

**TUGAS AKHIR**  
**MODIFIKASI BATAKO BERKAIT SEBAGAI**  
**ALTERNATIF MATERIAL DINDING**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat**  
**untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



Disusun oleh :

**WAHYU EKO PAMBUDI**

**No. Mhs : 03 511 025**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2009**

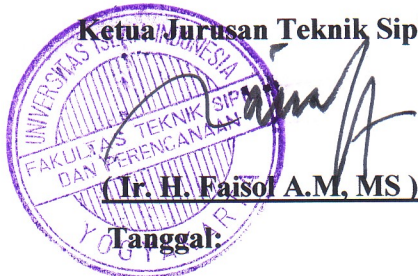
**TUGAS AKHIR**  
**MODIFIKASI BATAKO BERKAIT SEBAGAI**  
**ALTERNATIF MATERIAL DINDING**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing,

**Ir. H. A. Kadir Aboe, MS**  
Tanggal : 07/01 - 2009

## KATA PENGANTAR



**Assalamu’alaikum Wr. Wb.**

*Alhamdulillah* tiada kata yang patut terucap atas segala nikmat-Nya yang telah diberikan untuk kita. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, inspirasi akhlak dan pribadi mulia. Dengan penuh konsentrasi, perjuangan yang keras serta kemudahan dari Allah akhirnya, tugas akhir berjudul **“Modifikasi Batako Berkait Sebagai Alternatif Material Dinding”** ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan material dan spiritual sehingga tugas akhir ini dapat terwujud, yaitu kepada:

1. Bapak, Ibu, dan adik-ku tercinta yang telah memberikan dorongan, do’a dan kasih sayang sehingga penulis selalu mendapat kemudahan dari Allah SWT.

2. Yth. Rektor Universitas Islam Indonesia, Prof. DR. H. Edy Suandi Hamid, M.Ec.
3. Yth. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, DR. Ir. H. Ruzardi, MS.
4. Yth. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, Ir. H. Faisol A.M., MS dan Ir. H. Suharyatmo, MT.
5. Yth. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah.
6. Seluruh civitas akademika FTSP-UII, terima kasih atas dukungan serta bantuannya.
7. myChee yang telah memberikan dorongan, do'a dan kasih sayang sehingga penulis selalu mendapat kemudahan dari Allah SWT.
8. Sobat-sobat terbaiku, Toleb, Cilacap, Viktor, Rudi, Anton, BIPs, Wisnu, Emen, Teman-teman Sipil angkatan 2003, yang membantuku selama proses perkuliahan di UII.
9. Teman-teman di Pardi's Kos, Yance, Kutu, Katrok, Bagor, Ucup thanks for all.
10. myWindows, myMicrosoft Office, MyAutoCAD yang membantuku selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

*Wabillahittaufig wal hidayah*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, September 2008

Penulis

**Wahyu Eko Pambudi**

## MOTTO

*“ Dunia hanya berjalan tiga hari, yaitu : Kemarin, yang kita tidak berpengharapan apa-apa lagi darinya. Hari ini, yang harus kita peroleh kebaikan dan kesuksesannya. Dan esok hari, yang tidak kita ketahui apakah kita termasuk yang masih hidup atau yang tergolong sudah meninggal “.*

*(HR Al Hasan Al Bashri)*

*“Keutamaan sesorang ‘alim (berilmu) atas seorang ‘abid (ahli ibadah) seperti keutamaan bulan atas seluruh bintang-bintang. Sesungguhnya ulama itu pewaris para nabi. Sesungguhnya para nabi tidaklah mewariskan dinar maupun dirham, mereka hanyalah mewariskan ilmu, maka barangsiapa mengambilnya (warisan ilmu) maka dia telah mengambil keuntungan yang banyak”.*

*(HR Tirmidzi)*

*“Jika manusia mati terputuslah amalnya kecuali tiga: shadaqah jariyah, atau ilmu yang dia amalkan atau anak shalih yang mendoakannya”.*

*(HR Muslim)*

*Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mudahkan baginya jalan menuju Surga”.*

*(HR Muslim)*

***Special Dedicated to :***

*Tugas Akhir ini dapat terlaksana hanya karena nikmat Allah yang telah tercurah,  
berupa kesehatan, kemudahan, petunjuk dan kesabaran.  
Sehingga tiada kata lain yang patut terucap selain memuji kebesaran-Nya, **alhamdulillah,**  
**segala puji hanya bagi Allah SWT.***

*Untuk Kedua orang tuaku tercinta,  
Bapakku, **Sukanto** dan ibuku, **Ropi**  
tugas akhir ini kupersembahkan sebagai jawaban atas kepercayaan yang telah kalian berikan  
serta perwujudan baktiku kepada kalian.*

*Tak lupa seluruh keluarga besar **Wiryo Sudarmo** dan **Karto Utomo**,  
tugas akhir ini adalah buah dari do'a yang selalu kita mohonkan kepada-Nya  
Semoga Allah senantiasa meridhoi apa yang kita usahakan  
dan mengabulkan apa yang kita mohonkan.*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Lembar Motto .....	vi
Lembar Persembahan .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Notasi .....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
Abstraksi.....	xv
<b>BAB I    PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Tinjauan Umum .....	9
2.2 Bahan Penyusun.....	9
2.2.1 Batako .....	10
2.2.2 Mortar.....	10
2.2.3 Agregat Halus .....	12
2.2.4 Air .....	13
2.2.5 Semen.....	14
2.3 Penelitian Terdahulu .....	15
2.3.1 Yogi Indra Prayoga ( 2007 ) .....	15
2.3.2 Baharudin Marma dan Pulung Sutrisno ( 2005 ) .....	15

2.3.3	Yunianto dan Widodo ( 2004 ) .....	16
2.3.4	Prayogi dan Solihatun ( 2003 ) .....	16
2.3.5	Atindriana ( 2003 ).....	17
2.3.6	Hidayat dan Purnomo ( 2003 ).....	17
2.3.7	Christense ( 1974 ).....	18
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>19</b>
3.1	Tinjauan Umum .....	19
3.2	Batako .....	19
3.3	Bahan Penyusun Batako.....	23
3.3.1	Semen.....	23
3.3.2	Agregat Halus .....	24
3.3.3	Air .....	27
3.4	Kuat Tekan.....	29
3.5	Kuat Lentur .....	33
3.5.1	Kuat Lentur Balok.....	33
3.5.2	Kuat Lentur Dinding Pasangan Bata.....	36
3.6	Kuat Gaser.....	37
3.5.1	Geser Murni .....	37
3.5.2	Kuat Geser Portal Dengan Dinding Pasangan Bata .....	40
3.7	Batako-berkait.....	43
3.8	Hipotesis.....	44
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
4.1	Tinjauan Umum .....	45
4.2	Spesifikasi Bahan .....	45
4.3	Peralatan Penelitian.....	46
4.4	Benda Uji .....	48
4.5	Pengujian Bahan dan Benda Uji .....	48
4.5.1	Pengujian Kandungan Lumpur Dalam Pasir.....	48
4.5.2	Pengujian Kuat Tekan Pasangan Batako-berkait .....	49

4.5.3	Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako-berkait .....	51
4.5.4	Pengujian Kuat Geser Pasangan Batako-berkait.....	52
4.6	Pengolahan Data .....	53
4.6	Tahapan Penelitian .....	54
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
5.1	Tinjauan Umum .....	56
5.2	Pengujian Kadar Lumpur Dalam Pasir .....	57
5.3	Pengukuran Dimensi Batako-berkait Modifikasi.....	58
5.4	Pengujian Kuat Tekan Batako-berkait Modifikasi.....	59
5.5	Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako-berkait Modifikasi..	61
5.6	Pengujian Kuat Geser Pasangan Batako-berkait Modifikasi ...	64
5.7	Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Kuat Geser Pasangan Bata Merah dengan Batako-berkait Modifikasi .....	66
5.8	Analisis Perbandingan Kuat Tekan Pasangan Bata Merah dengan Batako-berkait Modifikasi .....	68
5.9	Analisis Perbandingan Kuat Lentur Pasangan Bata Merah dengan Pasangan Batako-berkait Modifikasi .....	69
5.10	Analisis Perbandingan Kuat Geser Pasangan Bata Merah dengan Pasangan Batako-berkait Modifikasi .....	69
5.11	Analisis Perbandingan Batako-berkait dan Batako-berkait Modifikasi .....	70
5.12	Batako-berkait Modifikasi sebagai alternatif material dinding	77
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>78</b>
6.1	Kesimpulan .....	78
6.2	Saran-saran .....	79

Daftar Pustaka

Lampiran

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luasan permukaan benda uji
$A_l$	= Luasan lubang benda uji
$A_s$	= Luas bidang geser benda uji
$b$	= Lebar benda uji
$h$	= Tinggi benda uji
$t$	= Tebal benda uji
$\sigma_{tk}$	= Kuat tekan batako berkait
$\sigma_{lt}$	= Kuat lentur batako berkait
$\tau$	= Kuat geser batako berkait
$n$	= jumlah sampel
$P_{max}$	= Beban maksimum pengujian
$L$	= Jarak tumpuan

## Daftar Tabel

Tabel 2.1	Persyaratan Spesifikasi .....	11
Tabel 2.2	Pemilihan Mortar Pasangan .....	12
Tabel 3.1	Kekuatan Tekan Batu Cetak Beton .....	23
Tabel 3.2	Gradasi Pasir Menurut <i>British Standard</i> .....	27
Tabel 3.3	Kuat Tekan Minimal Dan Penyerapan Air Maksimal Batu Cetak Beton .....	32
Tabel 4.1	Rekapitulasi Benda Uji .....	54
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Dalam Pasir .....	57
Tabel 5.2	Hasil Pengukuran Dimensi Batako-berkait Modifikasi .....	58
Tabel 5.3	Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan Sampel I.....	60
Tabel 5.4	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako-berkait Modifikasi.....	61
Tabel 5.5	Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Batako-berkait Modifikasi .....	62
Tabel 5.6	Data Hasil Pengujian Kuat Geser Batako-berkait Modifikasi .....	65
Tabel 5.7	Data Hasil Pengujian Pasangan Bata .....	66
Tabel 5.8	Data Hasil Pengujian Pasangan Bata .....	67
Tabel 5.9	Data Hasil Pengujian Pasangan Batako-berkait.....	67
Tabel 5.10	Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Lentur Dan Kuat Geser Pasangan Bata Merah Dengan Pasangan Batako-berkait.....	68
Tabel 5.10	Perbandingan kekuatan Pasangan Batako Berkait dengan Batako- berkait Modifikasi .....	75

## Daftar Gambar

Gambar 1.1	Perspektif Batako Berkait Batako Batako-berkait .....	6
Gambar 1.2	Tampak Depan Batako Batako-berkait .....	6
Gambar 1.3	Tampak Samping Batako Batako-berkait .....	7
Gambar 1.1	Tampak Atas Batako Batako-berkait .....	7
Gambar 3.1	Balok Dalam Keadaan Lentur Murni.....	34
Gambar 3.2	Bentuk Penampang Balok.....	35
Gambar 3.3	Gaya Lentur Pada Dinding Pasangan Bata .....	36
Gambar 3.4	Tegangan Geser Pada Bahan.....	38
Gambar 3.5	Analisa Tegangan Pada Bidang Miring .....	39
Gambar 3.6	<i>Deflected Shape</i> .....	41
Gambar 3.7	Pasangan Bata Sebagai <i>Bracing</i> .....	42
Gambar 3.8	Distribusi Beban Geser .....	42
Gambar 3.9	Rumah Sederhana Dengan Pasangan Bata.....	43
Gambar 4.1	Pengujian Kuat Tekan Batako-berkait Modifikasi.....	51
Gambar 4.2	Pengujian Kuat Lentur Batako-berkait Modifikasi .....	52
Gambar 4.3	Pengujian Kuat Geser Batako-berkait Modifikasi .....	53
Gambar 4.4	Bagan Alir Prosedur Penelitian.....	55
Gambar 5.1	Pola Kerusakanuji Kuat Tekan .....	59
Gambar 5.2	Pola Kerusakanuji Kuat Lentur.....	62
Gambar 5.3	Pola Kerusakanuji Kuat Geser .....	64
Gambar 5.4	Perbedaan Batako Berkait Dan Batako-berkait Modifikasi .....	73

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir
- Lampiran 2 Hasil Pengukuran Dimensi Batako-berkait Modifikasi
- Lampiran 3 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Tekan Batako-berkait Modifikasi
- Lampiran 4 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Lentur Batako-berkait Modifikasi
- Lampiran 5 Hasil Pengujian dan Perhitungan Kuat Geser Batako-berkait Modifikasi
- Lampiran 6 Dokumentasi
- Lampiran 7 Kartu Peserta Tugas Akhir

## **ABSTRAK**

*Dinding tembok berfungsi sebagai lapisan terluar bangunan dan penyekat ruangan (fungsi non-struktural), tetapi pada bangunan rumah sederhana, dinding tembok juga berfungsi untuk menahan beban atap (fungsi struktural). Sehingga pada bangunan rumah sederhana dinding tembok harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk bereaksi terhadap beban atau gaya yang terjadi (gaya tekan, gaya lentur, dan gaya geser).*

*Dinding tembok merupakan kombinasi dari dua bahan penyusun, yaitu bata atau batako dan mortar sebagai bahan pengikat. Pada saat terjadi "kegagalan tembok" kerusakan tidak hanya dialami oleh bata tetapi juga pada mortarnya. Dari beberapa kejadian gempa di Indonesia, terdapat efek kerusakan geser pada dinding tembok berupa retakan-retakan arah diagonal. Ini menunjukkan adanya pengaruh ketahanan dinding tembok terhadap gaya geser dalam melawan gaya horizontal searah bidang dinding tembok yang ditimbulkan oleh beban gempa dan bagian struktur tersebut sebagai dinding geser dengan tahanan terbatas pada bangunan rumah sederhana. Kerusakan geser pada dinding tembok salah satunya disebabkan oleh adanya perbedaan kekuatan antara mortar dan bata/batako dalam menahan gaya geser.*

*Guna memperkecil kerusakan yang terjadi akibat adanya perbedaan kekuatan antara mortar dan bata penyusun dinding pada saat menahan gaya geser, maka dibuatlah batako berkait yang merupakan hasil modifikasi dari batako konvensional. Pada aplikasinya batako berkait tidak menggunakan mortar sebagai perekat, tetapi mengandalkan kekuatan kaitan pada masing-masing sisinya dengan kekuatan yang sama dengan bahan itu sendiri. Dengan modifikasi bentuk ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan struktur (dinding pasangan) tersebut dalam menahan gaya tekan, gaya lentur dan gaya geser.*

*Untuk dapat digunakan sebagai material alternatif penyusun dinding tembok, pasangan batako berkait harus dapat memenuhi fungsi strukturalnya. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian di laboratorium yang meliputi uji desak, uji lentur dan uji geser. Dari penelitian yang dilakukan, untuk batako berkait dengan komposisi campuran semen dan pasir 1:6 diperoleh nilai kuat tekan  $57,702 \text{ kg/cm}^2$ , kuat lentur sebesar  $2,4120 \text{ kg/cm}^2$  dan kuat geser sebesar  $11,451 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan kuat tekannya batako berkait dapat digolongkan sebagai batako kelas A (PUBI 1982). Berdasarkan hasil tersebut batako berkait dapat digunakan sebagai material alternatif penyusun dinding struktural bagian luar.*

*Kata kunci: batako berkait, kuat tekan, kuat lentur, kuat geser.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak diantara dua jalur gempa utama dunia yaitu sirkum Pasifik dan sirkum Mediterania, sehingga fenomena bencana alam ini sering terjadi. Dalam beberapa tahun terakhir, gempa sudah menghancurkan berbagai infrastruktur dan mengakibatkan munculnya korban jiwa yang tidak sedikit. Pada umumnya korban jiwa timbul akibat terjadinya “kegagalan tembok”, sehingga warga yang berada didalam bangunan mengalami luka-luka bahkan sampai meninggal dunia akibat tertimpa runtuh dinding.

