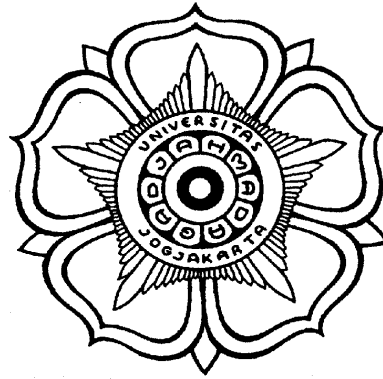


**PENGEMBANGAN DINDING *POLYSTYRENE*
DENGAN PERKUATAN KAWAT LOKET**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S2
pada minat studi Teknik Struktur Program Studi S2 Teknik Sipil



Disusun oleh:

ADE OKVIANTI IRLAN

11 / 324621 / PTK / 07732

**PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2014**

TESIS
PENGEMBANGAN DINDING *POLYSTYRENE*
DENGAN PERKUATAN KAWAT LOKET

dipersiapkan dan disusun oleh:

ADE OKVIANTI IRLAN

11 / 324621 / PTK / 07732

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 12 Agustus 2014

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Anggota Tim Penguji Lain



Ir. Suprpto Siswosukarto, Ph.D.
NIP. 19650407 199203 1 003



Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
NIP. 19610410 198803 1 002

Pembimbing Pendamping



Ashar Saputra, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19770616 200501 1 002

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Master

Tanggal:

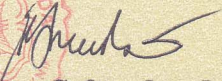
Pengelola Program Studi Teknik Sipil



Ir. Suprpto Siswosukarto, Ph.D.
NIP. 19650407 199203 1 003

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan/
Wakil Penanggung Jawab Program Studi Teknik Sipil**



Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19561226 198010 1 001

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, kupersembahkan sebuah karya ini untuk yang kucintai:

Ibu dan Ayahku

terima kasih untuk do'a yang tiada henti, dukungan, kasih sayang, dan segalanya.

Adek-adekku: Lanri, Cili, Acong dan Padil

terima kasih atas dukungan dan doanya.

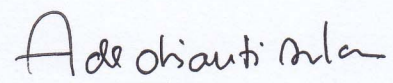
Yang tersayang Albaasit Muharram Sanusi

terima kasih atas dukungan, perhatian, dan do'a nya.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, Agustus 2014



Ade Okvianti Irlan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis dengan judul “*Pengembangan Dinding Polystyrene dengan Perkuatan Kawat Locket*”, dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai derajat Pasca Sarjana S2 Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penyusun mendapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penyusun banyak mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Orang tua tercinta (Bapak Irlan Laeba dan ibu Djenur Septiningsih), keluarga besar saya yang selalu memberikan doa, motivasi dan semangat yang tiada henti-hentinya.
2. Ir. Suprpto Siswosukarto, Ph.D, selaku dosen pembimbing utama Tesis di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
3. Ashar Saputra, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing pendamping Tesis di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
4. Dr. -Ing. Ir. Djoko Sulisty, selaku dosen penguji Tesis di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
5. Ir. Suprpto Siswosukarto, Ph.D, selaku Ketua Pengelola Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
6. Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc.,Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

7. Terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) sebagai sponsor dalam penyelesaian tesis ini.
8. Seluruh staf pegawai program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
9. Penanggung jawab, laboran dan teknisi Laboratorium Teknik Struktur Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
10. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa angkatan 2011 Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
11. Albaasit Muharram Sanusi yang tersayang yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan semangat sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
12. Seluruh teman-teman kost ABI khususnya dek Yasinta, dek Shinta, dek Fitrah, dek Tiwi, dek Nita, dek Resvi yang selalu memberikan semangat dan doa tiada hentinya.

Akhir kata penyusun menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari kesempurnaan oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga laporan ini memberikan manfaat bagi para pembaca khususnya mahasiswa teknik sipil.

Yogyakarta, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	4
D. Batasan Penelitian	4
E. Keaslian Penelitian	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Beton.....	7
B. Beton Ringan.....	9
C. Dinding.....	12
D. Panel Dinding.....	15
E. Panel Beton Ringan Berserat.....	16
F. <i>Polystyrene</i>	18
G. Kawat Locket.....	21
H. Penggunaan <i>Polystyrene</i> sebagai Pembatas Ruangan.....	23

BAB III	LANDASAN TEORI	
A.	Bahan Penyusun Beton <i>Polystyrene</i>	34
B.	Pengujian Bahan Penyusun Beton <i>Polystyrene</i>	36
C.	Beton.....	38
D.	Pengujian Beton <i>Polystyrene</i>	45
BAB IV	METODE PENELITIAN	
A.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	55
B.	Material Penelitian.....	55
C.	Peralatan Penelitian.....	57
D.	Tahap Penelitian....	64
E.	Tahap Perencanaan	65
F.	Metode Analisis.....	83
G.	Bagan Alir Penelitian.....	84
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A.	Hasil Pengujian Bahan Dasar.....	86
B.	Perhitungan Bahan Adukan.....	87
C.	Hasil Pengujian Pendahuluan.....	88
D.	Hasil Pengujian dan Analisis Panel Dinding.....	95
BAB VI	PENUTUP	
A.	Kesimpulan	129
B.	Saran	130
	DAFTAR PUSTAKA	131

