lolos ayakan kumulatif selain 0,15 dan 0,6 sudah mendekati pada batas gradasi daerah III yang diisyaratkan,

dibandingkan dengan grafik batas gradasi pasir daerah I, II, dan IV seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.3 Gradasi Pasir Data Analisis dan Batas Gradasi Pasir (A) Daerah I, (B) Daerah II, dan (C) Daerah IV**

Dari uraian di atas maka dapat disimpulkan karakteristik bahwa pasir yang digunakan tergolong pada daerah III (tiga). Pasir yang masuk dalam gradasi tiga merupakan kategori pasir halus. Pasir halus diketahui memiliki butiran yang kecil maka pada campuran mortar diperlukan kebutuhan perekat yang banyak untuk merekatkan butiran dan mengisi ruang diantara butiran, akan tetapi mortar akan dapat menjadi lebih baik dan padat karena pori pada lekatan akan terisi oleh butiran butiran yang kecil.

### 5.3 Hasil Pengujian Parameter Dasar Batu Kumbang

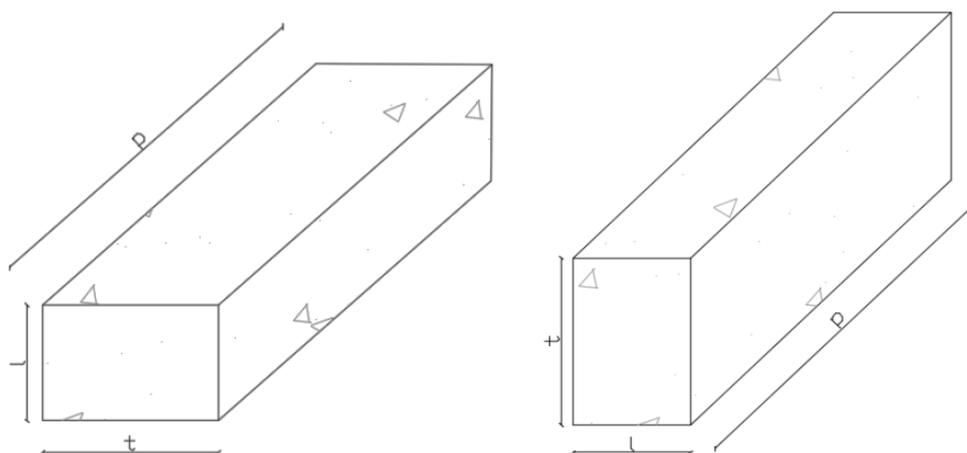
Berdasarkan SNI 15-2094-2000 bata merah pejal untuk pasangan dinding sebagai acuan dasar pengujian parameter dasar batu menggunakan 10 sampel batu kumbang. Dalam penelitian ini pengujian parameter dasar batu meliputi pengujian karakteristik batu kumbang, pemeriksaan ukuran dan berat batu kumbang dan nilai parameter dasar dari batu kumbang.

#### 5.3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Batu Kumbang

Pengujian dilakukan dengan metode penilaian karakteristik meliputi, sifat fisik antara lain warna, siku, permukaan, dan dimensi batu kumbang. Berikut merupakan gambar dari benda uji batu kumbang dan sketsa sampel batu kumbang utuh yang dijadikan sampel pengujian parameter dasar batu kumbang.



**Gambar 5.4 Benda Uji Batu Kumbang**



**Gambar 5.5 Sampel Benda Uji Karakteristik Batu Kumbang**

Dari pengujian karakteristik batu kumpang didapatkan hasil penilaian, yang disajikan dalam tabel 5. 3 hasil analisis sifat tampak batu kumpang di bawah ini.

**Tabel 5.3 Hasil Analisis Sifat Tampak Batu Kumpang**

No	Sifat Fisik Batu				Dimensi (mm)			
	Warna	Siku	Tekstur Permukaan	Muka Bidang	Retakan batu/lubang	Panjang	Lebar	Tinggi
1	putih	siku	kasar	datar	tidak	257	83	113
2			kasar		tidak	253	87	115
3			halus		berlubang	246	81	120
4	putih tulang		halus		berlubang	247	78	117
5	putih ke-kuningan		kasar		retak berlubang	245	78	118
6			halus		berlubang	244	79	119
7			kasar		retak berlubang	240	82	119
8			halus		berlubang	243	80	119
9	putih		kasar		retak	243	75	118
10			kasar		retak	244	81	120
Rata-rata dimensi batu kumpang						246	80	118

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik batu kumpang, diperoleh :

1. Warna batu kumpang, dari hasil pengamatan sejumlah sampel secara umum putih dengan sedikit kekuningan dari beberapa batu yang seragam.
2. Pemeriksaan siku rusuk, didapatkan keseluruhan dari sampel batu kumpang mempunyai rusuk “siku”.
3. Pemeriksaan tekstur permukaan, disimpulkan bahwa muka bidang dan retakan dari sampel batu kumpang mempunyai permukaan yang halus, dan beberapa kasar dikarenakan, faktor pemotongan batu kumpang yang manual tidak dengan menggunakan mesin, dan sumber tambang batu kumpang di titik yang berbeda dalam satu wilayah. Pada muka bidang keseluruhan datar, dan sedikit keretakan beberapa berlubang, pada permukaan.
4. Pemeriksaan terhadap dimensi batu kumpang didapatkan rata-rata panjang 246 mm, lebar 80 mm dan tinggi 117 mm, atau  $\pm 25 \times 8 \times 12$  cm.

Dari uraian hasil di atas terdapat pembahasan pada karakteristik batu kumbang yang didapat. Pertama, warna batu kumbang yaitu putih sedikit kekuningan karena pada dasarnya batu kumbang (batu putih) merupakan jenis batuan sedimen dari batu kapur. Batuan sedimen kapur tersusun atas *Calcite*, *Dolomite*, dan Mineral lempung. Warna kuning yang ada pada batu kumbang dapat disebabkan karena kandungan mineral lempung (*clay*) yang tinggi dibandingkan dengan kadar kapur atau CaO nya. Hal ini juga mempengaruhi muka bidang batu kumbang yang datar dan memiliki sedikit keretakan ataupun lubang. Dikarenakan kandungan lempung pada batu kumbang yang menempel mengakibatkan keropos atau lubang retak pada batu tersebut.

Kedua, rusuk siku pada batu kumbang dari hasil pengamatan yang didapat, hal ini dikarenakan produksi tambang batu kumbang daerah Tuban menggunakan bentuk balok, ditujukan sesuai dengan kebutuhan pembangunan rumah tinggal atau bangunan gedung pada masyarakat, hal ini agar dapat disamakan dengan batu bata merah, batako, ataupun bahan material dinding lainnya. Untuk ukuran rata-rata batu kumbang yaitu  $\pm 25 \times 8 \times 12$  cm dipilih dengan tujuan kebutuhan penggunaan material lebih efisien dan menyesuaikan berat dan ukuran batu kumbang yang lebih dari pada batu bata merah, sehingga *workability* pada bahan material ini didapat.

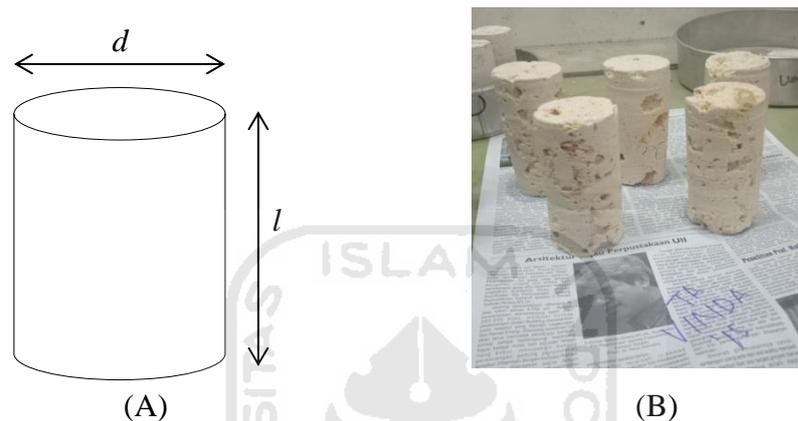
### 5.3.2 Hasil Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu Kumbang

Pada penelitian ini, pemeriksaan ukuran dan berat batu kumbang dilakukan menggunakan metode pengeboran (*coring*) ke dalam massa batu kumbang, sehingga sampel yang digunakan berupa silinder. Untuk pengujian parameter dasar batuan di Laboratorium yaitu dengan syarat tinggi sampel silinder dua kali atau lebih diameternya. Setiap sampel diukur diameter dan tinggi serta dihitung luas permukaan serta volume.

Tahap selanjutnya setelah pengukuran benda uji, dilakukan penimbangan berat aslinya ( $W_n$ ) kemudian direndam terlebih dahulu setelah kurang lebih 24 jam dilakukan proses penjenuhan untuk mendapatkan berat jenuh ( $W_w$ ). Benda uji kembali ditimbang dalam kondisi jenuh tergantung dalam air, yang mana

mendapatkan berat jenuh tergantung dalam air ( $W_s$ ). Tahap akhir dilakukan kembali pengeringan benda uji, dengan memasukkan kedalam oven selama 24 jam pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  hingga kering, keluarkan benda uji dalam oven kemudian timbang kembali sehingga diperoleh berat kering ( $W_o$ ).

Berikut merupakan sketsa dan gambar dari sampel batu kumpang yang digunakan dalam pengujian ini.



**Gambar 5.6 (A) Sketsa Sampel Pengujian Parameter Dasar Batu Kumpang, (B) Sampel Pengujian Parameter Dasar Batu Kumpang**

Adapun hasil pengujian dari pemeriksaan ukuran dan berat batu kumpang pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu Kumpang**

Dimensi Benda Uji	Satuan	Notasi	Nomor Sampel Batu Kumpang				
			1	2	3	4	5
Tinggi	mm	$l$	116,3	116,8	116,5	116,4	117,5
Diameter	mm	$d$	50,3	50,8	50,35	50,1	50,3
Berat asli	g	$W_n$	388	361,5	345	427	371
Berat kering oven	g	$W_o$	365	304,5	338	414,5	322,5
Berat jenuh	g	$W_w$	421,5	390,3	414	461,5	396,5
Berat jenuh dalam air	g	$W_s$	210,3	180,1	200	240,2	190,8
Volume sampel tanpa pori	$\text{cm}^3$	$V_p$	154,7	124,4	138	174,3	131,7
Volume sampel total	$\text{cm}^3$	$V_t$	211,2	210,2	214	221,3	205,7

Dari hasil pemeriksaan ukuran dan berat batu kumpang yang didapat dari pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai parameter batu kumpang setelah dilakukan analisis perhitungan.

### 5.3.3 Parameter Dasar Batu Kumpang

Dari data hasil pemeriksaan ukuran dan berat batu pada tabel 5.3, dilakukan analisis menggunakan rumus Perhitungan 3.1 sampai dengan Perhitungan 3.10 yang ada pada landasan teori. Hal ini guna untuk mendapatkan nilai parameter dasar batuan meliputi bobot isi asli, bobot isi kering oven, bobot isi jenuh air, berat jenis semu, berat jenis sebenarnya, kadar air dan porositas. Pengujian ini dilakukan menurut SNI 03-2437-1991, berikut salah satu contoh perhitungan parameter dasar batu kumpang pada sampel nomor 1.

Diketahui :

Berat asli ( $W_n$ )	= 388 gram
Berat kering oven ( $W_o$ )	= 365 gram
Berat jenuh ( $W_w$ )	= 421,5 gram
Berat jenuh dalam air ( $W_s$ )	= 210,3 gram
Bobot isi air	= 1 gram/cm <sup>3</sup>
Volume sampel tanpa pori	= $W_o - W_s$ (cm <sup>3</sup> )
Volume sampel total	= $W_w - W_s$ (cm <sup>3</sup> )

#### 1. Perhitungan bobot isi asli

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot isi asli (dalam satuan volume)} &= \frac{W_n}{W_w - W_s} & (3.1) \\
 &= \frac{388 \text{ gram}}{(421,5 \text{ g} - 210,3 \text{ g}) \text{ cm}^3} \\
 &= 1,837 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan bobot isi kering oven

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot isi kering oven (dalam satuan volume)} &= \frac{W_o}{W_w - W_s} & (3.2) \\
 &= \frac{365 \text{ gram}}{(421,5 \text{ g} - 210,3 \text{ g}) \text{ cm}^3} \\
 &= 1,728 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

## 3. Perhitungan bobot isi jenuh air

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot isi jenuh air (dalam satuan volume)} &= \frac{W_w}{W_w - W_s} & (3.3) \\
 &= \frac{421,5 \text{ gram}}{(421,5 \text{ g} - 210,3 \text{ g}) \text{ cm}^3} \\
 &= 1,996 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

## 4. Perhitungan berat jenis semu

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis semu} &= \frac{W_o}{W_w - W_s} / \text{ bobot isi air} & (3.4) \\
 &= \frac{365 \text{ gram}}{(421,5 \text{ g} - 210,3 \text{ g}) \text{ cm}^3} / 1 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 1,728
 \end{aligned}$$

## 5. Perhitungan berat jenis sebenarnya

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis sebenarnya} &= \frac{W_o}{W_o - W_s} / \text{ bobot isi air} & (3.5) \\
 &= \frac{365 \text{ gram}}{(365 \text{ g} - 210,3 \text{ g}) \text{ cm}^3} / 1 \text{ gram/cm}^3 \\
 &= 2,359
 \end{aligned}$$

## 6. Perhitungan kadar air

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air} &= \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\% & (3.6) \\
 &= \frac{388 \text{ g} - 365 \text{ g}}{365 \text{ g}} \times 100 = 6,30 \%
 \end{aligned}$$

## 7. Perhitungan kadar air jenuh

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air jenuh} &= \frac{W_w - W_o}{W_o} \times 100\% & (3.7) \\
 &= \frac{421,5 \text{ g} - 365 \text{ g}}{365 \text{ g}} \times 100 = 15,47 \%
 \end{aligned}$$

## 8. Perhitungan porositas

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% & (3.8) \\
 &= \frac{421,5 \text{ g} - 365 \text{ g}}{421,5 \text{ g} - 210,3 \text{ g}} \times 100 = 26,75 \%
 \end{aligned}$$

## 9. Perhitungan kadar pori

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar pori} &= \frac{n}{100 - n} & (3.9) \\
 &= \frac{26,75}{100 - 26,75} = 0,365
 \end{aligned}$$

## 10. Perhitungan derajat kejenuhan

$$\begin{aligned} \text{Derajat kejenuhan} &= \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \times 100\% & (3.10) \\ &= \frac{388 \text{ g} - 365 \text{ g}}{421,5 \text{ g} - 365 \text{ g}} \times 100 & = 40,70 \% \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel secara keseluruhan seperti pada Tabel 5.5 untuk rekapitulasi hasil pengujian parameter dasar batu kumpang.