Pembangunan perumahan selalu berintegrasi dengan alam sekitar, menggunakan bahan yang ada disekitarnya, seperti tanah lempung untuk bata merah, pasir untuk batako. Menurut *CEEDEDS ( Center for Earthquake Engineering Dynamic Effect, and Disaster Studies )*, dalam tinjauan lapangan dapat disimpulkan bahwa kegagalan bangunan yang diakibatkan oleh gempa banyak terjadi pada bangunan yang dibuat dengan mutu material kurang baik. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan dan perencanaan yang matang sebelum pendirian bangunan serta pengujian bahan yang akan digunakan dalam struktur bangunan tersebut.

Bahan bangunan bata merah dan batako secara umum digunakan sebagai dinding tembok. Dari pengalaman bencana gempa bumi di Indonesia, bangunan rumah yang roboh sebagian besar merupakan bangunan rumah berdinding tembok yang dibangun secara spontan dan tradisional sehingga kurang tepat untuk daerah gempa.

Untuk mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh bencana gempa, bangunan rumah berdinding tembok harus dibangun sesuai ketentuan konstruksi bangunan tahan gempa dengan memberikan perkuatan pada bagian-bagian tertentu. Detail sambungan harus benar sehingga bangunan rumah tahan terhadap guncangan gempa bumi.

Dinding tembok berfungsi sebagai lapisan terluar bangunan dan penyekat ruangan (fungsi non-struktural), pada bangunan rumah sederhana, dinding tembok juga berfungsi untuk menahan beban atap (fungsi struktural) sehingga pada bangunan rumah sederhana, dinding tembok harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk bereaksi terhadap beban atau gaya yang terjadi (gaya tekan, gaya lentur, dan gaya geser).

Jika dinding tembok tidak dapat memenuhi ketiga fungsi tersebut, maka implikasinya akan terjadi “kegagalan tembok” yaitu berupa retak-retak, hancur pada bagian tertentu dan keruntuhan. Fenomena ini dapat dijumpai pada saat rumah sederhana yang dibangun tanpa perencanaan yang baik terkena beban gempa.

Beban yang bekerja pada sebuah bangunan ditumpu oleh elemen-elemen

strukturnya, dimana elemen-elemen tersebut harus mampu meneruskan gaya yang bekerja ke tanah sehingga terjadi reaksi yang dapat mereduksi seluruh beban agar bangunan tidak mengalami kerusakan/keruntuhan. Besarnya reaksi elemen-elemen struktur dipengaruhi oleh bentuk fisik bangunan serta jenis material penyusunnya.

Dinding tembok merupakan kombinasi dari dua bahan penyusun, yaitu bata atau batako dan mortar sebagai bahan pengikat. Pada saat terjadi “kegagalan tembok” kerusakan tidak hanya dialami oleh bata tetapi juga pada mortarnya. Dari beberapa kejadian gempa di Indonesia, terdapat efek kerusakan geser pada dinding tembok berupa retakan-retakan arah diagonal. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh ketahanan dinding tembok terhadap gaya geser dalam melawan gaya horizontal searah bidang dinding tembok yang ditimbulkan oleh beban gempa dan bagian struktur tersebut sebagai dinding geser dengan tahanan terbatas pada bangunan rumah sederhana. Kerusakan geser pada dinding tembok salah satunya disebabkan oleh adanya perbedaan kekuatan antara mortar dan bata/batako dalam menahan gaya geser.

Guna memperkecil kerusakan yang terjadi akibat adanya perbedaan kekuatan antara mortar dan bata penyusun dinding pada saat menahan gaya geser, maka dibuat batako berkait yang merupakan hasil modifikasi dari batako konvensional. Pada aplikasinya batako berkait tidak menggunakan mortar sebagai perekat, tetapi mengandalkan kekuatan kaitan pada masing-masing sisinya dengan kekuatan yang sama dengan bahan itu sendiri. Dengan modifikasi bentuk ini

diharapkan dapat meningkatkan kemampuan struktur (dinding pasangan) tersebut dalam menahan gaya tekan, gaya lentur dan gaya geser.

Mengembangkan penelitian yang telah dilakukan Yogi Indra Prayoga dengan judul “ *Batako Berkait Sebagai Bahan Alternatif Penyusun Dinding Pasangan* “ yang masih memerlukan beberapa penyempurnaan yang berkaitan dengan penyederhanaan bentuk dan kualitas pemadatan, penulis mencoba melakukan suatu penelitian dengan judul “ *Modifikasi Batako-berkait Sebagai Alternatif Material Dinding*“ (*Penelitian Laboratorium*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perubahan bentuk, dimensi, dan bahan mempengaruhi kekuatan dan mekanisme transfer beban dari bahan itu sendiri. Maka perlu diteliti mengenai kekuatan dan kelayakan batako-berkait sebagai material alternatif penyusun dinding tembok.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang ada maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hal-hal berikut ini.

1. Kekuatan pasangan batako-berkait modifikasi dalam fungsinya sebagai elemen struktur pada bangunan sederhana.
2. Perbandingan kekuatan antara pasangan batako-berkait modifikasi dengan pasangan tembok konvensional (pasangan bata merah/batako) dan pasangan Batako-berkait hasil penelitian Yogi Indra Prayoga.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

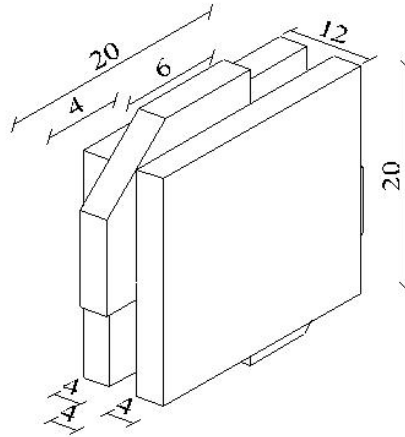
1. Bidang akademis, yaitu dapat mengetahui kekuatan pasangan batako-berkait dalam melayani/mendukung fungsinya sebagai elemen struktur pada bangunan sederhana.
2. Masyarakat, yaitu dapat dijadikan alternatif material penyusun dinding tembok.

#### **1.5 Batasan Masalah**

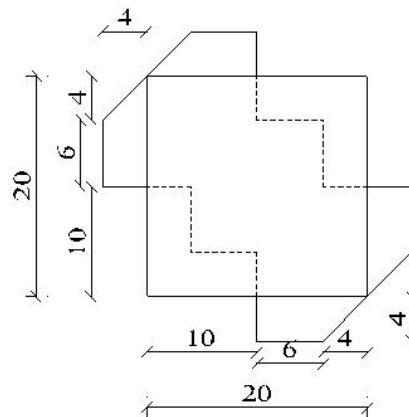
Sesuai dengan tujuan penelitian, maka agar ruang lingkup penelitian lebih jelas dan terarah diperlukan adanya batasan-batasan masalah, yaitu :

1. Benda uji dan pengujian mengacu pada standar SNI (Standar nasional Indonesia) dan ASTM (American Society for Testing and Materials).
2. Semen yang digunakan adalah Portland Cement (PC) tipe I merk *HOLCIM* kemasan 50 kg/sak.
3. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari Clereng.
5. Komposisi campuran mortar batako yang digunakan adalah 1 : 6 (semen : pasir).

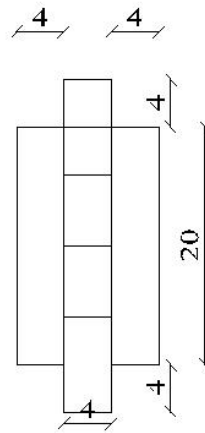
6. Dimensi batako berkait adalah **20 cm x 20 cm x 12 cm**, bentuk dan dimensi batako berkait dapat dilihat pada gambar 1.1 – 1.4.



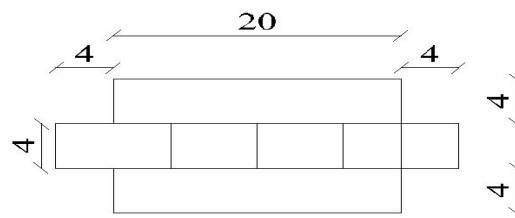
**Gambar 1.1** Perspektif Batako-berkait Modifikasi



**Gambar 1.2** Tampak Depan Batako-berkait Modifikasi



**Gambar 1.3** Tampak Samping Batako-berkait Modifikasi



**Gambar 1.4** Tampak Atas Batako-berkait Modifikasi

7. Benda uji tekan berupa Batako-berkait dengan ukuran **20 cm x 20 cm x 12 cm**, sejumlah 3 benda uji.
8. Benda uji geser berupa pasangan Batako-berkait dengan ukuran **20 cm x 20 cm x 12 cm**, yang tersusun dari 2 buah Batako-berkait dengan jumlah 3 benda uji.
9. Benda uji lentur berupa pasangan Batako-berkait dengan ukuran **20 cm x 20 cm x 12 cm** yang tersusun dari 2 buah Batako-berkait dengan jumlah 3 benda uji.

10. Pengujian dilakukan dengan mesin uji tekan-tarik "shimadzu"
11. Pengujian sampel dilakukan minimal setelah 28 hari terhitung dari pembuatan sampel.
12. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Batako adalah suatu produk batu cetak beton menggunakan komposisi semen, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan yang lain dengan perbandingan tertentu antara semen dan pasir, dicetak sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan pasangan dinding.

Batako berkait merupakan modifikasi bentuk dari batako konvensional. Batako berkait menggunakan kekuatan kaitan atau *interlocking* dalam aplikasinya di lapangan pada masing-masing sisinya sehingga menjadi dinding yang homogen ketika disusun sebagai satu kesatuan yang utuh. *Interlocking* dalam arti bahasa dapat diartikan mempersambungkan satu sama lain. (Kamus Inggris – Indonesia, John M. Echols, 1992). Sedangkan dalam istilah teknik sipil, dapat diartikan menyambung atau menyusun suatu bahan dengan bentuk/geometri tertentu sehingga dengan sendirinya dapat mencapai posisi stabil. (Kamus istilah Teknik Sipil, Erlangga).

#### **2.2 Bahan Penyusun**

Suatu semen jika dicampur dengan air akan terbentuk adonan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi

mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. (Kardiyono Tjokrodimoeljo,1992).

### **2.2.1. Batako**

Batako atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau sejenisnya, pasir, air dengan perbandingan volume tertentu dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Menurut PUBI-1982 batako atau batu cetak tras-kapur adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam suasana lembab, campuran tras, kapur dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya sedangkan batako berlubang adalah batako yang mempunyai luas penampang lubang, masing-masing tidak melebihi 25% dari seluruh luas penampang dan seluruh isi batanya.

### **2.2.2. Mortar**

Mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, maupun semen portland. Mortar dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1. Mortar kapur adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, kapur dan air.
2. Mortar lumpur adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air.
3. Mortar semen adalah mortar yang dibuat dari campuran pasir, semen

portland dan air. Menurut Wijoyo, dkk ( 1997 ), perbandingan antara volume pasir dan semen berkisar antara 1 : 2 sampai 1 : 6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Proses pembuatannya yaitu pasir dan semen mula-mula dicampur secara kering sampai merata diatas suatu tempat yang rata dan rapat air, kemudian di tambahkan air. Mortar ini memiliki kekuatan yang lebih besar dibanding kedua mortar sebelumnya, maka dari itu biasanya dipakai untuk tembok pilar, kolom atau bagian lain yang menahan beban.

Mortar yang baik harus memiliki sifat-sifat murah, tahan lama, mudah dikerjakan, melekat dengan baik, cepat kering/keras, tahan terhadap rembesan air dan tidak timbul retak-retak setelah dipasang (Kardiyono Tjokrodimoeljo,1992).  
Spesifikasi mortar.

Tabel 2.1 Persyaratan Spesifikasi

Tipe mortar	Kuat tekan rata – rata 28 hari minimal ( Mpa )
M	17,2
S	12,4
N	5,2
O	2,4

*Summer : litbang, kimpraswil, 2002*

Tabel 2.2 Pemilihan Mortar Pasangan

Lokasi	Bagian Bangunan	Tipe Mortar	
		Rekomendasi	Alternatif
Bagian luar, diatas level	• Dinding pemikul beban	N	S atau M
	• Dinding bukan pemikul beban	O	S atau M
	• Sandaran dinding	N	S
Bagian luar, dibawah level	Pondasi, dinding, dinding pemikul beban, man hole, sumur, jalan setapak	S	M atau N
Bagian dalam	• Dinding bukan pemikul beban	N	S atau M
	• Partisi bukan pemikul beban	O	N
Bagian luar dan dalam	Dekoratif dan pelindung	O	S

*Summer : litbang, kimpraswil, 2002*

### 2.2.3. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm atau lolos dari lubang ayakan standart No. 4 (Nawy, 1990).

Secara umum agregat halus sering disebut dengan pasir, baik itu pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau hasil pecahan batu. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu dan dapat diperoleh dari dalam tanah,

pada dasar sungai, atau tepi laut. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 macam (Kardiyono, 1992) :

1. Pasir galian, pasir golongan ini didapat langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
2. Pasir sungai, pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesakan. Daya lekat antar butiran rendah karena bentuknya yang bulat.
3. Pasir laut, pasir ini diambil langsung dari pantai, yang memiliki butir-butir halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam.

#### **2.2.4. Air**

Air pada campuran beton berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, kerikil, dan kapur agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*workability*) adukan mortar. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang diperlukan hanya 30% berat semen, kandungan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah. Selain itu air juga berguna dalam metode

perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus beton atau beton yang baru direndam di dalam air (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992)

#### **2.2.5. Semen**

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. (SK SNI 03 – 2847 – 2002).

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Jika ditambah air semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus pasta semen akan menjadi mortar, jika digabung dengan agregat kasar akan menjadi beton segar, dan apabila mengeras akan menjadi beton keras ( concrete ). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang ditentukan.

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa yang kompak/padat. Semen Portland dibuat dengan melalui beberapa langkah sehingga sangat halus dan memiliki sifat adesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992)

## **2.3 Penelitian Terdahulu**

Penelitian menyangkut dinding tembok pasangan sebelumnya telah banyak dilakukan, sehingga kesimpulan dan hasil dari beberapa penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai bahan acuan pada penelitian ini. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

### **2.3.1 Yogi Indra Prayoga (2007)**

Topik penelitian ini adalah ”Batako berkait Sebagai Alternaitf Material Dinding Pasangan ”. Dalam penelitian ini dinding dianggap sebagai elemen struktural yakni dianggap menerima beban langsung kemudian di analisis gaya-gaya yang terjadi ( gaya tekan, gaya lentur, gaya geser). Hasil yang didapatkan menyatakan bahwa kekuatan Batako Berkait layak digunakan sebagai material alternatif penyusun dinding pasangan untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang tidak memikul beban.