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jenis beton berdasarkan kuat tekannya	9
Tabel 2.2.	Jenis beton berdasarkan kuat tekannya.....	9
Tabel 2.3.	Jenis beton ringan berdasarkan kuat tekan, berat isi dan agregat penyusunnya.....	10
Tabel 2.4.	Jenis beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan.....	11
Tabel 2.5.	Jenis beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan.....	11
Tabel 2.6.	Syarat tampak permukaan.....	17
Tabel 2.7	Ukuran dan toleransi panel beton ringan berserat.....	17
Tabel 2.8.	Persyaratan kekuatan panel beton ringan berserat.....	18
Tabel 2.9.	Jenis sampah dan waktu penguraiannya.....	19
Tabel 2.10	Karakteristik <i>polystyrene</i>	20
Tabel 2.11.	Karakteristik <i>polystyrene</i>	20
Tabel 2.12.	Karakteristik <i>polystyrene</i>	21
Tabel 2.13	Dimensi kawat loket.....	22
Tabel 2.14	Hasil penelitian Dharma Giri dkk.....	23
Tabel 2.15	Penelitian dinding panel beton ringan dari beberapa peneliti..	27
Tabel 2.16	Pengujian kuat tekan panel dan pengujian lentur (Atmoko, 2012).....	28
Tabel 2.17	Pengujian kuat tekan panel dan pengujian lentur (Aidil, 2012).....	29
Tabel 2.18	Pengujian kuat tekan panel dan pengujian lentur (Sireggar, 2012).....	30
Tabel 2.19	Spesifikasi panel dinding hebel.....	32
Tabel 3.1.	Kuat tekan dan faktor pengali untuk berbagai ukuran silinder beton.....	44
Tabel 3.2.	Faktor pengali berbagai rasio panjang-diameter silinder	

	beton.....	44
Tabel 4.1.	Material yang digunakan dalam penelitian.....	55
Tabel 4.2.	Kebutuhan total benda uji.....	68
Tabel 5.1.	Pemeriksaan uji kawat loket.....	87
Tabel 5.2.	Jumlah kebutuhan awal per m ³	87
Tabel 5.3.	Hasil pengujian kuat tekan kubus beton <i>polystyrene</i> dengan kandungan semen 250 kg.....	88
Tabel 5.4.	Hasil pengujian kuat tekan kubus beton <i>polystyrene</i> dengan kandungan semen 300 kg.....	89
Tabel 5.5.	Hasil pengujian modulus elastis beton <i>polystyrene</i>	92
Tabel 5.6.	Hasil pengujian daya serap air beton <i>polystyrene</i> 250 kg.....	92
Tabel 5.7.	Hasil pengujian daya serap air beton <i>polystyrene</i> 300 kg.....	93
Tabel 5.8.	Hasil pengujian berat jenis panel lentur dinding beton <i>polystyrene</i> 250 kg.....	95
Tabel 5.9.	Hasil pengujian berat jenis panel lentur dinding beton <i>polystyrene</i> 300 kg.....	96
Tabel 5.10.	Hasil pengujian berat jenis panel tekan dinding beton <i>polystyrene</i> 300 kg.....	96
Tabel 5.11.	Hasil pengujian berat jenis panel tekan dinding beton <i>polystyrene</i> 300 kg.....	96
Tabel 5.12.	Hasil pengujian lentur hubungan beban maksimum dan lendutan dengan kandungan semen 250 kg.....	105
Tabel 5.13.	Hasil pengujian lentur hubungan beban maksimum dan lendutan dengan kandungan semen 300 kg.....	105
Tabel 5.14.	Nilai kekakuan lentur benda uji panel dinding <i>polystyrene</i>	106
Tabel 5.15.	Nilai P max, δ max dan kekakuan dengan peneliti sebelumnya.....	106
Tabel 5.16.	Tegangan lentur panel dinding <i>polystyrene</i> semen 250 kg.....	110
Tabel 5.17.	Tegangan lentur panel dinding <i>polystyrene</i> semen 300 kg.....	110
Tabel 5.18.	Kapasitas momen lentur panel dinding <i>polystyrene</i>	113
Tabel 5.19.	Kuat tekan panel dinding <i>polystyrene</i> semen 250 kg.....	125

Tabel 5.20.	Kuat tekan panel dinding <i>polystyrene</i> semen 300 kg.....	125
-------------	---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Dinding rangka/frame wall.....	12
Gambar 2.2.	Dinding blok berlubang dan dinding bata padat.....	13
Gambar 2.3.	Model kerusakan panel dinding	13
Gambar 2.4.	<i>Out of plane</i> pada panel dinding.....	14
Gambar 2.5.	Model kerusakan panel dinding (King, 2003).....	14
Gambar 2.6.	Detail struktur panel jaring kawat 3 dimensi.....	16
Gambar 2.7.	Penampang kawat loket.....	22
Gambar 2.8.	Pasangan dinding hebel.....	33
Gambar 3.1.	Hubungan tegangan dan regangan.....	37
Gambar 3.2.	Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada fas yang sama.....	27 43
Gambar 3.3.	Sketsa pengujian kuat lentur dinding.....	47
Gambar 3.4.	Potongan melintang dinding beton <i>polystyrene</i>	48
Gambar 3.5.	Luas transformasi panel dinding <i>polystyrene</i>	49
Gambar 3.6.	Penampang diagram regangan tegangan blok persegi.....	49
Gambar 3.7.	Pendekatan kekakuan.....	51
Gambar 3.8.	Hubungan pendekatan beban dan lendutan.....	52
Gambar 3.9.	Cara penentuan modulus elastis	53
Gambar 4.1.	Material yang digunakan dalam penelitian	56
Gambar 4.2.	Macam-macam timbangan.....	57
Gambar 4.3.	Alat penyerutan <i>polystyrene</i>	58
Gambar 4.4.	Alat uji kawat loket	58
Gambar 4.5.	Wadah dan alat pengaduk.....	59
Gambar 4.6.	Bekisting panel, kubus dan balok.....	60
Gambar 4.7.	Gelas ukur, mixer dan jangka sorong.....	61
Gambar 4.8.	Alat kempa kapasitas 5 ton dan sketsa pengempaan.....	61
Gambar 4.9.	Oven.....	62