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Dasar Batu Kumpang**

Pengujian	Satuan	Nomor Benda Uji					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Berat jenuh dalam air	gram	210,3	180,1	200	240,2	190,8	204,28
Bobot isi asli	gram/cm <sup>3</sup>	1,837	1,720	1,612	1,930	1,804	1,780
Bobot isi kering oven	gram/cm <sup>3</sup>	1,728	1,449	1,579	1,873	1,568	1,639
Bobot isi jenuh air	gram/cm <sup>3</sup>	1,996	1,857	1,935	2,085	1,928	1,960
Berat jenis semu		1,728	1,449	1,579	1,873	1,568	1,639
Berat jenis sebenarnya		2,359	2,448	2,449	2,378	2,449	2,417
Kadar air	%	6,301	18,719	2,071	3,016	15,039	9,029
Kadar air jenuh	%	15,47	28,17	22,48	11,33	22,94	20,08
Derajat kejenuhan	%	40,70	66,43	9,21	26,59	65,54	41,69
Porositas (n)	%	26,75	40,82	35,51	21,24	35,97	32,059
Kadar pori		0,365	0,690	0,551	0,270	0,562	0,487

Dari tabel hasil analisis parameter dasar batu kumpang Kab. Tuban yang diperoleh, kemudian dibandingkan dengan batu kumpang daerah lain, Kab. Lamongan dan Kab. Bangkalan dari data penelitian batu kumpang sebelumnya oleh Moh. Muntaha (Muntaha, 2007), dapat disimpulkan :

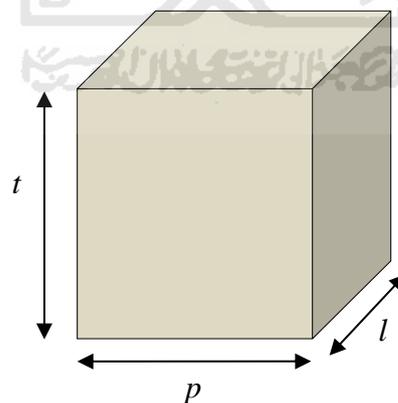
1. Bobot isi asli atau kepadatan natural rata-rata 1,780 gram/cm<sup>3</sup>, dengan batu kumpang daerah Lamongan sama yaitu 1,783 gram/cm<sup>3</sup>, dan lebih besar dari daerah Bangkalan yaitu 1,662 gram/cm<sup>3</sup>.

2. Kadar air rata-rata batu kumpang daerah Tuban yaitu 9,03% lebih besar dari daerah Lamongan dan Bangkalan berkisar antara 0,24%.
3. Derajat kejenuhan yang didapat sebesar 41,69 % jika dibandingkan yaitu 1,25% daerah Bangkalan dan 0,99% daerah Lamongan.
4. Kadar pori batu kumpang daerah Tuban yaitu 0,487 yang mana mendekati dengan daerah Lamongan yaitu 0,532 dan Bangkalan 0,619.

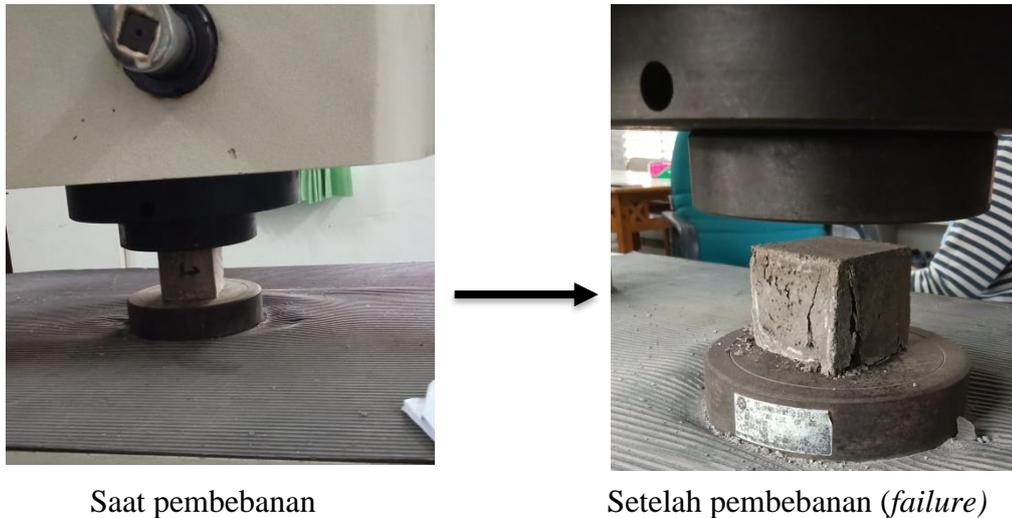
#### 5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar menggunakan acuan dasar SNI 03-6825-2002. Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 28 hari setelah benda uji dibuat, terbagi menjadi 3 jenis variasi perbandingan campuran antara semen dan pasir yaitu 1:4, 1:5 dan 1:6. Benda uji dibuat sebanyak 5 buah per variasi dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm.

Pengujian kuat tekan mortar bertujuan untuk mengetahui nilai tekan dari masing-masing campuran agar dapat diambil rata-rata kuat tekan campuran mana yang optimum, dan dapat dijadikan acuan sebagai perekat pasangan dinding batu kumpang. Berikut merupakan sketsa benda uji mortar dan gambar pengujian mortar di Laboratorium.



(A)



Saat pembebanan

Setelah pembebanan (*failure*)

(B)  
**Gambar 5.7 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Mortar,  
 (B) Sampel Mortar dan Pengujian Kuat Tekan Mortar**

Dari sketsa benda uji dan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan dimensi dan beban maksimum benda uji mortar, dari keduanya dapat diperoleh kuat tekan mortar dan berat isi mortar, menggunakan rumus perhitungan 3.12 berikut ialah salah satu contoh dari sampel 1 variasi spesi 1:4

Diketahui :

Gaya tekan maksimum ( $P_{maks}$ ) = 26636,4 N

Panjang (p) = 49,2 mm

Lebar (l) = 50,4 mm

Tinggi (t) = 50,9 mm

Berat benda uji 1 = 266 gram

1. Luas penampang benda uji (A)

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 49,25 \text{ mm} \times 50,4 \text{ mm} \\ &= 2482,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2. Volume benda uji (V)

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 49,25 \text{ mm} \times 50,4 \text{ mm} \times 50,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V = 126343,9 \text{ mm}^3$$

$$V = 126,3439 \text{ cm}^3$$

Adapun menurut SNI 03-6825-2002 dari pengujian kuat tekan mortar dapat diketahui berat isi mortar dengan menggunakan rumus perhitungan 4.2 berikut

$$\text{Berat isi mortar } (\gamma_m) = \frac{B_m}{V} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \gamma_m &= \frac{266 \text{ gram}}{126,3439 \text{ cm}^3} \\ &= 2,105 \text{ gram/cm}^3, \end{aligned}$$

untuk variasi mortar campuran 1 PC : 4 PS

Dan berikut, perhitungan kuat tekan mortar, dengan menggunakan rumus perhitungan 3.12.

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan mortar } (f'_m) &= \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.12) \\ &= \frac{26636,4 \text{ N}}{2482,2 \text{ mm}^2} \\ &= 10,731 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel secara keseluruhan pada Tabel 5.6 sampai 5.8 untuk hasil pengujian kuat tekan mortar di bawah ini.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar  
Variasi Perbandingan Spesi 1PC : 4PS**

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata Berat Isi (g/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (MPa)
		p	l	t					Pembuatan	Pengujian			
1	266	49,25	50,4	50,9	2482,2	126,3439	2,105	2,111	10/10/2019	6/11/2019	28	26636,4	10,731
2	280	50,6	50,5	51,75	2555,3	132,2368	2,117					24475,5	9,578
3	265	49,1	49,6	49,6	2435,36	120,7939	2,194					11157,3	4,581
4	274	50,1	50,7	51,7	2540,07	131,3216	2,086					22152,9	8,721
5	271	50,1	50,6	52,1	2535,06	132,0766	2,052					19933,2	7,863

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar  
Variasi Perbandingan Spesi 1PC : 5PS**

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata Berat Isi (g/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (MPa)
		p	L	T					Pembuatan	Pengujian			
1	278	50,3	50,3	51,75	2530,090	130,9322	2,123	2,127	10/10/2019	11/6/2019	28	23181,9	9,162
2	277	50,7	50,25	50,3	2547,675	128,1481	2,162					21638,4	8,493
3	271	50,9	50,5	50,25	2570,450	129,1651	2,098					20183,1	7,852
4	280	49,5	50,1	52,6	2479,950	130,4454	2,146					20403,6	8,227
5	276	50,85	50,2	51,35	2552,670	131,0796	2,106					20785,8	8,143

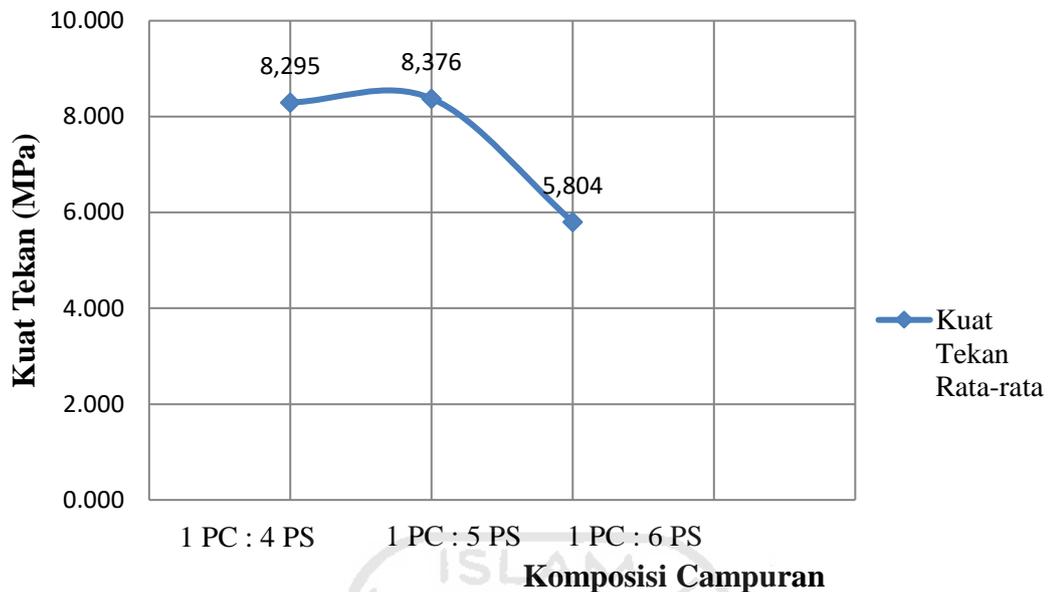
**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar  
Variasi Perbandingan Spesi 1PC : 6PS**

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata Berat Isi (g/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (MPa)
		p	l	t					Pembuatan	Pengujian			
1	262	49,4	50,7	50,3	2504,580	125,9804	2,080	2,094	10/10/2019	11/6/2019	28	14406	5,752
2	271	50,3	50,4	50,5	2535,120	128,0236	2,117					14626,5	5,770
3	280	50,5	52,2	50,5	2636,100	133,1231	2,103					16214,1	6,151
4	272	50,1	50,3	51,3	2520,030	129,2775	2,104					14964,6	5,938
5	270	50,1	50,6	51,5	2535,060	130,5556	2,068					13715,1	5,410

Dari data pengujian yang didapat berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari dari tabel 5.9 berikut ini, dan grafik yang menunjukkan rata-rata kuat tekan mortar per variasi campuran.

**Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Rata-Rata Kuat Mortar**

No	Komposisi Campuran	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimum (Newton)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
1	1 PC : 4 PS	2482,2	26636,4	10,731	8,295
		2555,3	24475,5	9,578	
		2435,36	11157,3	4,581	
		2540,07	22152,9	8,721	
		2535,06	19933,2	7,863	
2	1 PC : 5 PS	2530,09	23181,9	9,162	8,376
		2547,68	21638,4	8,493	
		2570,45	20183,1	7,852	
		2479,95	20403,6	8,227	
		2552,67	20785,8	8,143	
3	1 PC : 6 PS	2504,58	14406	5,752	5,804
		2535,12	14626,5	5,770	
		2636,10	16214,1	6,151	
		2520,03	14964,6	5,938	
		2535,06	13715,1	5,410	



**Gambar 5.8 Grafik Kuat Tekan Mortar**

Berdasarkan hasil pengujian benda uji mortar dengan umur 28 hari didapatkan data nilai kuat tekan mortar rata-rata variasi 1 PC : 4PS sebesar 8,295 MPa, dengan rata-rata berat isi sebesar 2,111 gram/cm<sup>3</sup>, kemudian nilai kuat tekan mortar rata-rata variasi 1PC : 5PS dengan nilai 8,376 MPa, dengan rata-rata berat isi sebesar 2,127 gram/cm<sup>3</sup>, dan untuk variasi 1PC : 6PS dengan nilai 5,804 MPa, dengan rata-rata berat isi 2,094 gram/cm<sup>3</sup>. Dari uraian hasil tersebut dapat dilihat selisih kuat tekan dari variasi 1:4 dengan 1:5 sedikit dibandingkan variasi 1:6, hal ini dikarenakan semakin banyaknya perbandingan pasir yang digunakan pada campuran satu semen maka mengurangi kuat tekan mortar. Hal ini disebabkan pasta semen pada campuran mortar tidak dapat melapisi pasir yang banyak dengan sempurna.

Pada penelitian ini, penggunaan jumlah air sebagai reaktor antara semen dan pasir yaitu memakai fas (faktor air semen) 0,5 atau separuh dari berat semen yang digunakan, agar komposisi pada masing-masing variasi konstan. Akan tetapi pada saat pembuatan sampel variasi 1PC : 4PS jumlah air yang digunakan melebihi ketetapan yang dipakai, sehingga ukuran sampel pada variasi 1:4 mengalami penyusutan dikarenakan *bleeding* atau pemisahan air yang banyak. Hal ini sangat mempengaruhi kualitas kuat tekan mortar variasi 1PC : 4PS yang seharusnya

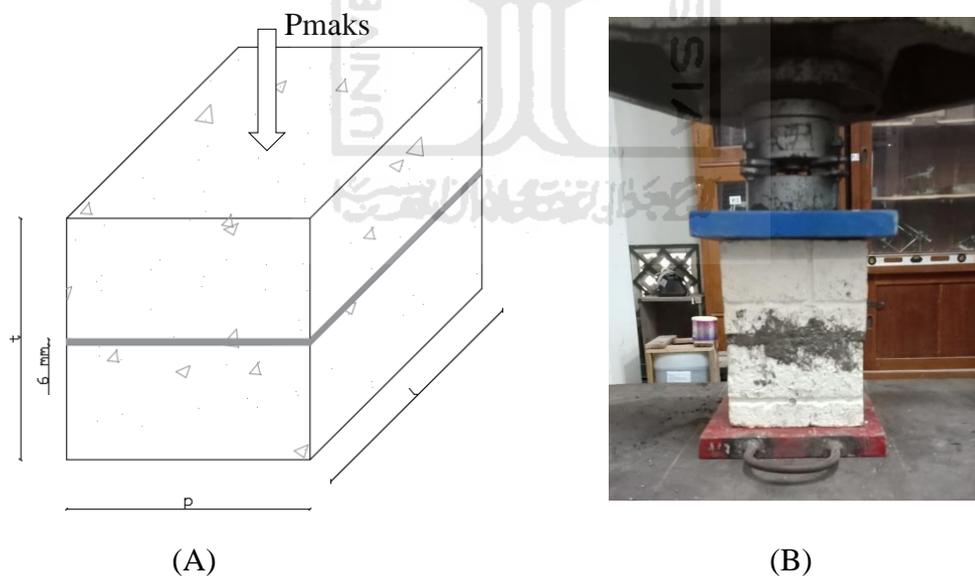
dapat lebih tinggi dari 1PC : 5PS. Maka dari itu dapat disimpulkan pada penelitian ini kuat tekan rata-rata 1:5 memberikan hasil terbesar.

