

KEKUATAN SAMBUNGAN PANIL LAPIS GEDEK DENGAN VARIASI JUMLAH SAMBUNGAN

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

NUR YELIN
NIM. 0001060069 - 61

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
2007**

**KEKUATAN SAMBUNGAN PANIL LAPIS GEDEK
DENGAN VARIASI JUMLAH SAMBUNGAN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

**NUR YELIN
NIM. 0001060069-61**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS
NIP. 130 928 855

Ir. Edhi Wahyuni S, MT
NIP. 131 574 844

**KEKUATAN SAMBUNGAN PANIL LAPIS GEDEK
DENGAN VARIASI JUMLAH SAMBUNGAN**

Disusun oleh :

NUR YELIN
NIM. 0001060069-61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 9 Agustus 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Prastumi, MT
NIP. 130 518 940

Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS
NIP. 130 928 855

Ir. Edhi Wahyuni S, MT
NIP. 131 574 844

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. As'ad Munawir, MT
NIP. 131 574 850

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 tahun 2003 Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70)

Malang, September 2007
Mahasiswa,

Nama : Nur Yelin
NIM : 0001060069-61
Jurusan : Teknik Sipil



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Kekuatan Sambungan Panil Lapis Gedek dengan Variasi Jumlah Sambungan”** ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini pula, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. As'ad Munawir, MT selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
2. Bapak Hendi Bowoputro ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Sipil Universitas Brawijaya
3. Ibu Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS selaku Dosen Pembimbing Skripsi
4. Ibu Ir. Edhi Wahyuni S, MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi
5. Ibu Ir. Prastumi, MT selaku Dosen Penguji
6. Seluruh dosen pengajar Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
7. Seluruh rekan-rekan sipil angkatan 2000 atas bantuan dan kebersamaannya selama masa studi
8. Semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan yang ada didalamnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Pembatasan Masalah	2
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Kegunaan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Bambu	4
2.3 Anyaman Bambu (Gedek)	5
2.4 Material Pembentuk Spesi.....	6
2.4.1 Semen.....	6
2.4.2 Agregat.....	7
2.4.2.1 Agregat Halus	8
2.4.2.2 Agregat Kasar	9
2.4.3 Air	11
2.5 Styrofoam.....	12
2.6 Pani Lapis Gedek	12
2.7 Komposit.....	13
2.8 Tegangan Lentur	15
2.9 Tegangan Geser.....	17
2.10 Kekuatan Sambungan Tumpu.....	19
2.11 Hipotesis Penelitian.....	21



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Peralatan Penelitian	22
3.3 Bahan Penelitian.....	22
3.4 Analisa Bahan yang Digunakan	23
3.4.1 Gedek	23
3.4.2 Spesi	23
3.4.3 Air	23
3.5 Rancangan Penelitian	23
3.6 Prosedur Penelitian	25
3.7 Analisis Momen, Tegangan Lentur Maksimum dan Tegangan Geser Maksimum	25
3.8 Kekuatan Sambungan Tumpu Panil Lapis Gedek dengan Pembebanan Satu Beban Terpusat	27
3.9 Diagram Alir Penelitian	28
BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Analisa Bahan	29
4.1.1 Air	29
4.1.2 Spesi	29
4.1.3 Anyaman Bambu (Gedek).....	29
4.2 Kuat Geser dan Modulus Elastisitas Bambu.....	29
4.3 Pengujian Kuat Tekan Spesi	30
4.4 Pengujian Kekuatan Sambungan Panil Lapis Gedek	31
4.5 Perhitungan Kuat Lentur Panil Lapis Gedek	32
4.5.1 Perhitungan Kuat Lentur dengan Satu Beban Terpusat	32
4.5.2 Perhitungan Kuat Lentur dengan Dua Beban Terpusat.....	35
4.6 Perhitungan Kuat Geser Panil Lapis Gedek.....	37
4.6.1 Perhitungan Kuat Geser dengan Satu Beban Terpusat	37
4.6.2 Perhitungan Kuat Geser dengan Dua Beban Terpusat.....	38
4.7 Kekuatan Sambungan Tumpu Panil Lapis Gedek dengan Pembebanan Satu Beban Terpusat	40
4.8 Pembahasan.....	41

BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



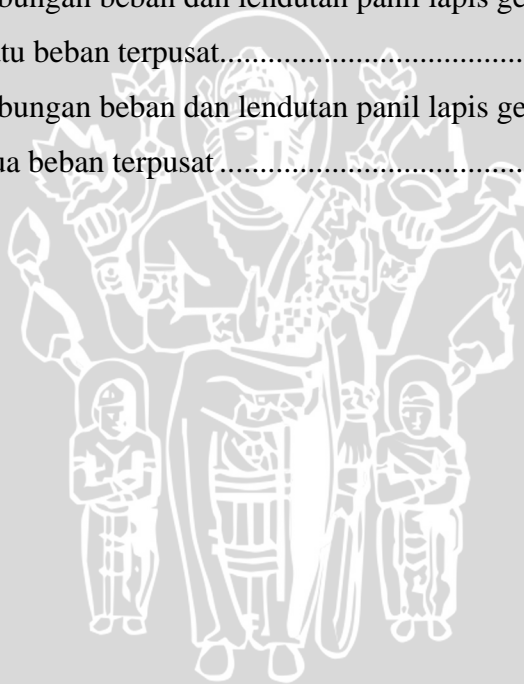
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Tegangan Geser Rata-rata Bambu	30
Tabel 4.2	Modulus Elastisitas Rata-rata Bambu	30
Tabel 4.3	Kuat Tekan Rata-rata Spesi.....	31
Tabel 4.4	Rekapitulasi Beban Maksimum Hasil Pengujian Panil Lapis Gedek	32
Tabel 4.5	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Lentur Maksimum yang terjadi pada Panil Lapis Gedek.....	37
Tabel 4.6	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Geser Maksimum yang terjadi pada Panil Lapis Gedek.....	40
Tabel 4.7	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kekuatan Sambungan Tumpu yang terjadi pada Panil Lapis Gedek.....	41



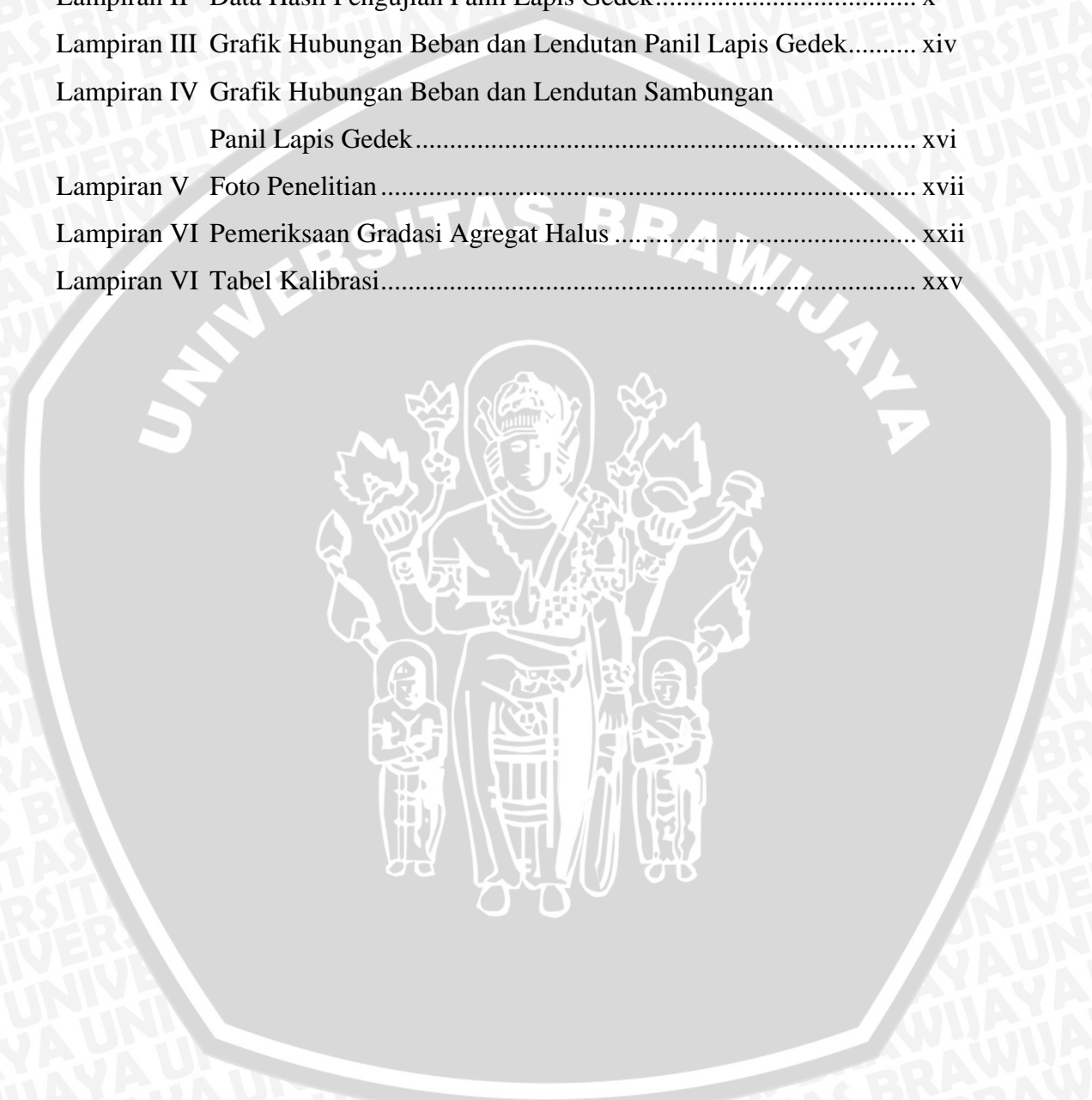
DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Jenis-jenis anyaman bambu	6
Gambar 2.2	Diagram momen dan gaya lintang	15
Gambar 2.3	Diagram tegangan lentur pada penampang segi empat.....	15
Gambar 2.4	Diagram momen dan lintang.....	18
Gambar 2.5	Diagram tegangan geser pada penampang segi empat.....	18
Gambar 3.1	Panil dengan jarak <i>shear connector</i> 12 cm	24
Gambar 3.2	Variasi jumlah sambungan.....	24
Gambar 3.3	Skema pembebanan.....	24
Gambar 4.1	Grafik hubungan beban dan lendutan panil lapis gedek dengan satu beban terpusat.....	43
Gambar 4.2	Grafik hubungan beban dan lendutan panil lapis gedek dengan dua beban terpusat.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran I	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Spesi.....	ix
Lampiran II	Data Hasil Pengujian Panil Lapis Gedek.....	x
Lampiran III	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Panil Lapis Gedek.....	xiv
Lampiran IV	Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Sambungan Panil Lapis Gedek.....	xvi
Lampiran V	Foto Penelitian.....	xvii
Lampiran VI	Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus.....	xxii
Lampiran VI	Tabel Kalibrasi.....	xxv



RINGKASAN

NUR YELIN, 2007, **Kekuatan Sambungan Panil Lapis Gedek dengan Variasi Jumlah Sambungan**, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS dan Ir. Edhi Wahyuni S, MT

Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya tentang panil lapis gedek yaitu panil yang dilapisi dengan tiga lapis gedek dan dua lapis mortar dengan pengecoran yang dilakukan dalam kondisi tegak. Karena berfungsi sebagai dinding pada rumah maka jika panil dibuat dalam ukuran dinding tersebut maka akan dihasilkan ukuran yang sangat besar sehingga dapat menyebabkan berat dari panil sangat besar yang mana dapat menimbulkan kesulitan untuk membawanya. Sehingga digunakanlah sambungan untuk memperkecil ukuran dari panil tersebut dan juga agar beratnya menjadi ringan sehingga mudah dibawa.