Gambar 4.10.	CTM (<i>Compression Testing Mechine</i>).....	62
Gambar 4.11.	<i>Data logger, Transducer, LVDT</i>	63
Gambar 4.12.	Hydraulic Jack.....	64
Gambar 4.13.	<i>Load cell</i>	64
Gambar 4.14.	Alat kempa kapasitas 5 Ton.....	66
Gambar 4.15.	Bekisting benda uji.....	69
Gambar 4.16.	Kawat loket diameter 0,7 mm, grid 12,5 mm.....	70
Gambar 4.17.	Persiapan bahan sebelum proses pencampuran.....	71
Gambar 4.18.	Proses pengadukan beton <i>polystyrene</i> secara manual.....	72
Gambar 4.19.	Penuangan beton segar ke dalam benda uji.....	73
Gambar 4.20.	Proses pengempaan beton <i>polystyrene</i>	74
Gambar 4.21.	Proses pelepasan cetakan beton <i>polystyrene</i>	74
Gambar 4.22.	Proses beton <i>polystyrene</i> didiamkan selama 24 jam.....	76
Gambar 4.23.	Tahap perawatan beton <i>polystyrene</i>	77
Gambar 4.24.	Pengujian kuat tekan kubus.....	78
Gambar 4.25.	Pengujian daya serap kubus.....	78
Gambar 4.26.	<i>Setting</i> pengujian lentur horisontal panel dinding <i>polystyrene</i>	78
Gambar 4.27.	pengujian lentur horisontal panel dinding <i>polystyrene</i>	79
Gambar 4.28.	<i>Setting</i> pengujian kuat tekan panel dinding <i>polystyrene</i>	80
Gambar 4.29.	pengujian kuat tekan panel dinding <i>polystyrene</i>	80
Gambar 4.30.	pengujian modulus elastis beton <i>polystyrene</i>	82
Gambar 4.31.	Bagan alir penelitian.....	85
Gambar 5.1.	Perbandingan kuat tekan dengan hasil penelitian sebelumnya berdasarkan standar (SNI 03-3449-1994).....	87 89
Gambar 5.2.	Perbandingan berat jenis dengan hasil penelitian sebelumnya berdasarkan standar (SNI 03-3449-1994).....	90
Gambar 5.3.	Diagram hasil uji modulus elastisitas beton <i>polystyrene</i> dengan hasil penelitian sebelumnya.....	93
Gambar 5.4.	Diagram hasil uji serapan air beton <i>polystyrene</i> dengan hasil peneliti sebelumnya.....	94

Gambar 5.5.	Diagram hasil uji berat jenis panel dinding beton <i>polystyrene</i> dengan hasil peneliti sebelumnya.....	97
Gambar 5.6.	Grafik uji lentur BPSL1_250.....	98
Gambar 5.7.	Pola retak panel dinding BPSL1_250.....	99
Gambar 5.8.	Grafik uji lentur BPSL2_250.....	99
Gambar 5.9.	Pola retak panel dinding BPSL2_250.....	100
Gambar 5.10	Grafik uji lentur BPSL3_250.....	100
Gambar 5.11.	Pola retak panel dinding BPSL3_250.....	101
Gambar 5.12.	Grafik uji lentur BPSL1_300.....	102
Gambar 5.13.	Pola retak panel dinding BPSL1_300.....	102
Gambar 5.14.	Grafik uji lentur BPSL2_300.....	103
Gambar 5.15.	Pola retak panel dinding BPSL2_300.....	103
Gambar 5.16.	Grafik uji lentur BPSL3_300.....	104
Gambar 5.17.	Pola retak panel dinding BPSL3_300.....	104
Gambar 5.18.	Potongan memanjang dan melintang dinding panel <i>polystyrene</i>	107
Gambar 5.19.	Hasil kuat lentur untuk semen 250 kg dan semen 300 kg..	111
Gambar 5.20.	Diagram hasil kuat lentur dengan hasil penelitian sebelumnya.....	111
Gambar 5.21.	Penampang diagram regangan tegangan blok persegi ekuivalen.....	112
Gambar 5.22.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST1_250.....	115
Gambar 5.23.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST1_250.....	115
Gambar 5.24.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST2_250.....	116
Gambar 5.25.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST2_250.....	117
Gambar 5.26.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST3_250.....	118

Gambar 5.27.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST3_250.....	118
Gambar 5.28.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST1_300.....	120
Gambar 5.29.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST1_300.....	120
Gambar 5.30.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST2_300.....	121
Gambar 5.31.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST2_300.....	121
Gambar 5.32.	Grafik hasil uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST3_300.....	123
Gambar 5.33.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST3_300.....	123
Gambar 5.34.	Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding <i>polystyrene</i> PST1_250 sampai PST3_300.....	124
Gambar 5.35.	Tekstur permukaan kubus beton <i>polystyrene</i> untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan.....	126
Gambar 5.36.	Tekstur permukaan kubus beton <i>polystyrene</i> untuk pengujian modulus elastis.....	126
Gambar 5.37.	Tekstur permukaan panel dinding beton <i>polystyrene</i> untuk pengujian tekan dan lentur.....	126
Gambar 5.38.	Pola keruntuhan benda uji kubus beton <i>polystyrene</i>	127
Gambar 5.39.	Pola keruntuhan benda uji modulus elastis.....	127
Gambar 5.40.	Pola keruntuhan benda uji panel dinding <i>polystyrene</i>	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L-1.	Hasil pemeriksaan berat satuan <i>polystyrene</i>	L-1a
Lampiran L-2.	Hasil pemeriksaan kawat loket	L-2a
Lampiran L-3	Hasil perhitungan mix design beton <i>polystyrene</i>	L-3a
Lampiran L-4	Hasil perhitungan uji tekan kubus dan berat jenis <i>polytyrene</i>	L-4a
Lampiran L-5	Hasil perhitungan modulus elastis dan daya serap air beton <i>polsytyrene</i>	L-5a
Lampiran L-6	Hasil perhitungan pengujian berat jenis panel dinding <i>polystyrene</i>	L-6a
Lampiran L-7	Hasil perhitungan pengujian lentur panel dinding <i>polystyrene</i>	L-7a
Lampiran L-8	Hasil perhitungan analisis tegangan lentur dan kapasitas momen dinding <i>polystyrene</i>	L-8a
Lampiran L-9	Hasil perhitungan pengujian tekan panel dinding <i>polystyrene</i>	L-9a