## 5.5 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Batu Kumpang

Pada penelitian ini pengujian sifat mekanik batuan dilakukan dengan tujuan mengetahui kemampuan menerima beban maksimum batu kumpang dan lekatan antar pasangan dari benda uji batu kumpang daerah Tuban, Jawa Timur. Pengujian yang dilaksanakan di antaranya yaitu pengujian kuat tekan batu kumpang dan kuat lekat batu kumpang.

### 5.5.1 Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang

Pengujian kuat tekan benda uji batu kumpang menggunakan acuan dasar SNI 15-2094-2000 dengan bentuk benda uji dibuat sesuai syarat ketentuan, dengan tujuan pengujian mendapatkan kuat tekan rata-rata setiap unit batu kumpang. Berikut merupakan sketsa dari benda uji kuat tekan batu kumpang menurut syarat SNI yang digunakan.



**Gambar 5.9 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang, (B) Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang**

Adapun hasil pengujian kuat tekan batu kumpang yang didapat dengan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui :

Panjang (p)	= 132,5 mm
Lebar (l)	= 122 mm
Tinggi	= 186 mm
Beban maksimum sampel 1, (P <sub>m</sub> )	= 60822 N
Luas penampang beban (A)	= p × l
	= 132,5 × 122
	= 16165 mm <sup>2</sup>

Kuat tekan batu kumbang ( $f_m$ ) ialah,

$$f_m = \frac{P_m}{A} \quad (3.11)$$

$$= \frac{60822 \text{ N}}{16165 \text{ mm}^2} = 3,76 \text{ MPa}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel secara keseluruhan pada Tabel 5.10 untuk rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan batu kumbang SNI 15-2094-2000 di bawah ini.

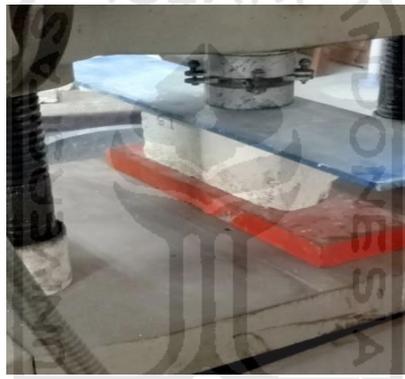
**Tabel 5.10 Hasil Kuat Tekan Batu Kumbang dengan SNI 15-2094-2000**

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Tinggi spasi (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Pmaks (kgf)	Pmaks (N)	$f_m$ (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan Batu Kumbang ( $f_m$ )	
									MPa	kg/cm <sup>2</sup>
1	132,5	122	186	6	16165	6200	60822	3,76	4,32	44,12
2	133	120	186	6	15960	4125	40466	2,53		
3	125	122,5	171	6	15312	14320	140479	9,17		
4	136	115	191	6	15640	2075	20355	1,30		
5	126	117	171	6	14742	7300	71613	4,85		

Dilihat dari hasil pengujian kuat tekan batu kumbang menggunakan SNI 15-2094-2000 menunjukkan beban maksimum yang didapat, ditemukan banyaknya selisih antara satu sampel dengan sampel lain. Faktor yang mempengaruhi perbedaan tersebut dikarenakan perlakuan pengujian pada sampel batu kumbang, dengan bentuk sampel yang disyaratkan membuat bidang penampang lebih kecil dan pembebanan pada batu kumbang menjadi tidak merata. Dan faktor lain yang

mempengaruhi hasil pengujian ialah sampel batu kumpang yang dipakai berasal dari sumber titik penambangan yang berbeda dalam satu daerah, hal ini mempengaruhi struktur komposisi batuan, ada cenderung lebih padat, dan beberapa yang tidak jika dibuat dengan bentuk sampel yang disyaratkan.

Oleh karena itu sebagai salah satu solusi yang digunakan, dengan menggunakan acuan dasar lain yaitu SII 0021-1978 dengan pengujian langsung tanpa merubah benda uji batu kumpang menjadi dua bagian yang disusun seperti pada pengujian sebelumnya, perbedaan yang didapat yaitu dengan pengujian ini sampel yang dipakai dengan menggunakan batu kumpang utuh, yang mana pembebanan pada bidang penampang lebih merata dari sebelumnya. Berikut merupakan gambar 5.10 pengujian kuat tekan batu menggunakan SII 0021-1978.



**Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tekan Batu Kumpang SII 0021-1978**

Menggunakan acuan SII 0021-1978, berikut ketentuan kuat tekan dan koefisien variasi batu bata yang diijinkan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

**Tabel 5.11 Ketentuan Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata yang Diijinkan SII 0021-1978**

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 buah batu bata yang diuji		Koefisien variasi yang diizinkan dari rata-rata kuat tekan
	kg/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
25	25	2.5	25
50	50	5	22
100	100	10	22
150	150	15	15
200	200	20	15
250	250	25	15

Dari pengujian yang dilakukan menggunakan acuan SII 0021-1978 didapatkan hasil kuat tekan batu kumpang pada tabel 5.12, dengan contoh perhitungan sebagai berikut, menggunakan acuan dasar (BS 3921-1985).

Diketahui :

Panjang (p) = 252,9 mm

Lebar (l) = 86,7 mm

Tinggi = 114,9 mm

Beban maksimum sampel 1, (P<sub>m</sub>) = 49442,4 N

Luas penampang beban (A) = p × l  
 = 252,9 mm × 86,7 mm  
 = 21926,4 mm<sup>2</sup>

Kuat tekan batu kumpang ( $f_m$ ) ialah,

$$\begin{aligned}
 f_m &= \frac{P_m}{A} & (3.11) \\
 &= \frac{49442,4}{21926,4} = 2,255 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.12 Hasil Kuat Tekan Batu Kumpang dengan SII 0021-1978**

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Pmaks (kgf)	Pmaks (N)	Kuat tekan batu kumpang ( <i>f<sub>m</sub></i> )		Rata-rata Kuat tekan	
							MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
1	252,9	86,7	114,9	21926,4	5040	49442,4	2,25492	23,00	3,18219	32,46
2	246,8	78,1	117,4	19275,1	5300	51993	2,69742	27,51		
3	245,3	78,2	117,6	19182,5	9250	90742,5	4,73049	48,25		
4	244,4	79,3	119,1	19380,9	5550	54445,5	2,80923	28,65		
5	240,2	82,2	119,4	19744,4	7400	72594	3,67668	37,50		
6	242,6	80,2	119,7	19456,5	5800	56898	2,92437	29,83		

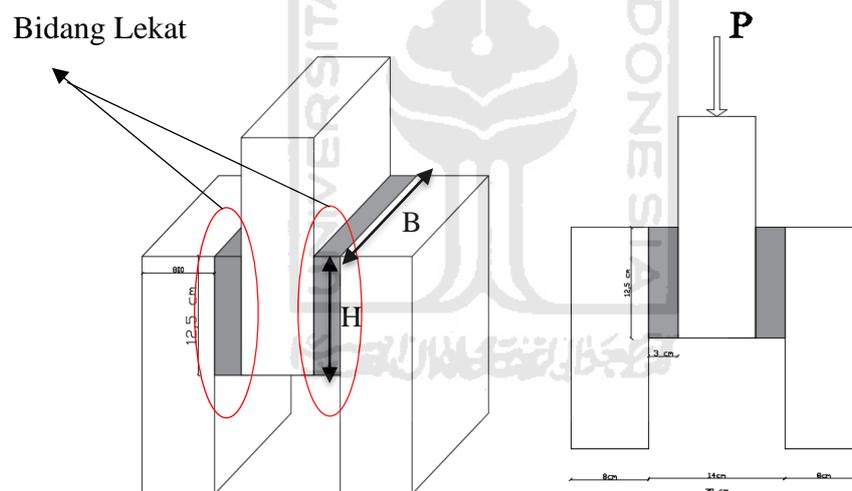
Hasil pengujian benda uji batu kumpang yang telah dilakukan, mendapatkan hasil kuat tekan maksimum ialah 48,25 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan minimum 23,00 kg/cm<sup>2</sup> serta rata-rata kuat tekan yang didapat yaitu 32,46 kg/cm<sup>2</sup> nilai yang dihasilkan menunjukkan batu kumpang layak pakai sebagai bahan material bangunan dikarenakan berdasarkan ketentuan dari SII 0021-1978 kualitas batu kumpang dalam penelitian ini masuk kedalam golongan kelas 25, yang memenuhi kualitas kuat tekan bahan material bangunan dan aman terhadap gempa bumi yaitu lebih dari 30 kg/cm<sup>2</sup>. (Karya, 2006)

### 5.5.2 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang

Pengujian yang dilakukan meliputi ketentuan dan cara pengujian kuat geser horizontal antara pasangan batu dengan campuran variasi mortar, menggunakan acuan dasar SNI 03-4166-1996, dengan umur pengujian 10 hari setelah benda uji dibuat. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat lekatan pasangan batu kumpang antar satu batu kumpang lainnya. Berikut gambar sketsa benda uji kuat lekat batu kumpang dan contoh pengujian kuat lekat.



**Gambar 5.11 Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbang**



**Gambar 5.12 Dimensi Benda Uji Kuat Lekat**

Kuat Lekat Batu Kumbang, kuat lekat batu kumbang dapat ditentukan melalui contoh perhitungan menggunakan rumus 3.12 pada landasan teori yang dari dasar acuan ASTM/Vol. 04-05/C-321 berikut ini.

$$\text{Kuat Lekat } (f_{vh}) = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.13)$$

Pada sketsa dimensi benda uji di atas terlihat pengujian kuat lekat mempunyai dua luasan lekat maka dapat disimpulkan perhitungan luasan lekat pada kuat lekat benda uji menjadi,

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang lekatan (A)} &= 2 \times (bh) & (5.1) \\ \text{Kuat Lekat } (f_{vh}) &= \frac{P_{maks}}{2 \times (b \times h)} \end{aligned}$$

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan kuat lekat batu kumbang pada sampel 1, antara lain.

$$\text{Kuat lekat batu kumbang } (f_{vh}) = \frac{P_{maks}}{2 \times (b \times h)} \quad (3.13)$$

$$f_{vh} = \frac{478,5 \text{ kgf} \times 9,81}{2 \times (108,2 \text{ mm} \times 113,6 \text{ mm})}$$

$$f_{vh} = 0,191 \text{ MPa}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel secara keseluruhan pada tabel 5.13 untuk rekapitulasi hasil pengujian kuat lekat batu kumbang di bawah ini.



**Tabel 5.13 Hasil Pemeriksaan Kuat Lekat Pasangan Batu Kumbang**

Nama Benda Uji Kuat Lekat	Dimensi Bidang Lekat		Luas lekatan mm <sup>2</sup> (2.bh)	Pmaks		Kuat Lekat ( $f_{vh}$ )	Rata-rata kuat lekat (Mpa)
	b (mm)	h (mm)		kgf	N	MPa	
A	113,6	108,2	24583,04	478,5	4694,085	0,191	0,159
	121,5	109,1	26511,3	345	3384,45	0,128	
	113,2	100,1	22662,64	369	3619,89	0,160	
B	119,2	107,2	25556,48	562,5	5518,125	0,216	0,158
	123,4	116,7	28801,56	475	4659,75	0,162	
	118,1	105,2	24848,24	247,5	2427,975	0,098	
C	118,2	100,6	23781,84	369	3619,89	0,152	0,129
	129,1	110	28402	210	2060,1	0,073	
	116,8	108,1	25252,16	415,5	4076,055	0,161	

Keterangan :

A = Tipe sampel menggunakan perbandingan spesi 1 PC : 4 PS

B = Tipe sampel menggunakan perbandingan spesi 1 PC : 5 PS

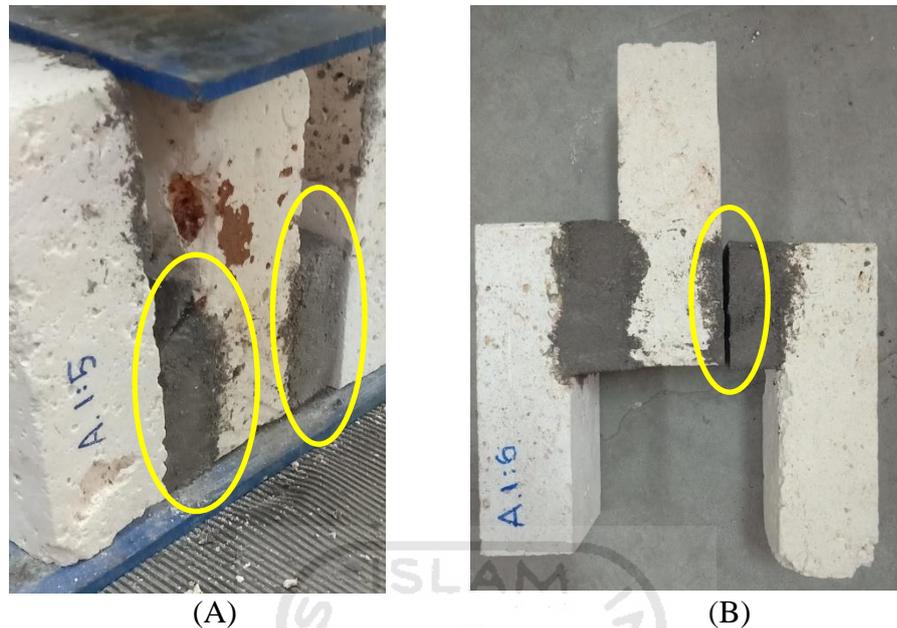
C = Tipe sampel menggunakan perbandingan spesi 1 PC : 6 PS

Dari data hasil pengujian kuat lekat yang telah dilakukan, didapatkan beban maksimum pada sampel tipe A ialah 4694,085 N, beban minimum 3384,45 N dan kuat lekat rata-rata 0,159 N/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya pada tipe B beban maksimum yang didapat yaitu 5518,12 N, beban minimum 2427,97 N, dan kuat lekat rata-rata 0,158 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan beban maksimum pada tipe C ialah 4076,05 N, beban minimum 2060,1 N, dan kuat lekat rata-rata 0,129 N/mm<sup>2</sup>.

Dari uraian hasil diatas menunjukkan bahwa variasi sampel dengan perbandingan 1PC : 4PS memiliki kuat lekat rata-rata paling besar daripada kedua variasi lainnya 1PC : 5PS dan 1PC : 6PS. Akan tetapi pada pengujian ini tipe kegagalan yang dihasilkan pasangan batu kumpang terjadi ada pada permukaan sambungan, tidak pada material batu kumpang ataupun spesi mortarnya. Dan juga kegagalan pada masing-masing variasi mempunyai lepas lekatan yang berbeda. Seperti pada tipe A dan B, lepas lekatan yang terjadi langsung pada kedua sisinya, sedangkan pada tipe C walaupun rata-rata kuat lekatnya lebih kecil, lepas lekatan yang terjadi tidak pada kedua sisi, namun hanya pada satu sisi saja.