### **2.3.2 Badrudin Marma dan Pulung Sutrisno (2005)**

Topik penelitian ini adalah ” Analisis Kekuatan Dinding Pasangan Bata Super Dengan Variasi Mortar ”. Dalam penelitian ini dinding dianggap sebagai elemen struktural yakni dianggap menerima beban langsung kemudian di analisis gaya-gayayang terjadi ( gaya tekan, gaya lentur, gaya geser). Hasil yang didapatkan menyatakan bahwa kekuatan bata super relatif rendah sehingga tidak cocok untuk dinding yang mendukung beban.

### **2.3.3 Yuniarto dan Widodo (2004)**

Topik yang diambil pada penelitian ini adalah ” Pengaruh Variasi Kandungan Air Mortar Terhadap Kekuatan Pasangan Bata Sayegan Sleman”. Tujuan dari penelitian ini salah satunya untuk mengetahui kandungan air yang optimum pada mortar. Hasil dari penelitian ini yaitu bahwa mortar dengan kandungan air 0,7 dari berat semen adalah yang optimum ditinjau dari kekuatan serta kemudahan dalam pembuatan maupun pemakaiannya.

### **2.3.4 Prayogi dan Solihatun (2004)**

Topik yang diambil pada penelitian ini adalah ”Sifat-sifat Fisik Bata, Kuat Lentur Dinding Pasangannya dengan Variasi Campuran Mortar Menggunakan Pasir Dicuci dan Pasir Tidak Dicuci”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik bata yang diambil dari salah satu pabrik bata daerah Sleman, mengetahui perbandingan kekuatan mortar dengan memakai pasir dicuci dan pasir tidak dicuci/ masih mengandung lumpur, mengetahui perbandingan kekuatan pasangan tembok bata dengan memakai pasir dicuci dan tidak dicuci/ masih mengandung lumpur, dan lebih memfokuskan untuk mengetahui kuat lentur pasangan bata dengan variasi campuran mortar. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa material bata merah yang digunakan dalam penelitian termasuk dalam mutu bata merah kelas III, variasi campuran mortar yang menghasilkan kuat lentur terbesar adalah mortar yang menggunakan campuran semen, kapur dan pasir dengan perbandingan 1:0,5:4.

### **2.3.5 Atindriana (2003)**

Topik penelitian yang diambil adalah ” Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Daerah Sleman Yogyakarta dengan Variasi Campuran Mortar”. Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan pasangan bata dengan variasi campuran mortar. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa material bata merah yang digunakan dalam penelitian termasuk dalam mutu bata merah kelas III, variasi campuran mortar yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah mortar yang menggunakan campuran semen, kapur dan pasir dengan perbandingan 1:0,5:4.

### **2.3.6 Hidayat dan Purnomo (2003)**

Pada penelitian ini diambil topik ”Karakteristik Bata, Mortar dan Kuat Geser Dinding Pasangan Bata dengan Variasi Proporsi Campuran Mortar”. Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah untuk mengetahui karakteristik bahan penyusun pasangan bata daerah Sleman, serta untuk mengetahui besar kuat geser pasangan bata dengan 5 variasi campuran mortar baik menggunakan pasir yang dicuci maupun pasir yang tidak dicuci. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa dari mutu tekannya, bata merah yang digunakan termasuk golongan III berdasarkan NI-10 196, serta kuat geser terbesar pada pasangan bata didapatkan pada pasangan bata yang menggunakan perbandingan semen, kapur dan pasir sebesar 1:0,5:4.

### **2.3.7 Christensen (1974)**

Melakukan penelitian mengenai kekuatan lekatan pada bata dan mortar di Indonesia. Dalam penelitian tersebut menghasilkan beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Bata sebelum dipasang perlu untuk direndam terlebih dahulu sampai bata jenuh, hal ini akan membersihkan residu yang menempel pada permukaan bata dan akan membuat bata tidak menyerap air pada mortar pada saat pemasangan.
2. Mortar yang akan digunakan haruslah mampu memberikan kekuatan lekatan yang memadai, untuk itu pasir harus bersih dari bahan-bahan yang menyebabkan dapat menurunnya kekuatan lekatan, kadar air yang digunakan disesuaikan dengan kemudahan pengerjaannya sehingga mortar tidak terlalu kental dan tidak terlalu encer. Mortar dengan campuran yang terdiri dari semen, kapur dan pasir direkomendasikan untuk menghasilkan lekatan yang baik.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Dinding tembok berfungsi sebagai lapisan terluar bangunan dan penyekat ruangan (fungsi non-struktural), tetapi pada bangunan rumah sederhana, dinding tembok juga berfungsi untuk menahan beban atap (fungsi struktural). Sehingga pada bangunan rumah sederhana dinding tembok harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk bereaksi terhadap beban atau gaya yang terjadi (gaya tekan, gaya lentur, dan gaya geser).

Besarnya kekuatan dinding dalam menahan beban tentunya berhubungan dengan kekuatan bata yang digunakan, kekuatan mortar serta lekatan antara bata dengan mortar, sehingga keduanya tidak terpisah atau pecah saat menahan beban yang bekerja.

#### **3.2 Batako**

Menurut pasal 18 PUI 1982, batu cetak beton/batako adalah batu cetak (berlubang atau pejal) yang dibuat dari campuran semen Portland, dan agregat halus yang sesuai serta diperuntukkan bagi pembuatan konstruksi-konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban, maupun yang tidak memikul beban.

Batu cetak beton berlubang ialah batu cetak beton yang memiliki lubang

sedemikian rupa hingga jumlah luas penampang lubangnya serta jumlah sisi lubangnya masing-masing lebih besar dari 25% luas penampang serta isi batu cetak beton.

Sifat-sifat batako sebagai bahan untuk pasangan dinding adalah sebagai berikut :

1. Ukuran dan mutunya seragam bila dibuat dengan cara yang sama.
2. Pemasangan mudah dan rapih tidak perlu pemotongan.
3. Permukaan menarik dan tidak perlu diplester lagi.
4. Harga pasangan jadi bersaing dengan bahan lainnya.

Jenis-jenis batako sebagai bahan penyusun pasangan dinding adalah sebagai berikut :

Ditinjau dari cara pembuatannya, batako ada 2 macam yaitu :

1. Batako buatan tangan (manual) adalah batu cetak beton yang dibuat dengan mencetak campuran lembab dari pasir dan semen Portland didalam sebuah cetakan dengan cara dipukul-pukul dengan tangan. Setelah melalui proses pemeliharaan (di udara ruangan selama sekitar 4 minggu), batako siap untuk dipakai.
2. Batako buatan mesin (*vibrated conblock*) adalah batu cetak beton yang dibuat dengan mencetak campuran lembab dari pasir dan semen Portland di dalam mesin cetak getar, sehingga diperoleh pemampatan maksimum. Setelah proses pemeliharaan sekitar 4 minggu, batako siap untuk dipakai.

Ditinjau berdasarkan pemakaiannya, batu cetak beton dibagi kedalam tiga kelas, yaitu :

Kelas A : untuk pemakaian di luar atau pada bagian luar bangunan, baik yang memikul beban maupun yang tidak memikul beban.

Kelas B : untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang memikul beban.

Kelas C : untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang tidak memikul beban.

Ditinjau dari ukuran standar, batako ada 4 macam, yaitu :

1. HB 10 =  $10 \times 20 \times 40$  (dalam cm)

2. HB 10 (1/2) =  $10 \times 10 \times 20$  (dalam cm)

3. HB 20 =  $20 \times 20 \times 40$  (dalam cm)

4. HB 15 =  $15 \times 20 \times 40$  (dalam cm)

Batako adalah suatu produk batu cetak beton menggunakan komposisi semen, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan yang lain dengan perbandingan semen dan pasir 1:2 sampai 1:6 atau lebih, dicetak sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan pasangan dinding dengan perbandingan air semen antara 0,3 – 0,4.

Persyaratan mutu batako menurut PUBLI 1982 adalah sebagai berikut :

1. Ukuran nominal batu cetak beton termasuk 1 cm tempat melekatkan adukan (spesi) adalah berikut ini :
  - Panjang : 40 cm
  - Tinggi : 20 cm dan 10 cm
  - Tebal : 7,5 ; 10 ; 15 ; dan 20 cm.
2. Selain dari pada itu, dibuat pula batu cetak beton dengan ukuran masing-masing 1/4, 1/2 dan 3/4 panjang.
3. Tebal minimum setiap dinding lubang dan sirip pada batu cetak beton berlubang tidak boleh lebih tipis dari 20 mm.
4. Sisi-sisi kearah panjang, tebal dan tinggi dari batu cetak beton harus tegak lurus satu dengan yang lainnya; tepi-tepi serta sudut-sudutnya harus cukup kuat sehingga tidak mudah diserpihkan dengan tangan; pada badan batu cetak tidak boleh terdapat cacat yang merugikan.
5. Kuat tekan rata-rata,  $\sigma_{tk}$  dari hasil pengujian 6 buah contoh yang diuji, tidak boleh lebih kecil dari harga yang tercantum dalam tabel 3.1

**Tabel 3.1** Kekuatan Tekan Batu Cetak Beton

Klasifikasi batu cetak	Kekuatan tekan minimum, kg/cm <sup>2</sup>			
	Termasuk luas penampang lubang		Tidak termasuk luas penampang lubang	
	Rata-rata 6 contoh	Masing- masing contoh	Rata-rata 6 contoh	Masing-masing contoh
Kelas A	70	55	125	100
Kelas B	50	40	85	70
Kelas C	25	20	35	30

Sumber : PUBI 1982

Keuntungan dari penggunaan batako sebagai bahan untuk pasangan dinding adalah sebagai berikut :

1. Mudah mengontrol mutu produk.
2. Dalam aplikasi dapat digunakan tanpa plester.
3. Pemasangan lebih cepat.

### **3.3 Bahan Penyusun Batako**

#### **3.3.1 Semen**

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terbuat dari batu kapur (CaCO<sub>3</sub>) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-

silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (SK SNI 03 – 2847 – 2002 ).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa yang kompak/padat. Semen Portland dibuat dengan melalui beberapa langkah sehingga sangat halus dan memiliki sifat *adesif* maupun *kohesif*. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung *kalsium karbonat* atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung *alumina*) dengan perbandingan tertentu (Kardiyono Tjokrodimoeljo,1992)

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

- Jenis I : Semen *Portland* untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak ada persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
- Jenis II : Semen *Portland* untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen *Portland* untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut kekuatan awal yang tinggi.
- Jenis IV : Semen *Portland* untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen *Portland* untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangattahan terhadap sulfat.

### 3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm atau lolos dari lubang ayakan standart No. 4 (Nawy, 1990) sedangkan menurut Kardiyono Tjokrodimoeljo,1992 pasir adalah butiran-butiran mineral yang mempunyai diameter butir 0,15 mm sampai 5 mm. Pasir untuk adukan pasangan, plesteran, dan bitumen harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Butiran pasir harus tajam dan keras, tidak dapat dihancurkan dengan jari.
2. Kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5 %.
3. Warna larutan pada pengujian dengan 3 % *natrium-hidroksida*, akibat adanya zat-zat organik tidak boleh lebih tua dari warna larutan normal atau warna air teh yang sedang kepekatannya.
4. Bagian yang hancur pada pengujian dengan larutan jenuh *natrium sulfat* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) tidak boleh lebih dari 10 %.
5. Jika dipergunakan untuk adukan dengan semen yang mengandung lebih dari 0,6 alkali dihitung sebagai sebagai *natrium oksida* ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), pada pengujian tidak boleh menunjukkan sifat reaktif.
6. Keteguhan adukan percobaan dibandingkan dengan adukan pembanding

yang menggunakan semen yang sama dan pasir normal tidak boleh lebih kecil dari 5 % pada pengujian 1-6 hari.

7. Pasir untuk adukan plesteran dan adukan pasangan butirannya harus dapat melalui ayakan berlubang persegi 3 mm (SNI NI-3, 1970).

Selain persyaratan tersebut diatas kualitas agregat juga sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butir bervariasi maka volume pori yang terbentuk akan kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori yang terjadi sedikit. Apabila pori yang terjadi sedikit maka bahan ikat yang dibutuhkan juga akan sedikit.

Menurut *british standart* yang juga digunakan untuk standar di Indonesia, agregat dikelompokkan dalam empat zona seperti pada tabel 3.2 yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar, pasir kasar.

**Tabel 3.2** Gradasi Pasir Menurut *British Standart*

Lubang ayakan ( mm )	Persen Berat Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Agak halus	Pasir Halus
10	100	100	100	100
4.8	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
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995

### 3.3.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam proses pembuatan beton dan mortar. Air pada campuran berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, pasir, dan kerikil agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir dan kerikil yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*Workability*) adukan beton. Jumlah dan kualitas air yang digunakan akan berpengaruh pada lama ikatan awal dan kekuatan beton setelah mengeras. Selain itu air juga digunakan untuk merawat beton yang telah selesai dicor agar tidak kering terlalu cepat, yaitu dengan cara menyirami permukaannya dan juga digunakan untuk keperluan rutinitas baik karyawan

maupun pekerja. Persyaratan air yang digunakan untuk pengolahan dan perawatan beton ditentukan dalam SK-SNI No S-04-9189-F :

1. Air harus bersih,
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda lainnya yang dapat dilihat secara visual,
3. Tidak mengandung bahan-bahan tersuspensi lebih dari 2 gram/liter,
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm, dan senyawa sulfat lebih dari 100 ppm,
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%,
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya,
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut di atas, air tidak boleh mengandung klorida (Cl) lebih dari 50 ppm.

Pada umumnya persyaratan air yang digunakan harus bersih, tidak berbau dan dapat dikonsumsi, tidak mengandung minyak, lemak, asam alkali, garam-garam, dan asam sulfat (Kardiyono Tjokrodimoeljo,1992).

### **3.4 Kuat Tekan**

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain faktor air semen dan pematatan (Murdock, 1986), faktor tersebut antara lain adalah:

1. Jenis semen dan kualitasnya

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan lekuk-lekuk bentuk bidang permukaan agregat

Penggunaan agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar akan menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dari pada penggunaan agregat dengan permukaan halus.

3. Efisiensi dan perawatan

Perawatan beton yang dihentikan sebelum waktunya akan mengurangi kuat tekan mencapai 40%, sehingga perawatan beton sangat penting pada saat pembuatan benda uji maupun aplikasi di lapangan.

Menurut SK SNI 03 - xxxx – 2002 tata cara perawatan beton perawatan beton adalah sebagai berikut:

- 1) Beton (selain beton kuat awal tinggi) harus dirawat pada suhu di atas 10 °C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran, kecuali jika dirawat menurut perawatan dipercepat.
- 2) Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10 °C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama kecuali jika dirawat menurut perawatan dipercepat.
- 3) Perawatan dipercepat
  - a. Perawatan dengan uap bertekanan tinggi, penguapan pada tekanan atmosfer, panas dan lembab, atau proses lainnya yang dapat diterima, dapat dilakukan untuk mempercepat peningkatan kekuatan dan mengurangi waktu perawatan.
  - b. Percepatan waktu perawatan harus memberikan kuat tekan beton pada tahap pembebanan yang ditinjau sekurang-kurangnya sama dengan kuat rencana perlu pada tahap pembebanan tersebut.
  - c. Proses perawatan harus sedemikian hingga beton yang dihasilkan mempunyai tingkat keawetan paling tidak sama dengan yang dihasilkan oleh metode perawatan pada poin 1 atau poin 2.
- 4) Bila diperlukan oleh pengawas lapangan, maka dapat dilakukan penambahan uji kuat tekan beton untuk menjamin bahwa proses perawatan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan.