INTISARI

Jenis plastik yang sulit terurai oleh alam salah satunya adalah jenis plastik *polystyrene* (PS) yang biasa disebut *styrofoam*. Plastik jenis PS biasa dipakai sebagai tempat pembungkus elektronik, tempat makanan *styrofoam*, tempat minuman sekali pakai, dan banyak lainnya. Masalah yang dihadapi pada penggunaan plastik *polystyrene* adalah limbah dari *polystyrene*, karena limbah ini tidak mudah diurai oleh alam. Berawal dari keinginan memanfaatkan limbah *polystyrene*, penulis mencoba menggunakan *polystyrene* sebagai agregat ringan di dalam campuran beton. Beton yang dihasilkan digolongkan beton ringan yang dapat digunakan sebagai partisi ruangan. Penulis mencoba membuat suatu beton ringan dengan memanfaatkan limbah *polystyrene* sebagai panel dinding *polystyrene* dengan perkuatan kawat loket yang diberi tekanan kempa sebesar 2 MPa dengan variasi semen 250 kg/m³, 300 kg/m³ dan fas 0.4.

Hasil penelitian diperoleh kuat tekan dan berat isi rata-rata kubus *polystyrene* untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ adalah 6,735 MPa, 5,906 MPa, dan 1308 kg/m³, 1350 kg/m³. Pengujian daya serap air beton kubus *polystyrene* untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ adalah 13,62% dan 14,36%. Pengujian modulus elastis rata-rata untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ adalah 372,99 MPa dan 441,57 MPa. Untuk pengujian lentur kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ beban maksimum rata-rata yang mampu diterima panel dinding *polystyrene* adalah 6,39 kN dan 6,90 kN, lendutan rata-rata pada saat beban maksimum adalah 6,67 mm dan 3,51 mm dan lendutan yang di ijin kan sebesar 4,33 mm. Tegangan lentur, kekakuan lentur dan kapasitas momen lentur rata-rata panel dinding *polystyrene*, semen 250 kg/m³ dan semen 300 kg/m³ adalah 1,67 MPa, 1,81 MPa, 1395,35 N/mm, 2751,88 N/mm dan 88135,105 Nmm, 87694,631 Nmm. Pengujian tekan panel dinding *polystyrene* dengan semen 250 kg/m³ dan semen 300 kg/m³ beban maksimum rata-rata yang mampu diterima panel dinding *polystyrene* adalah 112,63 kN dan 127,70 kN dan kuat tekan yang diterima sebesar 6,05 MPa dan 6,95 MPa. Pengempaan 2MPa memberikan hasil kuat tekan jauh lebih baik dibandingkan dengan pengempaan yang lebih rendah

Kata kunci : Dinding *polystyrene*, kawat loket, pengempaan 2 MPa.

ABSTRACT

One type of plastic which is non degradable is called *polystyrene* (PS) or usually it is mentioned by *styrofoam*. This kind of PS plastic is generally used as an electronic wrapper or foil, *styrofoam* food place, one time used only drinking galss, and many other usages. The important problem faced by the industrial of *polystyrene* (PS) is the disposal or waste of this plastic as it is categorized as a non degradable disposal. Based on this fact, the researcher studied the use of *polystyrene* (PS) as a lightweight aggregate in a mixed concrete material. *polystyrene*, the concrete resulted is in the form of light weight one which can be functionalized as a room partition. In this research the researcher tried to utilize the disposal of *polystyrene* by making use of it as a wall panel formed by a lightweight concrete. The *polystyrene* wall panel is strengthened by locket filament given a press for as much as 2 MPa varied by the cement of 250 kg/m³, 300 kg/m³, 100% *polystyrene* and fas 0.4.

The research resulted that the average *polystyrene* kubic pressure and volume for the containing cement of 250 kg/m³ and 300 kg/m³ was 6,735 MPa, 5,906 MPa, and 1308 kg/m³, 1350 kg/m³. The test of water absorbtion of *polystyrene* cube for containing cement of 250 kg/m³ and 300 kg/m³ was 13,62% and 14,36%. The test of average elastical modulus for containing cement of 250 kg/m³ and 300 kg/m³ resulted for 372,99 MPa and 441,57 MPa. Further, the test of refraction of cement containing cement of 250 kg/m³ and 300 kg/m³ for the maximum force mean of *polystyrene* wall panel was 6,39 kN and 6,90 kN. Average deflection at the maximum force was 6,67 mm and 3,51 mm, and so far the allowed deflection was as much as 4,33 mm. compressive strength, stifness and flexible moment capacity on the average of the *polystyrene* wall panel containing cement of for 250 kg/m³ and 300 kg/m³ was 1,67 MPa, 1,81 MPa, 1395,35 N/mm, 2751,88 N/mm and 88135,105 Nmm, 87694,631 Nmm. The test of wall panel pressure on *polystyrene* wall containing the concrete of 250 kg/m³ and 300 kg/m³ was 112,63 kN and 127,70 kN. To continue, the pressure power achieved was 6,05 MPa and 6,95 MPa. The pressure of 2MPa resulted on better power pressure than that of lower power pressure.