Dilihat dari hal tersebut banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya lepas lekatan pada pasangan batu kumpang. Di antaranya material batu kumpang yang mempunyai permukaan rata dan cenderung halus berpengaruh pada daya lekatan spesi. Kemudian pada spesi mortar perbandingan komposisi semen dan pasir yang dipakai juga akan berpengaruh, karena semakin besar proporsi semen akan menambah kuat lekatan, sedangkan semakin besar komposisi pasir dapat mengurangi daya lekat spesi. Sedikit jumlah semen yang dipakai tidak akan dapat mengikat banyak butiran pasir dengan jumlah yang banyak sehingga fungsi semen sebagai bahan perekat akan berkurang.

Adapun faktor lain yang juga mempengaruhi kuat lekatan pada pasangan batu kumpang yaitu, adanya pori atau lubang, mortar perekat dapat mengisi rongga-rongga tersebut dan terjadi adanya *interlocking* antar material batu kumpang dengan mortar, sehingga terdapat tipe lepas lekatan hanya pada satu sisi dikarenakan sisi yang lain mengalami kunci (*interlocking*). Berikut salah satu contoh lepas lekatan yang terjadi pada tiap sampel, dengan tanda lingkaran pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.13 (A) Tipe lepas lekatan pada kedua sisi, dan  
(B) Tipe lepas lekatan hanya pada satu sisi**

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa kuat lekatan berpengaruh pada komposisi perbandingan spesi dan juga material bata atau batu kumbang, dan dari hasil pengujian yang dihasilkan sampel variasi 1PC : 4PS paling tinggi nilai rata-rata kuat lekatnya, maka dapat dikatakan baik sebagai perekat karena mempunyai komposisi semen dan pasir yang cukup. Dan untuk variasi sampel 1PC : 5PS ataupun 1PC : 6PS ditinjau dari kerusakan lekatan hanya pada satu sisi yang mana terdapat adanya kunci. Hal ini memungkinkan variasi tersebut berpotensi dapat menambah kuat lekatnya dengan memperhatikan proporsi semen yang digunakan agar dapat lebih banyak merekatkan butir pasir sesuai jumlahnya.

#### **5.5.2.1 Pembahasan Luas Lekat Benda Uji Batu Kumbang**

Pada rumus perhitungan luas penampang lekat mamakai acuan dasar penelitian terdahulu dari Abroor Bagas Raharja (2018) yang mana pada metodenya mengukur dari salah satu sisi penampang lekatan benda uji saja. Berikut merupakan rumus perhitungan luas penampang lekatan, dan sketsa dimensi penampang lekatannya antara lain.

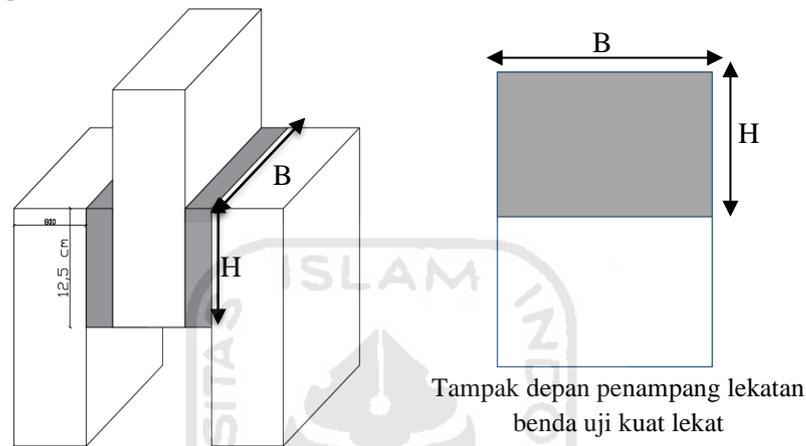
$$\text{Luas bidang lekatan (A)} = 2 \times bh \quad (5.1)$$

Diketahui:

b = Panjang daerah lekatan (mm)

h = Lebar daerah lekatan (mm)

Berikut merupakan sketsa luas penampang lekatan dari benda uji kuat lekat batu kumbang.



**Gambar 5.14 Dimensi Luas Penampang Benda Uji Kuat Lekat**

Dari rumus perhitungan yang digunakan, setelah dilakukan pengujian dan analisis pada uji kuat lekat batu kumbang, pada penelitian ini terjadi *human error* kembali, dikarenakan penulis tidak meninjau kembali metode yang digunakan pada penelitian terdahulu sehingga data yang dikumpulkan tidak valid, dan memengaruhi hasil akhir pengujian kuat lekat.

Pada pengujian kuat lekat, digunakan 3 buah batu kumbang yang disusun seperti pada gambar 5.14, yang mana dari benda uji tersebut terdapat 2 sisi lekatan untuk menahan beban yang diterima. Dan dari masing-masing sisinya terdapat 2 luas bidang lekatan, yang artinya ada 4 bidang lekatan dalam satu benda uji, akan tetapi penulis pada penelitian ini hanya mengukur 2 bidang lekatan saja. Maka dari itu dapat dibenarkan dengan mengukur semua luas bidang lekatannya. Dan adapun rumus perhitungan yang benar untuk mendapatkan kuat lekat maksimum ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang lekatan (A)} = & (b_{1,1} \times h_{1,1}) + (b_{1,2} \times h_{1,2}) + (b_{2,1} \times h_{2,1}) \\ & + (b_{2,2} \times h_{2,2}) \end{aligned} \quad (5.2)$$

Diketahui:

$b_{1,1-1,2}$  = Panjang daerah lekatan pada luas bidang lekat 1 (mm)

$b_{2,1-2,2}$  = Panjang daerah lekatan pada luas bidang lekat 2 (mm)

$h_{1,1-1,2}$  = Lebar daerah lekatan pada luas bidang lekat 1 (mm)

$h_{2,1-2,2}$  = Lebar daerah lekatan pada luas bidang lekat 2 (mm)

Pada penelitian ini dikarenakan tidak adanya pengujian kembali yang dilakukan maka, sebagai saran untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan rumus perhitungan yang benar dengan memperhatikan prinsip dan metode dari pengujian.

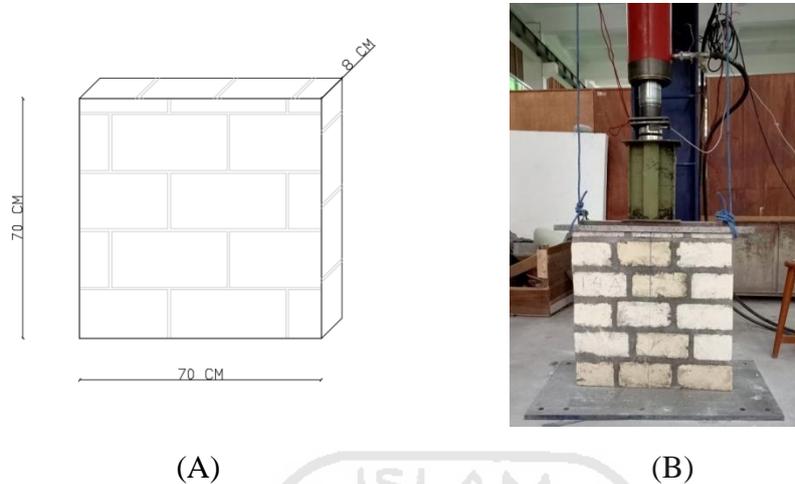
## **5.6 Hasil Pengujian Pasangan Dinding Batu Kumbang**

Pengujian dinding pasangan batu kumbang merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kuat dinding dengan batu kumbang sebagai bahan pengisi utama dan mortar sebagai bahan perekat. Metode yang digunakan memakai SNI Pengujian Kuat Dinding Bata Merah dalam Laboratorium sebagai dasar dilakukannya penelitian ini. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, kuat lentur, dan kuat geser dinding. Pada pengujian menggunakan benda uji dinding batu kumbang dengan koefisien variasi komposisi mortar yang ditentukan antara lain 1PC : 4PS, 1PC : 5PS, dan 1PC : 6PS dengan umur benda uji 28 hari dan dengan hasil yang diperoleh ialah kuat tekan rata-rata dan beban retak pertama. Dalam proses perawatannya, dinding disiram 2 hari sekali, dengan tujuan kebutuhan air untuk proses hidrasi cukup, sehingga panas hidrasi yang dibutuhkan sempurna dan benda uji tidak mengalami keretakan. Adapun hasil dan pembahasan dari masing-masing data pengujian kuat tekan, kuat geser diagonal, dan kuat lentur dinding pasangan batu kumbang berikut ini.

### **5.6.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumbang**

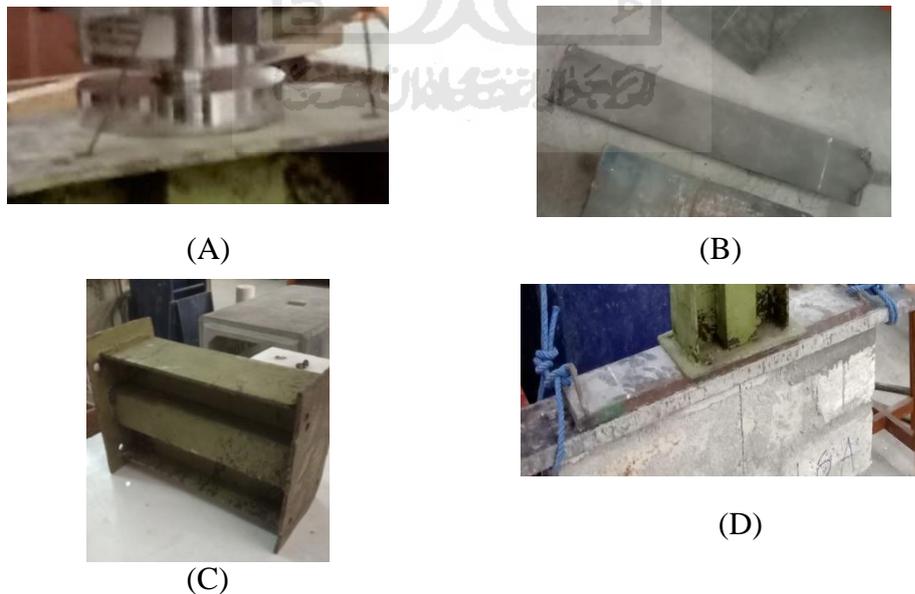
Kuat tekan dinding pasangan batu kumbang merupakan kekuatan pasangan batu kumbang dalam menerima beban desak maksimum hingga hancur yang dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya tiap satuan luas. Pengujian kuat tekan dinding batu kumbang menggunakan dasar acuan pelaksanaan SNI 03-4164-1996,

di bawah ini merupakan sketsa benda uji dinding pasangan batu kumpang yang digunakan dalam pengujian, dan gambar pengujian.



**(A)** **(B)**  
**Gambar 5.15 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumpang ,**  
**(B) Pengujian Kuat Tekan Dinding Batu Kumpang di Laboratorium**

Gambar 5.14 menunjukkan sketsa benda uji, dan pengujian dinding pasangan batu kumpang pada pengujian kuat tekan ini, pada pengujian ini juga digunakan alat bantu berupa pelat baja untuk pembebanan, berikut gambar alat bantu yang digunakan dalam pengujian ini.



**(A)** **(B)**  
**(C)** **(D)**  
**Gambar 5.16 (A) Pelat Bulat, (B) Pelat Baja 1**  
**(C) Pelat Baja 2, (D) Pelat Baja 3**

Hasil yang didapat dari pengujian kuat tekan antara lain ialah dimensi, beban maksimum kuat tekan benda uji, dan beban retakan pertama benda uji. Nilai tersebut digunakan untuk memperoleh rata-rata kuat tekan maksimum pasangan dinding batu kumbang, dari tiap-tiap variasinya, seperti pada contoh perhitungan kuat tekan dinding di bawah ini, menggunakan rumus 3.14 dari acuan dasar SNI yang dipakai berikut.

Diketahui :

Gaya tekan maksimum ( $P_{maks}$ ) = 58736,4 N

panjang (B) = 690 mm

lebar (b) = 80 mm

Berat alat bantu, antara lain :

1. Pelat bulat = 1,1 kg
2. Pelat baja 1 = 12 kg
3. Pelat baja 2 = 11,35 kg
4. Pelat baja 3 = 21 kg

Berat total alat bantu (W) = 45,45 kg

Dan berikut merupakan perhitungan kuat tekan dinding pasangan batu kumbang,

$$\text{Kuat tekan dinding } (f'_k) = \frac{P_u + W}{B \times b} \quad (3.14)$$

$$f'_k = \frac{58736,4 \text{ N} + (45,45 \text{ kg} \times 9,81)}{(690 \text{ mm} \times 80 \text{ mm})}$$

$$= 1,0721 \text{ MPa}$$

Dari nilai kuat tekan di atas menggunakan rumus Perhitungan 3.15 menggunakan pendekatan dari FEMA-356 didapat nilai modulus elastisitas berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas } (E_m) &= 550 f'_m & (3.15) \\ &= 550 \times 1,072 \text{ MPa} \\ &= 589,678 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel secara keseluruhan seperti pada tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Dinding Batu Kumbang dan Modulus Elastisitas berikut ini.



**Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Kumbang**

Dinding Variasi Spesi	Benda Uji	Dimensi			Luas Bidang tekan (mm <sup>2</sup> )	Berat alat bantu (N)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Beban Retak Pertama (N)	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastistas (MPa)
		Panjang B (mm)	Lebar b (mm)	Tinggi t (mm)							
1PC : 4PS	1-4A	690	80	690	55200		5987,4	58736,4	34571,4	1,072142	589,6783003
1PC : 5PS	1-5A	690	80	700	55200	445,86	8751,6	85853,2	45728,3	1,563389	859,8638274
1PC : 6PS	1-6A	690	80	705	55200		12520,5	122826,1	37673,3	2,233188	1228,253319

Dari data hasil pengujian kuat tekan dinding batu kumpang di atas diperoleh, beban maksimum pada benda uji 1:4-A sebesar 58736,4 N dengan beban retak pertama benda uji ada pada 34571,4 N, maka dihasilkan kuat tekan maksimum 1,072 MPa dan modulus elastisitas 4866,5824 MPa. Kemudian untuk benda kedua uji 1:5-A beban maksimum yang didapat sebesar 85853,2 N beban retak pertama benda uji sebesar 45728,3 N, maka dihasilkan kuat tekan maksimum sebesar 1,563 MPa dan modulus elastisitas sebesar 5876,6706 MPa. Sedangkan untuk benda uji terakhir 1:6-A beban maksimum sebesar 122826,1 N beban retak pertama benda uji sebesar 37673,3 N menghasilkan kuat tekan maksimum 2,233 MPa dan dengan modulus elastisitas sebesar 7023,6116 MPa.

Pada uraian hasil di atas diketahui benda uji dinding pasangan dengan perbandingan mortar 1:6 paling besar daripada kedua variasi pasangan dinding 1:4 dan 1:5, yang mana hasil ini berbeda dengan hasil pengujian kuat tekan mortar. Pada pengujian kuat tekan dinding, lekatan atau sambungan antar tiap pasang batu kumpang sangat berpengaruh. Berbeda dengan pengujian kuat lekat, pada satu sampel variasi dinding, jumlah material batu kumpang banyak dibutuhkan. Diketahui batu kumpang daerah Tuban mempunyai ukuran yang kurang presisi antara satu batu dengan batu lainnya dikarenakan faktor pemotongan secara manual pada proses penambangan dan produksi. Oleh sebab itu volume mortar yang dibutuhkan pada sampel 1-6A dapat lebih besar dari pada 1-4A dan 1-5A, sehingga menjadikan beban maksimum dan kuat tekannya paling tinggi. Berikut ialah gambar yang menunjukkan perbedaan pemakaian spesi yang ada pada masing-masing variasi dinding.