Penelitian ini dilakukan dengan tiga jenis sambungan dan dua jenis pembebanan dengan jumlah benda uji sebanyak 12 buah. Tiga jenis sambungan ini adalah sambungan dengan menggunakan alat sambung berupa baut dengan jumlah sambungan untuk tiap panil berbeda-beda, yaitu satu sambungan, dua sambungan dan tiga sambungan. Dari masing-masing sambungan ini kemudian diuji dengan dua macam pembebanan yaitu pembebanan dengan satu beban terpusat dan pembebanan dengan dua beban terpusat. Data-data yang diperoleh pada penelitian ini kemudian diolah dengan menggunakan rumus-rumus yang ada.

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dengan rumus-rumus tersebut dapat disimpulkan bahwa kekuatan sambungan panil dapat dipengaruhi oleh jumlah sambungan pada panilnya. Semakin banyak jumlah sambungan panil maka panil akan semakin kaku dan lendutan yang terjadi semakin kecil.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bencana gempa bumi yang akhir-akhir ini sering melanda Indonesia mengakibatkan banyak orang kehilangan keluarga, harta benda maupun tempat tinggal. Juga banyak yang menderita kerugian karena bangunan tempat dimana mereka bekerja rusak akibat gempa.

Banyaknya rumah serta bangunan lain yang rusak atau roboh akibat gempa menimbulkan pertanyaan mengapa bangunan-bangunan tersebut mudah rusak atau bahkan roboh akibat oleh terjadinya gempa. Jawaban yang sangat mungkin adalah karena bangunan tersebut tidak didesain untuk kuat menahan beban gempa.

Rumah-rumah penduduk seperti yang kita ketahui banyak menggunakan dinding pasangan batu bata yang mana dinding pasangan batu bata tidak kuat menahan gaya tarik akibat beban gempa. Sedangkan bangunan-bangunan tinggi yang terbuat dari beton mempunyai berat sendiri yang sangat besar sehingga untuk mendesainnya maka akan dihasilkan ukuran-ukuran yang besar untuk setiap komponen-komponen struktur bangunannya yang mengakibatkan harganya akan sangat mahal.

Karena itu muncullah gagasan untuk membuat rumah atau bangunan yang tahan terhadap gempa tetapi tetap murah sehingga harganya dapat terjangkau oleh masyarakat maupun oleh kalangan pengusaha.

Salah satu dari gagasan tersebut adalah penggunaan bambu atau gedek sebagai alternatif pengganti baja tulangan, dimana bambu selain harganya murah juga memiliki kuat tarik yang hampir sebanding dengan baja tulangan. Gagasan yang lain adalah penambahan suatu bahan tertentu yang dapat mengurangi berat sendiri dari beton seperti *styrofoam*.

Bahan bambu sudah dikenal oleh masyarakat memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan, antara lain batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkut. Selain itu bambu juga relatif murah dibandingkan dengan bahan bangunan lain karena mudah ditemukan. Bambu dalam bentuk bulat dipakai untuk

berbagai macam konstruksi seperti rumah, gudang, jembatan, tangga, pipa saluran air, tempat air, perancah bangunan dan lain-lain.

Styrofoam adalah suatu bahan yang terbuat dari polisterin yang dikembangkan atau expanded polysteryne yang mempunyai berat satuan sangat ringan yaitu sekitar 13 kg/m^3 sampai 15 kg/m^3 .

Dengan adanya pencampuran dua bahan ini diharapkan dapat dihasilkan panel lapis gedek dengan tambahan *styrofoam* pada spesi yang mana walaupun beratnya ringan tetapi tetap memiliki kekuatan yang besar khususnya terhadap gempa dan dapat terjangkau oleh masyarakat.

1.2 Pembatasan Masalah

Untuk memperjelas dan memfokuskan lingkup pembahasan masalah, maka diberikan batasan-batasan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium bahan Teknik Sipil Universitas Brawijaya
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban terpusat sejajar bidang dinding dengan dua jenis pembebanan yaitu pembebanan dengan satu beban terpusat dan pembebanan dengan dua beban terpusat
3. Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap bambu
4. Jarak *shear connector* yang dipakai adalah 12 cm
5. Menggunakan alat sambung baut berdiameter 6 mm dengan panjang 10 cm
6. Penambahan *styrofoam* untuk panel sebanyak 20%
7. *Styrofoam* yang digunakan berbentuk bulat dengan diameter yang beragam
8. Jenis tumpuan adalah sendi – rol
9. Perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi adalah berdasarkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh panil

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut : “Bagaimanakah kekuatan sambungan panil lapis gedek terhadap variasi jumlah sambungan”

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan panil lapis gedek terhadap variasi jumlah sambungan.

1.5 Kegunaan Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif bahan bangunan yang baik, ringan, dan tahan terhadap gempa. Juga cukup tersedia dipasaran dan harganya dapat terjangkau oleh masyarakat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Panil lapis gedek merupakan bahan konstruksi untuk dinding yang terdiri dari 3 lapis gedek dan diantaranya diisi dengan campuran spesi. Karena campuran pengisi dan gedek memiliki spesifikasi tertentu maka perlu diulas satu persatu dari bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, meliputi sifat dan beberapa pengaruhnya.

2.2 Bambu

Bambu sudah dikenal oleh masyarakat sebagai bahan bangunan sejak lama. Bambu dapat digunakan untuk berbagai keperluan masyarakat, mulai dari keperluan pertanian, peternakan, perumahan, bahkan untuk keperluan upacara.

Bambu mempunyai kekuatan cukup tinggi, ringan, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkut. Bambu juga sangat cepat pertumbuhannya dimana hanya perlu 3 hingga 5 tahun untuk kemudian siap ditebang.

Bambu memiliki beberapa manfaat pada bidang struktur antara lain bahan untuk perancah, tiang penyangga rumah (kolom), bahan jembatan serta dinding (gedek). Bambu juga dikenal dengan kelenturannya yang cukup tinggi yang merupakan sifat yang baik untuk bangunan tahan gempa.

Berdasarkan hasil penelitian kekuatan tarik pada bagian kulit bambu untuk beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang.

Dari beberapa penelitian mengenai bambu juga diketahui hal-hal sebagai berikut:

- Modulus elastisitas bambu pada kondisi kering udara adalah berkisar antara 9000 – 10100 N/mm²
- Kuat tekan searah serat pada bambu bagian pangkal adalah 21,6 N/mm², pada bagian tengah 26,6 – 41,4 N/mm² dan pada bagian ujung adalah 31 – 49,9 N/mm²
- Kuat geser pada bambu bagian pangkal 6 – 9,5 N/mm², pada bagian tengah 6,1 – 11,3 N/mm² dan pada bagian ujung 7,6 – 12,6 N/mm²

Kelebihan penggunaan bambu sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Bambu dikenal sebagai bahan bangunan yang dapat diperbarui
2. Tidak perlu menggunakan tenaga terdidik
3. Cukup menggunakan alat-alat sederhana yang mudah didapat disekitar kita
4. Cukup nyaman tinggal didalam rumah bambu
5. Masa konstruksi sangat singkat
6. Biaya konstruksi murah

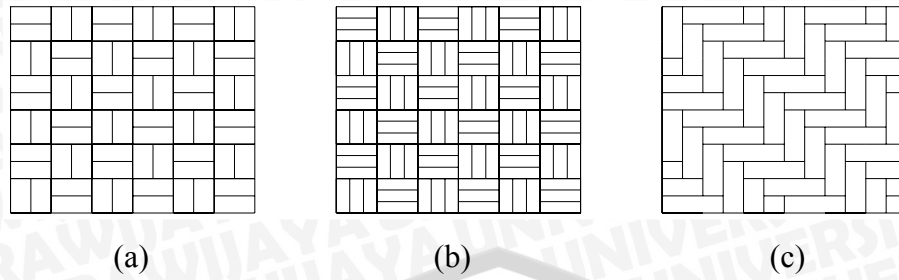
Disamping kelebihan diatas, bambu juga mempunyai kerugian antara lain adalah:

1. Rayap dapat menyerang bambu sehingga umur bambu lebih pendek. Ini disebabkan karena adanya kanji yang disukai rayap dan menjadi tempat yang baik bagi cendawan akibat suhu dan kelembapan tinggi didaerah tropis. Cara perawatan secara tradisional untuk menghilangkan kanji salah satunya adalah dengan merendam batang bambu sebelum digunakan selama satu bulan didalam air tawar, air payau, atau air laut yang tenang sehingga kanji akan hilang
2. Bambu cepat terbakar sehingga rumah bambu memerlukan perlindungan terhadap bahaya kebakaran dan perlindungan terhadap beban angin

2.3 Anyaman Bambu (Gedek)

Gedek merupakan salah satu produk yang memakai bahan dasar bambu, yaitu dengan cara bambu yang berpenampang bulat dibuat sedemikian rupa sehingga menjadi tipis (1– 2 mm) dengan lebar tertentu (2 – 3 cm) kemudian disusun dan dianyam. Biasanya gedek dianyam ketika bambu belum kering benar sehingga cukup lentur untuk dianyam kemudian baru dikeringkan atau diawetkan jika perlu.

Terdapat beberapa jenis anyaman bambu (gedek) yang ada dan umum digunakan dimasyarakat. Jenis ini dibedakan oleh cara menganyam dan juga bagian bambu mana yang digunakan. Jenis anyaman bambu dapat digambarkan berikut ini:



Gambar 2.1 Jenis-jenis anyaman bambu

Dalam penelitian ini digunakan anyaman bambu jenis (a). Melihat berbagai bentuk penganyaman diatas, semua jenis tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat dinding. Tetapi harus memenuhi berbagai syarat diantaranya:

- Tidak memiliki lubang yang berlebihan agar saat diberi spesi tidak keluar airnya
- Anyaman tidak mudah lepas

2.4 Material Pembentuk Spesi

Spesi adalah campuran air, semen dan pasir dengan perbandingan tertentu. Perbandingan semen pasir (S/P) merupakan perbandingan berat semen terhadap berat pasir atau perbandingan volume semen terhadap volume pasir yang digunakan dalam satu campuran. Pada nilai fas yang sama, semakin tinggi nilai S/P, jumlah semen yang dipakai dalam campuran tersebut semakin besar, sehingga jumlah air yang dicampurkan semakin besar pula. Tetapi jika jumlah semen berlebihan maka jumlah air yang dicampurkan sangat banyak sehingga campuran encer (slump tinggi) dan banyak rongga akibat air bebas mengakibatkan rendahnya kuat tekan spesi.

2.4.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat yang dicampur, dibakar didalam pembakaran kapur dan kemudian dihancurkan menjadi tepung.

Semen Portland merupakan bahan bubuk halus, butirnya sekitar 0,05 mm dan pada hakekatnya terdiri dari hablur-hablur senyawa yang kompleks. Semen Portland sebagai komponen beton atau berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik secara umum sifat utamanya adalah mengikat dengan adanya air dan mengeras secara hidrolik.

Macam-macam reaksi kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan pada beton adalah:

1. Tricalcium aluminate (C_3A), yang mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sifat air tanah, dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.
2. Tricalcium silikat (C_3S), yang mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas. Kwantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awalnya, terutama dalam 14 hari pertama.
3. Dicalcium silikat (C_2S), yang mana formasinya berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya.
4. Tetra calcium aluminoferrite (C_4AF).

2.4.2 Agregat

Didalam beton, agregat merupakan bahan pengisi yang netral yang tidak bereaksi dengan semen, merupakan 70% – 75% masa beton.

Maksud penggunaan agregat didalam adukan beton ialah:

1. Menghemat penggunaan semen Portland
2. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
4. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton padat
5. Sifat dapat dikerjakan (workability) dapat diperiksa pada adukan beton dengan gradasi yang baik

Semakin banyak agregat didalam suatu adukan beton, semakin hemat penggunaan semen Portland, sehingga betonnya juga semakin murah. Tentunya ada batasannya, asal pasta semen masih cukup untuk pelekatan butir, pengisian rongga-rongga halus, sifat untuk dapat dikerjakan dan lain sebagainya.