Key words : wall of *polystyrene*, locket *filium*, pressure of 2 MPa.

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian ini akan membahas tentang latar belakang diadakan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian yang akan diperoleh dari penelitian ini, batasan penelitian serta keaslian penelitian dengan menunjukkan beberapa penelitian sebelumnya tentang penggunaan *polystyrene* sebagai bahan bangunan.

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu pesat, berdampak pada peningkatan kebutuhan manusia di segala bidang khusus di bidang konstruksi teknik sipil sehingga mendorong para peneliti melakukan berbagai penelitian untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hingga saat ini para peneliti mencoba berbagai alternatif material untuk memenuhi kebutuhan pembangunan konstruksi.

Berbagai jenis material telah tersedia di alam untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup, baik yang berupa material organik dan non organik, dari material-material ada juga yang dapat dimanfaatkan dan ada pula yang tidak dapat dimanfaatkan, misalnya limbah atau sampah. Sampah merupakan bahan yang terbuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang tidak memiliki nilai ekonomi lagi, bahkan dapat menimbulkan dampak yang negatif.

Sumber sampah yang terbanyak adalah dari pemukiman dan pasar tradisional. Sampah pasar khusus seperti sayur-mayur, pasar buah, atau pasar ikan, jenisnya relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani. Sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% dari sampah organik dan sisanya anorganik (Sudradjat, 2006)

Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2008) Estimasi jumlah timbunan sampah di Indonesia pada tahun 2008 diperkirakan mencapai 38,5 juta ton/tahun dengan komposisi terbesar adalah sampah organik (58%), sampah plastik (14%), sampah kertas (9%) dan sampah kayu (4%). Meski dari segi jumlah tidak

tergolong banyak, namun limbah plastik merupakan masalah lingkungan terbesar karena materialnya tidak mudah diurai oleh alam baik oleh curah hujan dan panas matahari maupun oleh mikroba tanah. Karena ringan, plastik cenderung terangkat ke permukaan ketika ditimbun sehingga mengotori lingkungan sekitar. Jika tercecer di badan air, plastik cenderung menyumbat aliran. Bila dibakar akan menimbulkan asap yang membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia.

Dengan kian meningkatnya kebutuhan bahan baku plastik, limbah ini akan menimbulkan masalah yang kian pelik. Hal ini dapat dilihat dari pengguna terbesarnya yaitu Industri makanan dan FMCG (*fast moving consumer goods*) yang mencapai 60%. Tercatat tahun 2013 kemarin kebutuhan plastik dalam negeri sebesar 1,9 juta ton, meningkat 22,58% dari 2012, yaitu 1,55 juta ton, dan kebutuhan tersebut diprediksi tiap tahunnya akan meningkat secara terus-menerus.

Nama lain dari jenis plastik *polystyrene* (PS) adalah *styrofoam*. Plastik jenis PS biasa dipakai sebagai tempat pembungkus elektronik, tempat makanan *styrofoam*, tempat minuman sekali pakai, tempat CD, karbon tempat telur, dan banyak lainnya. Masalah yang dihadapi pada penggunaan *polystyrene* adalah limbah dari *polystyrene*, karena limbah ini tidak mudah diurai oleh alam. Adapun cara pengelolannya melalui proses pembakaran, proses ini bisa menimbulkan pencemaran udara dan berbahaya bagi kesehatan karena menghasilkan gas karbon dioksida dan gas karbon monoksida.

Pemanfaatan limbah *polystyrene* merupakan upaya menekan pembuangan *polystyrene* seminimal mungkin. Pemanfaatan limbah *polystyrene* dapat dilakukan dengan pemakaian kembali (*reuse*). Hal ini berkaca dari negara Jepang yang penggunaan EPS-nya cukup banyak namun 90% EPS yang digunakan adalah hasil daur ulang. **PT Beton Elemenindo Putra** mengadopsi teknologi Jepang pada mesin *crusher* untuk menghasilkan produk *recycled blend*, limbah EPS akan diproses di dalam mesin *crusher* yang akan mengubah limbah EPS menjadi berbentuk serpihan-serpihan EPS (EPS crush), serpihan EPS ini kemudian ditampung pada silo (penampungan) dan kemudian dicampurkan dalam pembuatan balok EPS. Untuk limbah EPS yang tidak bisa lagi dijadikan balok EPS *recycled blend*, limbah tersebut dijual sebagai *crush* EPS untuk keperluan

packaging atau *stuffing*, atau diolah menjadi pellet *polystyrene*. *Pellet polystyrene* ini dapat digunakan sebagai bahan campuran plastik, casing HP, gantungan baju, ember, keranjang sampah, dll.

Berawal dari keinginan memanfaatkan limbah *polystyrene*, penulis mencoba menggunakan *polystyrene* sebagai agregat ringan di dalam campuran beton. Beton yang dihasilkan digolongkan beton ringan yang dapat digunakan sebagai partisi ruangan, bahan pengganti dinding batu bata pada bangunan tingkat tinggi atau sebagai struktur utama dari suatu bangunan dengan syarat-syarat tertentu yang harus dipenuhi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pemanfaatan limbah atau sampah sebagai bahan bangunan.