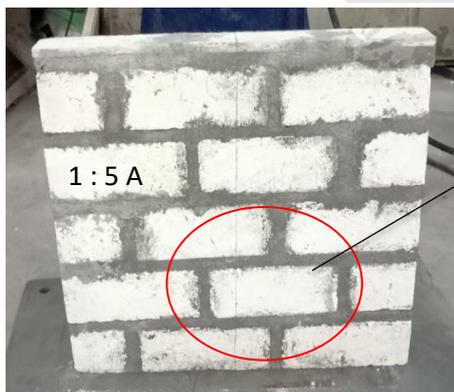
Penggunaan material batu kumbang yang mempunyai ukuran kurang presisi pada variasi dinding 1:6, membutuhkan mortar lebih banyak untuk dapat mengisi ruang diantara spesi antar batu.

A. Dinding Batu Kumbang Variasi 1:6



B. Dinding Batu Kumbang Variasi 1:4

Berbeda dengan variasi 1:6, dinding pasangan variasi 1:4 dan 1:5 material batu kumbang yang digunakan lebih seragam, sehingga penggunaan mortar yang dibutuhkan cukup.



C. Dinding Batu Kumbang Variasi 1:5

**Gambar 5.17 Tipe Kebutuhan Mortar Dinding Batu Kumbang**

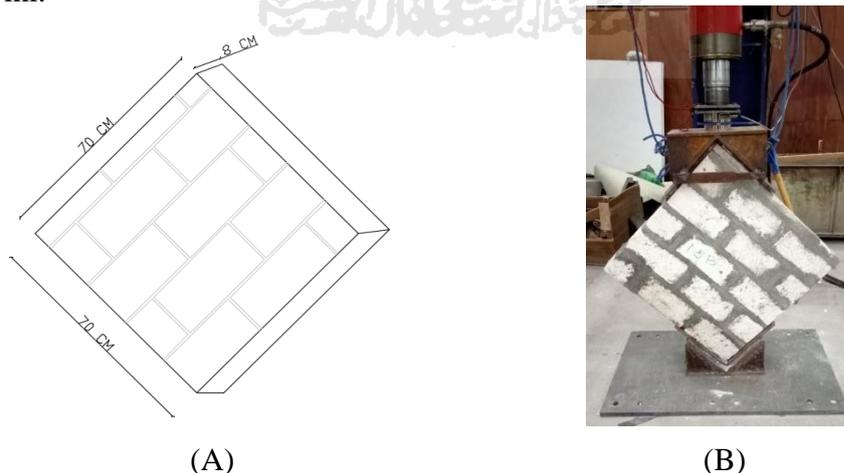
**(A) Variasi 1:6, (B) Variasi 1:4,  
dan (C) Variasi 1:5**

Dari penjelasan sketsa diatas, dapat disimpulkan pemakaian unit batu kumbang dalam satu benda uji harus seragam, karena dapat berpotensi variasi 1:4 atau 1:5 lebih tinggi. Maka dapat dikatakan kekuatan terbesar dari pengujian kuat tekan dinding batu kumbang ada pada mortarnya. Sehingga pasangan dinding batu kumbang variasi spesi 1:6 memiliki kuat tekan paling besar karena volume mortar yang digunakan lebih banyak yang mana dapat mengisi dengan baik celah dinding antar batu kumbang dan mempengaruhi kuat tekannya.

Selain lekatan antara spesi dengan material batu kumbang, proses perawatan juga berpengaruh. Pada pengujian ini perawatan yang dilakukan yaitu dengan melakukan penyiraman selama masa umur benda uji setiap 2-3 hari sekali, agar proses hidrasi berlangsung dengan sempurna dan untuk menghindari *crack* pada dinding benda uji.

### 5.6.2 Hasil Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbang

Pengujian kuat geser diagonal kuat dinding batu kumbang mempunyai tujuan mengetahui seberapa besar beban geser maksimum yang diterima batu kumbang sebagai pasangan dinding. Berbeda dengan pengujian geser horizontal, pada geser diagonal perletakan dinding batu kumbang terjepit arah sentris membentuk belah ketupat, seperti pada gambar sketsa dan pengujian kuat geser berikut ini.



**Gambar 5.18 (A) Sketsa Sampel Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbang , (B) Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Batu Kumbang di Laboratorium**

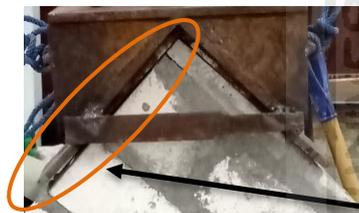
Pada pengujian kuat geser diagonal digunakan juga alat bantu seperti pada pengujian kuat tekan, dan disesuaikan dengan penampang benda uji, berikut merupakan alat bantu yang digunakan pada pengujian ini.



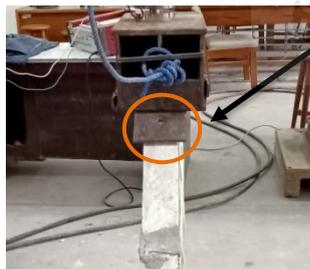
(A)

(B)

**Gambar 5.19 (A) Pelat Siku Baja 1, dan  
(B) Pelat Siku Baja 2**



Pelat siku baja tambahan



(A)

(B)

**Gambar 5.20 (A) Pelat Siku Baja tambahan, dan  
(B) Pelat bulat**

Hasil yang didapat pada pengujian kuat geser diagonal antara lain dimensi, beban maksimum pengujian dan beban retak pertama benda uji. Dengan variabel tersebut dapat dihitung kuat geser diagonal menggunakan rumus perhitungan 3.16

dari acuan dasar SNI 03-4166 dan 3.17 dari acuan ASTM E519-02-2002. Berikut salah satu contoh perhitungannya.

Diketahui :

Beban maksimum ( $P_{maks}$ ) = 22563 N

Panjang (w) = 700 mm

Tinggi (h) = 700 mm

lebar (t) = 70 mm

Berat alat bantu, antara lain :

1. Pelat bulat = 1,1 kg

2. Pelat siku baja 2 = 23,85 kg

3. Pelat siku baja tambahan = 6,4 kg

Berat total alat bantu (W) = 31,35 kg

Koefisien friksi ( $\mu$ ) : 0,3

Perhitungan luasan dapat dicari dengan rumus perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned} A &= \frac{(w+h)}{2} \times t \\ &= \frac{(700 \text{ mm} + 700 \text{ mm})}{2} \times 70 \text{ mm} \\ &= 49000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung kuat geser diagonal dengan menggunakan rumus perhitungan 3.16 berikut ini.

$$\text{Kuat geser diagonal } (f'_{vd}) = \frac{0,707 P_{maks} + W}{A} \times (1 - \mu) \quad (3.16)$$

$$f'_{vd} = \frac{((0,707 \times 22563 \text{ N}) + (31,35 \text{ kg} \times 9,8))}{49000 \text{ mm}^2} \times (1 - 0,3)$$

$$f'_{vd} = 0,2322 \text{ MPa.}$$

Sedangkan untuk kuat geser diagonal menggunakan ASTM E519-02-2002, ialah sebagai berikut .

Diketahui

Beban maksimum ( $P_{maks}$ ) = 22563 N

Lebar benda uji ( $w$ ) = 700 mm

Tinggi benda uji ( $H$ ) = 700 mm

Tebal benda uji ( $t$ ) = 70 mm

Persen daerah bruto yang padat ( $n$ ) = 1.

Luas daerah desak ( $A_n$ ) dapat dicari dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Luas daerah desak } (A_n) &= \frac{(w+h)}{2} \times t \times n & (3.18) \\ &= \frac{(700+700)}{2} \times 70 \times 1 \end{aligned}$$

$$A_n = 49000 \text{ mm}^2$$

Dan kuat geser yang didapatkan ialah,

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser diagonal } (S_s) &= \frac{0,707 \times P}{A_n} & (3.17) \\ &= \frac{0,707 \times 22563 \text{ N}}{49000 \text{ mm}^2} \\ &= 0,3255 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk semua sampel, secara keseluruhan seperti pada tabel 5.15 rekapitulasi hasil kuat geser diagonal dinding batu kumbang berikut ini.

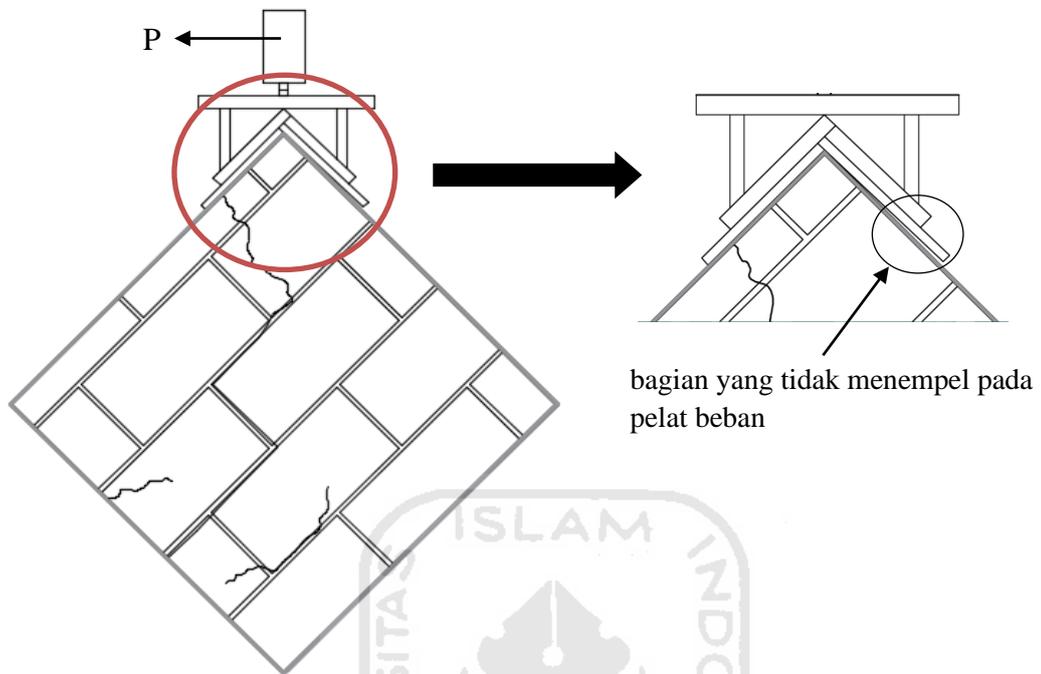
**Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batu Kumbang**

Dinding Variasi Spesi	Nama Benda Uji	Dimensi			$\mu$	Luas Bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )	Luas Bidang desak ( $A_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )	Berat alat bantu (W) (kg)	Beban Maks (kgf)	Beban Maks (N)	Beban Retak Pertama (N)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser ASTM E519-02 (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)									
1PC : 4PS	1-4 B	700	70	700	0,3	49000	49000	31,35	2300	22563	22563	0,232	0,325552
1PC : 5PS	1-5 B	710	90	700	0,3	63450	63450	31,35	4482,3	43977,2	23664,6	0,346	0,489957
1PC : 6PS	1-6 B	685	75	715	0,3	52500	52500	31,35	3274,2	32119,9	26316,3	0,307	0,43255

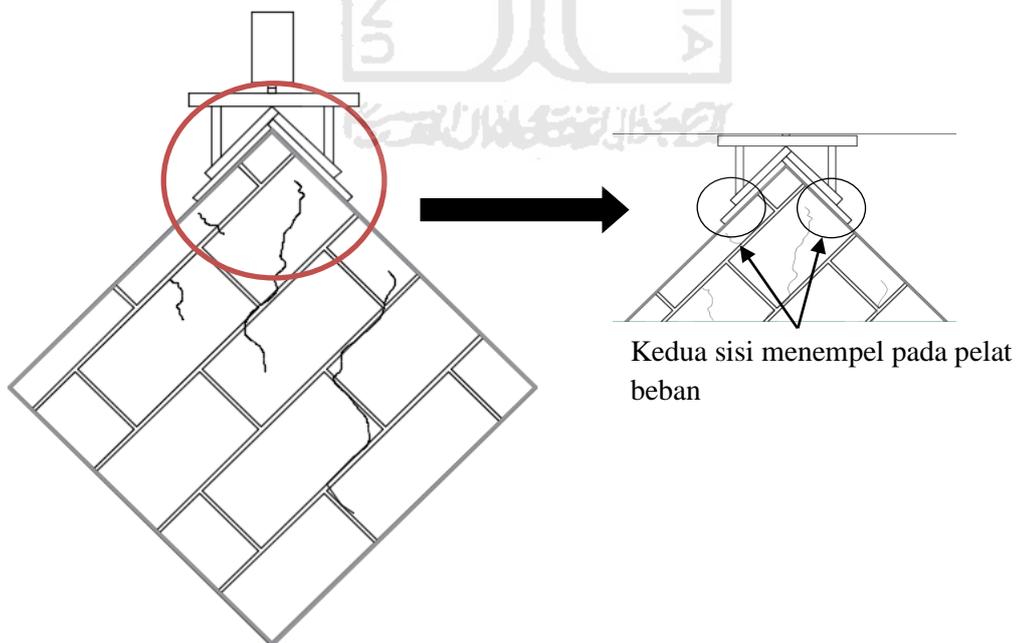
Dari data rekapitulasi hasil yang diperoleh didapat, beban maksimum kuat geser diagonal yang didapat dari benda uji pertama 1:4-B ialah 22563 N, dengan beban retak pertama sebesar 2300 N, maka dihasilkan kuat geser diagonal sebesar 0,232 MPa. Kemudian pada benda uji kedua 1:5-B dihasilkan 43977,2 N, dengan beban retak pertama 23664,6 N maka didapat kuat geser diagonal yaitu 0,346 MPa. Dan untuk benda uji terakhir 1:6-B diperoleh beban maksimum 32119,9 N, dengan beban retak pertama 26316,3 N dan dihasilkan kuat tekan maksimum sebesar 0,307 MPa.

Dari uraian hasil tersebut dapat diketahui dinding dengan variasi mortar 1PC : 5PS paling tinggi, dikarenakan besar beban maksimum pengujian kuat geser dipengaruhi oleh faktor yang sama seperti pada pengujian kuat tekan dinding yaitu volume mortar yang digunakan pada satu sampel dinding pasangan batu kumpang, namun beberapa variabel lain yang membedakan pada pengujian ini antara lain seperti posisi benda uji pada saat pembebanan dengan tipe tumpuan yang digunakan, menjadikan variasi 1:5 menghasilkan beban maksimum dan kuat geser lebih besar dibandingkan 1:6 untuk hasil pengujian geser diagonal dinding.

Pada pengujian ini, benda uji dinding pasangan akan mengalami retak pertama seiring penambahan beban yang diterima dari tumpuan yaitu pada ujung siku benda uji. Akan tetapi dikarenakan sampel dinding tiap variasi mempunyai ukuran siku yang berbeda dan kurang presisi dengan pelat dudukan, maupun tumpuan bebannya, terjadinya retak pada benda uji yang dihasilkan bervariasi. Hal ini dikarenakan beban yang berkerja lebih dahulu tertumpu pada sisi yang menempel pada pelat tumpuan bebannya, untuk lebih jelasnya berikut ialah sketsa dari retakan pada benda uji saat pengujian.