Agregat yang baik harus keras, kuat dan ulet. Kekuatannya harus melebihi kekuatan pasta semen yang telah mengeras.

Agregat dapat mengandung pori-pori tertutup, tetapi tidak menambah sifat tembus air betonnya. Dan bila pori-pori terbuka harus dapat terisi oleh pasta semen. Hal ini tergantung dari mutu dan kontinuitas pasta semen, apakah betonnya bersifat tembus air atau tidak. Karena agregat tidak menyusut, maka susut pengerasan hanya disebabkan oleh pengerasan pasta semen.

Gradasi agregat yang baik dapat menghasilkan beton padat, sehingga volume rongga berkurang dan penggunaan semen Portland berkurang pula.

Sifat dapat dikerjakan dari adukan beton dapat diusahakan gradasi dari agregat, tetapi gradasi untuk mobilitas yang baik diperlukan butir-butir saling bersinggungan, hingga dapat memudahkan gerak adukan betonnya.

2.4.2.1 Agregat Halus (Pasir)

Pasir adalah bahan batuan halus, terdiri dari butiran sebesar 0,14 – 5 mm, didapat dari hasil disintegrasi (penghancuran) batuan alam (natural sand) atau dapat juga dengan memecahnya tergantung dari kondisi pembentukan tempat terjadinya, pasir laut dan pasir dune (bukit-bukit pasir yang dibawa angin ketepi pantai).

Syarat-syarat agregat halus (pasir) menurut PBI 1971 adalah:

1. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.
2. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui

ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.

4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan perubahan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
5. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
 - sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80 % dan 95% berat
6. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.4.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar sebagai bahan campuran untuk membuat beton dapat berupa kerikil atau batu pecah. Kerikil adalah bahan yang terjadi sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan dan berbentuk agak bulat-bulat serta permukaannya agak licin. Menurut asalnya kerikil dapat dibedakan atas kerikil sungai dan kerikil pantai.

Kerikil galian biasanya mengandung zat-zat yang tercampur seperti tanah liat, debu, pasir dan zat-zat organik. Kerikil sungai dan kerikil pantai biasanya bebas dari zat-zat yang tercampur, permukaannya licin dan bentuknya lebih bulat. Hal ini disebabkan karena pengaruh air. Butir-butir kerikil galian kasar yang menjamin pengikatan lebih baik.

Syarat-syarat agregat kasar menurut PBI 1971 adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar lebih dari 5 mm
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melebihi 1%, maka agregat kasar harus dicuci
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali
5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban pengujian 20 ton, dengan mana harus memenuhi syarat-syarat berikut:
 - tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat
 - tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% beratKekerasan ini dapat juga diperiksa dengan mesin pengaus *Los Angeles*. Dalam hal ini tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, maka harus memenuhi syarat-syarat berikut:
 - sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat
 - sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat
 - selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60% dan minimum 10% berat
7. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau

tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton sedemikian rupa sehingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

2.4.3 Air

Dalam proses pembuatan beton diperlukan air. Air tersebut berpengaruh terhadap hal-hal berikut:

- a. Dalam pembuatan pasta semen yaitu pada sifat dapat dikerjakan adukan beton, kekuatan, susut dan keawetan betonnya
- b. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan kekerasan dan kekuatan sesudah beberapa lama
- c. Perawatan dalam pengerasan beton guna menjamin pengerasan sempurna

Terlalu sedikit air, proses pembuatan beton tidak akan baik dan sukar untuk dikerjakan, sedangkan bila terlalu banyak, kekuatan beton akan berkurang dan akan terjadi banyak penyusutan setelah beton mengeras.

Tetapi pada umumnya digunakan lebih banyak air daripada yang diperlukan untuk pengerasan semen Portland, supaya sifat dapat dikerjakan mudah tercapai dan dapat lebih murah. Air yang digunakan untuk proses beton, paling baik ialah air bersih yang memenuhi syarat air minum. Jika digunakan air yang tidak baik, maka kekuatan beton akan turun banyak sekali.

Tetapi belum tentu bahwa air yang tidak dapat diminum tidak dapat digunakan. Biasanya air sungai yang tidak mengandung bahan yang mengendap cepat, dapat digunakan untuk proses pembuatan beton.

Tetapi air dari selokan dan sisa-sisa industri tidak baik untuk maksud tersebut. Bila terpaksa air laut dapat digunakan juga, tetapi dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan tekan beton sekitar 10 – 20%. Hal ini dapat diimbangi dengan penggunaan semen Portland lebih banyak dan penggunaan air lebih sedikit.

2.5 Styrofoam

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$), yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah $100^{\circ}C$. *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai $0,99 \text{ GN/m}^2$, dan angka poisson 0,33.

Jika dibentuk *granular styrofoam* atau *expanded polystyrene* maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antar $13 - 16 \text{ kg/m}^3$. Penggunaan styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai udara yang terjebak. Namun keuntungan menggunakan styrofoam dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton adalah styrofoam mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain akan membuat beton menjadi ringan, dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton.

Kerapatan beton atau berat jenis beton dengan campuran styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran styrofoam yang digunakan dalam beton. Semakin banyak styrofoam yang digunakan dalam beton maka akan dihasilkan beton dengan berat jenis yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah dan hal tersebut harus disesuaikan dengan kegunaannya sebagaimana dijelaskan sebelumnya.

2.6 Panil Lapis Gedek

Panil lapis gedek adalah merupakan panil (pelat tipis) dari campuran semen dan pasir (spesi) yang terdiri dari dua lapis. Kedua sisi luarnya dilapisi gedek (anyaman bambu) yang akan digunakan sebagai bahan bangunan lapisan dinding.

Persyaratan dari pembuatan panil lapis gedek adalah:

- Tepi potongan panil harus lurus, rata, tidak berkerut, sama tebalnya pada seluruh panjang lembaran. Bila diketuk perlahan-lahan dengan benda yang keras akan berbunyi nyaring yang menandakan bahwa lembaran tersebut tidak pecah atau retak
- Permukaan potongan panil harus tidak menunjukkan retak-retak, kerutan-kerutan atau cacat lainnya yang dapat merugikan pemakainya. Permukaan lembaran yang sengaja dibuat tidak rata tidak diperbolehkan
- Penampang potongan panil harus menunjukkan campuran yang merata, tidak berlubang-lubang atau terbelah-belah.

2.7 Komposit

Dalam suatu struktur yang terdiri dari dua material pada masa dahulu selalu direncanakan secara terpisah karena dianggap keduanya bekerja sendiri-sendiri dalam menahan gaya yang bekerja. Hal ini terjadi karena lekatan antara dua material tersebut tidak dapat diandalkan. Tetapi dengan perkembangan dunia konstruksi, adanya penghubung geser baik dengan pengelasan maupun mekanis menjadi praktis untuk menahan geser yang timbul diantara dua material saat struktur tersebut dibebani.

Dalam sistem komposit, perbedaan elemen struktur menyebabkan perbedaan modulus elastisitas. Sehingga untuk menghitung tegangan-tegangan yang terjadi diperlukan suatu cara yang disebut dengan Metode Transformasi (Metode Luas Pengganti). Metode transformasi untuk beton bertulang dapat dijelaskan sebagai berikut: luas penampang tulangan baja dan beton ditransformasikan menjadi satu macam penampang bahan serba sama, yang bertujuan untuk mengamankan perilaku dalam mekanisme menahan beban. Transformasi dilakukan dengan mengganti luas penampang baja menjadi luasan beton ekuivalen (luasan semu). Luas penampang tulangan baja (A_s) diganti luas beton ekuivalen (A_{bt}) dan tegangan baja tarik (f_s) diganti dengan tegangan beton tarik ekuivalen (f_{bt}). Untuk mendapatkan luas transformasi ada dua syarat yang harus dipenuhi:

1. Agar tetap berada dalam keseimbangan jumlah gaya tarik bernilai tetap, digunakan persamaan:

$$As \cdot fs = Abt \cdot fbt \quad (2-1)$$

2. Agar tetap tercapai kesesuaian deformasi maka satuan regangan perpanjangan bernilai tetap sehingga:

$$\frac{fs}{Es} = \frac{fbt}{Ebt} \quad (2-2)$$

Dengan menggunakan nilai banding modulus elastisitas:

$$n = \frac{Es}{Ebt} \quad (2-3)$$

Sehingga didapatkan persamaan:

$$Abt = n \cdot As \quad \text{dan}$$

$$fbt = \frac{fs}{n} \quad (2-4)$$

Dalam hal ini beton bertulang dianggap, diganti dan diperlakukan sebagai penampang dari satu bahan saja, yaitu beton ekuivalen. Didaerah tarik beton ekuivalen mengambil alih tugas menahan tarikan. Prinsip dari metode transformasi dapat diterapkan pada panil lapis gedek, yaitu anyaman bambu diperlakukan sama seperti baja sehingga luas anyaman bambu diganti dengan luas spesi ekuivalen. Nilai banding modulus elastisitasnya menjadi:

$$n = \frac{Eg}{Em} \quad (2-5)$$

dimana: n = rasio modular anyaman bambu dan spesi

Eg = modulus elastisitas gedek/bambu (kg/cm^2)

Em = modulus elastisitas spesi (kg/cm^2)

Modulus elastisitas spesi dicari dengan menggunakan rumus pendekatan modulus elastisitas beton berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.

$$Em = (Wc)^{1.5} \times 0.043 \sqrt{f's} \quad (2-6)$$

dimana: Wc = massa spesi (kg/cm^3)

$f's$ = kuat tekan spesi (Mpa)

Karena merupakan sistem komposit maka tebal yang dipakai adalah tebal gedek yang ditransformasikan ke spesi.

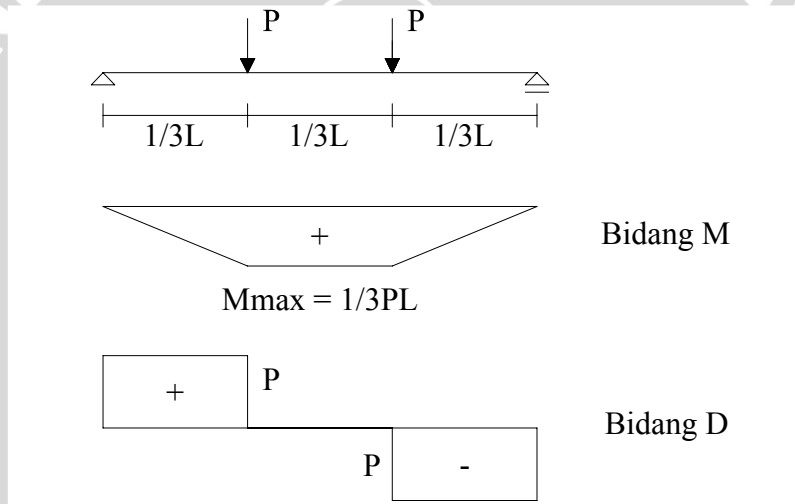
$$t = \left(ts + \frac{tg}{n} \right) \tag{2-7}$$

- dimana: tg = tebal gedek (cm)
- ts = tebal spesi (cm)
- t = tebal transformasi (cm)

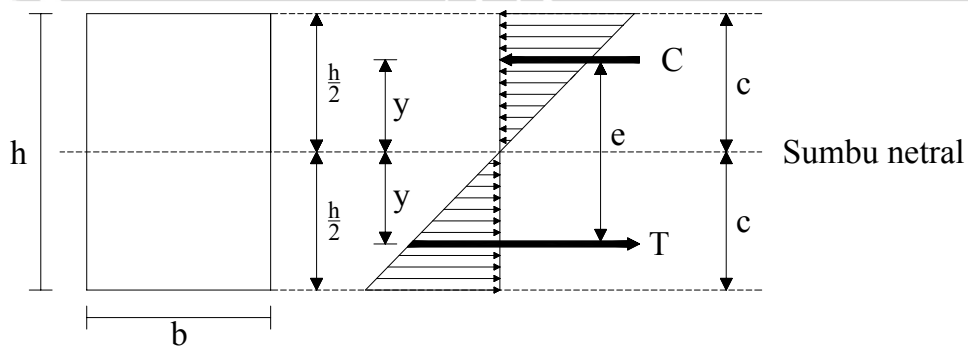
Untuk mengkompositkan anyaman bambu dan spesi diperlukan penghubung geser (*shear connector*).