Selama cuaca panas, perhatian harus lebih diberikan pada bahan dasar, cara produksi, penanganan, pengecoran, perlindungan, dan perawatan untuk mencegah terjadinya temperatur beton atau penguapan air yang berlebihan yang dapat memberi pengaruh negatif pada mutu beton yang dihasilkan atau pada kemampuan layan komponen atau struktur.

#### 4. Faktor usia

Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah secara signifikan antara 0-28 hari, selanjutnya kekuatan beton bertambah secara lambat sampai beberapa tahun.

Pengujian kuat tekan batako bertujuan untuk mengetahui kekuatan batako untuk menahan gaya tekan dengan suatu luasan bidang tertentu.

Menurut ASTM/Vol 04.05/E-447 pengujian kuat tekan pasangan bata dilakukan dengan mengambil sampel minimal 3 buah sampel yang memiliki ketinggian sampel minimal dua kali tebal pasangan bata dan paling sedikit mempunyai 2 sambungan mortar atau minimal tinggi sampel 380 mm. Pengujian dilakukan setelah sampel berumur 28 hari.

Pengukuran kuat tekan dilakukan dengan membuat benda uji yang berupa batako, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau  $\text{kg/cm}^2$  dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Kuat desak beton  $\sigma_{tk} = \frac{P}{A}$ ..... (3.1)

Dengan :  $P$  = beban maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI182) batako dikelompokkan menjadi empat golongan seperti dalam tabel 3.2

**Tabel 3.3** Kekuatan Tekan Minimal dan Penyerapan Air Maksimal Batako

Mutu Batako	Kuat tekan Minimal	Penyerapan Air Maksimal
<b>Mutu I</b> Untuk konstruksi yang terbebani dan tidak terlindungi	6,5 N/mm <sup>2</sup>	25 %
<b>Mutu II</b> Untuk konstruksi yang terbebani dan terlindungi	4,5 N/mm <sup>2</sup>	35 %
<b>Mutu III</b> Untuk konstruksi yang tidak terbebani dan tidak terlindungi	3,0 N/mm <sup>2</sup>	-
<b>Mutu IV</b> Untuk konstruksi yang tidak terbebani dan terlindungi	1,7 N/mm <sup>2</sup>	-

Sumber : PUBI 1982

### 3.5 Kuat Lentur

#### 3.5.1 Kuat Lentur Balok

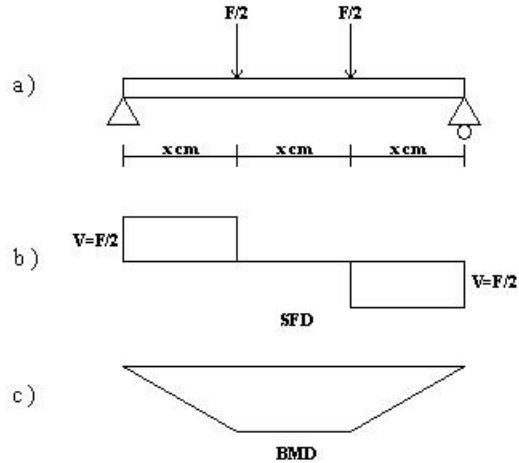
Jika suatu balok dibebani gaya melintang maka balok akan melengkung/melentur dan menimbulkan momen lentur dalam balok tersebut (Daryanto, 1996). Syafi'i (1984), mengartikan kuat lentur statis sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menahan beban yang bekerja tegak lurus sumbu memanjang serat di tengah-tengah yang disangga pada kedua ujungnya.

Jika suatu gelagar balok terletak diatas tumpuan sederhana dan menerima beban tertentu di atas balok, maka akan terjadi deformasi/regangan pada balok tersebut. Momen yang ditimbulkan pada peristiwa ini yaitu momen lentur positif sehingga regangan tekan yang terjadi pada atas balok dan regangan tarik terjadi pada bagian bawah balok.

Kuat Lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok dibawah suatu momen lentur ( *bending moment* ) konstan, yang berarti bahwa suatu momen gaya lintang sama dengan nol. Definisi dari lentur dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Sebuah balok sederhana yang dibebani secara sistematis oleh dua buah gaya  $\frac{F}{2}$  (Gambar 1.a)
- b. Gaya lintang (V) yang bersangkutan (Gambar 1.b)

c. Diagram momen lentur (Gambar 1.c)



a. balok dengan dua buah garis simetris

b. diagram gaya lintang

c. diagram momen

**Gambar 3.1** Balok Dalam Keadaan Lentur Murni

Daerah diantara beban-beban F/2 tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur konstan yang besarnya :

$$M = \frac{F}{2} \cdot x \dots\dots\dots(3.2)$$

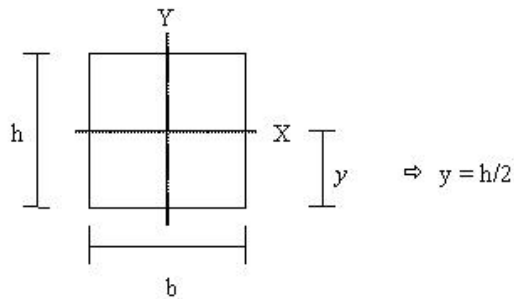
dengan : M = Momen

F = beban (gaya)

x = jarak garis netral

Karena itu daerah pusat dari balok berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya  $L/3$  didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tidak merata dikarenakan momen (  $M$  ) tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.

Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur (  $M$  ) dan momen inersia (  $I$  ) dari tampang balok.



**Gambar 3.2** Bentuk Penampang Balok

Dan nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = \frac{M \times y}{I} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :  $I = (1/12).b.h^3$

$y$  = jarak garis netral ke titik yang dituju

dengan substitusi persamaan dan kedalam persamaan didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{M(h/2)}{(1/12).b.h^3} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{(1/6)b.h^2} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan :  $\sigma_{lt}$  = Kuat Lentur

F = beban (gaya)

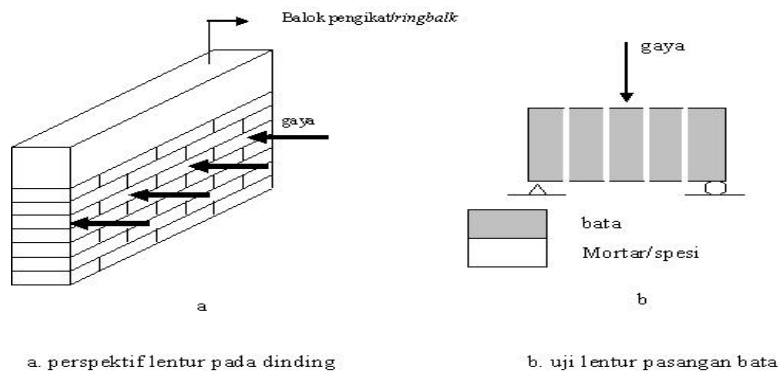
L = jarak antar tumpuan

b = lebar tampang balok

h = tinggi tampang balok

### 3.5.2 Kuat Lentur Dinding Pasangan Bata

Dinding akan menerima gaya lentur ketika ada gaya horizontal yang bekerja tegak lurus penampang dinding. Pada umumnya gaya horizontal tersebut ditimbulkan oleh angin dan gempa dengan arah gaya yang terjadi bolak-balik sedemikian hingga dinding mengalami lentur. Besarnya gaya lentur tersebut harus dapat direduksi secara sempurna oleh dinding sehingga tidak menimbulkan keruntuhan.



**Gambar 3.3** Gaya Lentur pada Dinding Pasangan Bata

Menurut ASTM/Vol 04.05/E-518 pengujian kuat lentur pasangan bata dilakukan dengan cara mengambil sampel minimal 3 buah dengan panjang prisma minimal 460 mm, dengan ketebalan mortar  $10 \pm 1,5$  mm (perlu diperhatikan perbandingan lebar prisma lebih besar sama dengan dua kali tebalnya). Pengujian dilakukan setelah sampel berumur 28 hari dengan uji pembebanan statis.

Besarnya *gross area solid masonry* untuk *modulus of rupture* (kuat lentur), dapat dicari dengan persamaan (3.6).

$$R = \frac{(2P + 0,75W) \cdot x}{b \cdot h^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keternagan :  $R = \text{modulus of rupture (kg/cm}^2\text{)}$

$P =$  pembebanan maksimum pada pengujian (kg)

$W =$  berat benda uji/sampel (kg)

$x =$  jarak dukungan (cm)

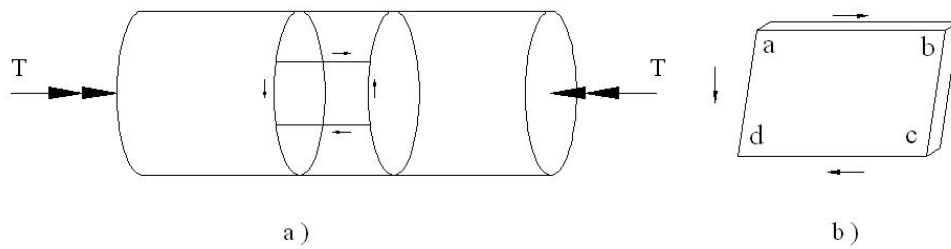
$b =$  rata-rata lebar benda uji sampel (cm)

$h =$  rata-rata tinggi benda uji/sampel (cm)

### 3.6 Kuat Geser

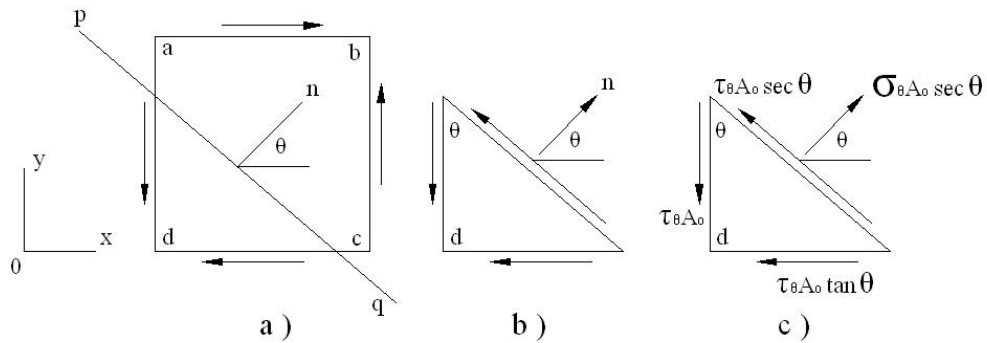
#### 3.6.1 Geser Murni

Geser murni adalah keadaan yang terjadi pada suatu elemen yang hanya mengalami tegangan geser saja. Untuk lebih jelasnya prinsip geser murni dapat dilihat pada gambar 3.4



**Gambar 3.4** Gambar Tegangan Geser Pada Bahan

Apabila batang berpenampang bundar dikenai puntiran maka di sekeliling penampang akan bekerja tegangan-tegangan geser  $\tau$  sebagaimana dijelaskan pada gambar 3.4. sebuah elemen kecil yang di potong antara dua penampang dan dua bidang longitudinal akan berada dalam keadaan geser murni. Misal batang tersebut dikenai gaya puntir searah jarum jam jika dilihat dari kanan gambar 3.4 a, maka arah-arah gaya geser akan seperti yang terlihat pada gambar 3.4 b. Akibat gaya puntir maka akan terjadi gaya geser dengan arah  $cb$  dan  $ad$ , yang besarnya sama tetapi berlawanan arah bekerja untuk mencapai kesetimbangan. Kedua gaya tersebut akan membentuk kopel sehingga harus diimbangi dengan momen kopel lain yang bekerja berlawanan untuk mencapai kesetimbangan. Penjelasan geser murni juga mencakup tegangan geser pada bidang miring seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.5 a



**Gambar 3.5** Analisa Tegangan pada Bidang Miring

Gambar 3.5 (a) memperlihatkan elemen tegangan abcd yang mengalami tegangan geser pada keempat permukaannya. Untuk memperoleh gambaran lebih jelas, kita potong elemen tersebut searah diagonal sepanjang pq yang membentuk sudut  $\theta$  terhadap sumbu x. Kemudian segi tiga hasil potongan dipisahkan sehingga didapat elemen yang berbentuk baji (gambar 3.5(b)) sebagai sebuah badan bebas.

Pada permukaan elemen baji sebelah kiri dan bawah terdapat tegangan geser, sedangkan pada bidang miringnya mungkin saja bekerja tegangan normal ( $\sigma_\theta$ ) dan tegangan geser ( $\tau_\theta$ ) yang besarnya bergantung pada sudut ( $\theta$ ).

Tegangan-tegangan yang bekerja pada permukaan kiri dan bawah diuraikan kedalam komponen-komponen tegangan yang bekerja dalam arah tegak-lurus bidang miring atau searah ( $\sigma_\theta$ ) dan sejajar bidang miring atau searah ( $\tau_\theta$ ). Komponen-komponen tersebut dijumlahkan menurut arah ( $\sigma_\theta$ ) dan ( $\tau_\theta$ ) sehingga dapat menentukan besar dan arah tegangan normal dan tegangan geser pada bidang miring seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.5 (c). Persamaan

untuk memperoleh ( $\sigma_\theta$ ) dan ( $\tau_\theta$ ) dapat dilihat pada rumus 3.7 dan 3.8.

$$\sigma_\theta = \tau \sin 2 \theta \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\tau_\theta = \tau \cos 2 \theta \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

keterangan :

$\sigma_\theta$  = tegangan normal

$\tau_\theta$  = tegangan geser

$\tau$  = tegangan geser yang bekerja pada bidang x dan y

$\theta$  = sudut orientasi bidang miring

Dari kedua persamaan diatas kita dapat memperoleh tegangan geser maksimum ( $\tau$  maks) dan tegangan normal maksimum ( $\sigma$  maks). Pada sudut orientasi bidang miring ( $\theta$ ) =  $0^\circ$  tegangan geser mencapai nilai maksimumnya sedangkan tegangan normal bernilai = 0. Pada sudut orientasi bidang miring ( $\theta$ ) =  $45^\circ$  tegangan normal mencapai nilai maksimumnya yang sama nilainya dengan tegangan geser maksimum sedangkan tegangan geser bernilai = 0.

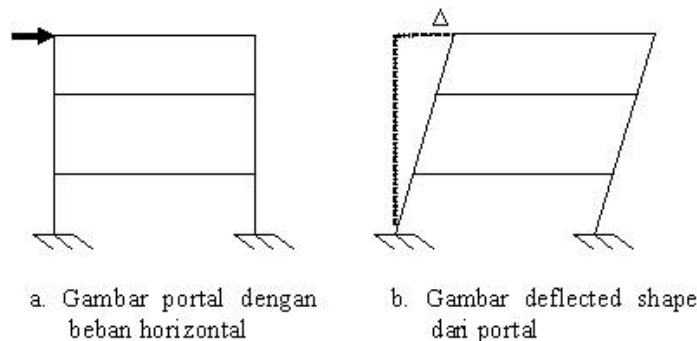
Pemahaman mengenai geser murni akan berguna untuk memahami perilaku pasangan batako berkait bila dibebani beban geser.