**Gambar 5.21 Sketsa Retakan Benda Uji Geser Diagonal Tipe 1**



**Gambar 5.22 Sketsa Retakan Benda Uji Geser Diagonal Tipe 2**

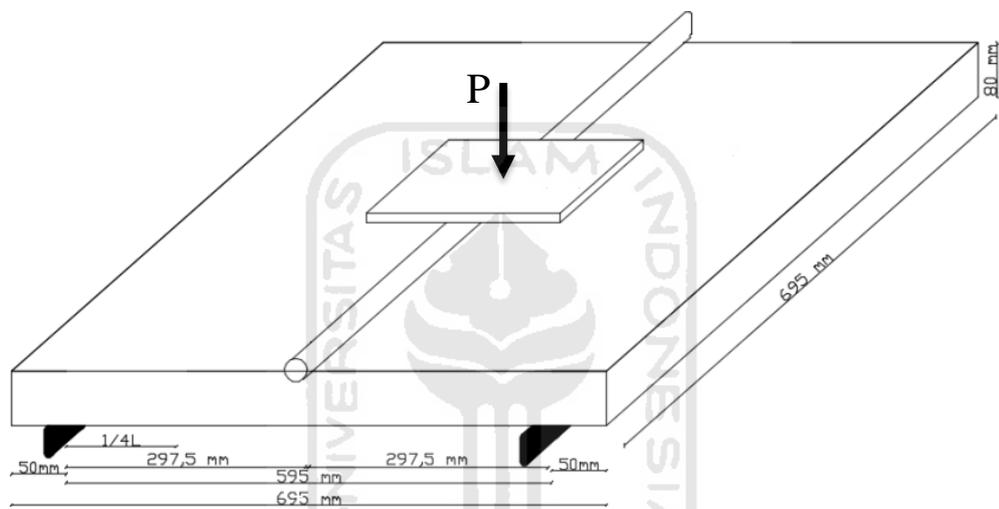
Dari sketsa tersebut menunjukkan perbedaan tipe retakan dari pengujian kuat geser diagonal dinding batu kumpang. Perbedaan yang ditunjukkan dari tipe 1 dan 2 ada pada letak retakan yang terjadi. Pada tipe 1, letak retakan terjadi tepat pada daerah spesi atau lekatan dinding pasangan, sedangkan pada tipe 2, retakan terjadi pada diagonal sisi benda uji, sejajar arah beban. Faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya tipe retakan 1 yaitu pelat pembebanan yang cenderung lebih menempel pada sisi benda uji, sehingga beban yang bekerja diterima langsung oleh lekatan spesi dinding batu kumpang. Lekatan spesi dinding batu kumpang cepat mengalami kegagalan, hal ini dipengaruhi dari halus permukaan material batu sama seperti pada pengujian kuat lekat. Oleh karena itu pada saat pembuatan benda uji material batu kumpang di bersihkan terlebih dahulu dari debu ataupun kapur halus yang menempel pada permukaan dengan cara dilakukan pencucian, agar mortar dapat melekat lebih baik. Benda uji variasi spesi 1:5 dan 1:4 termasuk pada tipe retakan 1.

Sedangkan pada tipe retakan 2 pelat pembebanan tepat menempel pada siku benda uji, yang mana beban bekerja secara terpusat dari pelat pembebanan diteruskan ke komponen penyusun dinding yaitu batu kumpang dan mortar, sehingga retak yang dihasilkan spesimen sejajar dengan arah pembebanan, sehingga beban yang diterima baik secara merata pada seluruh bidang benda uji. Tipe keretakan ini sudah mendekati teori pada dasar acuan ASTM E519-02 Tahun 2002, dan variasi 1:6 termasuk pada tipe retakan 2.

Dari pembahasan pada pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa variasi 1:5 memiliki kuat geser paling besar, yang dapat dikatakan kuat untuk menahan gaya geser, dibandingkan variasi yang lain yaitu 1:4 dan 1:6. Pada pengujian ini faktor material batu kumpang sangat berpengaruh untuk hasil pengujian dikarenakan ukuran dari bahan itu sendiri, maka dari itu perlu diperhatikan siku yang dijadikan sebagai tumpuan atau dudukan dari masing-masing benda uji, sehingga hasil dari pengujian lebih jelas dan optimum.

### 5.6.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbang

Pengujian kuat lentur dinding bertujuan untuk mengetahui besar kemampuan pasangan dinding batu kumbang menerima tegangan tarik lentur dari beban terpusat, pada posisi benda uji horizontal atau tidur. Pada pengujian kuat lentur digunakan juga alat bantu berupa pelat beban seperti pada dua pengujian lainnya yaitu kuat tekan dan kuat geser diagonal. Metode yang digunakan memakai dasar acuan SNI 03-4165-1966. Adapun sketsa ukuran benda uji dan gambar pengujian kuat lentur dinding pasangan batu kumbang berikut ini.



(A)



(B)

**Gambar 5.23 (A) Sketsa Dimensi Sampel 1:5-C Pengujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbang dan (B) Pengujian Kuat Lentur Dinding Batu Kumbang di Laboratorium**

Berikut merupakan gambar alat bantu yang digunakan pada pengujian kuat lentur dinding pasangan batu kumpang.



(A)



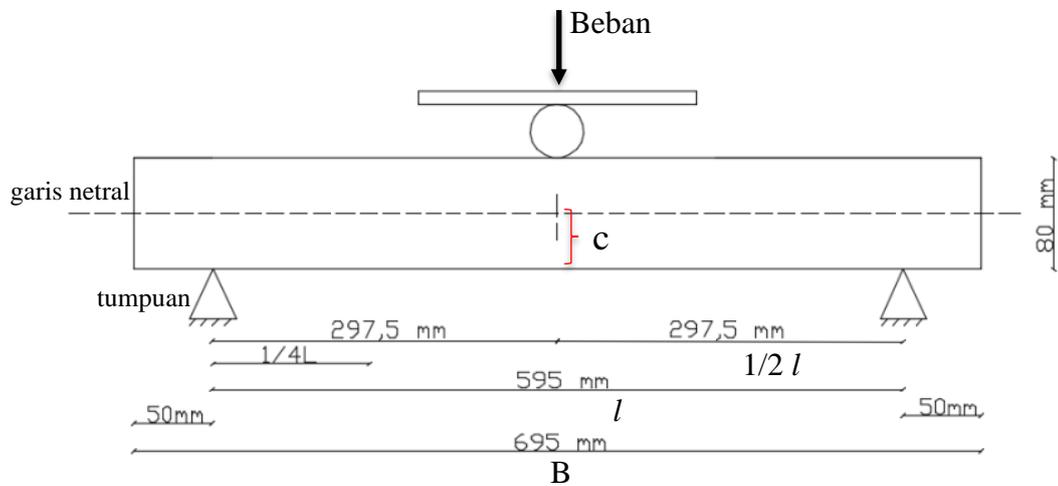
(B)



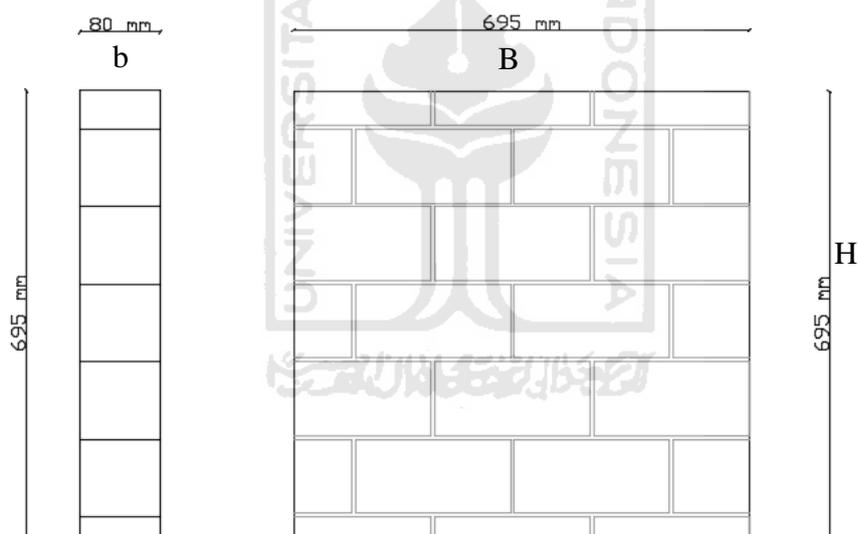
(C)

**Gambar 5.24 (A) Pelat Baja 2, (B) Pelat Baja 4  
(C) Pelat Bulat**

Hasil yang didapat pada pengujian kuat lentur antara lain dimensi, beban maksimum pengujian dan beban retak pertama benda uji seperti dua pengujian lainnya. Pada pengujian kuat lentur ini menggunakan beban terpusat ditengah oleh karena itu garis terpusat pada benda uji ada pada setengah bentang dari jarak tumpuan ( $1/2L$ ), sehingga rumus yang digunakan berbeda dengan rumus perhitungan 3.19 dari acuan dasar SNI 03-4165 yang mana dari  $1/4L$  (bentang) menjadi  $1/2L$  berikut merupakan gambar dimensi benda uji kuat lentur serta rumus perhitungannya yang baru.



**Gambar 5.25 Dimensi 1:5-C Posisi Sampel Dinding Batu Kumbug Pengujian Kuat Lentur**



**Gambar 5.26 Dimensi 1:5-C Sampel Dinding Batu Kumbug Pengujian Kuat Lentur**

Diketahui :

Beban ulitmit ( $P_u$ ) = 745,56 N

Berat alat bantu (W) :

1. Pelat bulat = 1,1 kg

2. Pelat baja 2 = 11,35 kg

3. Pelat baja 3 = 9 kg

Total berat alat bantu = 21,45 kg

Total berat alat bantu dalam Newton (N) =  $21,45 \text{ kg} \times 9,81$   
 $= 210,424 \text{ N}$

Jarak dari garis netral terhadap permukaan tarik terluar (c) = 40 mm

Beban maksimum (Pu) = 1600,992 N

Panjang (B) = 695 mm

Bentang tumpuan (l) = 595 mm

Tinggi benda uji (H) = 695 mm

Tebal benda uji (b) = 80 mm

Maka rumus perhitungan yang digunakan pada sampel 1:5-C pengujian kuat lentur yaitu menjadi,

$$\text{Kuat Lentur } (F_{lt}) = \left[ \frac{Pu+W}{2} \right] \times \left[ \frac{l}{2} \right] \times \left[ \frac{c}{I} \right] \text{ (MPa)} \quad (5.1)$$

Untuk perhitungan inersia menggunakan rumus perhitungan 3.20 berdasar pada acuan SNI 03-4165 berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Inersia (I)} &= \frac{1}{12} \times H \times b^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 695 \text{ mm} \times 80^3 \text{ mm} \\ &= 29653333,3 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

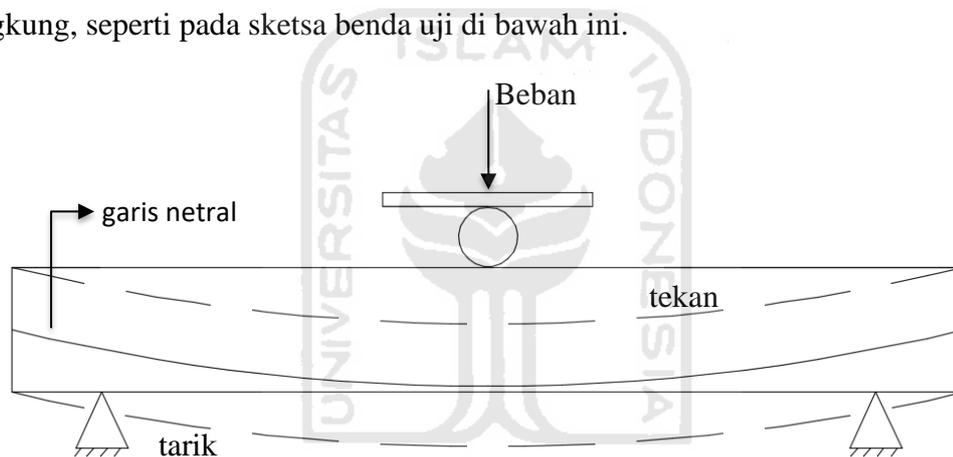
$$\begin{aligned} \text{Kuat Lentur } (F_{lt}) &= \left[ \frac{Pu+W}{2} \right] \times \left[ \frac{l}{2} \right] \times \left[ \frac{c}{I} \right] \\ &= \left[ \frac{1600,992 \text{ N} + 210,424 \text{ N}}{2} \right] \times \left[ \frac{595 \text{ mm}}{2} \right] \times \left[ \frac{40 \text{ mm}}{29653333,3 \text{ mm}^4} \right] \\ &= 0,3634 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan rumus perhitungan yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk sampel secara keseluruhan seperti pada tabel 5.16 rekapitulasi hasil kuat lentur dinding batu kumpang di bawah ini.

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Kumbang**

Dinding Variasi Spesi	Nama Benda Uji	Dimensi			Bentang Tumpuan, L (mm)	Jarak dari garis netral terhadap permukaan tarik terluar, C (mm)	Luas Bidang tekan (mm <sup>2</sup> )	Berat alat bantu, W		Beban Maksimum (kgf)	Beban Maks, Pu (Newton)	Beban retak pertama (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
		Panjang, B (mm)	Lebar, b (mm)	Tinggi, H (mm)				kg	N				
1PC : 4PS	1:4-C	690	85	450	590	42,5	58650	21,45	210,424	76	745,56	745,56	0,2602
1PC : 5PS	1:5-C	695	80	695	595	40	55600	21,45	210,424	163,2	1600,992	1600,992	0,3634
1PC : 6PS	1:6-C	680	70	710	580	35	47600	21,45	210,424	193,8	1901,178	1901,178	0,5280

Dari hasil rekapitulasi pengujian kuat lentur dinding pasangan batu kumbang, diperoleh beban maksimum pada sampel 1:4-C sebesar 745,56 N sama dengan beban retak pertama yang didapat, maka dihasilkan kuat lentur dinding 0,02602 MPa. Kemudian pada benda uji kedua 1:5-C sebesar 1600,9 N sama dengan beban retak pertama, dengan hasil kuat lentur 0,3634 MPa. Benda uji terakhir yaitu 1:6-C didapatkan 1901,2 N sama dengan beban retak pertama yang diperoleh, menghasilkan kuat lentur 0,5280 MPa. Pada pengujian ini beban terpusat ditengah bentang (L) dinding batu kumbang dengan posisi benda uji horizontal menyebabkan dinding melengkung atau melendut. Sehingga dengan demikian mendeformasikan sumbu bentang (garis netral) menjadi suatu garis lengkung, seperti pada sketsa benda uji di bawah ini.



**Gambar 5.27 Sketsa Deformasi Sampel Dinding Batu Kumbang  
Pengujian Kuat Lentur**

Dari gambar diatas dapat diketahui bentuk deformasi yang terjadi pada dinding batu kumbang dari pengujian kuat lentur yang dilakukan mengakibatkan gaya dalam berupa tegangan tekan dan tarik seperti pada sketsa. Dari hal tersebut komponen pada dinding yang berkerja dalam menerima gaya ialah lekatan antar bahan material batu kumbang. Seperti pada kedua pengujian lainnya, yaitu pengujian kuat tekan, dan geser diagonal, karena tidak adanya perkuatan pada dinding batu kumbang, sehingga mengandalkan kekuatan lekatannya.