Pada penelitian ini penulis mencoba membuat suatu beton ringan dengan memanfaatkan limbah *posytyrene* sebagai panel dinding *polystyrene* dengan kekuatan kawat loket yang diberi tekanan kempa sebesar 2 MPa berbeda dengan peneliti sebelumnya yang menggunakan kawat loket dan shear *connector* serta diberi tekanan kempa berkisar 0,06-0,08 MPa. Selama ini limbah *polystyrene* di buang di tempat pembuangan akhir yang tentu akan berdampak sangat buruk bagi lingkungan jika tidak dimanfaatkan.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kuat tekan, berat isi dan daya serap beton *polystyrene*, modulus elastisitas beton *polystyrene* dengan variasi semen 250 kg/m³, 300 kg/m³ dan 100% *polystyrene*.
2. Mengetahui kuat lentur dan kuat tekan panel dinding beton *polystyrene*.
3. Mengetahui kekakuan panel dinding beton *polystyrene*.
4. Mengetahui klasifikasi panel dinding beton *polystyrene* dengan variasi semen berdasarkan berat jenis dan kuat tekan yang dihasilkan.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian laboratorium ini:

1. Memanfaatkan limbah *polystyrene* yang selama ini sulit terurai oleh lingkungan dan belum dimanfaatkan sebagai material daur ulang.
2. Mengetahui cara pembuatan beton *polystyrene* dengan penambahan semen.
3. Menghasilkan berat panel dinding beton *polystyrene* yang ringan maka beban gempa yang bekerja pada panel dinding *polystyrene* akan lebih kecil sehingga lebih aman jika terjadi gempa.
4. Menghasilkan produk yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan bangunan yang bermutu baik seperti batako, dinding beton hebel, M-system dan sebagainya.

D. Batasan Penelitian

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan tujuan, maka penelitian ini menggunakan batasan-batasan antara lain sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan jenis *Portland Composite Cement* (PCC)
2. Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Teknik Struktur Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
3. *Polystyrene* yang digunakan adalah *polystyrene* yang diserut/dihancurkan dengan menggunakan alat penyerut dan dalam kondisi kering pada saat dilakukan pencampuran/pengadukan beton.
4. Mix design beton *polystyrene* yang dilakukan untuk 1m³ beton ringan dengan kandungan semen 250 kg dan 300 kg dengan persentase 100% *polystyrene*, fas 0,4
5. Penelitian ini hanya pada panel dinding beton ringan, tidak meninjau struktur lain.
6. Kawat loket yang digunakan adalah berdiameter 0,7 mm dengan pola grid 12,5 mm x 12,5 mm.
7. Ukuran benda uji dinding panel *polystyrene* 80 cm x 30 cm x 6 cm.

8. Pengujian benda uji panel dinding dibatasi hanya pada perilaku lentur horizontal, perilaku tekan, modulus elastisitas, berat jenis dan kadar air panel dinding
9. Proses pemadatan beton ringan *polystyrene* yaitu 2 MPa menggunakan *hydraulic jack* dengan tekanan statik yang dihubungkan dengan *load cell* dan data *logger*
10. Pengujian beton ringan *polystyrene* dilakukan setelah umur 28 hari

E. Keaslian Penelitian

Beberapa penelitian tentang beton ringan yang menggunakan *polystyrene* antara lain :

1. Penelitian Ndale (2010) meneliti penggunaan beton ringan *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* dengan tebal 6 cm.
2. Penelitian Utomo (2010) meneliti Penggunaan beton ringan *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* untuk panel dinding tebal 8 cm.
3. Penelitian Sulistyorini (2010) menggunakan *polystyrene* bekas dengan perkuatan *wiremesh* tidak berada di tengah plesteran tetapi hanya sebagai finishing dan menempel pada sisa yang belum tertutup *core*.
4. Atmoko (2012) melakukan penelitian membuat beton ringan *polystyrene* untuk panel dinding tebal 9 cm dengan metode pengempaan terukur dan perkuatan kawat loket
5. Aidil (2012) melakukan penelitian penggunaan *polystyrene* sebagai beton ringan dengan pra pemadatan untuk panel dinding 10 cm
6. Sireggar (2012) melakukan penelitian tentang aplikasi beton ringan *polystyrene* untuk panel dinding tebal 7 cm dengan metode pengempaan terukur.
7. Mulyadi (2012) melakukan penelitian tentang sifat fisik dan mekanik beton ringan *polystyrene* pra-pemadatan dengan pemadatan 1 ; 1,5 dan 2 MPa dan penambahan pasir 10%

Penelitian mengenai penggunaan beton *polystyrene* dengan perkuatan kawat loket untuk panel dinding dengan tebal 6 cm. Kawat loket dipasang 1cm

dari sisi serat terluar paling bawah dan 1 cm dari sisi serat terluar paling atas yang diberi tekanan kempa sebesar 2 MPa. Penelitian sejenis sudah pernah dilakukan tetapi dengan pengempaan yang berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kemajuan dan perkembangan beton ringan non struktural maupun beton ringan struktural dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas tentang beberapa definisi tentang beton, beton ringan, uraian material *polystyrene* secara umum, kawat loket serta beberapa penelitian tentang penggunaan *polystyrene* sebagai material bangunan.

A. Beton

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling penting selain baja, kayu dan bambu. Dimana beton ini merupakan salah satu komponen struktur utama pada bangunan teknik sipil seperti bangunan, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, dinding penahan tanah, drainase serta fasilitas irigasi tangki dan sebagainya.

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari kerikil, pasir, semen dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan (Winter, 1993).

Material dari beton terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel-partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat, penambahan air justru akan mengurangi kekuatan beton. Air cukup digunakan untuk melarutkan semen. Air juga yang membuat adukan menjadi kohesif, dan mudah dikerjakan (*workable*). Beton dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya.

Mulyono (2005) mendefinisikan beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixtrure* atau *additive*).

Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu sifat-sifat bahan campuran beton, metode perancangan, perawatan dan keadaan

pada saat pengecoran dilaksanakan yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat (Mulyono, 2003). Bahan campuran beton ditentukan oleh agregat, semen dan air harus memenuhi spesifikasi standar yang ditentukan agar dapat mencapai mutu beton. Biasanya ditambahkan bahan tertentu yang dikenal dengan bahan tambah (*additive*) untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. Selain itu pengawasan sangat mempengaruhi kualitas beton, dimana fungsi utama dari pengawasan dalam hubungannya dengan pengendalian mutu adalah melakukan pengujian, mengawasi penentuan komposisi material beton sampai dengan pemeriksaan laboratorium, agar sesuai dengan rencana dan spesifikasi yang diinginkan. Disamping itu beton memiliki keuntungan yaitu mudah dicetak, harga relatif murah, tahan api, kuat terhadap tekan dan dapat dicor ditempat selain keuntungan diatas beton juga memiliki kelemahan yaitu beton merupakan bahan yang getas, memiliki kuat tarik yang rendah, daya pantul suara yang besar dan volume beton yang tidak stabil akibat terjadi penyusutan.

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan (McCormac, 2000). Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan.

Beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, sement *portland*, agregat halus dan agregat kasar yang bersifat keras seperti batuan. Adapun untuk jenis beton khusus (selain beton normal) ditambahkan bahan tambah misalnya *pozzolan*, bahan kimia pembantu serat dan sebagainya (Tjokrodimulyono, 2010).

Berdasarkan kuat tekannya, beton dibagi menjadi beberapa jenis yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jenis beton berdasarkan kuat tekannya (Tjokrodinuljo, 2010)

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)	Tujuan konstruksi
Beton sederhana	≤ 10	non-struktur
Beton normal (beton biasa)	15 - 30	Struktur, bagian struktur penahan beban
Beton prategang	30 - 40	Balok prategang, tiang pancang
Beton kuat tekan tinggi	40 - 80	Struktur khusus
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80	Struktur khusus

Berdasarkan kuat tekan, menurut (Tjokrodinuljo, 2010) beton dibagi dalam beberapa jenis, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jenis beton berdasarkan kuat tekannya (Tjokrodinuljo, 2010)

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)	Tujuan konstruksi
Beton sangat ringan	≤ 10	non-struktur
Beton ringan	15 – 30	Struktur ringan
Beton normal (beton biasa)	30 – 40	Struktur
Beton berat	40 – 80	Perisai sinar -X

B. Beton Ringan

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia ikut mendorong bertambahnya penggunaan beton sebagai material perkuatan struktur yang ditandai dengan hadirnya teknologi inovasi baru dengan berbagai macam yaitu mendapatkan beton yang cukup kuat namun ringan yang lazim disebut beton ringan. Agregat yang digunakan untuk membuat beton ringan atau dengan kata lain beton ringan adalah beton yang umumnya dihasilkan oleh agregat ringan (Mulyono, 2005).

Menurut SNI 03-3449-1994 beton ringan struktural yaitu beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1.850 kg/m^3 dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.

Pemilihan jenis agregat ringan untuk konstruksi beton ringan didasarkan pada kuat tekan dan atau berat isi beton ringan yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jenis konstruksi beton ringan berdasarkan kuat tekan, berat isi dan agregat penyusunnya (SNI 03-3449-1994)

Konstruksi beton ringan	Beton ringan		Jenis agregat ringan
	Kuat tekan (MPa)	Berat isi (kg/m^3)	
Struktural			Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dan batu serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau abu terbang.
- minimum	17,240	1.400	
- maksimum	41,36	1.850	
Struktural ringan			Agregat ringan alam seperti scoria atau batu apung
- minimum	6,89	800	
- maksimum	17,24	1.400	
Struktural sangat ringan sebagai isolasi			Permit atau vermikulit
- maksimum	-	800	

Batasan beton ringan menurut Neville dan Brooks (1987) yaitu beton dengan berat jenis di bawah 1.800 kg/m^3 , sedangkan menurut Scanlon (1998) beton yang mempunyai berat jenis di bawah 1.900 kg/m^3 . Jenis-jenis beton ringan menurut Neville dan Brooks serta Scanlon (1998) berdasarkan berat jenis dan kuat tekannya ditunjukkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4. Jenis beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekannya
(Neville dan Brooks, 1987)

Jenis beton ringan	Berat jenis (kg/m ³)	Kuat tekan (MPa)
Beton ringan struktural (<i>structural lightweight concretes</i>)	1.400-1.800	>17
Beton ringan untuk pasangan batu (<i>masonry concretes</i>)	500-800	6,9 – 17,3
Beton ringan penahan panas (<i>insulating concretes</i>)	< 800	0,7 - 7

Tabel 2.5. Jenis beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekannya
(Scanlon, 1998)

Jenis beton ringan	Berat jenis (kg/m ³)	Kuat tekan (MPa)
Beton ringan struktural (<i>structural lightweight concretes</i>)	1.440 - 1.900	>17,3
Beton ringan dengan kekuatan menengah (<i>masonry concretes</i>)	800 - 1440	6,9 – 17,3
Beton dengan berat jenis rendah (<i>insulating concretes</i>)	240 - 800	0,35 – 6,9

Menurut Tjokrodilmuljo (2010), beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1.800 kg/m³. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi berat jenis beton agar mendapatkan beton ringan, antara lain:

1. dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan tambahan khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan timbul gelembung-gelembung udara,