2.8 Tegangan Lentur

Salah satu dari pengujian kekuatan panil lapis gedek adalah pengujian kekuatan dengan kondisi panil ditumpu dengan tumpuan sederhana dengan beban terpusat (berat sendiri diabaikan) yang diletakkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Diagram momen dan gaya lintang



Gambar 2.3 Diagram tegangan lentur pada penampang segi empat

Distribusi tegangan yang terlihat pada Gambar 2.3 didasarkan atas asumsi bahwa tegangannya bergantung linear pada deformasi, atau dengan perkataan lain, material yang digunakan adalah elastis linear. Besar tegangan lentur (σ) yang ada pada suatu titik bergantung pada momen eksternal (M) pada penampang tersebut. Besar σ juga harus sebanding dengan jarak (y) lokasi titik yang ditinjau ke sumbu netral balok. Tentu saja tegangan lentur (σ) berbanding terbalik dengan besaran yang bergantung pada ukuran dan bentang balok itu sendiri. Apabila ukuran balok bertambah, maka tegangan pada suatu titik pada balok akan berkurang untuk suatu harga momen. Misalnya kita definisikan besaran tersebut sebagai I (besaran ini umum disebut sebagai *momen inersia*). Tegangan lentur hanya bergantung pada faktor-faktor tersebut diatas. Dengan demikian misalnya, tegangan lentur tidak dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan.

Karena tegangan lentur (σ) berbanding langsung dengan momen (M), berbanding langsung dengan parameter lokasi (y), dan berbanding terbalik dengan besaran penampang (I), maka tegangan tersebut dapat ditulis sebagai

$$\sigma = \frac{M.y}{I} \quad (2-8)$$

dimana: σ = tegangan lentur

M = momen lentur

y = jarak lokasi titik yang ditinjau ke sumbu netral penampang

I = momen inersia penampang melintang

Rumus ini menunjukkan bahwa tegangan lentur pada setiap penampang bervariasi langsung dengan jarak penampang dari sumbu netral. Dalam bentuk rumus lentur yang lebih umum y diganti dengan jarak c , yang didefinisikan sebagai jarak dari sumbu netral ke elemen terjauh. Dengan perubahan ini, tegangan lentur maksimum pada setiap penampang diberikan oleh

$$\sigma_{\max} = \frac{M.c}{I} \quad (2-9)$$

dengan c adalah jarak dari sumbu netral ke elemen terjauh

Apabila I/c disebut modulus penampang, dan disebut dengan S , variasi umum lain dari rumus lenturan adalah

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S} \quad (2-10)$$

Karena jumlah gaya mendatar disepanjang penampang harus nol, maka gaya tekan total C di setengah penampang atas sama dengan gaya tarik total T yang besarnya sama, arahnya berlawanan. Harga gaya ini sama dengan perkalian tegangan rata-rata dengan luas. Justru itu, tegangan rata-rata besarnya setengah maksimum. Karena distribusi tegangan linier

$$T = C = (\sigma_{\text{rata-rata}})(\text{Luas}) = \left(\frac{1}{2}\sigma\right)\left(b\frac{h}{2}\right) \quad (2-11)$$

dimana: T = gaya tarik yang bekerja pada titik berat

N = gaya tekan yang bekerja pada titik berat

Gaya C dan T bekerja melalui titik berat distribusi beban segitiga pada sejarak y dari garis netral. Karena $y = \frac{2}{3}c = \frac{2}{3}(h/2)$, lengan momen kopel tahanan $e = 2y = \frac{2}{3}h$. Dengan demikian menyamakan momen lentur dengan momen tahanan, kita peroleh

$$M = Mr = C.e = T.e$$

$$M = \left(\frac{1}{2}\sigma\right)\left(b\frac{h}{2}\right)\left(\frac{2}{3}h\right) = \sigma\frac{bh^2}{6} \quad (2-12)$$

dimana: M = momen lentur

b = lebar penampang melintang

h = tinggi penampang melintang

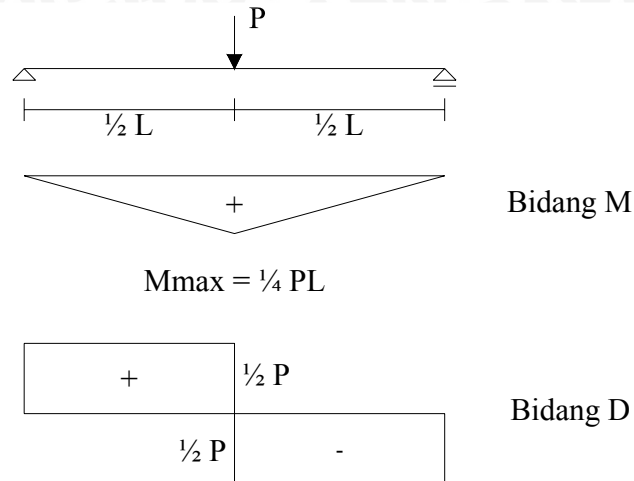
e = jarak antara gaya tarik dengan gaya tekan

Mr = momen tahanan

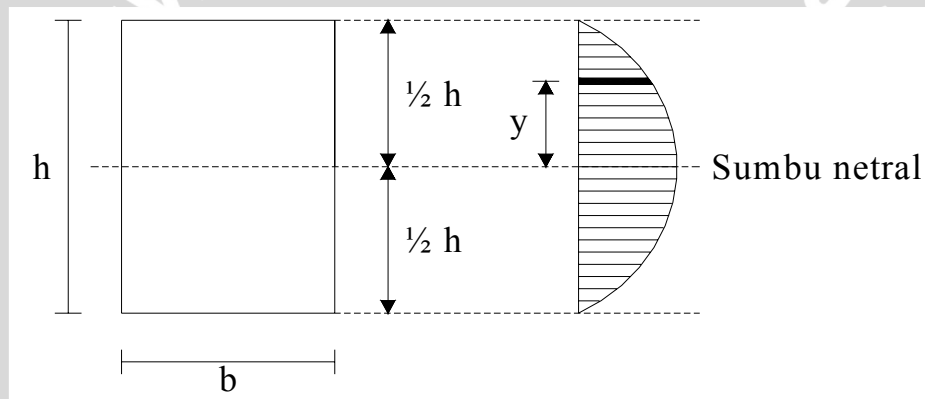
2.9 Tegangan Geser

Tegangan geser berbeda dengan tegangan tarik dan tekan karena tegangan geser disebabkan oleh gaya yang bekerja sepanjang atau sejajar dengan luas penahan gaya, sedangkan tegangan tarik dan tekan disebabkan oleh gaya yang tegak lurus terhadap luas bidang gaya.

Pengujian kekuatan panil juga dilakukan pada kondisi dimana beban terpusat pada panil terletak ditengah-tengah bentang (berat sendiri diabaikan) seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Diagram momen dan lintang



Gambar 2.5 Diagram tegangan geser pada penampang segi empat

Tegangan geser terjadi apabila beban terpasang menyebabkan salah satu penampang benda cenderung menggelincir pada penampang yang bersinggungan.

Tegangan geser τ dapat diperoleh dari:

$$\tau = \frac{V}{A} \tag{2-13}$$

Keseimbangan bagian penampang balok dalam arah vertikal diperoleh dengan adanya tegangan geser pada balok. Gaya resultan dari tegangan geser ini, yaitu gaya geser internal V_R , sama besar, tetapi berlawanan arah dengan gaya geser eksternal, V_E .

Ekspresi eksak untuk tegangan geser horisontal balok, yang didasarkan atas konsep serupa dengan yang telah disebutkan terdahulu, dapat ditentukan.

Tegangan geser horisontal pada lapisan sejauh y dari sumbu netral dapat dibuktikan mempunyai bentuk:

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} \quad (2-14)$$

dimana: V = gaya geser vertikal pada penampang melintang yang ditinjau

b = lebar dimana lapisan horisontal balok ditinjau

I = momen inersia penampang melintang

Q = statika momen terhadap sumbu berat

τ = tegangan geser balok

Persamaan umum tegangan geser $\tau = VQ/Ib$ dapat digunakan untuk berbagai jenis penampang. Untuk penampang segiempat, tegangan geser terjadi pada sumbu netral balok (pada setengah tinggi) dan diberikan oleh

$$\tau = \frac{3}{2}(V/bh) = \frac{3}{2}(V/A) \quad (2-15)$$

dimana: b = lebar dimana lapisan horisontal balok ditinjau

h = tinggi dimana lapisan horisontal balok ditinjau

A = luas penampang melintang balok yang ditinjau

Dengan demikian tegangan geser maksimum pada balok adalah 1,5 kali tegangan geser rata-rata penampang balok segiempat.

2.10 Kekuatan Sambungan Tumpu

Jenis-jenis elemen penghubung yang umum digunakan pada titik hubung dapat dikelompokkan sebagai penghubung titik (misalnya baut, paku, paku keling), penghubung garis (misalnya las), dan penghubung permukaan (misal permukaan berlem). Jenis umum penghubung yang digunakan sangat bergantung pada geometri dan perilaku fisik elemen-elemen yang akan dihubungkan.

Titik hubung berbaut, *ber-lap*, dan sederhana mempunyai kekuatan yang didasarkan atas kapasitas geser baut terhadap gaya-gaya yang harus disalurkan. Akan tetapi, ada pula jenis titik hubung baut yang tidak bergantung pada kapasitas geser bautnya sama sekali. Baut sering dikencangkan sedemikian rupa sehingga gaya gesekan yang timbul diantara plat-plat yang paling tumpang tindih cukup untuk menyalurkan gaya-gaya diantara elemen-elemen plat tersebut. Tentu saja dalam hal ini ada masalah lain yang timbul, yaitu masalah tumpu

(bearing). Kita harus berhati-hati dalam menentukan apakah baut memang benar-benar dikencangkan atau tidak.

Dalam menentukan ukuran baut pada hubungan lap sederhana, tinjauan yang paling penting adalah tegangan geser pada baut dan tegangan tumpu pada elemen struktur yang dihubungkan. Terhadap tegangan, kita dapat menganggap bahwa tegangan geser terdistribusi secara merata pada muka baut. Asumsi ini umumnya shahih apabila tinggi luas geser kecil dan jarak diantara gaya-gaya geser juga kecil. Ini adalah jenis kondisi yang ada apabila baut digunakan untuk menghubungkan plat-plat. Pendekatan demikian tidak shahih dan akan tidak aman apabila digunakan pada situasi yang melibatkan luas geser besar dan jarak besar diantara gaya-gaya geser.

Apabila tegangan geser dapat dianggap terdistribusi merata, besarnya dapat dengan mudah ditulis sebagai

$$\tau = \frac{P}{A_p} \quad (2-16)$$

dimana: P = gaya geser yang bekerja

A_p = adalah luas penampang melintang panil

Beban geser izin pada baut yang mengalami keadaan geser tunggal adalah

$$P = A_p \cdot \tau \quad (2-17)$$

dimana: A_b = luas penampang melintang panil

$$= h \cdot t \quad (2-18)$$

τ = adalah tegangan izin geser pada panil

h = tinggi panil

t = tebal panil

Dengan demikian,

$$P = h \cdot t \cdot \tau \quad (2-19)$$

Tegangan tumpu seringkali menentukan didalam desain titik hubung. Jelas bahwa tegangan tumpu dapat diperkecil, baik dengan memperbesar tebal pelat yang ada ataupun dengan menggunakan diameter baut yang lebih besar.