Selain faktor lekatan, perawatan benda uji dinding batu kumbang pada penelitian ini juga berpengaruh untuk setiap pengujian kuat dinding batu kumbang. Perwatan yang dilakukan antar lain menyirami benda uji selama umur

masa pengujian ( 28 hari ) setiap 2 sampai 3 hari sekali bertujuan menjaga agar proses hidrasi pada lekatan spesi dinding batu kumbang sempurna. Proses hidrasi pada sambungan yaitu reaksi kimia antara mortar dengan air untuk mengeluarkan panas. Adanya pelepasan panas ini membantu mempercepat pengerasan mortar pada sambungan sampel dinding batu kumbang, akan tetapi jika panas proses hidrasi berlebih dimungkinkan akan terjadi retak atau lepas sambungan.

Dari panas hidrasi tersebut, maka perawatan lain yang diperlakukan untuk bahan material batu kumbang yaitu perendaman beberapa jam sebelum di aplikasikan pada pembuatan dinding benda uji. Hal ini bertujuan agar menghilangkan panas sifat batuan asli kapur dari bahan material kumbang itu sendiri, yang mana dapat mengurangi kualitas proses hidrasi antar sambungan dinding batu kumbang. Kemudian setelah perendaman, batu kumbang dibersihkan kembali dari sisa debu kapur yang menempel pada permukaan batu. Akan tetapi pada penelitian kuat lentur ini terdapat satu benda uji mengalami patah atau lepas sambungan pada saat akan dibawa pada alat uji. Hal ini dimungkinkan pada proses perawatannya beberapa batu kumbang kurang dibersihkan setelah perendaman, yang menyebabkan masih terdapat sisa debu kapur yang menempel sehingga selama umur benda uji, sambungan pada sampel tersebut kurang sempurna. Berikut gambar dari patahnya sampel benda uji 1:4-C serta pengujiannya yang mengalami *crack* atau patah sambungan.



**Gambar 5.28 Benda Uji 1:4-C yang Mengalami *Crack* atau Lepas Sambungan**



**Gambar 5.29 Pengujian pada Benda Uji 1:4-C yang Mengalami *Crack* atau Lepas Sambungan**

Dari uraian di atas menunjukkan lekatan maupun sambungan mortar antar batu kumbung penting diperhatikan dan juga perawatan bahan material benda uji selama umur masa pengujian agar memberikan kualitas benda uji maksimal. Dari pembahasan tersebut hasil pengujian kuat lentur dinding untuk 1:6-C atau variasi dinding batu kumbung dengan mortar 1PC : 6PS memiliki kuat lentur paling besar dibandingkan kedua variasi lainnya dengan komposisi 1PC : 5PS dan 1PC : 4PS karena dapat menahan beban lentur dengan maksimal dan mempunyai lekatan sambungan yang baik.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan analisis perhitungan yang telah dilakukan pada benda uji batu kumpang di Laboratorium, dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini, dan dapat diharapkan memberikan informasi data teknis baru bagi masyarakat daerah Tuban, Jawa Timur. Diantaranya ialah:

1. Berdasarkan pengujian dan analisis parameter dasar dan nilai kuat tekan batu kumpang desa Sawir, Tuban, Jawa Timur yang telah dilakukan sudah memenuhi standar sesuai persyaratan yang digunakan, hal ini dapat dinyatakan dari hasil penelitian dengan dimensi batu kumpang daerah Tuban memiliki rata-rata panjang 246,2 mm, lebar 80,3 mm dan tinggi 117,8 mm atau setara dengan 25 cm x 8 cm x 12 cm. Pada PUBI-1982 ukuran tersebut memenuhi syarat sebagai dimensi bahan penyusun dinding dengan acuan bata merah pejal, yang mana masuk pada kategori jenis kecil dengan persyaratan ukuran dan toleransi panjang  $200 \pm 3$  mm, lebar  $100 \pm 2$  mm, dan tebal  $80 \pm 2$  mm. Sedangkan untuk nilai kuat tekan batu kumpang diperoleh hasil dari pengujian sifat mekanik batuyang mana menghasilkan kuat tekan rata-rata yang diperoleh yaitu  $32,46 \text{ kg/cm}^2$ , dari nilai tersebut berdasarkan ketentuan dari SII 0021-1978 dan PUBI-1982 kualitas batu kumpang termasuk kedalam golongan kelas 25, sehingga dapat diambil kesimpulan batu kumpang daerah Tuban memiliki kualitas yang sudah memenuhi syarat. Dibandingkan dengan daerah lain, nilai kuat tekan batu kumpang daerah Lamongan rata-rata yaitu  $32,5 \text{ kg/cm}^2$  lebih tinggi atau mendekati batu kumpang daerah Tuban, sedangkan untuk daerah Bangkalan rata-rata yaitu  $22,5 \text{ kg/cm}^2$  lebih rendah dari batu kumpang daerah Tuban, Jawa Timur. (Muntaha, Identifikasi

Kekuatan Batu Kumpang (Batu Putih) Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Bangunan, 2007).

2. Nilai perbandingan spesi optimum pada kuat dinding pasangan batu kumpang didapat dengan melakukan pengujian kuat dinding batu kumpang daerah Tuban, diantaranya menghasilkan nilai kuat tekan dinding, kuat geser diagonal, dan kuat lentur menggunakan variasi komposisi perekat mortar 1:4, 1:5, dan 1:6. Hasil yang didapat dari masing-masing pengujian antara lain ialah nilai kuat tekan dinding pada variasi 1:4 sebesar 1,072 MPa, 1:5 sebesar 1,563 MPa, dan 1:6 sebesar 2,233 MPa. Sedangkan nilai kuat geser diagonal dari variasi 1:4 ialah 0,232 MPa, 1:5 sebesar 0,346 MPa, dan 1:6 sebesar 0,307 MPa. Pada pengujian kuat lentur dinding menghasilkan nilai kuat lentur pada variasi 1:4 sebesar 0,260 MPa, 1:5 sebesar 0,363 MPa, dan 1:6 0,528 MPa. Dari hasil ketiga pengujian tersebut menunjukkan nilai kuat dinding pada variasi 1:6 mempunyai rata-rata nilai paling besar dibandingkan dengan variasi 1:4, dan 1:5. Dan diketahui beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai kuat pada masing-masing pengujian dinding batu kumpang antara lain:
  - a. Ukuran per unit batu kumpang, hal ini berhubungan dengan jumlah volume mortar pada satu sampel dinding batu kumpang yang digunakan.
  - b. Kuat lekatan mortar antar sambungan bahan material batu kumpang, pada satu benda uji dinding.
  - c. Proses perawatan pada benda uji dinding batu kumpang, dan bahan material batu kumpang itu sendiri.

Dan dapat disimpulkan pada dinding pasangan batu kumpang daerah Tuban, Jawa Timur pemakaian perbandingan spesi 1:6 ialah yang optimum sesuai dengan kebutuhan pembuatan dinding bangunan tempat tinggal daerah tersebut.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang sudah didapatkan, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini benda uji utama yaitu bahan material batu kumbang dapat lebih diutamakan kualitas dan keseragamannya, karena berasal dari proses penambangan secara konvensional maka dimensi dan sifat fisik dari per unit batu kumbang berbeda-beda, hal ini bertujuan untuk menghindari hasil pengujian yang kurang maksimal. Pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, agar lebih diperhatikan antara benda uji satu dengan yang lainnya.
2. Pada penelitian ini banyak terjadi *human error* yaitu dari kurang pemahamannya metode, dan tidak ketelitian penulis, menjadikan hasil akhir daripada penelitian banyak yang harus diperbaiki dan kurang optimum. Maka dari itu saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat lebih dipersiapkan serta memahami metode pengujian yang akan dilakukan, serta bahan material yang digunakan agar menghasilkan penelitian yang maksimal.
3. Penelitian bahan material batu kumbang masih banyak belum dilakukan, diharapkan pada penelitian selanjutnya agar dapat dilakukan inovasi atau observasi untuk mendapatkan informasi baru dari bahan material batu kumbang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir Aboe, I. M. (2016). *Modul Teknologi Bahan Konstruksi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII.
- Alwan, Y. D. (2014). *Mekanika Batuan*. Dipetik September 3, 2019, dari Academia.edu: [https://www.academia.edu/8343023/Mekanika\\_Batuan](https://www.academia.edu/8343023/Mekanika_Batuan)
- American Society for Testing and Materials. (2002). *E519-02 Standart Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Mansory Assemblages*. United States: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2005). *ASTM 04-05 C321 Standard Test Method For Bond Strength Of Chemical-Resistant Mortars*. ASTM International.
- BS 3921-1985. (1985). *Specification for Clay Bricks*. London: The British Standard Institution.
- Dewi, A. I. (2019). Perbandingan Perilaku Struktur Dinding Terkekang dan Rangka Dinding Pengisi pada Bangunan 4 Lantai. Dalam *TESIS* (hal. 14). Denpasar, Bali: UNIVERSITAS UDAYANA.
- Endaryanta, F. M. (2012). STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA STRUKTURAL BETON RINGAN AERASI (AUTOCLAVED AERATED CONCRETE) DENGAN VARIASI THIN BED MORTAR. *INERSIA, Vol VIII No.2*.
- Eucalypto. (2014). Sifat Mekanik Batuan.
- Febrianto, A. (2015). *Pengujian dalam Mekanika Batuan*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional.
- Fepy Supriani, M. I. (2018). Pengaruh Gradasi Pasir dan Zonasi Terhadap Kekuatan Tekan Beton. *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITIA)*, 188-191.
- Jailani, A. (2014). *Laporan Praktikum Mekanika Batuan*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Kantius Wenda, S. Z. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Vol. 1, Nomor 1, Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 8.
- Karya, D. J. (2006). *Pedoman Teknis Rumah Bangunan dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- Kramadibrata, d. (2000). *Sifat Fisik dan Mekanik Batuan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- M.Nazir. (1988). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Muntaha, M. (2007). Identifikasi Kekuatan Batu Kumbung(Batu Putih) Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Bangunan. *Jurnal Aplikasi : Media Informasi & Komunikasi Aplikasi Teknik Sipil Terkini, Volume 2 Nomor 1*, 16.
- Nazir. (1988). Tinjauan Umum Studi Pustaka.
- PUBI. (1982). Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan - Author.
- PUBI. (1982). *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia*. Bandung: Depatemen Pekerjaan Umum.
- Raharja, A. B. (2018). *INOVASI BATA-KAIT UNTUK DINDING PASANGAN RUMAH SEDERHANA*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Rivai, F. W. (2018). *Tugas Akhir UJI GESER DIAGONAL PADA DINDING PASANGAN*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Setyawan, H. A. (2008). *KUALITAS BATU SAREN DARI BATU KUMBUNG (DOLOMIT) SEBAGAI BAHAN PASANGAN DINDING KONSTRUKSI GEDUNG DI KABUPATEN LAMONGAN*. Malang, Jawa Timur: Universitas Negeri Malang.
- SII 052. (1980). *SII Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Depperind-ri.
- SII. (1978). *SII-0021 Mutu dan Uji Bata Merah Pejal*. Bandung: Depatemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-6881. (2002). *Spesifikasi bahan bangunan bagian a (bahan bangunan bukan logam)*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-2094. (2000). *SNI 15-2094 Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia . (1991). *03-2437 Metode Pengujian Laboratorium untuk Menentukan Parameter Sifat Fisika Pada Contoh Batu*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia . (2002). *SNI 03-6825 Pengujian Kuat Tekan Mortar*. Badan Standarisasi Nasional .
- Standar Nasional Indonesia. (1990). *SNI 03-1968 Analisa Saringan Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1996). *SNI 03-4164 Metode Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah Di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional .

- Standar Nasional Indonesia. (1996). *SNI 03-4165 Metode Pengujian Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Merah Di Laboratorium* . Badan Standarisasi Nasional .
- Standar Nasional Indonesia. (1996). *SNI 03-4166 Metode Kuat Lentur Dinding Pasangan Bata Merah Di Laboratorium* . Badan Standarisasi Nasional .
- Standar Nasional Indonesia. (2013). *SNI 03-2847 Persyaratan Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung* . Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2014). *SNI 6882 Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tarmuji. (2008). *Pemanfaatan Batu Kumpang dari Tuban Sebagai Pengganti Batu Bata untuk Pasangan Dinding Ditinjau Dari Sifat Kuat Tekannya*. Malang, Jawa Timur: Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Umum, D. P. (1978). Persyaratan Bata untuk Bahan Bangunan. *SII-0021-78*.
- Umum, D. P. (2018). Spesifikasi Bata Ringan untuk Pasangan Dinding. *SNI-8640*.
- Wijayanto, D. M. (2006). *Perbandingan Kekuatan Pasangan Bata Merah dan Batu Kapur dengan Perawatan Air Tawar dan Air Laut Daerah Tuban Jawa Timur*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Yulio. (2018, Juny 9). *Kelebihan Batu Kumpang untuk Pondasi* . Dipetik 2019, dari Medium: <https://medium.com/@batukumpangpondasi/kelebihan-batu-kumpang-untuk-pondasi-bp-yulio-0852-1143-2205-1a4df9a7ad36>
- Zuraida, S. (2013). Keberlanjutan Batu Kumpang Sebagai Pilihan Material Rumah Masyarakat. *Pemanfaatan Material bangunan Secara Kreatif*, 310.