### **3.6.2 Kuat Geser Portal dengan Dinding Pasangan Bata**

Perilaku pasangan bata sangat dipengaruhi oleh rasio tinggi terhadap lebar.

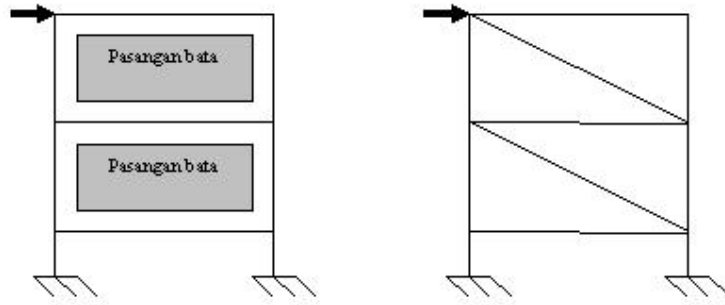
Pasangan bata yang relatif pendek tetapi cukup lebar sehingga rasio tinggi terhadap lebar relatif kecil akan berperilaku kuat menahan geser, sedangkan bila rasio tinggi terhadap lebar relatif besar maka pasangan bata akan berperilaku kuat menahan lentur. Perilaku tersebut membantu untuk memahami perilaku pasangan bata bila dikombinasikan pada portal.

Sebelum membicarakan kombinasi portal dengan pasangan bata, maka akan dibahas terlebih dahulu perilaku portal terbuka (*open frame*) ketika dibebani beban horizontal seperti terlihat pada gambar 3.6a. dan 3.6b adalah *deflected shape* yang paling umum atas portal terbuka akibat beban horizontal (geser)



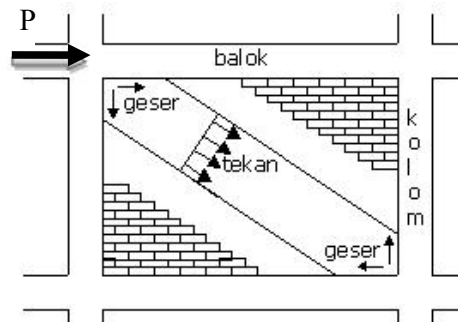
**Gambar 3.6** Gambar *Deflected Shape*

Pada gambar 3.6b terjadi simpangan ( $\Delta$ ) antar tingkat pada portal. Simpangan inilah yang menyebabkan kerusakan pada portal dan yang elemen non strukturnya. Simpangan ini harus dibatasi agar dapat mengeliminir kerusakan-kerusakan tersebut. Simpangan dapat dibatasi dengan mengisi portal dengan pasangan bata karena pasangan bata lebih kaku dari kolom. Penambahan pasangan bata akan meningkatkan kekakuan portal sehingga pasangan bata berfungsi sebagai *bracing* dengan tahanan terbatas, seperti yang terlihat dalam gambar 3.7



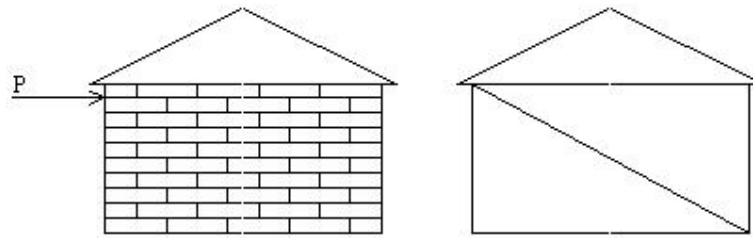
**Gambar 3.7** Gambar Pasangan Bata Sebagai *Bracing*

Pasangan bata akan mendistribusikan beban horizontal (geser) tersebut sebagai beban tekan searah diagonal pasangan bata. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3.8



**Gambar 3.8** Gambar Distribusi Beban Geser

Dengan pemahaman yang sama dapat diasumsikan prinsip tersebut juga bekerja pada pasangan bata rumah sederhana seperti pada Gambar 3.9



**Gambar 3.9** Gambar Rumah Sederhana dengan Pasangan Bata

### 3.7 Batako-berkait

Batako-berkait adalah bahan/material penyusun dinding yang bentuk geometrinya didasarkan pada prinsip geser murni untuk dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan yang terdapat pada dinding pasangan bata konvensional. Walaupun dibuat dari bahan yang sama, diharapkan dengan bentuknya yang telah di modifikasi sedemikian hingga batako-berkait modifikasi dapat memiliki sifat-sifat lebih unggul dibandingkan batako biasa. Gambar dan dimensi dari batako-berkait modifikasi dapat dilihat pada gambar 1.1 – 1.4.

Batako-berkait didesain memiliki kaitan-kaitan pada keempat sisinya, yang berfungsi sebagai sambungan dan pengunci antar batako sehingga menjadi satu-kesatuan yang utuh sebagai dinding pasangan. Dalam aplikasinya, batako-berkait tidak menggunakan mortar/spesi sebagai perekat tetapi mengandalkan bentuknya sendiri yang saling mengunci dengan batako yang lain. Oleh karena itu dapat kita asumsikan bahwa dinding pasangan batako-berkait merupakan dinding yang homogen, yaitu dinding yang tersusun dari bahan dengan bentuk dan kekuatan yang sama.

### **3.8 Hipotesis**

Berdasarkan pembahasan dalam tinjauan pustaka dan landasan teori dapat dirumuskan hipotesis bahwa dengan kekuatan materil bahan yang sama pasangan batako-berkait memiliki kuat geser, dan kuat lentur lebih baik dari pasangan bata konvensional, dikarenakan batako-berkait memiliki kaitan yang akan saling mengkait satu sama lain. Kekuatan kaitan pada masing-masing sisi antar batako-berkait akan saling mengunci dengan kekuatan yang sama dengan dengan batako itu sendiri. Sehingga pada dinding yang tersusun dari batako-berkait tidak terdapat perbedaan kekuatan antar penyusunnya yang merupakan salah satu kelemahan yang terdapat pada dinding pasangan bata.

## **BAB IV**

### **METODA PENELITIAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Dalam penelitian ini akan dibandingkan kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser pasangan batako-berkait terhadap pasangan bata merah dan batako konvensional. Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium dengan membuat benda uji berupa batako-berkait.

Hasil akhir suatu penelitian berkaitan erat dengan metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, jenis alat yang digunakan dan jenis penelitiannya.

#### **4.2 Spesifikasi Bahan**

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengujian dan klasifikasi terhadap bahan penyusun campuran batako-berkait. Adapun bahan-bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut :

##### *1. Semen Portland*

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen *Portland* tipe I merk *HOLCIM* kemasan 50 Kg / sak. *HOLCIM* merupakan produsen semen yang hasil produksinya sudah teruji, selain itu pemasaran produk *HOLCIM* sudah cukup luas sehingga produk *HOLCIM* sangat mudah didapat.

## 2. Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir dari daerah Clereng, Kulon Progo. Pasir dari daerah Clereng merupakan pasir yang mempunyai kadar lumpur yang rendah dan permukaan yang tajam sehingga baik digunakan sebagai agregat halus campuran beton/mortar.

## 3. Air

Air yang digunakan berasal dari air PDAM Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII. Pemilihan air yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan pada SK-SNI No S-04-9189-F.

### **4.3 Peralatan Penelitian**

Untuk mendapatkan hasil yang valid maka dalam penelitian ini diperlukan peralatan yang berfungsi sebagai alat bantu dalam melaksanakan pengujian-pengujian terhadap bahan maupun benda uji atau sampel yang dibuat. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Ayakan/saringan

Digunakan untuk mengayak atau menyaring pasir.

#### 2. Timbangan

Timbangan dengan kapasitas 30 kg digunakan untuk menimbang bahan-bahan dan benda uji.

3. Talam baja

Talam baja digunakan sebagai tempat untuk mengaduk campuran mortar.

4. Gayung/gelas ukur

Gayung berfungsi untuk mengambil air dan mengukur volume air yang akan digunakan.

5. Cetok

Berfungsi sebagai pengaduk dan perata adukan mortar.

6. Kaliper / Jangka sorong

Kaliper adalah alat ukur dimensi benda uji (diameter, lebar,tinggi) dengan ketelitian hingga 0,001 mm.

7. Ember

Digunakan untuk menyiapkan bahan untuk membuat campuran.

8. Cetakan

Digunakan untuk mencetak benda uji.

9. Gerinda

Digunakan untuk meratakan permukaan benda uji.

## 10. Mesin Uji Tekan-Lentur

Universal Testing Machine merk "Shimadzu", tipe UMH 30, dengan kekuatan tarik dan tekan maksimal sebesar 20 ton. Mesin Uji ini digunakan untuk mengukur kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser pasangan batako berkait.

### 4.4 Benda Uji

Benda uji berupa batako berkait yang dibuat dari mortar dengan campuran 1 : 6 ( semen : pasir ). Adapun bentuk dan dimensinya seperti gambar 1.1 – 1.4.

### 4.5 Pengujian Bahan dan Benda Uji

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan untuk membuat sampel dengan menggunakan metoda yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### 4.5.1 Pengujian Kandungan Lumpur pada Pasir

Pengujian kandungan lumpur pada pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam mortar. Pengujian ini mengacu pada PUBLI 1970 pasal 14 ayat 2b.

Metoda pengujian kadar lumpur pasir adalah sebagai berikut :

1. Disiapkan sampel pasir kemudian dikeringkan.
2. Disiapkan bejana yang akan digunakan sebagai penampung wadah pasir dan catat bobotnya.
3. Diambil pasir yang telah dikeringkan sebanyak 100 gram lalu dimasukkan

dalam gelas ukur 250 cc.

4. Pada gelas ukur yang telah diisi pasir dimasukan air, hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Gelas ukur dikocok sampai  $\pm 15$  kali, lalu didiamkan hingga 1 menit, kemudian air keruh dibuang perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan 1-5 diulang hingga air jernih.
7. Pasir dipisahkan dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Pasir tersebut dikeringkan dalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam.
9. Setelah  $\pm 36$  jam pasir dikeluarkan dari oven, didinginkan lalu ditimbang dan dicatat bobotnya.

Nilai kandungan lumpur pada pasir dapat dihitung dengan persamaan (4.1)

$$\text{Kandungan lumpur pasir (\%)} = \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan :  $B_0$  = berat pasir sebelum pencucian (kg).

$B$  = berat pasir setelah dicuci dan dioven (kg).

#### 4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Batako-berkait

Pengujian mengacu pada Persyaratan Bahan Bangunan Umum Indonesia (PUBI 1982) dengan penggolongan mutu batako dari Mutu I- Mutu VI dan Mengacu pada SNI-03-0349-1989. Dengan mengacu pada persyaratan tersebut

didapatkan nilai kuat tekan secara merata pada permukaan batako secara utuh.

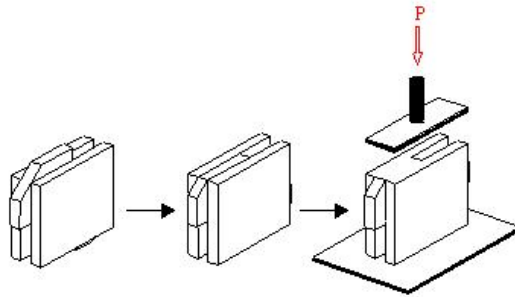
Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan dari pasangan batako-berkait. Pengujian dilakukan dengan membuat 3 buah benda uji. Karena pada aplikasinya batako ini tidak menggunakan mortar sebagai perekat, maka pengujian dilakukan dengan cara memberikan gaya tekan pada satu buah batako-berkait saja. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa dinding pasangan yang terdiri dari susunan batako-berkait adalah dinding yang homogen, yaitu dinding yang tersusun dari bahan yang sama serta memiliki bentuk dan kekuatan yang sama.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur benda uji 28 hari. Pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.1. metoda pengujian kuat tekan pasangan adalah sebagai berikut :

1. Dibuat adukan mortar seperti spesifikasi yang telah ditetapkan.
2. Masukkan adukan kedalam cetakan kemudian dipadatkan dengan cara dipukul-pukul.
3. Lepas batako-berkait dari cetakannya beri nomor dan tanggal pembuatannya
4. Simpan batako-berkait ditempat terlindung, dan siram dengan air secukupnya, kemudian diangin-anginkan dalam suhu ruang.
5. Setelah umur 28 hari diambil untuk diratakan bidang tekannya dan diukur dimensinya

6. Pada tepi atas dan bawah benda uji diratakan menggunakan gerinda sebelum dilakukan pengujian agar pendistribusian beban tekan yang dikerjakan dapat merata keseluruh permukaan (bidang kontak).
7. Pengujian dilakukan dengan memberi beban pada permukaan atas sampel.

Besarnya kuat tekan pasangan bata yang diuji dapat dicari dengan persamaan (3.1)



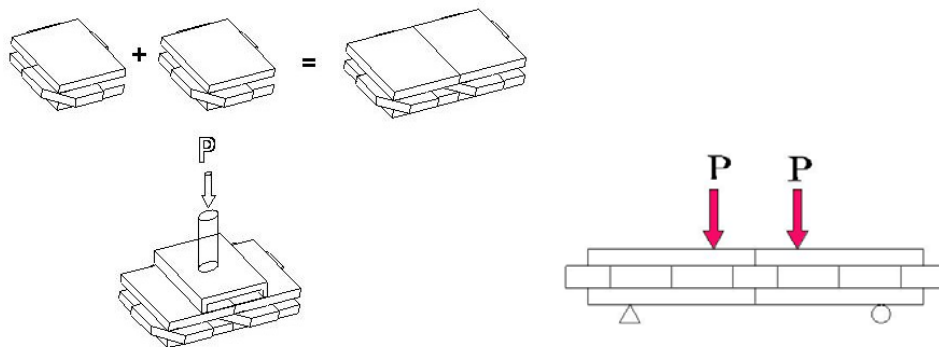
**Gambar 4.1** Pengujian Kuat Tekan Batako Berkait

#### **4.5.3 Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako-berkait**

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan kekuatan lentur dari pasangan batako berkait akibat pembebanan yang terjadi pada pasangan batako tersebut. Pada pengujian ini digunakan 3 buah sampel yang masing – masing sampel terdiri dari 2 buah batako yang dikaitkan yang dilakukan pada umur benda uji 28 hari. Pembebanan dilakukan kearah tegak lurus bidang pasangan sehingga dapat menghasilkan keruntuhan lentur. Langkah pengujiannya adalah :

1. Dibuat adukan mortar seperti spesifikasi yang telah ditetapkan.

2. Masukkan adukan kedalam cetakan kemudian dipadatkan dengan cara dipukul-pukul.
3. Lepas batako-berkait dari cetakannya beri nomor dan tanggal<sup>51</sup> pembuatannya
4. Simpan batako-berkait ditempat terlindung, dan siram dengan air secukupnya. Kemudian diangin-anginkan dalam suhu ruang.
5. Setelah umur 28 hari diambil untuk diukur dimensinya kemudian diuji dengan memakai mesin uji desak seperti pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako Berkait

#### 4.5.4 Pengujian Kuat Geser Pasangan Batako-berkait

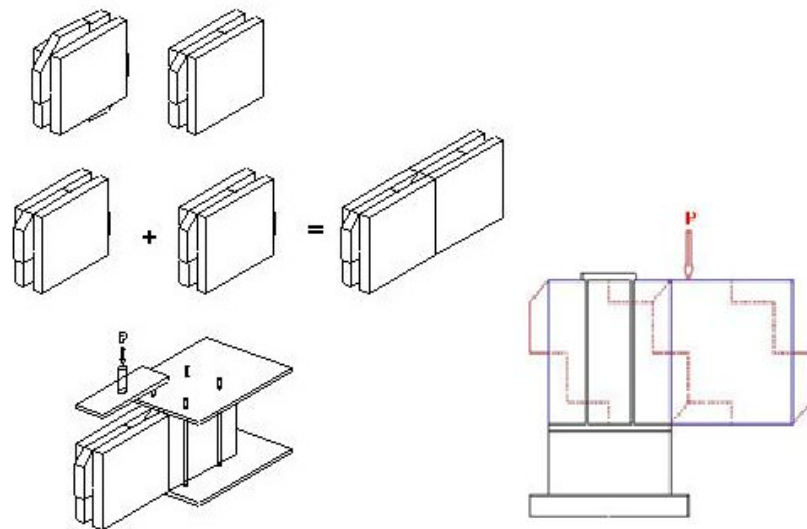
Tujuan pengujian ini adalah memperoleh besarnya tegangan geser dari pasangan batako berkait setelah mendapatkan pembebanan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dengan sampel sebanyak 5buah. Langkah pengujiannya adalah :

1. Dibuat adukan mortar seperti spesifikasi yang telah ditetapkan.

2. Masukkan adukan kedalam cetakan kemudian dipadatkan dengan cara dipukul-pukul.

52

3. Lepas batako-berkait dari cetakannya beri nomor dan tanggal pembuatannya
4. Simpan batako-berkait ditempat terlindung, dan siram dengan air secukupnya. Kemudian diangin-anginkan dalam suhu ruang.
5. Setelah umur 28 hari diambil untuk diukur dimensinya kemudian diuji.
6. Pengujian dengan memakai mesin uji desak seperti pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Pengujian Kuat Geser Batako Berkait

#### **4.6 Pengolahan data**

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh perlu diolah lebih lanjut dengan dengan bantuan software microsoft excel atau dapat pula digunakan software SPSS.