Sambungan baut bisa dianggap sebagai contoh tegangan merata yang tunduk kepada persamaan $P = A\tau$. Pemakaian persamaan ini terhadap tipe

kerusakan elemen mudah dimengerti dengan meninjau sambungan tumpu baut-tunggal.

Bila suatu sambungan yang dibaut atau dikeling atau sambungan mengalami beban diluar kemampuan ketahanannya maka sambungan dapat rusak. Sementara kerusakan dapat terjadi secara menyeluruh dalam arah geser, dukung atau tarik, juga dapat terjadi secara serentak atau secara berangsur-angsur dengan berbagai kombinasi geser, dukung dan tarik.

Kerusakan geser, dimana sebuah baut bisa mengalami kerusakan dalam arah geser, baik geser tunggal pada salah satu luas potongan penampang, bergantung pada tipe sambungan. Beban rusak dalam geser diberikan oleh

$$P_s = A_s \tau = \frac{\pi d^2}{4} \tau \quad (2-20)$$

dimana d menyatakan garis tengah lubang baut

2.11 Hipotesis Penelitian

Setelah mempelajari tinjauan pustaka dan permasalahan diatas, maka dapat diambil hipotesis penelitian sebagai berikut “terdapat pengaruh yang positif antara variasi jumlah sambungan panil terhadap kekuatan sambungan panil lapis gedek”.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Desember 2006 sampai dengan selesai.

3.2 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Timbangan
- b. Cetakan silinder
- c. Proving ring
- d. Dial Gauge
- e. Frame besar
- f. Bekisting panel ukuran 40 x 60
- g. Alat perata
- h. Dongkrak
- i. Klem
- j. Angkur
- k. Baut

3.3 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan guna penelitian ini adalah :

- a. Semen Gresik type I
- b. Gedek (anyaman bambu)
- c. Agregat halus (pasir) yang didapat dari pasaran disekitar lokasi penelitian
- d. Air dari PDAM yang tersedia di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
- e. *Shear Connector* (penghubung geser) dari kawat berdiameter 2 mm
- f. *Styrofoam* berbentuk bulat dengan ukuran diameter yang beragam

3.4 Analisa Bahan yang digunakan

3.4.1 Gedek

Tidak terdapat pengujian sehingga untuk mengetahui kekuatan dari bahan ini yang meliputi kuat tarik, kuat tekan dan modulus elastisitas diperoleh dari berbagai pengujian yang telah dilakukan terhadap bambu.

3.4.2 Spesi

Spesi yang terdiri dari campuran pasir dan semen dilakukan pengujian untuk mengetahui kuat tekan hancur dari spesi tersebut. Pasir yang digunakan adalah pasir sungai dan tidak mengandung debu. Semen yang digunakan adalah semen type I. Untuk pasir dilakukan pengayakan untuk mengurangi jumlah kerikil.

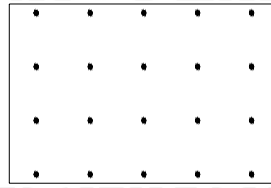
3.4.4 Air

Tidak dilakukan pengujian khusus, karena air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Pemerintah kota Malang. Air dianggap sudah memenuhi syarat.

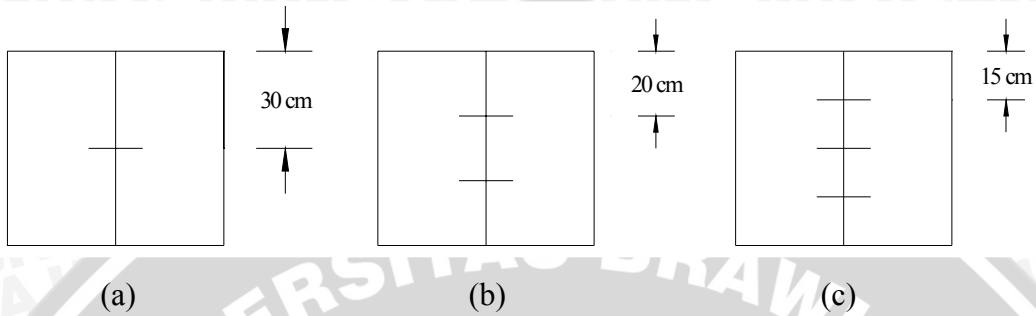
3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah sebagai berikut :

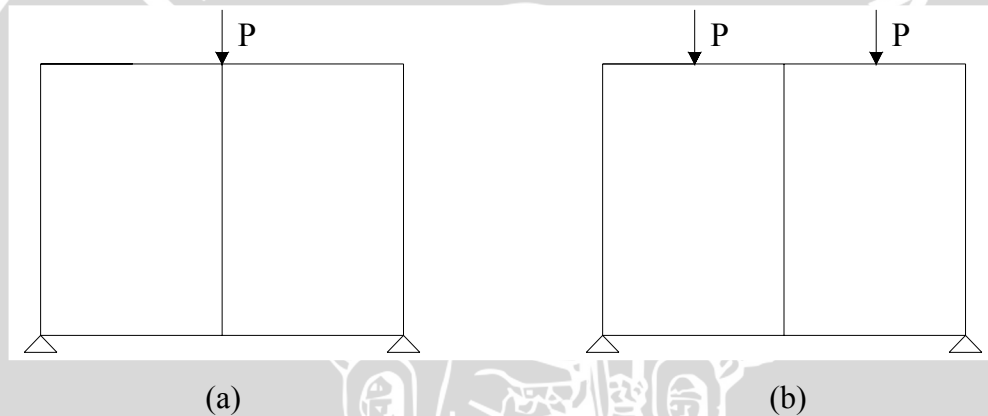
- Ukuran panil lapis gedek 40 x 60 cm
- Total benda uji ada 12 buah
- Perbandingan campuran 1 : 4
- Jarak *shear connector* 12 cm
- Campuran *styrofoam* sebanyak 20%
- Jumlah angkur yang digunakan sebanyak 24 buah
- Jumlah baut yang digunakan juga sebanyak 12 buah
- Setiap satu panil disambung dengan satu panil yang lain dengan jumlah sambungan yang berbeda-beda yakni satu sambungan, dua sambungan dan tiga sambungan



Gambar 3.1 Panil dengan jarak *shear connector* 12 cm



Gambar 3.2 Variasi jumlah sambungan



Gambar 3.3 Skema pembebanan

Rancangan penelitian tersebut disusun untuk mengetahui besar kekuatan sambungan panil lapis gedek pada umur 28 hari dengan keseluruhan jumlah benda uji sebanyak 12 buah.

Rancangan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- Membuat potongan gedek ukuran 40 x 60 cm
- Potongan gedek divernis agar pada waktu pengecoran gedek tidak menyerap air dari spesi
- Pada gedek dibuat lubang-lubang untuk pemasangan *shear connector* dengan jarak lubang 12 cm
- Membuat bekisting dengan ukuran yang sama dengan panil yakni 40 x 60 cm
- Bekisting dibuat dari kayu dan tripel yang mudah untuk dibongkar pasang

- f. Untuk gedek yang diletakkan pada bagian tengah, ukurannya lebih kecil daripada yang bagian luar sehingga pada saat pemasangan alat sambung tidak merusak gedek yang bagian tengah tersebut
- g. Pengecoran dilakukan pada keadaan tegak yang mana alat penyambung juga dipasang pada saat pengecoran sehingga jika panil kering sambungan tinggal diperkuat
- h. Panel lapis gedek dibiarkan kering kemudian alat penyambung dikencangkan dalam hal ini jumlah penyambung seperti yang telah ditentukan kemudian diuji

3.6 Prosedur Penelitian

- a. Benda uji diletakkan diatas dudukan alat uji yang dibuat sedemikian rupa sehingga panil dapat tertumpu
- b. Pemasangan dial dilakukan dengan memasang jarum bacaan pada permukaan benda uji
- c. Alat dongkrak berkapasitas 5 ton dipasang pada bagian atas dengan posisi dipusat massa dari benda uji untuk pembebanan dengan satu beban terpusat
- d. Alat dongkrak berkapasitas 5 ton dipasang pada bagian atas dengan posisi dipusat massa dari benda uji, kemudian dihubungkan dengan alat yang terdiri dari dua beban terpusat untuk pembebanan dengan dua beban terpusat
- e. Untuk pembebanan dengan satu beban terpusat, sambungan panil yang diuji sebanyak 3 buah yang terdiri dari satu sambungan, dua sambungan dan tiga sambungan. Demikian juga untuk pembebanan dengan dua beban terpusat.
- f. Penambahan beban dilakukan sampai sambungan pada benda uji putus atau sampai beton runtuh.

3.7 Analisis Momen, Tegangan Lentur Maksimum dan Tegangan Geser Maksimum

Dari total keseluruhan benda uji dibagi menjadi 3 kelompok dengan memakai jarak *shear connector* 12 cm dengan penambahan *stryrofoam* sebanyak 20%, dengan jumlah angkur dan baut sebanyak 12 buah.

- Kelompok 1 : ukuran panil 40 cm x 60 cm. Ada dua buah panil yang disambung dengan menggunakan satu baut yang diletakkan ditengah-tengah sambungan seperti pada gambar 3.2 (a) dengan jumlah benda uji menjadi 2 buah.
- Kelompok 2 : ukuran panil 40 cm x 60 cm. Jumlah baut yang digunakan untuk menyambung dua buah panil ada 2 buah seperti pada gambar 3.2 (b) dengan jumlah benda uji menjadi 4 buah
- Kelompok 3 : ukuran panil 40 cm x 60 cm. Jumlah baut yang digunakan untuk menyambung dua buah panil ada 3 buah seperti pada gambar 3.2 (c) dengan jumlah benda uji menjadi 2 buah.
- Sehingga total benda uji menjadi 6 buah

Untuk pengujian, dari ke 6 benda uji dibagi menjadi dua bagian sesuai dengan pembebanan yang ditentukan, maksudnya adalah 3 dari benda uji pengujiannya adalah dengan meletakkan beban terpusat ditengah bentang seperti pada gambar 3.3(a), sedangkan untuk sisanya pengujiannya dilakukan dengan meletakkan dua beban terpusat yang membagi bentang sama panjang seperti pada gambar 3.3(b).

Nilai momen maksimum dan tegangan lentur maksimumnya diperoleh dari perhitungan terhadap dua pembebanan yaitu pembebanan dengan satu beban terpusat dan dua beban terpusat. Untuk menghitung momen maksimumnya digunakan rumus:

- a. Untuk satu beban terpusat

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{4} PL \quad (3.1)$$

- b. Untuk dua beban terpusat

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{3} PL \quad (3.2)$$

Sedangkan untuk menghitung tegangan lentur maksimum yang terjadi digunakan rumus:

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.3)$$

Tegangan geser maksimum yang terjadi pada panil lapis gedek dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\tau = \frac{3}{2}(V/A) \quad (3.4)$$

3.8 Kekuatan Sambungan Tumpu Panil Lapis Gedek dengan Pembebanan Satu Beban Terpusat

Untuk kekuatan sambungan tumpu pada panil hanya dilakukan analisis terhadap panil dengan satu beban terpusat karena pada panil dengan pembebanan dua beban terpusat, tegangan geser yang terjadi ditengah bentang panil yaitu tempat diletakkan sambungan adalah nol sehingga tidak dilakukan perhitungan untuk kekuatan sambungan tumpunya.