# LAMPIRAN



**Lampiran 1. Hasil Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Halus\**

**HASIL PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR  
AGREGAT HALUS**

Material : Agregat Halus Pasir  
Sumber : Merapi, Yogyakarta  
Tanggal Uji : 4 Oktober 2019

Berat Cawan	91	gram
Berat total pasir	2000	gram

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal	Berat Tertinggal Kumulatif	Presentase Lolos Kumulatif
(mm)	(gram)	(%)	(%)	(%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,4	137	6,85	6,85	93,15
1,2	310	15,5	22,35	77,65
0,60	404	20,2	42,55	57,45
0,30	383	19,15	61,7	38,3
0,15	358	17,9	79,6	20,4
Sisa	408	20,4	-	-
Jumlah	2000	100	213,05	
Modulus Halus Butir =			$\frac{213,05}{100}$	2,1305

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

## Lampiran 2. Pemeriksaan Ukuran dan Berat Batu

### PEMERIKSAAN UKURAN DAN BERAT BATU

Material : Batu Kumpang  
Sumber : Sawir, Tuban Jawa Timur  
Tanggal Uji : 25 November 2019

Dimensi Benda Uji	Satuan	Notasi	1	2	3	4	5
Tebal	mm	$l$	116,3	116,8	116,5	116,4	117,5
Diameter	mm	$d$	50,3	50,8	50,35	50,1	50,3
Berat asli	g	$W_n$	388	361,5	345	427	371
Berat kering oven	g	$W_o$	365	304,5	338	414,5	322,5
Berat jenuh	g	$W_w$	421,5	390,3	414	461,5	396,5
Berat jenuh dalam air	g	$W_s$	210,3	180,1	200	240,2	190,8
Volume sampel tanpa pori	Vp	$W_o - W_s$	154,7	124,4	138	174,3	131,7
Volume sampel total	Vt	$W_w - W_s$	211,2	210,2	214	221,3	205,7

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

### Lampiran 3. Hasil Pengujian Parameter Dasar Batu

#### HASIL PENGUJIAN PARAMETER DASAR BATU

Material : Batu Kumpang  
Sumber : Sawir, Tuban Jawa Timur  
Tanggal Uji : 25 November 2019

Pengujian	Satuan	Nomor Benda Uji					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
Berat jenuh dalam air	gram	210,3	180,1	200	240,2	190,8	204,28
Bobot isi asli	g/cm <sup>3</sup>	1,837	1,720	1,612	1,930	1,804	1,780
Bobot isi kering oven	g/cm <sup>3</sup>	1,728	1,449	1,579	1,873	1,568	1,639
Bobot isi jenuh air	g/cm <sup>3</sup>	1,996	1,857	1,935	2,085	1,928	1,960
Berat jenis semu	-	1,728	1,449	1,579	1,873	1,568	1,639
Berat jenis sebenarnya	-	2,359	2,448	2,449	2,378	2,449	2,417
Kadar air	%	6,301	18,719	2,071	3,016	15,039	9,029
Kadar air jenuh	%	15,47	28,17	22,48	11,33	22,94	20,08
Derajat kejenuhan	%	40,70	66,43	9,21	26,59	65,54	41,69
Porositas (n)	%	26,75	40,82	35,51	21,24	35,97	32,059
Kadar pori		0,365	0,690	0,551	0,270	0,562	0,487

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang**

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BATU KUMBUNG  
METODE SNI 15-2094-2000**

Material : Batu Kumbang  
Sumber : Sawir, Tuban Jawa Timur  
Tanggal Uji : 13 Januari 2020

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Tinggi spasi (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Pmaks (kgf)	Pmaks (N)	f <sub>m</sub> (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan Batu Kumbang (f <sub>m</sub> )	
									MPa	kg/cm <sup>2</sup>
1	132,5	122	186	6	16165	6200	60822	3,76	4,32	44,12
2	133	120	186	6	15960	4125	40466	2,53		
3	125	122,5	171	6	15312	14320	140479	9,17		
4	136	115	191	6	15640	2075	20355	1,30		
5	126	117	171	6	14742	7300	71613	4,85		

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang**

**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BATU KUMBUNG  
METODE SII 0021-1978**

Material : Batu Kumbang  
Sumber : Sawir, Tuban Jawa Timur  
Tanggal Uji : 20 Januari 2020

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Pmaks (kgf)	Pmaks (N)	Kuat tekan batu kumbang (fm)		Rata-rata Kuat tekan	
							MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
1	252,9	86,7	114,9	21926,4	5040	49442,4	2,25492	23,00	3,18219	32,46
2	246,8	78,1	117,4	19275,1	5300	51993	2,69742	27,51		
3	245,3	78,2	117,6	19182,5	9250	90742,5	4,73049	48,25		
4	244,4	79,3	119,1	19380,9	5550	54445,5	2,80923	28,65		
5	240,2	82,2	119,4	19744,4	7400	72594	3,67668	37,50		
6	242,6	80,2	119,7	19456,5	5800	56898	2,92437	29,83		

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

Lampiran 6. Hasil Pengujian Kuat Lekat Batu Kumbang

PEMERIKSAAN KUAT LEKAT BATU KUMBUNG

Material : Batu Kumbang  
Sumber : Sawir, Tuban Jawa Timur  
Tanggal Uji : 19 Desember 2019

Nama Benda Uji Kuat Lekat	Dimensi Bidang Lekat		Luas lekatan mm <sup>2</sup> (2.bh)	Pmaks		Kuat Lekat ( $f_{vh}$ ) MPa	Rata-rata kuat lekat (Mpa)
	b (mm)	h (mm)		kgf	N		
A	113,6	108,2	24583,04	478,5	4694,085	0,191	0,159
	121,5	109,1	26511,3	345	3384,45	0,128	
	113,2	100,1	22662,64	369	3619,89	0,160	
B	119,2	107,2	25556,48	562,5	5518,125	0,216	0,158
	123,4	116,7	28801,56	475	4659,75	0,162	
	118,1	105,2	24848,24	247,5	2427,975	0,098	
C	118,2	100,6	23781,84	369	3619,89	0,152	0,129
	129,1	110	28402	210	2060,1	0,073	
	116,8	108,1	25252,16	415,5	4076,055	0,161	

Mengetahui,

Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 7. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Perbandingan Spesi 1:4**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR**

Tipe Variasi : 1PC : 4PS

Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi

Tanggal Uji : 6 November 2019

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (kg/cm <sup>2</sup> )
		p	l	t				Pembuatan	Pengujian			
1	266	49,25	50,4	50,9	24,822	126,3440	2,105	10/10/2019	6/11/2019	28	26636,4	1073,096447
2	280	50,6	50,5	51,75	25,553	132,2368	2,117				24475,5	957,8327398
3	265	49,1	49,6	49,6	24,354	120,7939	2,194				11157,3	458,1376059
4	274	50,1	50,7	51,7	25,401	131,3216	2,086				22152,9	872,137382
5	271	50,1	50,6	52,1	25,351	132,0766	2,052				19933,2	786,300916

Mengetahui,

Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)

15511099

**Lampiran 8. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Perbandingan Spesi 1:5**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR**

Tipe Variasi : 1PC : 5PS

Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi

Tanggal Uji : 6 November 2019

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (kg/cm <sup>2</sup> )
		P	l	T				Pembuatan	Pengujian			
1	278	50,3	50,3	51,75	25,301	130,9322	2,123	10/10/2019	11/6/2019	28	23181,9	916,248
2	277	50,7	50,25	50,3	25,477	128,1481	2,162				21638,4	849,339
3	271	50,9	50,5	50,25	25,705	129,1651	2,098				20183,1	785,197
4	280	49,5	50,1	52,6	24,80	130,4454	2,146				20403,6	822,742
5	276	50,85	50,2	51,35	25,527	131,0796	2,106				20785,8	814,276

Mengetahui,

Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 9. Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Perbandingan Spesi 1:6**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR**

Tipe Variasi : 1PC : 6PS

Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi

Tanggal Uji : 6 November 2019

Nomor Benda Uji	Berat (gram)	Dimensi (mm)			Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (gram/cm <sup>3</sup> )	Tanggal		Umur (hari)	Pmaks (N)	Kekuatan Tekan Mortar (kg/cm <sup>2</sup> )
		P	l	t				Pembuatan	Pengujian			
1	262	49,4	50,7	50,3	25,046	125,9804	2,080	10/10/2019	11/6/2019	28	14406	575,1862588
2	271	50,3	50,4	50,5	25,351	128,0236	2,117				14626,5	576,954937
3	280	50,5	52,2	50,5	26,361	133,1231	2,103				16214,1	615,0790941
4	272	50,1	50,3	51,3	25,200	129,2775	2,104				14964,6	593,826264
5	270	50,1	50,6	51,5	25,351	130,5556	2,068				13715,1	541,0167807

Mengetahui,

Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)

15511099

**Lampiran 10. Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Kumbang**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN DINDING PAS. BATU KUMBUNG**

Material : Dinding Pas. Batu Kumbang  
Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi  
Tanggal Uji : 30 – 31 Januari 2020

Dinding Variasi Spesi	Benda Uji	Dimensi			Luas Bidang tekan (mm <sup>2</sup> )	Berat alat bantu (N)	Beban Maksimum (kgf)	Beban Maksimum (N)	Beban Retak Pertama (N)	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastistas (MPa)
		Panjang B (mm)	Lebar b (mm)	Tinggi t (mm)							
1PC : 4PS	1-4A	690	80	690	55200	445,86	5987,4	58736,4	34571,4	1,072142	4866,58246
1PC : 5PS	1-5A	690	80	700	55200		8751,6	85853,2	45728,3	1,563389	5876,67066
1PC : 6PS	1-6A	690	80	705	55200		12520,5	122826,1	37673,3	2,233188	7023,61158

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

Peneliti,

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 11. Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batu Kumbang**

**PENGUJIAN KUAT GESER DIAGONAL DINDING PAS. BATU KUMBUNG**

Material : Dinding Pas. Batu Kumbang  
Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi  
Tanggal Uji : 30 – 31 Januari 2020

Dinding Variasi Spesi	Nama Benda Uji	Dimensi			$\mu$	Luas Bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )	Luas Bidang desak ( $A_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )	Berat alat bantu (W) (kg)	Beban Maks (kgf)	Beban Maks (N)	Beban Retak Pertama (N)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser ASTM E519-02 (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)									
1PC : 4PS	1-4 B	700	70	700	0,3	49000	49000	31,35	2300	22563	22563	0,232	0,325552
1PC : 5PS	1-5 B	710	90	700	0,3	63450	63450	31,35	4482,3	43977,2	23664,6	0,346	0,489957
1PC : 6PS	1-6 B	685	75	715	0,3	52500	52500	31,35	3274,2	32119,9	26316,3	0,307	0,43255

Mengetahui,  
Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 12. Pengujian Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Kumbang**

**PENGUJIAN KUAT LENTUR DINDING PAS. BATU KUMBUNG**

Material : Dinding Pas. Batu Kumbang  
Sumber : Lab. Teknologi Bahan Konstruksi  
Tanggal Uji : 30 – 31 Januari 2020

Dinding Variasi Spesi	Nama Benda Uji	Dimensi			Bentang Tumpuan, L (mm)	Jarak dari garis netral terhadap permukaan tarik terluar, C (mm)	Luas Bidang tekan (mm <sup>2</sup> )	Berat alat bantu, W		Beban Maksimum (kgf)	Beban Maks, Pu (Newton)	Beban retak pertama (kgf)	Kuat Tekan (MPa)
		Panjang, B (mm)	Lebar, b (mm)	Tinggi, H (mm)				kg	N				
IPC : 4PS	1:4-C	690	85	450	590	42,5	58650	21,45	210,424	76	745,56	745,56	0,2602
IPC : 5PS	1:5-C	695	80	695	595	40	55600	21,45	210,424	163,2	1600,992	1600,992	0,3634
IPC : 6PS	1:6-C	680	70	710	580	35	47600	21,45	210,424	193,8	1901,178	1901,178	0,5280

Mengetahui,

Ka. Lab. Tekonologi Bahan Konstruksi

(Novi Rahmayanti, S.T., M. Eng.)

Peneliti,

(Husna Vinda Lutfi)  
15511099

**Lampiran 13. Tabel Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan							
	Daerah I		Daerah II		Daerah III		Daerah IV	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10,00	100	100	100	100	100	100	100	100
4,80	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	90	75	100	90	100
0,60	15	34	35	59	60	79	80	100
0,30	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

**Lampiran 14. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Analisis Saringan**



**TIMBANGAN**



**CAWAN + PASIR**



**SATU SET SARINGAN**



**OVEN**



**AYAKAN PASIR  
KONVENSIONAL**



**SEKOP PASIR**



**ALAT PENGGETAR**

**Lampiran 15. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Mortar**

**1. Alat pembuatan benda uji mortar**



**TIMBANGAN**



**CAWAN KECIL**



**EMBER**



**SEKOP PENGADUK**



**CETAKAN KUBUS  
MORTAR**



**KUAS OLI**



**OLI**



**TEKO UKUR**



**POTONGAN BESI KECIL  
SEBAGAI PEMADAT**

## 2. Bahan Material



**PASIR**

**Lampiran 16. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Parameter Dasar Batu**

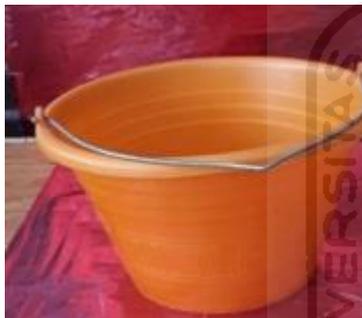
**1. Alat pembuatan benda uji parameter dasar batu**



**TIMBANGAN**



**JANGKA SORONG**



**EMBER**



**CORE DRILL**



**OVEN**



**TIMBANGAN BERAT  
JENUH DALAM AIR**



**POMPA DESIKATOR**



**TABUNG DESIKATOR**



**GERINDA PEMOTONG BATU**

## 2. Bahan Material

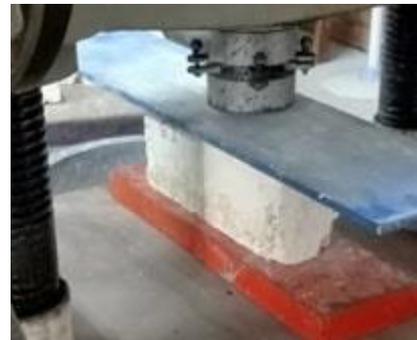


**BATU KUMBUNG**

**Lampiran 17. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Batu Kumbang**



**BATU KUMBUNG**



**PELAT PEMBEBANAN**



**BAK RENDAMAN**



**UTM (MESIN PENEKAN)**

**Lampiran 18. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Lekat Batu Kumbang**

1. Alat pembuatan benda uji kuat lekat



**PAPAN KAYU**



**SEKOP**



**EMBER**



**ROL METER**



**HAND PALLET MANUAL  
(ALAT ANGKUT)**

## 2. Bahan Material



**BATU KUMBUNG**



**Lampiran 19. Gambar Alat dan Bahan Material Uji Kuat Tekan Pasangan Dinding Batu Kumpang**

**1. Alat pembuatan benda uji pasangan dinding batu kumpang**



**SEKOP**



**EMBER**



**ROL METER**



**WATERPASS**



**PAPAN BEKISTING**



**AYAKAN PASIR  
KONVENSIONAL**



**PALU KARET  
(PEMADAT)**



**GERINDA PEMOTONG BATU**

2. Alat persiapan pengujian



**HAND PALLET MANUAL  
(ALAT ANGKUT)**



**TALI PENGAMAN**



**PELAT BEBAN 1**



**PELAT BEBAN 2**



**PELAT BEBAN 3**



**HYDARULIC JACK  
(MESIN PENEKAN )**



**SPIDOL PENANDA  
BENDA UJI**

3. Bahan Material Pasangan Dinding Batu Kumbang



**BATU KUMBUNG**



**PASIR**



**SEMEN**

## Lampiran 20. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Mortar

### 1. Benda Uji



### 2. Pengujian Kuat Tekan Mortar



## Lampiran 21. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang

### 1. Benda Uji



**BATU KUMBUNG YANG  
TELAH DI UKUR DAN DI  
TIMBANG**



**PERENDAMAN SELAMA 1  
MALAM**

### 2. Pengujian Kuat Tekan Batu Kumbang



## Lampiran 22. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang

### 1. Benda Uji



### 2. Pengujian Kuat Lekat Batu Kumpang



## Lampiran 23. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Kumbang

### 1. Benda Uji



### 2. Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batu Kumbang



**Lampiran 24. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batu Kumbang**

1. Benda Uji



2. Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batu Kumbang



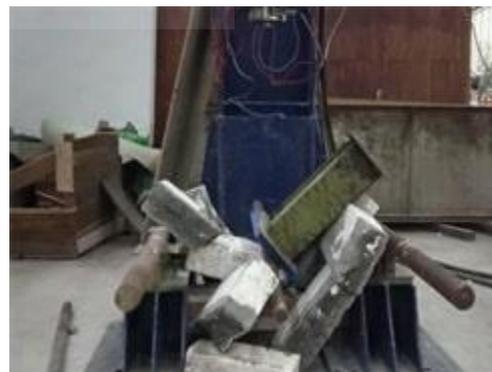


## Lampiran 25. Gambar Benda Uji dan Pengujian Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Kumbung

### 1. Benda Uji



### 2. Pengujian Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Kumbung



**Lampiran 26. Gambar Tambang Batu Kumpang, Desa Sawir, Tuban Jawa Timur**