Jumlah benda uji ( sampel ) masing – masing pengujian dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Benda Uji

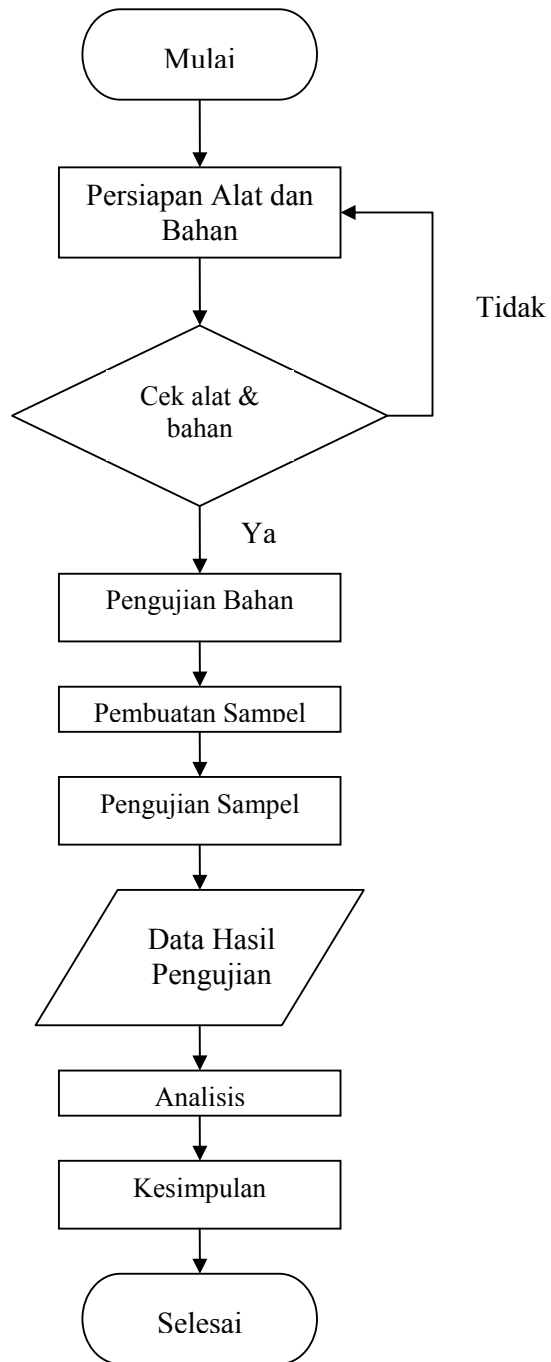
Variasi Campuran	Jenis Pengujian	Umur Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1 semen : 6 pasir	Uji Desak	28 hari	3
1 : 6	Uji Lentur	28 hari	3
1 : 6	Uji Geser	28 hari	3

#### **4.7 Tahapan Penelitian**

Untuk mendapatkan hasil yang baik maka penelitian yang dilakukan harus memenuhi kaidah-kaidah metoda ilmiah berikut ini :

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pembuatan sampel.
3. Perawatan.
4. Pengujian bahan dan sampel.
5. Analisis data pengujian.
6. Pengambilan kesimpulan.

Secara sistematis kaidah-kaidah tahapan penelitian dalam tugas akhir ini seperti terlihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Bagan Alir Proses Penelitian

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Tinjauan Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium, dalam pelaksanaannya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam bab ini akan disajikan permasalahan yang timbul dalam proses pembuatan benda uji, hasil penelitian, pembahasan dan analisis data hasil penelitian berdasarkan teori yang mendukung analisis dari penelitian. Setelah melaksanakan penelitian dan pengujian di laboratorium, maka hal yang akan menjadi bahasan adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji apakah kekuatan pasangan batako-berkait modifikasi dalam fungsinya sebagai elemen struktur pada bangunan sederhana.
2. Membandingkan kekuatan antara pasangan batako-berkait modifikasi dengan pasangan tembok konvensional (pasangan bata merah/batako) dan pasangan batako berkait hasil penelitian Yogi Indra Prayoga

## 5.2 Pengujian Kadar lumpur Dalam Pasir

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui berapa persentase berat lumpur yang terkandung dalam pasir terhadap berat pasir tersebut. Hasil pengujian ini akan menentukan kualitas pasir, semakin banyak lumpur yang terkandung dalam pasir maka kualitas pasir semakin jelek bila digunakan sebagai campuran mortar. Menurut PUBI 1982 pasir yang baik adalah pasir yang kandungan lumpurnya kurang dari 5% dari berat kering. Dari hasil penelitian (tabel 5.1) didapatkan nilai kadar lumpur pada pasir Clereng adalah sebesar 3% maka dapat disimpulkan bahwa pasir Clereng memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan bangunan.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Kadar Lumpur Dalam Pasir

Sebelum Masuk Oven		Setelah di Oven	
Berat Piring (gr)	110	Berat Piring (gr)	110
Berat Pasir (gr)	100	Berat Pasir (gr)	97
Berat Piring + Pasir	210	Berat Piring + Pasir	208
Kadar Lumpur (% dari $B_0$ )			3

Berikut ini adalah metoda perhitungan kandungan lumpur pasir Clereng.

$$\begin{aligned}\text{Kandungan lumpur} &= \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \\ &= \frac{100 - 97}{100} \times 100\% = 3\%\end{aligned}$$

### 5.3 Pengukuran Dimensi Batako-berkait Modifikasi

Pengukuran dimensi bertujuan untuk mengetahui tingkat keseragaman ukuran / dimensi batako-berkait modifikasi yang didapat dengan mengambil rata-rata dimensi batako berkait modifikasi yang diukur menggunakan kaliper dengan ketelitian hingga 0,001 mm. Pengukuran dimensi dilakukan dengan mengambil 5 buah sampel secara acak dari keseluruhan benda uji.

Dari hasil pengukuran dimensi 5 buah sampel batako-berkait modifikasi, diperoleh data sebagai berikut : panjang rata-rata = 20.106 cm, lebar rata-rata = 20.08 cm dan tebal rata-rata = 11.99 cm. Hasil Pengukuran dimensi batako-berkait dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini.

**Tabel 5.2** Hasil Pengukuran Dimensi Batako-berkait Modifikasi

<b>Sampel</b>	<b><i>l</i> (cm)</b>	<b><i>b</i> (cm)</b>	<b><i>t</i> (cm)</b>
1	20,00	20,00	11,89
2	20,17	20,13	12,18
3	20,14	20,17	11,80
4	20,20	20,17	11,92
5	20,02	20,02	12,16
<b>Rata-rata</b>	20,106	20,08	11,99

#### 5.4 Pengujian Kuat Tekan Batako-berkait Modifikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pasangan batako-berkait modifikasi dalam menahan beban tekan maksimal. Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar  $57,702 \text{ kg/cm}^2$ . Keruntuhan terjadi pada sudut batako-berkait modifikasi, hal ini terjadi karena adanya lubang pada bagian tersebut.



**Gambar 5.1** Pola Kerusakan pada Uji Tekan

Diketahui data pengukuran sampel kuat tekan batako-berkait modifikasi adalah seperti pada tabel 5.3

**Tabel 5.3** Data Pengukuran Kuat Tekan Sampel 1

Variabel	Data
Panjang bidang kontak ( $l$ )	20,050 cm
Lebar Bidang Kontak ( $b$ )	11,870 cm
Tinggi sampel ( $h$ )	20,120 cm
Luas tampang ( $A$ )	237,994 cm <sup>2</sup>
Luas lubang ( $A_l$ )	40,602 cm <sup>2</sup>
Luas bidang kontak ( $A_n$ )	197,392 cm <sup>2</sup>
Beban maksimum ( $P$ )	12597,961 kg
Kuat tekan ( $\sigma_{tk}$ )	63,822 kg/cm <sup>2</sup>

Metoda perhitungan kuat tekan batako berkait modifikasi adalah seperti contoh berikut ini :

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang tekan } (A) &= (l \times b) - A_l \\ &= (20,050 \times 11,870) - 40,602 \\ &= 237,994 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Sesuai persamaan (3.1) maka besarnya kuat tekan batako berkait sampel 1 adalah

berikut ini :

$$\begin{aligned}\sigma_{tk} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{12597,961 \text{ kg}}{237,994 \text{ cm}^2} = 63,822 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Dari pengujian kuat tekan ketiga sampel diperoleh data seperti pada tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.4** Data Hasil Pengujian Tekan Batako-berkait Modifikasi.

<b>Sampel</b>	<b>Luas bidang kontak (<i>A</i>)</b>	<b>Beban Maks. (<i>P</i>)</b>	<b><math>\sigma_{tk}</math></b>
1	197,392 cm <sup>2</sup>	12597,961 kg	63,822 kg/cm <sup>2</sup>
2	200,104 cm <sup>2</sup>	11179,817 kg	55,870 kg/cm <sup>2</sup>
3	199,729 cm <sup>2</sup>	10682,977 kg	53,487 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Kuat Tekan Rata-rata</b>			<b>57,702 kg/cm<sup>2</sup></b>

Berdasarkan data hasil pengujian di atas, kuat tekan rata-rata dinding pasangan batako-berkait modifikasi adalah 57.702 kg/cm<sup>2</sup>, angka tersebut didapat dengan asumsi bahwa kuat tekan dinding sama dengan kuat tekan batako-berkait modifikasi sebagai bahan penyusunnya. Hal ini karena dinding batako-berkait modifikasi merupakan dinding yang homogen, tersusun dari bahan/material dengan ukuran dan kekuatan yang sama.

### **5.5 Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako-berkait Modifikasi**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur pasangan batako-berkait modifikasi apa bila dikenai gaya yang arahnya tegak lurus dengan bidang tembok sehingga pada saat pengujian daerah yang dikenai gaya adalah pada bagian sumbu lemahnya sesuai pada saat batako-berkait diaplikasikan sebagai pasangan dinding. Metoda pembebanan yang di gunakan pada saat uji lentur

pasangan ini menggunakan pembebanan 2 titik dengan jarak antar beban 1/3 jarak tumpuan seperti pada gambar 3.1. Dari pengujian 3 buah sampel didapatkan hasil seperti pada tabel 5.5, dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 2,410 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 5.5** Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Pasangan Batako-berkait Modifikasi.

<b>Sampel</b>	<b>Berat (<i>w</i>)</b> kg	<b>Beban Maks.(<i>P</i>)</b> kg	<b><i>M</i></b> kg.cm	<b><i>y</i></b> cm	<b><i>I</i></b> cm <sup>4</sup>	<b><math>\sigma_{lt}</math></b> kg/cm <sup>2</sup>
1	16,515	256,450	1328,698	6,020	2906,714	2,752
2	16,510	217,430	1133,584	6,003	2897,299	2,349
3	16,615	200,700	1050,230	6,063	2989,509	2,130
<b>Kuat Lentur Rata-rata</b>						2,410

Keruntuhan terjadi pada pangkal kaitannya, hal itu terjadi karena momen lentur maksimum terjadi pada bagian tersebut. Kuat lentur dihitung dengan menggunakan rumus lentur untuk balok homogen dan elastis, dengan asumsi pasangan batako-berkait modifikasi merupakan balok yang homogen.



**Gambar 5.2** Pola Kerusakan pada Uji Lentur

Metode perhitungan kuat lentur pasangan batako-berkait modifikasi adalah seperti contoh berikut ini :

Sesuai persamaan (3.2) maka besarnya kuat lentur batako-berkait sampel 1 adalah berikut ini :

$$\begin{aligned}
 M &= \left(\frac{P}{2} \times \frac{L}{3}\right) + \left(\frac{1}{8} \times Q \times L^2\right) \\
 &= \left(\frac{256,450\text{kg}}{2} \times \frac{30\text{cm}}{3}\right) + \left(\frac{1}{8} \times 0,413\text{kg/cm} \times 30^2\right) \\
 &= 1328,698 \text{ kg.cm} \\
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times \left(\frac{20,150\text{cm} + 19,820\text{cm}}{2}\right) \times \left(\frac{12,080\text{cm} + 12,000\text{cm}}{2}\right)^3 \\
 &= 2906,714\text{cm}^4 \\
 \sigma_u &= \frac{M.y}{I} \\
 &= \frac{1328,698\text{kg.cm} \times 6,020\text{cm}}{2906,714\text{cm}^4} \\
 &= 2,752 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai tersebut merupakan nilai kuat lentur pada satu sisi sambungan dari dua buah batako-berkait modifikasi.

## 5.6 Pengujian Kuat Geser Pasangan Batako-berkait Modifikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat geser pasangan batako-berkait modifikasi, pada pengujian ini diasumsikan batako mengalami geser murni. Metode pembebanan uji geser pada pasangan ini dilakukan dengan memberikan beban pada salah satu batako dari 2 batako-berkait yang dirangkai seperti pada gambar 4.3, pembebanan diberikan pada batako yang menumpu pada batako yang terjepit.

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh kuat geser rata-rata  $11,451\text{kg/cm}^2$ . Keruntuhan terjadi pada bagian kaitan yang menonjol keluar, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan luas bidang geser antara kaitan bagian dalam dan bagian luar sehingga kekuatan antara keduanya dalam menahan beban yang bekerja tidak sama.



**Gambar 5.3** Pola Kerusakan pada Uji Geser

Data hasil pengujian kuat geser batako-berkait modifikasi adalah seperti pada tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Data Hasil Pengujian Kuat Geser Pasangan Batako-berkait.