Dari perhitungan kuat geser pada panil dengan satu beban terpusat diperoleh nilai kuat geser maksimumnya. Sehingga kuat tumpu dari panil dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

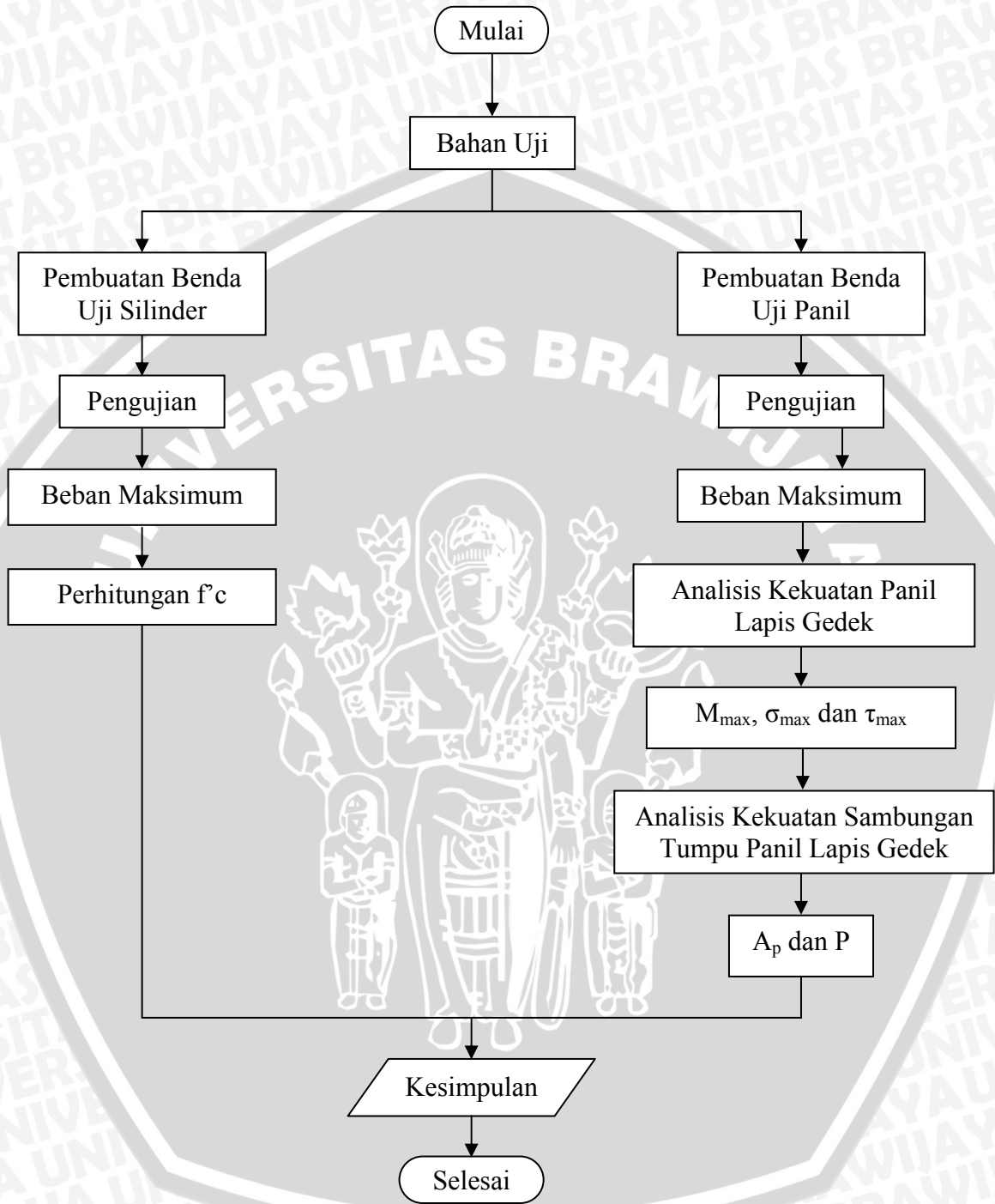
$$P = \frac{\tau}{A_p} \quad (3.5)$$

dimana A_p adalah luas permukaan dari panil yang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$A_p = h \cdot t \quad (3.6)$$

dengan h = tinggi panil, dan t = tebal panil

3.9 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Bahan

4.1.1 Air

Air yang digunakan adalah air bersih, tidak tercemar dari bahan organik atau dapat diminum, berasal dari PDAM Pemerintah Kota Malang. Air tersebut layak digunakan dan dianggap sudah memenuhi syarat.

4.1.2 Spesi

Semen yang dipakai adalah semen Gresik Type I. Semen harus dalam kondisi bagus yaitu tidak mengeras (membentuk gumpalan-gumpalan). Pasir yang dipakai adalah pasir standar untuk pembuatan beton dengan ukuran butir kurang dari 4,75 mm dengan campuran spesi yang digunakan adalah 1: 4.

4.1.3 Anyaman Bambu (Gedek)

Anyaman bambu yang digunakan berukuran 40 x 60 cm yang sebelumnya dilapisi vernis agar awet dan kedap air. Gedek yang digunakan dalam kondisi bagus yakni yang tidak lapuk. Gedek dilubangi dengan bor listrik agar kawat penghubung geser lebih mudah dipasang. Jarak penghubung geser adalah 12 cm.

4.2 Kuat Geser dan Modulus Elastisitas Bambu

Nilai modulus elastisitas bambu diperoleh dari penelitian sebelumnya. Bambu yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap kuat tekan pada arah sejajar serat dan tegak lurus serat. Dari data uji tekan bambu didapatkan grafik hubungan tegangan regangan bambu. Berdasarkan grafik tersebut maka nilai modulus elastisitas bambu dapat diperoleh dari kemiringan grafik hasil regresi. Nilai modulus elastisitas bambu didapat dari rata-rata antara modulus elastisitas bambu sejajar serat dan modulus elastisitas bambu tegak lurus serat. Selengkapnya akan diberikan pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Tegangan Geser Rata-rata Bambu

No	Bagian	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Jumlah (kg/cm ²)	Tegangan Geser Rata-rata (kg/cm ²)
1.	Atas	137,48567 161,56463 110,54422	409,5954117	123,5144
2.	Tengah	167,43540 110,23800 128,89366	406,5670590	
3.	Bawah	124,14966 99,12356 72,19214	295,4671665	

Tabel 4.2 Modulus Elastisitas Rata-rata Bambu

No	Bagian	Sejajar Serat (kg/cm ²)	Tegak Lurus Serat (kg/cm ²)
1.	Atas	837183 837183 647411	2296,1
2.	Tengah	688442 999454 1000000	1463,8
3.	Bawah	466047 808066 815367	1692,3
E		738688	1817,4
E _{rata-rata}		370252,5889	

4.3 Pengujian Kuat Tekan Spesi

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan spesi untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimumnya. Pengujian kuat tekan spesi menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 8 x 16 cm dengan perbandingan campuran 1 : 4. Pengujian kuat tekan spesi dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh nilai tegangan maksimum pada masing-masing benda uji. Tegangan maksimum yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut kemudian dirata-rata yang mana nilainya merupakan nilai kuat tekan spesinya.

Data tentang kuat tekan spesi hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Kuat Tekan Rata-rata Spesi

Benda Uji	Berat (gram)	Beban (kg)	Luas Permukaan Benda Uji (cm ²)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	1576,9	4620	50,26548246	91,91197964	95,45980858
2	1603	5580	50,26548246	111,0105728	
3	1655,5	3340	50,26548246	66,44718874	
4	1636,7	5010	50,26548246	99,67078311	
5	1584,5	5650	50,26548246	112,4031786	
6	1647,3	5080	50,26548246	101,0633889	
7	1645,5	5650	50,26548246	112,4031786	
8	1670	4410	50,26548246	87,73416238	
9	1685,8	5180	50,26548246	103,0528257	
10	1603,1	4360	50,26548246	86,73944399	
11	1602,4	4190	50,26548246	83,35740144	
12	1682,9	4510	50,26548246	89,72359917	

4.4 Pengujian Kekuatan Sambungan Panil Lapis Gedek

Benda uji berupa panil komposit anyaman bambu-spesi dengan ukuran 40 x 60 x 4 cm yang disambung dengan menggunakan baut yang sebelumnya dipasang angkur yang berfungsi agar baut tidak mudah lepas dari pelat. Setiap sambungan dari panil menggunakan jumlah sambungan yang bervariasi, ada yang menggunakan satu sambungan, dua sambungan serta tiga sambungan. Sambungan panil ini kemudian diuji dengan memberikan beban berupa satu beban terpusat yang diletakkan ditengah-tengah pelat dan dua beban terpusat yang diletakkan setiap sepertiga jarak dari pelat. Pengujian ini dilakukan setelah panil berumur 28 hari.

Data hasil pembacaan dari hasil pengujian pada panel tersebut berupa data beban dan lendutan. Disini lendutan dibaca untuk setiap beban kelipatan 22,5 kg sesuai dengan kapasitas proving ring yang digunakan. Pembacaan lendutan dihentikan saat beban sudah tidak dapat dinaikkan lagi dengan kata lain panil sudah mencapai kondisi batas sehingga tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan.

Beban yang diperoleh dari hasil pengujian merupakan beban batas sehingga panel mengalami kehancuran, dalam hal ini spesi hancur terlebih dahulu.

Pada saat mengalami pembebanan pertama kali panil komposit anyaman bambu-spesi masih memikul beban secara bersama-sama. Karena beban yang

diberikan semakin bertambah maka panel komposit akan mengalami deformasi yang ditandai dengan adanya lendutan yang semakin besar. Akibat lendutan yang semakin besar, maka akan mengakibatkan terjadinya retak pada panel. Semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula lendutan yang terjadi pada panil lapis gedek tersebut sehingga semakin besar pula retak-retak yang terjadi pada panil yang mengakibatkan panil mengalami kehancuran karena sudah tidak kuat menahan beban yang diberikan. Kondisi seperti ini disebut kondisi ultimit (batas) dimana panil sudah tidak mampu lagi menahan beban yang bekerja dan beban maksimum yang mampu ditahan oleh panil disebut beban ultimit (batas).

Pada tabel 4.4 akan diberikan rekapitulasi hasil perhitungan beban maksimum pada panel lapis gedek.

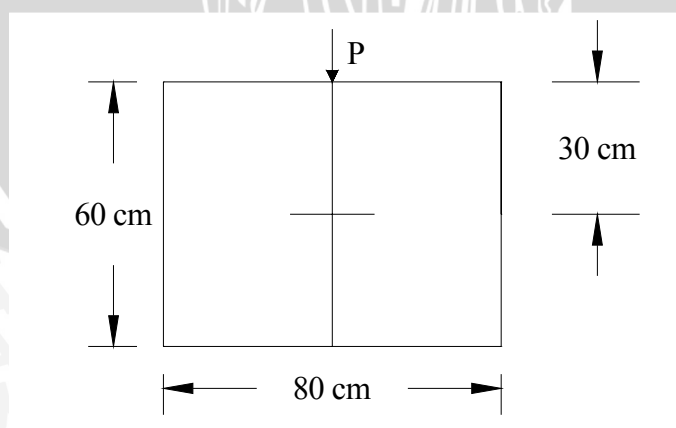
Tabel 4.4 Rekapitulasi Beban Maksimum Hasil Pengujian Panil Lapis Gedek

Jumlah Beban Terpusat	Variasi Jumlah Sambungan	Beban (P) (kg)
1	1	226,1954441
	2	361,9127106
	3	407,1517994
2	1	361,9127106
	2	180,9563553
	3	192,2661275

4.5 Perhitungan Kuat Lentur Panil Lapis Gedek

4.5.1 Perhitungan Kuat Lentur dengan Satu Beban Terpusat

- a. Panil lapis gedek dengan satu sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 226,1954441 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{4} PL = \frac{1}{4} (226,1954441)(80) = 4523,908882 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

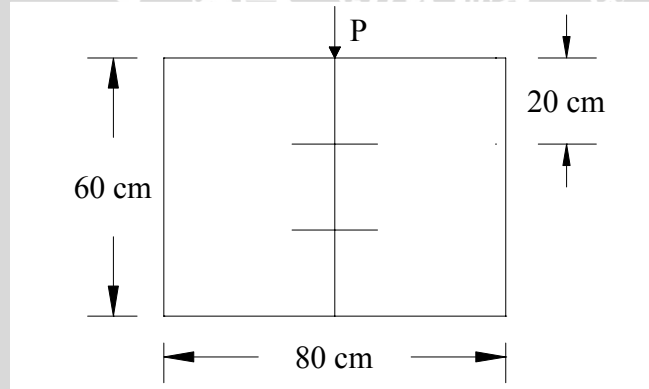
$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{4523,908882 \cdot 30}{72000} = 1,884962034 \text{ kg/cm}^2$$

b. Panil lapis gedek dengan dua sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 361,9127106 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{4} PL = \frac{1}{4} (361,9127106)(80) = 7238,254212 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

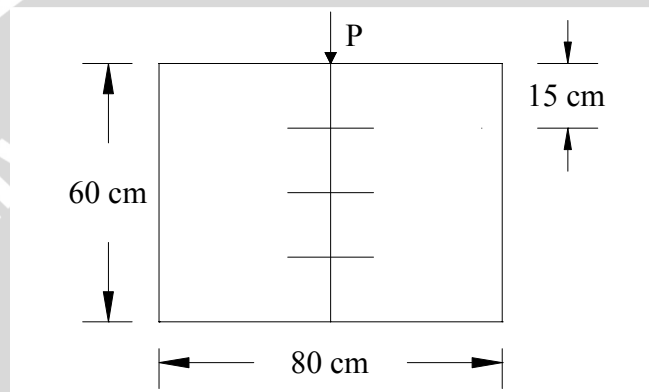
$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{7238,254212 \cdot 30}{72000} = 3,015939255 \text{ kg/cm}^2$$

c. Panil lapis gedek dengan tiga sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 407,1517994 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\max} = \frac{1}{4} PL = \frac{1}{4} (407,1517994)(80) = 8143,035988 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

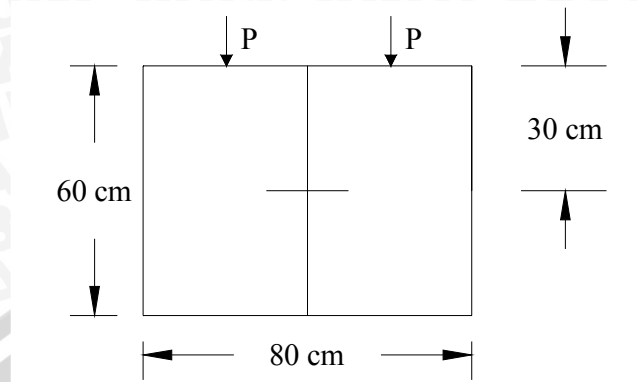
$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{8143,035988 \cdot 30}{72000} = 3,392931662 \text{ kg/cm}^2$$

4.5.2 Perhitungan Kuat Lentur dengan Dua Beban Terpusat

a. Panil lapis gedek dengan satu sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 361,9127106 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{3} PL = \frac{1}{3} (361,9127106)(80) = 9651,005615 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

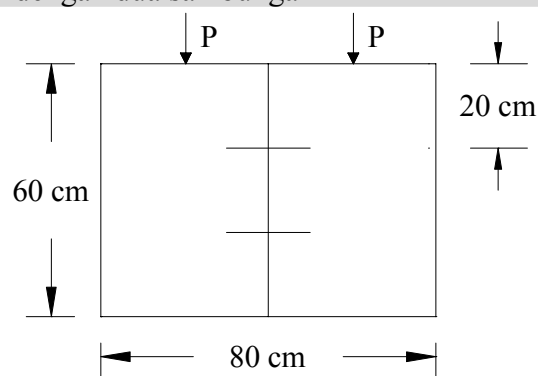
$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{9651,005615 \cdot 30}{72000} = 4,02125234 \text{ kg/cm}^2$$

b. Panil lapis gedek dengan dua sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 180,9563553 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{3} PL = \frac{1}{3} (180,9563553)(80) = 4825,502808 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

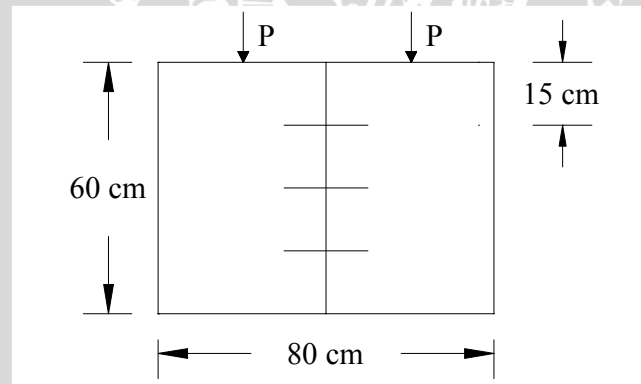
$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{4825,502808 \cdot 30}{72000} = 2,01062617 \text{ kg/cm}^2$$

c. Panil lapis gedek dengan tiga sambungan



Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 192,2661275 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan momen maksimum yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{3} PL = \frac{1}{3} (192,2661275)(80) = 5127,096733 \text{ kgcm}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pelat lapis gedek adalah:

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 4(60)^3 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{5127,096733 \cdot 30}{72000} = 2,136290306 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Lentur Maksimum yang terjadi pada Panil Lapis Gedek

Jumlah Beban Terpusat	Variasi Jumlah Sambungan	Beban (P) (kg)	Momen Maksimum (kgcm)	Tegangan Lentur Maksimum (kg/cm ²)
1	1	226,1954441	4523,908882	1,884962034
	2	361,9127106	7238,254212	3,015939255
	3	407,1517994	8143,035988	3,392931662
2	1	361,9127106	9651,005615	4,02125234
	2	180,9563553	4825,502808	2,01062617
	3	192,2661275	5127,096733	2,136290306

4.6 Perhitungan Kuat Geser Panil Lapis Gedek

4.6.1 Perhitungan Kuat Geser Panil Lapis Gedek dengan Satu Beban Terpusat

- a. Panil lapis gedek dengan satu sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 226,1954441 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 226,1954441 = 113,0977221 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2} (V/A) = \frac{3}{2} (113,0977221/240) = 0,706860763 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Panil lapis gedek dengan dua sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 361,9127106 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 361,9127106 = 180,9563553 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2} (V/A) = \frac{3}{2} (180,9563553/240) = 1,130977221 \text{ kg/cm}^2$$

- c. Panil lapis gedek dengan tiga sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 407,1517994 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 407,1517994 = 203,5758997 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2} (V/A) = \frac{3}{2} (203,5758997/240) = 1,272349373 \text{ kg/cm}^2$$

4.6.2 Perhitungan Kuat Geser Panil Lapis Gedek dengan Dua Beban Terpusat

- a. Panil lapis gedek dengan satu sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 361,9127106 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = P = 361,9127106 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2}(V/A) = \frac{3}{2}(361,9127106/240) = 2,261954441 \text{ kg/cm}^2$$

b. Panil lapis gedek dengan dua sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 180,9563553 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = P = 180,9563553 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2}(V/A) = \frac{3}{2}(180,9563553/240) = 1,130977221 \text{ kg/cm}^2$$

c. Panil lapis gedek dengan tiga sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$P = 192,2661275 \text{ kg}$$

$$t = b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

Dari gambar diagram pembebanan didapatkan gaya lintang maksimum yaitu:

$$V = P = 192,2661275 \text{ kg}$$

$$A = b \cdot h = 4 \cdot 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{3}{2}(V/A) = \frac{3}{2}(192,2661275/240) = 1,201663297 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Geser Maksimum yang terjadi pada Panil Lapis Gedek

Jumlah Beban Terpusat	Variasi Jumlah Sambungan	Beban (P) (kg)	Gaya Lintang Maksimum (kgcm)	Tegangan Geser Maksimum (kg/cm ²)
1	1	226,1954441	226,1954441	0,706860763
	2	361,9127106	361,9127106	1,130977221
	3	407,1517994	407,1517994	1,272349373
2	1	361,9127106	361,9127106	2,261954441
	2	180,9563553	180,9563553	1,130977221
	3	192,2661275	192,2661275	1,201663297

4.7 Kekuatan Sambungan Tumpu Panil Lapis Gedek dengan Pembebanan Satu Beban Terpusat

- a. Panil lapis gedek dengan satu sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$\tau = 0,706860763 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$t = 4 \text{ cm}$$

Maka didapatkan luas penampang melintang panil yaitu:

$$A_p = h \cdot t = 60 \cdot 4 = 240 \text{ cm}^2$$

Beban geser adalah:

$$P = \frac{\tau}{A_p} = \frac{0,706860763}{240} = 0,002945253 \text{ kg}$$

- b. Panil lapis gedek dengan dua sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$\tau = 1,130977221 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$t = 4 \text{ cm}$$

Maka didapatkan luas penampang melintang panil yaitu:

$$A_p = h \cdot t = 60 \cdot 4 = 240 \text{ cm}^2$$

Beban geser adalah:

$$P = \frac{\tau}{A_p} = \frac{1,130977221}{240} = 0,004712405 \text{ kg}$$

- c. Panil lapis gedek dengan tiga sambungan

Diketahui data-data sebagai berikut:

$$\tau = 1,272349373 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$t = 4 \text{ cm}$$

Maka didapatkan luas penampang melintang panil yaitu:

$$A_p = h \cdot t = 60 \cdot 4 = 240 \text{ cm}^2$$

Beban geser adalah:

$$P = \frac{\tau}{A_p} = \frac{1,272349373}{240} = 0,005301456 \text{ kg}$$

Untuk panil dengan pembebanan dua beban terpusat tidak dilakukan analisis karena tegangan geser maksimum yang terjadi ditengah bentang (tempat diletakkannya sambungan) adalah nol.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kekuatan Sambungan Tumpu yang terjadi pada Panil Lapis Gedek

Jumlah Beban Terpusat	Variasi Jumlah Sambungan	Beban (P) (kg)	Tegangan Geser Maksimum (kg/cm ²)	Beban Geser (P) kg
1	1	226,1954441	0,706860763	0,002945253
	2	361,9127106	1,130977221	0,004712405
	3	407,1517994	1,272349373	0,005301456

4.8 Pembahasan

Jumlah benda uji yang dibuat pada penelitian ini berjumlah 12 buah dan setiap dua diantara panil tersebut disambung dengan jumlah sambungan yang berbeda-beda mulai dari satu sambungan, dua sambungan dan tiga sambungan dimana masing-masing jenis sambungan menjadi 2 panil setelah dilakukan penyambungan sehingga jumlah total panil menjadi 6 buah.

Dari masing-masing panil yang disambung mendapatkan perlakuan yang berbeda-beda untuk setiap pengujian kekuatannya. Contohnya: untuk panil dengan satu sambungan (yang mana jumlahnya ada dua panil), masing-masing dari panil tersebut diberikan beban yang berbeda antara keduanya. Satu dari panil tersebut

diberi satu beban terpusat untuk pembebanannya sedangkan panil yang satunya diberi dua beban terpusat untuk pembebanannya setelah berumur 28 hari. Ini juga berlaku bagi panil dengan dua sambungan dan tiga sambungan. Sehingga masing-masing jenis sambungan panil tidak ada yang menerima pembebanan yang sama.

Setelah dilakukan pengujian, maka didapatkan beban maksimum dari tiap-tiap panil. Dari beban maksimum ini kemudian dihitung tegangan-tegangan yang terjadi serta kekuatan tegangan tumpu dari panil lapis gedek tersebut.