Sampel	Luas Bidang Geaer		Beban Maks. (P)	$\tau$
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>		
1	39,575 Cm <sup>2</sup>	42,929 Cm <sup>2</sup>	987,0 kg	11,963 kg/cm <sup>2</sup>
2	41,657 Cm <sup>2</sup>	41,799 Cm <sup>2</sup>	999,6 kg	11,978 kg/cm <sup>2</sup>
3	41,351 Cm <sup>2</sup>	38,124 Cm <sup>2</sup>	827,6 kg	10,413 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Kuat Geser Rata-rata</b>				11,415 kg/cm <sup>2</sup>

Nilai kuat geser batako-berkait modifikasi di atas didapat dengan menggunakan persamaan umum tegangan. Dimana tegangan yang terjadi merupakan hasil dari beban maksimum pengujian dibagi oleh luas bidang geser yang menerima beban. Contoh hitungan kuat geser batako-berkait sampel 1 adalah berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{P}{A_1 + A_2} \\
 &= \frac{987.0 \text{ kg}}{39,575 \text{ cm}^2 + 42,929 \text{ cm}^2} \\
 &= 11,963 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat geser pasangan batako-berkait akan meningkat pada saat digunakan sebagai dinding pada bangunan, karena pada saat digunakan sebagai elemen dinding kaitan pada batako-berkait akan tertahan oleh batako yang lain sehingga

beban yang diterimanya akan disalurkan secara menerus dan pada akhirnya akan disalurkan pada kolom dan balok ikat.

### **5.7 Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Kuat Geser Pasangan Bata Merah dan Batako-berkait Modifikasi**

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, data yang telah diperoleh selanjutnya akan dibandingkan dengan data kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser dari pasangan bata merah biasa dari penelitian-penelitian sebelumnya. Data pembanding (tabel 5.7, 5.8 dan 5.9) diambil dari pengujian pasangan bata yang terbuat dari bata merah dan mortar pada penelitian terdahulu. Dari perbandingan tersebut (tabel 5.10), dapat dilihat apakah batako-berkait modifikasi layak digunakan sebagai material penyusun dinding sebagaimana bata merah dan batako biasa pada umumnya.

**Tabel 5.7** Hasil Pengujian Pasangan Bata

	Komposisi mortar 1 semen : 8 pasir
Kuat Tekan	12,153 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Lentur	2,515 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Geser	2,314 kg/cm <sup>3</sup>

*Hasil pengujian pada penelitian Prayogi dan Solihatun (2003).*

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Pasangan Bata

	Kadar air pada campuran mortar 1 semen : 5 pasir			
	0,65	0,7	0,75	0,8
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Tekan	7,351	6,243	4,532	5,817
Kuat Lentur	2,243	1,381	1,710	1,298
Kuat Geser	2,992	2,827	2,599	2,875

*Hasil pengujian pada penelitian Yuniyanto dan Widodo (2004)*

**Tabel 5.9** Pasangan Batako-berkait

	Komposisi mortar 1 semen : 8 pasir
Kuat Tekan	25,219 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Lentur	1,401 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Geser	2,700 kg/cm <sup>3</sup>

*hasil penelitian Yogi Indra Prayoga (2007)*

Perbandingan kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser dari kedua material tersebut adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.10** Perbandingan Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Kuat Geser Pasangan Bata Merah dengan Pasangan Batako-berkait.

	Pasangan Bata Merah		Pasangan Batako Berkait	
	<i>Prayogi dan Solihatun (2003)</i>	<i>Yunianto dan Widodo (2004)</i>	Yogi Indra Prayoga (2007)	Batako Berkait Modifikasi
	1 semen : 8 pasir	1 semen : 5 pasir	1 semen : 8 pasir	1 semen : 6 pasir
Kuat Tekan	12,153 kg/cm <sup>2</sup>	7,351 kg/cm <sup>2</sup>	25,219 kg/cm <sup>2</sup>	57,702 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Lentur	2,515 kg/cm <sup>2</sup>	2,243 kg/cm <sup>2</sup>	1,401 kg/cm <sup>2</sup>	2,410 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Geser	2,314 kg/cm <sup>3</sup>	2,992 kg/cm <sup>2</sup>	2,700 kg/cm <sup>2</sup>	11,451 kg/cm <sup>2</sup>

### 5.8 Analisis Perbandingan Kuat Tekan Pasangan Bata Merah dan Batako-berkait Modifikasi

Dari tabel 5.10 diperoleh perbandingan antara pasangan bata merah, pasangan batako-berkait dan batako-berkait modifikasi ditinjau dari kuat tekan, kuat lentur dan kuat gesernya. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan batako-berkait modifikasi jauh lebih besar dibandingkan kuat tekan pasangan bata merah dengan campuran mortar.

Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan kekuatan tersebut timbul akibat adanya perbedaan kuat tekan bata merah dan kuat tekan mortar pengikatnya. Perbedaan kekuatan antara kedua bahan penyusun dinding bata merah tersebut tidak terjadi pada dinding pasangan batako-berkait. Karena pada pasangan batako-berkait, dinding terdiri dari susunan batako yang homogen.

Berdasarkan tabel 5.4 dan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, maka batako-berkait modifikasi dapat digolongkan kedalam batu cetak beton kelas A.

### **5.9 Analisis Perbandingan Kuat Lentur Pasangan Bata Merah dan Pasangan Batako-berkait Modifikasi**

Perbandingan kuat lentur antara pasangan bata merah dan batako-berkait modifikasi tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Kuat lentur batako-berkait diperkirakan akan meningkat ketika diaplikasikan sebagai dinding pasangan, karena beban yang bekerja akan ditahan oleh kaitan pada keempat sisinya dengan dimensi dan kekuatan yang sama.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada saat pengujian di laboratorium. Diketahui bahwa sebelum diberi beban lentur, pasangan batako-berkait yang pada awalnya diasumsikan sebagai balok homogen. Batako-berkait modifikasi mengalami kerusakan hanya pada bagian kaitan yang menjadi penghubung dua batako tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan yang terdapat pada pasangan batako berkait merupakan titik lemah dari balok sehingga mengurangi kekakuan dan kuat lenturnya.

### **5.10 Analisis Perbandingan Kuat Geser Pasangan Bata Merah dan Pasangan Batako-berkait Modifikasi**

Tabel 5.10 juga menunjukkan bahwa kuat geser kaitan batako-berkait modifikasi jauh lebih besar dibandingkan dengan kuat geser pasangan bata merah dengan campuran mortar. Bahkan pada saat diaplikasikan sebagai dinding, dengan asumsi bahwa dinding pasangan adalah *bracing* dengan tahanan terbatas yang

mendistribusikan beban horizontal (geser) sebagai beban tekan searah diagonal pasangan bata, performanya akan meningkat karena beban horizontal yang bekerja pada kaitan akan disalurkan ke batako yang lain dan pada akhirnya akan diterima oleh kolom dan balok ikat.

Hal ini tidak terjadi pada dinding pasangan bata merah yang mengandalkan lekatan antara bata merah dan mortar pengikatnya pada saat beban horizontal bekerja pada dinding. Oleh karena itu keseragaman ukuran batako-berkait modifikasi memegang peranan yang penting terhadap kemampuan batako-berkait modifikasi dalam menyalurkan beban yang bekerja padanya. Adanya rongga pada sambungan antar batako akan mengakibatkan adanya kelemahan pada dinding pasangan.

#### **5.11 Analisis Perbandingan Batako-berkait dan Batako-berkait Modifikasi**

Batako-berkait modifikasi adalah pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan Yogi Indra Prayoga dengan judul "*Batako Berkait Sebagai Bahan Alternatif Penyusun Dinding Pasangan*" yang masih memerlukan beberapa penyempurnaan yang berkaitan dengan penyederhanaan bentuk dan kualitas pemadatan. Dalam pengembangan penelitian batako berkait ada beberapa aspek yang berbeda antara batako-berkait dan batako-berkait modifikasi, perbedaan-perbedaan ini merupakan usaha untuk memperbaiki kualitas batako-berkait modifikasi. Adapun perbedaan-perbedaan tersebut adalah :

- 1) Material atau bahan penyusun batako

Material atau bahan penyusun batako sangat berpengaruh terhadap kekuatan batako itu sendiri. Batako-berkait pada penelitian yang dilakukan oleh Yogi Indra Prayoga digunakan pasir alam yang berasal dari Clereng dengan kadar lumpur 2% dan digunakan adalah Portland Cement (PC) tipe I merk Tiga Roda. Sedangkan pada batako-berkait modifikasi menggunakan pasir alam yang berasal dari Clereng dengan kadar lumpur 3% dan semen yang digunakan adalah *Portland Cement* (PC) tipe I merk *HOLCIM*.

## 2) Campuran

Komposisi campuran mortar batako yang digunakan akan menentukan kekuatan batako, semakin besar persentase semen yang digunakan maka kekuatan batako akan cenderung semakin tinggi hingga pada persentase semen mencapai nilai optimum. Apabila pada persentase semen optimum masih ditambahkan semen maka kekuatannya akan menurun.

Batako-berkait pada penelitian yang dilakukan oleh Yogi Indra Prayoga digunakan komposisi campuran mortar batako adalah 1 semen : 8 pasir sedangkan pada batako-berkait modifikasi menggunakan komposisi campuran mortar batako adalah 1 semen : 6 pasir. Penambahan kadar semen pada batako-berkait modifikasi dimaksudkan untuk menambah kekuatan dari batako berkait.

## 3) Dimensi

Batako berkait tidak menggunakan mortar sebagai perekat, tetapi mengandalkan kekuatan kaitan pada masing-masing sisinya. Oleh karena itu

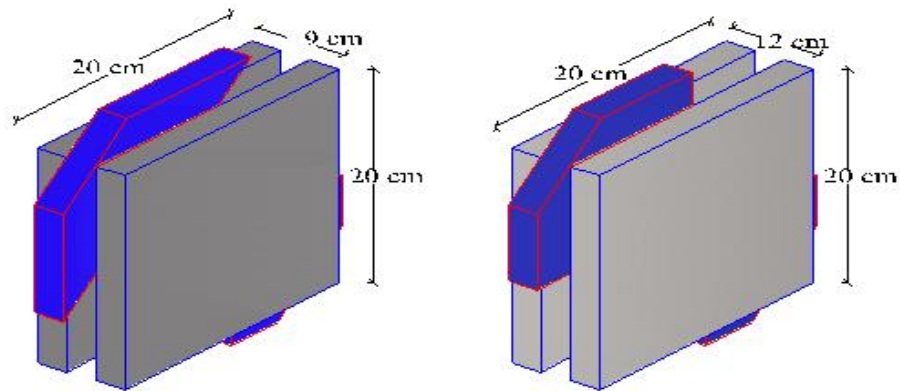
dimensi batako-berkait akan sangat berpengaruh pada kekuatan dan mekanisme transfer beban.

Dimensi batako-berkait modifikasi mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu **20 cm x 20 cm x 9 cm**. Selain itu penentuan dimensi juga didasarkan pada ketebalan dinding standar berkisar antara 9cm – 12cm, untuk panjang dan lebarnya mengacu pada PUBLI 1982 yaitu 40 cm, 20cm, dan 10cm. Bentuk persegi dipilih untuk mendapatkan kekuatan yang sama pada keempat sisi batako-berkait, sehingga ditentukan dimensi batako-berkait modifikasi **20 cm x 20 cm x 12 cm**.

Batako-berkait modifikasi mempunyai tebal kaitan sebesar 4 cm atau 1 cm lebih besar dari batako-berkait. Diperbesar atau dipertebalnya bagian kaitan bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dari batako-berkait terutama pada kuat lentur dan kuat geser. Hal tersebut dapat dilihat pada kerusakan batako pada saat pengujian kuat lentur dan pengujian kuat geser. Pada pengujian kuat geser kerusakan batako-berkait terjadi pada bagian kaitannya. Tidak hanya pada kaitannya saja batako-berkait juga mengalami perubahan pada sisi-sisinya yang dipertebal masing-masing sebesar 1 cm sehingga ketebalan sisi-sisi batako-berkait modifikasi menjadi 4 cm. Adapun tujuan dari mempertebal bagian sisi-sisi batako-berkait modifikasi adalah untuk menambah kekuatan desak batako-berkait modifikasi, karena pada saat pengujian kuat desak kerusakan terjadi pada sisi kanan dan kiri batako-berkait.

Pada batako-berkait modifikasi juga dilakukan penyederhanaan bentuk dari batako-berkait. Penyederhanaan bentuk tersebut adalah pada bentuk kaitan

batako-berkait yang semula kaitan pada batako-berkait membentuk sudut  $45^\circ$  menjadi  $90^\circ$  pada batako-berkait modifikasi. Adapun tujuan dari penyederhanaan bentuk tersebut adalah untuk mempermudah pemasangan batako terutama pada ujung-ujung tembok serta mempermudah pembuatannya.



a) Perspektif batako-berkait

b) Perspektif batako-berkait modifikasi

**Gambar 5.3** Perbedaan Batako-berkait dan Batako-berkait Modifikasi

#### 4) Pematatan

Batako-berkait modifikasi adalah pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan Yogi Indra Prayoga dengan judul “*Batako Berkait Sebagai Bahan Alternatif Penyusun Dinding Pasangan*” yang masih memerlukan beberapa penyempurnaan salah satunya adalah pematatannya. Selain ditentukan oleh kualitas material/bahan, komposisi campuran, kekuatan yang dimiliki oleh batako sangat ditentukan oleh kualitas pematatannya. Pematatan saat pembuatan batako

akan menentukan kekuatan batako itu sendiri, semakin kuat/baik pematatannya maka semakin tinggi kekuatan batako tersebut.

Batako-berkait penelitian yang dilakukan oleh Yogi Indra Prayoga kepadatan batako belum mencapai pematatan yang maksimum, hal ini dikarenakan cetakan batako yang digunakan menggunakan sterofoam. Pada pengembangannya, batako-berkait modifikasi menggunakan cetakan menggunakan kayu dan besi sehingga pematatan dapat dilakukan dengan lebih baik.

#### 5) Kekuatan

Dari penyempurnaan/perbaikan yang telah dilakukan kekuatan batako-berkait dan batako berkait modifikasi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan kekuatan ini disebabkan oleh kualitas material/bahan, komposisi campuran, dan kualitas pematatannya. Perbedaan kekuatan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.11

**Tabel 5.11** Perbandingan Kekuatan Pasangan Batako-berkait Modifikasi dengan Pasangan Batako-berkait.

	Pasangan Batako-berkait	
	Yogi Indra Prayoga (2007)	Batako-berkait Modifikasi
	1 semen : 8 pasir	1 semen : 6 pasir
Kuat Tekan	25,219 kg/cm <sup>2</sup>	57,702 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Lentur	1,401 kg/cm <sup>2</sup>	2,410 kg/cm <sup>2</sup>
Kuat Geser	2,700 kg/cm <sup>2</sup>	11,451 kg/cm <sup>2</sup>

a) Analisis Perbandingan Kuat Tekan Batako Berkait dan Batako Berkait Modifikasi

Dari tabel 5.11 diperoleh perbandingan antara pasangan batako-berkait dan pasangan batako-berkait modifikasi ditinjau dari kuat tekan, kuat lentur dan kuat gesernya. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan batako-berkait modifikasi dua kali lebih besar dibandingkan kuat tekan kuat tekan batako-berkait.

Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena adanya perbedaan komposisi campuran dimana pada batako-berkait menggunakan komposisi campuran mortar 1 semen : 8 pasir. Sedangkan pada batako-berkait modifikasi menggunakan komposisi campuran mortar batako 1 semen : 6 pasir. Selain karena adanya perbedaan komposisi campuran mortar perbedaan kuat tekan batako-berkait dan batako-berkait modifikasi juga disebabkan adanya perbedaan kualitas pematatannya. Pada penelitian yang dilakukan Yogi Indra P cetakan untuk

membuat batako-berkait menggunakan sterofoam, sehingga pematatannya kurang sempurna. Pada pembuatan batako-berkait modifikasi digunakan cetakan menggunakan kayu dan besi sehingga kualitas pematatannya lebih baik dari pada penelitian yang dilakukan Yogi Indra Prayoga.

b) Analisis Perbandingan Kuat Lentur Batako-berkait dan Batako-berkait Modifikasi

Perbandingan kuat lentur antara pasangan batako berkait dan batako-berkait modifikasi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Kuat lentur batako berkait modifikasi hampir dua kali kuat lentur batako-berkait.

Perbedaan kekuatan ini disebabkan adanya perbedaan kekuatan pada kaitan antara kedua batako. Hal tersebut dapat dilihat pada pola kerusakan yang terjadi pada pengujian kuat lentur. Pada pengujian kuat lentur batako-berkait cenderung rusak pada kaitannya.

c) Analisis Perbandingan Kuat Geser Batako-berkait dan Batako-berkait Modifikasi

Dari tabel 5.11 diperoleh perbandingan kuat geser antara pasangan batako-berkait dan batako-berkait modifikasi menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Kuat geser pasangan batako-berkait modifikasi empat kali besar dibandingkan kuat tekan kuat tekan batako-berkait. Hal ini disebabkan selain karena komposisi campuran mortar dan pematatannya lebih baik juga karena dimensi kaitan pada batako berkait modifikasi lebih besar.

### **5.12 Batako-berkait Modifikasi Sebagai Alternatif Material Dinding**

Kuat desak dan geser pada pasangan dinding mempunyai peranan yang sangat penting dalam fungsinya sebagai elemen struktur pada bangunan sederhana. Kuat desak berfungsi sebagai penahan atau dukungan terhadap struktur yang ada di atasnya, sedangkan kuat geser dinding pasangan berfungsi untuk menahan gaya yang arahnya horisontal sejajar dinding. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa pasangan batako-berkait modifikasi dengan perbandingan semen 1semen : 6pasir lebih baik dari pasangan bata merah konvensional/batako maupun batako-berkait dengan campuran mortar 1semen : 8pasir terutama pada kuat desak dan kuat geser.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan akhir untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Berdasarkan klasifikasi PUBI 1982, batako berkait modifikasi dengan campuran mortar 1 : 6 dengan kuat tekan rerata **57,702 kg/cm<sup>2</sup>** termasuk kelas A. Batako berkait modifikasi layak digunakan sebagai material alternatif penyusun dinding pasangan untuk pemakaian di luar atau pada bagian luar bangunan yang memikul beban.
2. Kuat lentur rerata pasangan batako berkait modifikasi adalah **2,410 kg/cm<sup>2</sup>** sedikit lebih besar dari kuat lentur rerata pasangan bata merah dengan campuran mortar (1 semen : 5 pasir) hasil penelitian *Yunianto dan Widodo (2004)* yaitu **2,243 kg/cm<sup>2</sup>** akan tetapi sedikit lebih kecil dari kuat lentur rerata pasangan bata merah dengan campuran mortar (1 semen : 8 pasir). hasil penelitian *Prayogi dan Solihatun (2003)* yaitu **2,515 kg/cm<sup>2</sup>**

3. Kuat geser rerata satu kaitan batako berkait modifikasi adalah yaitu **11,451 kg/cm<sup>2</sup>**, jauh lebih besar dari kuat geser pasangan bata merah dengan campuran mortar.
4. Kekuatan batako berkait modifikasi dengan campuran 1semen : 6pasir lebih baik dari pada kekuatan batako berkait dengan campuran 1semen : 8pasir. Kuat tekan dan kuat lentur batako berkait modifikasi dua kali lebih besar dibandingkan kuat tekan kuat tekan batako berkait, sedangkan kuat geser pasangan batako berkait modifikasi empat kali besar dibandingkan kuat tekan kuat tekan batako berkait.

## **6.2 Saran**

1. Pemeriksaan terhadap bahan – bahan penelitian harus lebih diperketat.
2. Perlu adanya ketelitian yang lebih baik pada saat pembuatan benda uji. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah pada saat pencampuran, agar didapat campuran yang homogen.
3. Perlunya cetakan yang lebih kuat dan presisi agar didapat batako berkait yang memiliki kepadatan yang optimum dan dimensi yang seragam.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang difokuskan pada variasi campuran mortar dan dimensi batako berkait, dengan harapan dapat dihasilkan batako berkait yang memiliki keunggulan-keunggulan dibanding material lainnya.

## **LAMPIRAN**

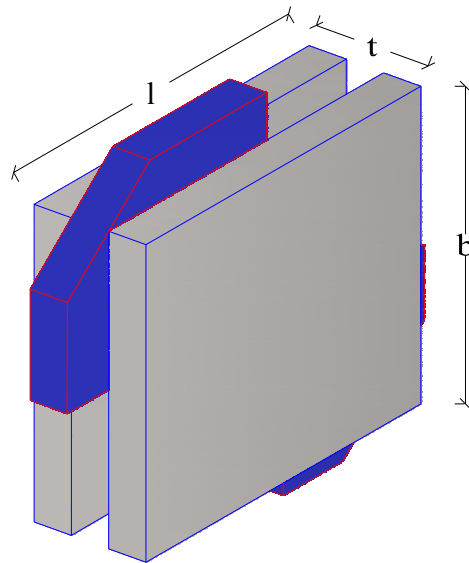
Sebelum Masuk Oven		Setelah di Oven	
Berat Piring (gr)	110	Berat Piring (gr)	110
Berat Pasir (gr)	100	Berat Pasir (gr)	97
Berat Piring + Pasir	210	Berat Piring + Pasir	207
Kadar Lumpur (% dari $B_0$ )			3

Kandungan lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan lumpur} &= \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \\
 &= \frac{100 - 97}{100} \times 100\% \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

## Hasil Pengukuran Dimensi Batako Berkait

Sampel	$l$ (cm)	$b$ (cm)	$t$ (cm)
1	20.00	20.00	11.89
2	20.17	20.13	12.18
3	20.14	20.17	11.80
4	20.20	20,17	11.92
5	20.02	20.02	12.16
<b>Rerata</b>	20.106	20.08	11.99



### Hasil Uji Tekan Sampel 1

Variabel	Data
Panjang bidang kontak ( $l$ )	20,050 cm
Lebar Bidang Kontak ( $b$ )	11,870 cm
Tinggi sampel ( $h$ )	20.120 cm
Luas tampang ( $A$ )	237,994 cm <sup>2</sup>
Luas lubang ( $A_l$ )	40,602 cm <sup>2</sup>
Luas bidang kontak ( $A_n$ )	197,392 cm <sup>2</sup>
Beban maksimum ( $P$ )	12597,961 kg
Kuat tekan ( $\sigma_{tk}$ )	63,822 kg/cm <sup>2</sup>

### Hasil Uji Tekan Sampel 2

Variabel	Data
Panjang bidang kontak ( $l$ )	20,150 cm
Lebar Bidang Kontak ( $b$ )	11,890 cm
Tinggi sampel ( $h$ )	20,050 cm
Luas tampang ( $A$ )	239,584 cm <sup>2</sup>
Luas lubang ( $A_l$ )	39,480 cm <sup>2</sup>
Luas bidang kontak ( $A_n$ )	200,104 cm <sup>2</sup>
Beban maksimum ( $P$ )	11179,961 kg
Kuat tekan ( $\sigma_{tk}$ )	55,870 kg/cm <sup>2</sup>

### Hasil Uji Tekan Sampel 3

Variabel	Data
Panjang bidang kontak ( $l$ )	20,050 cm
Lebar Bidang Kontak ( $b$ )	11,970 cm
Tinggi sampel ( $h$ )	20,160 cm
Luas tampang ( $A$ )	239,999 cm <sup>2</sup>
Luas lubang ( $A_l$ )	40,270 cm <sup>2</sup>
Luas bidang kontak ( $A_n$ )	199,729 cm <sup>2</sup>
Beban maksimum ( $P$ )	10682,977 kg
Kuat tekan ( $\sigma_{tk}$ )	53,487 kg/cm <sup>2</sup>

### Rerata Hasil Uji Tekan

Variabel	Data
Panjang bidang kontak ( $l$ )	20,083 cm
Lebar Bidang Kontak ( $b$ )	11,910 cm
Tinggi sampel ( $h$ )	20,110 cm
Luas tampang ( $A$ )	239,192 cm <sup>2</sup>
Luas lubang ( $A_i$ )	40,117 cm <sup>2</sup>
Luas bidang kontak ( $A_n$ )	199,075 cm <sup>2</sup>
Beban maksimum ( $P$ )	11486,918 kg
Kuat tekan ( $\sigma_{tk}$ )	57,702 kg/cm <sup>2</sup>

## Hasil Uji Lentur

Sampel	Berat ( $w$ )	$b$	$h$	$I$	$y$
1	16.515 kg	20.150 cm	12.080 cm	2960.020 cm <sup>4</sup>	6.040 cm
2	16.510 kg	20.080 cm	11.910 cm	2826.948 cm <sup>4</sup>	5.955 cm
3	16.615 kg	20.160 cm	12.180 cm	3035.646 cm <sup>4</sup>	6.090 cm

Sampel	Berat ( $w$ )	Beban Maks. ( $P$ )	$M$	$\sigma_{li}$
1	16.515 kg	256.450 kg	1196.448 kg.cm	2,711 kg/cm <sup>2</sup>
2	16.510 kg	217.430 kg	1021.434 kg.cm	2,388 kg/cm <sup>2</sup>
3	16.615 kg	200.700 kg	846.730 kg.cm	2,107 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Kuat lentur rerata</b>				2,402 kg/cm <sup>2</sup>

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 M &= \left( \frac{P}{2} \times \frac{L}{3} \right) + \left( \frac{1}{8} \times Q \times L^2 \right) \\
 &= \left( \frac{256.450 \text{ kg}}{2} \times \frac{30 \text{ cm}}{3} \right) + \left( \frac{1}{8} \times 0,413 \text{ kg/cm} \times 30^2 \right) \\
 &= 1328,698 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

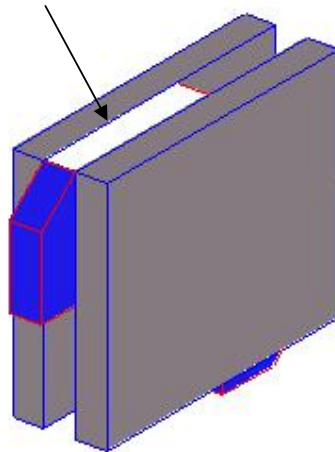
$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times \left( \frac{20,150 \text{ cm} + 19,820 \text{ cm}}{2} \right) \times \left( \frac{12,080 \text{ cm} + 12,000 \text{ cm}}{2} \right)^3 \\
 &= 2906,714 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{li} &= \frac{M \cdot y}{I} \\
 &= \frac{1328,698 \text{ kg.cm} \times 6,020 \text{ cm}}{2906,714 \text{ cm}^4} \\
 &= 2,752 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

## HASIL UJI GESER BATAKO BERKAIT

Sampel	Luas Bidang Geaer		Beban Maks.(P)	T
	1	2		
1	39.5751	42.9286	978,0 kg	11.8540138
2	41.6568	41.7989	999,6 kg	11.9776121
3	41.3505	38.1236	827,6 kg	10.4134555
Kuat Geser Rerata				11.4150271

### Bidang Geser





Batako Berkait



Pemasangan Batako Berkait



Uji Desak Sampel 1



Uji Desak Sampel 2



Uji Desak Sampel 3



Uji Lentur Sampel 1



Uji Lentur Sampel 2



Uji Lentur Sampel 3



Uji Geser Sampel 1



Uji Geser Sampel 2



Uji Geser Sampel 2



Cetakan batako



Kegagalan Pembuatan Sampel

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, (1992), **Annual Book Of ASTM Standars**, Section 4 Construction, Volume 04.05, Philadelphia,USA.
- \_\_\_\_\_, (2005), **PEDOMAN TUGAS AKHIR DAN PRAKTEK KERJA**, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- \_\_\_\_\_, (2004), **Sosialisasi Bangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa (Manual BRTSTG)**, Proyek Kerjasama CEEDEDS UII dan Pemerintah Jepang, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, (2002), **SK SNI 03 – 2847 – 2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Atindriana, (2003), **Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Daerah Sleman Yogyakarta Dengan Variasi Campuran Mortar**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Christense, (1974), **Kekuatan Lekatan Batu Bata dan Mortar di Indonesi**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, (1982), **Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Gere Dan Timoshenko, (1996), **Mekanika Bahan (Jilid 2 Edisi Keempat)**, Erlangga, Jakarta

Gere Dan Timoshenko, (1996), **Mekanika Bahan (Jilid 1 Edisi Kedua Versi SI)**, Erlangga, Jakarta

Hidayat dan Purnomo, (2003), **Karakteristik Bata,Mortar dan Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Dengan Variasi Proporsi Campuran Mortar**, *Tugas Akhir Program S-I*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hidayat dan Purnomo, (2003), **Karakteristik Bata,Mortar dan Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Dengan Variasi Proporsi Campuran Mortar**, *Tugas Akhir Program S-I*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Munadhir, 2006, **METODOLOGI PENELITIAN**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta

Nawy, Edward G, (1990), **Beton Bertulang ( Suatu Pendekatan Dasar)**, PT. Eresco, Bandung.

Popov, E.P, (1983), **Mekanika Teknik ( Edisi Kedua Versi Si)**, Erlangga, Jakarta

Prayogi, P. dan Solihatun, (2003), **Sifat-sifat Fisik Bata, Kuat Lentur Dinding Pasangannya Dengan Variasi Campuran Mortar Menggunakan Pasir Dicuci dan Pasir Tidak Dicuci**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Singer Ferdinand L, (1981), **Kekuatan Bahan ( Teori Kokoh-Srength Of Material Edisi Ketiga)**, Erlangga, Jakarta

Tisara Sita, (2007), **Pemanfaatan Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa Sebagai Pengganti Pasir Pad Bahan Perekat Pasangan**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, Yogyakarta

Tjokrodimoeljo Kardiyono, (1992), **Bahan Bangunan**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Tjokrodimoeljo Kardiyono, (1992), **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

[www.kimpraswil.go.id](http://www.kimpraswil.go.id), Metode Pengujian Kuat Tekan Pasangan bata, (2004), opened on 25 April 2007.

[www.kimpraswil.go.id](http://www.kimpraswil.go.id), Metode Pengujian Kuat Lentur Pasangan bata, (2004), opened on 25 April 2007.

[www.kimpraswil.go.id](http://www.kimpraswil.go.id), Metode Pengujian Kuat Geser Pasangan bata, (2004), opened on 25 April 2007.

Yogi Indra P, (2007), **Batako Berkait Sebagai Alternatif Material Dinding Pasangan**, *Tugas Akhir Program S-1*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.