Tegangan-tegangan yang terjadi baik pada panil maupun pada sambungan panil nilainya sangat kecil, yang mana hal ini dapat diakibatkan oleh berbagai macam faktor, yaitu:

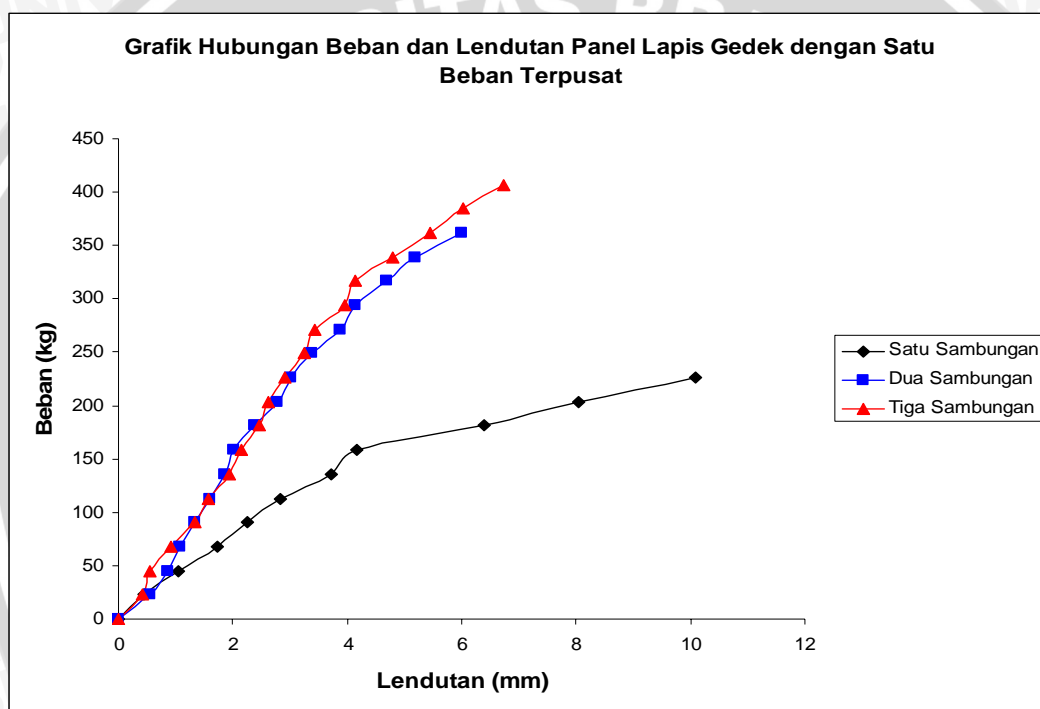
- a. Pemadatan benda uji yang kurang sempurna sehingga terjadi penurunan mutu dan kekuatan bahan
- b. Terjadi kesalahan pada pemberian tumpuan yang menyebabkan retak yang besar pada tumpuan sedangkan pada sambungan tidak terjadi yang mana hal ini seharusnya bisa terjadi
- c. Perbedaan dimensi penampang pada saat pengujian dan teoritis yang mana hal ini dapat mempengaruhi hasil yang didapat pada perhitungan kekuatan sambungan panil.

Akibat beban yang diberikan semakin besar sehingga panil mengalami retak-retak. Retak-retak yang banyak terjadi adalah retak pada tumpuan. Tetapi diantara semua panil tersebut hanya panil dengan tiga sambungan dengan pembebanan satu beban terpusat yang mengalami retak pada sambungan yakni sambungan yang letaknya dekat dengan beban yang diberikan. Selebihnya hanya retak-retak pada tumpuan.

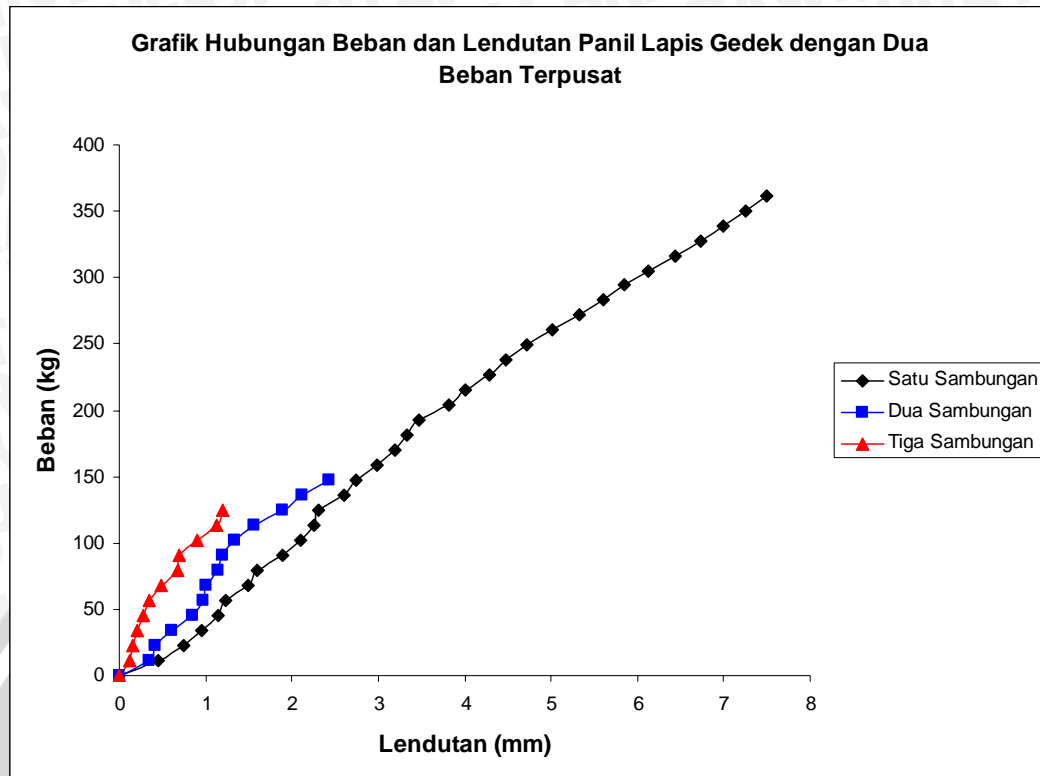
Terjadinya retak-retak hanya pada tumpuan ini disebabkan karena terjadi kesalahan pada saat pengujian dimana tumpuan untuk panil yang seharusnya menggunakan plat besi berukuran kecil, dalam penelitian ini tidak diberikan sehingga pada tumpuan hanya terdiri dari batang besi yang menyebabkan terjadinya keretakan awal pada tumpuan. Akibatnya kekuatan dari sambungan panil itu sendiri tidak dapat diketahui tetapi hanya kuat lenturnya saja.

Untuk perhitungan tegangan-tegangan tersebut digunakan dimensi panil secara teoritis (sesuai ukuran bekisting) karena tidak dilakukan pengukuran terhadap dimensi panil setelah panil berumur 28 hari.

Dari ketiga jenis sambungan panil tersebut terlihat bahwa pada panil dengan satu sambungan mempunyai penambahan lendutan yang besar setiap terjadi penambahan beban yang kemudian diikuti oleh panil dengan dua sambungan dan kemudian panil dengan tiga sambungan, baik untuk pembebanan dengan satu beban terpusat maupun dengan dua beban terpusat. Ini bisa dilihat dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.1 Grafik hubungan beban dan lendutan panil lapis gedek dengan satu beban terpusat



Gambar 4.2 Grafik hubungan beban dan lendutan panil lapis gedek dengan dua beban terpusat

Pada gambar 4.2, panil dengan satu sambungan terlihat lebih kuat menerima beban yang diberikan. Hal ini terjadi karena panil tersebut lebih padat daripada dua panil yang lainnya, dimana panil tersebut beratnya 37,6 kg sedangkan panil dengan dua sambungan beratnya 30,5 kg dan panil dengan tiga sambungan beratnya 30 kg. Hal ini mengindikasikan kurang padatnya spesi pada panil. Karena panil dengan satu sambungan tersebut lebih padat sehingga memiliki kekuatan yang lebih besar daripada panil dengan dua sambungan dan panil dengan tiga sambungan.

Dari kedua gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa semakin banyak sambungan semakin kecil lendutan yang terjadi. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh antara variasi jumlah sambungan terhadap kuat lentur sambungan panil lapis gedek. Hal ini dikarenakan semakin banyak sambungan pada panil, maka panil semakin kaku sehingga lendutan yang terjadi juga semakin kecil.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari grafik hubungan antara beban dan lendutan dapat disimpulkan bahwa jumlah sambungan pada panil dapat mempengaruhi kuat lentur panil lapis gedek tersebut.
2. Nilai momen maksimum pada panil dengan satu sambungan, dua sambungan maupun tiga sambungan baik untuk pembebanan dengan satu beban terpusat maupun dua beban terpusat nilainya bervariasi. Hal ini dikarenakan panil-panil tersebut mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam menerima beban yang diberikan. Demikian pula dengan tegangan lentur dan tegangan gesernya.
3. Dari perhitungan tegangan lentur dengan pembebanan satu beban terpusat untuk panil dengan satu sambungan, dua sambungan, dan tiga sambungan didapatkan besar tegangannya berturut-turut adalah $1,884962034 \text{ kg/cm}^2$; $3,015939255 \text{ kg/cm}^2$; dan $3,392931662 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk pembebanan dengan dua beban terpusat didapatkan nilai tegangannya secara berurut adalah $8,04250468 \text{ kg/cm}^2$; $4,02125234 \text{ kg/cm}^2$; dan $4,272580611 \text{ kg/cm}^2$.

Untuk tegangan geser panil dengan pembebanan satu beban terpusat untuk panil dengan satu sambungan, dua sambungan, dan tiga sambungan didapatkan besar tegangannya berturut-turut adalah $0,706860763 \text{ kg/cm}^2$; $1,130977221 \text{ kg/cm}^2$; dan $1,272349373 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk pembebanan dengan dua beban terpusat didapatkan nilai tegangan gesernya secara berurut adalah $2,261954441 \text{ kg/cm}^2$; $1,130977221 \text{ kg/cm}^2$; dan $1,201663297 \text{ kg/cm}^2$.

Untuk kuat tumpu, hanya dilakukan analisis terhadap panil dengan pembebanan satu beban terpusat dengan beban geser berturut-turut untuk

panil dengan satu sambungan, dua sambungan dan tiga sambungan adalah 0,002945253 kg; 0,004712405 kg; 0,005301456 kg.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Hendaknya pada saat pengecoran perlu diperhatikan masalah pemadatan sehingga ketebalan dari panil bisa merata.
2. Pada saat pengujian hendaknya diperhatikan masalah tumpuan pada panil sehingga retak-retak yang terjadi pada panil tidak hanya terjadi pada tumpuan dan badan panil tapi juga bisa terjadi pada sambungan panil itu sendiri.
3. Data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan hendaknya diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan dalam perhitungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. *Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung : Direktorat Jenderal Ciptakarya.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : Erlangga.
- Hifni, M Ir. 1990. *Metode Statistik*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Intan Damayanti Putri. 2005. "Metode Pengecoran pada Dinding Lapis Gedek dengan Variasi Gradasi ditinjau Pengaruhnya terhadap Density". *Skripsi*. Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Sipil FT Unibraw.
- Novita Amalia. 2006. "Pengaruh Jarak Penghubung Geser (Shear Connectot) Terhadap Kekuatan Dinding Lapis Gedek Berlubang". *Skripsi*. Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Sipil FT Unibraw.
- Murdock, L.J. Brook, K.M. dan Hendarko Stephanus. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta : Erlangga
- Popov, E.P. 1984. *Mekanika Teknik*. Jakarta : Erlangga
- Satyarno, Imam. 2004. *Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*. Yogyakarta : Lab. Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil FT UGM.
- Schodek, Daniel L. 1998. *Struktur*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Singer, Ferdinand L and Andrew Pytel. 1995. *Ilmu Kekuatan Bahan*. Jakarta : Erlangga.
- Wisnumurti Ir. 1990. *Bahan Bangunan*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.