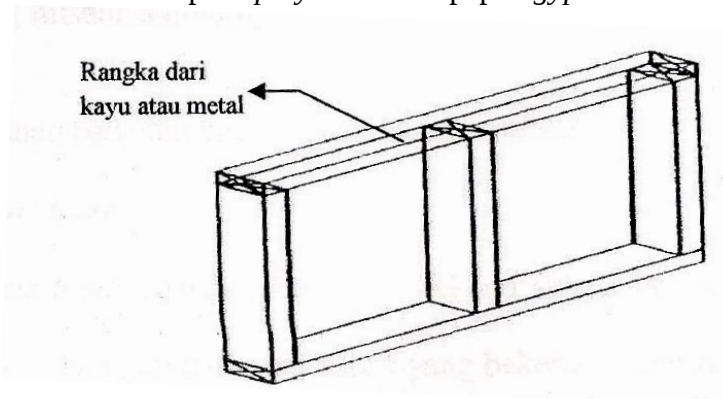
2. dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan yang menghasilkan beton yang lebih ringan dari pada beton normal
3. dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus dan disebut beton non pasir yang dibuat dari semen dan agregat kasar saja.

C. Dinding

Dinding adalah komponen struktur vertikal yang ukuran panjang dan tingginya jauh lebih besar dari pada ketebalannya. Dinding merupakan struktur padat yang membatasi dan kadang melindungi suatu area. Tiga jenis utama dinding struktural adalah dinding bangunan, dinding pembatas (*Boundary*), dan dinding penahan (*retaining*).

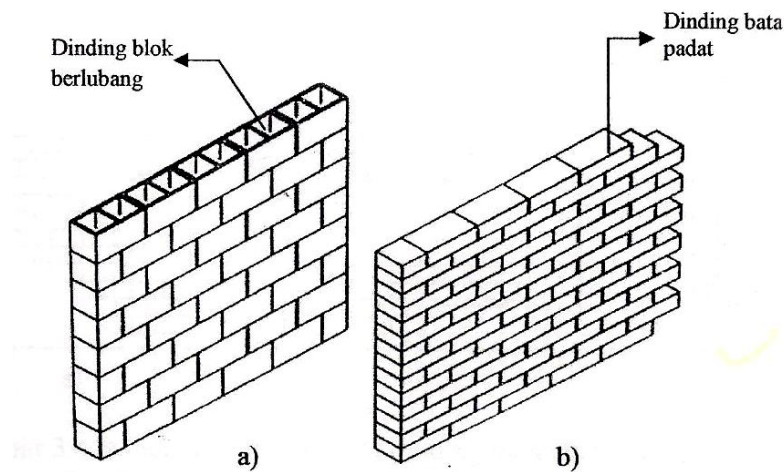
Klasifikasi dinding menurut Somayaji (1995) diantaranya adalah:

1. Berdasarkan metode pelaksanaannya
 - a. Dinding rangka merupakan dinding dengan rangka yang ditutup bahan lembaran seperti *plywood* atau papan *gypsum*



Gambar 2.1. Dinding rangka / *frame wall* (Somayaji, 1995)

- b. Dinding padat atau berlubang merupakan dinding (bata, batu atau blok) yang terdiri dari unit bata (*hollow* atau *solid*) disusun menjadi dinding menggunakan bahan atau pengikat mortar. Unit bata dapat terbuat dari tanah liat, batu alam maupun bata beton.

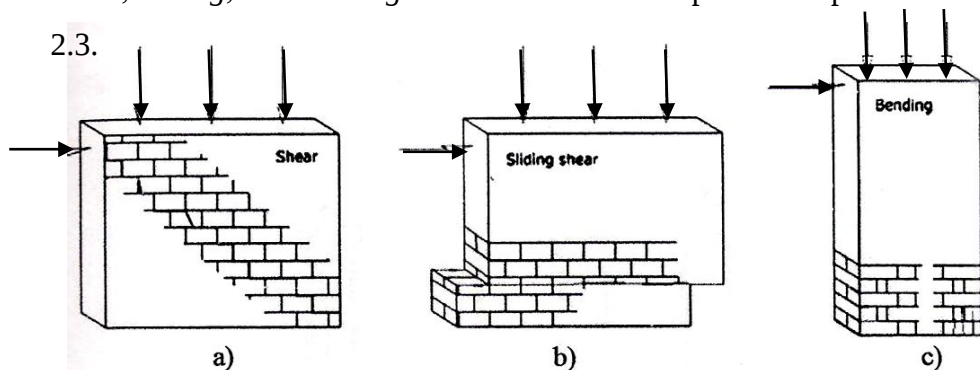


Gambar 2.2. (a) Dinding blok berlubang dan
(b). Dinding bata padat (Somayaji, 1995)

2. Klasifikasi dinding berdasarkan fungsi struktur:

- a. *Load bearing walls* adalah dinding struktural yang ikut menahan beban yang diterima oleh bagian struktur.
- b. *Non-Load bearing walls* adalah dinding yang hanya memikul beban sendiri, misalnya dinding partisi.
- c. Pola pembebanan dinding dikenal dua macam yaitu:

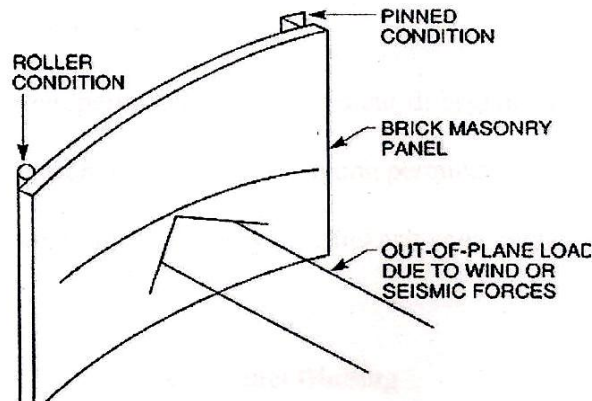
- a. *In-plane loads* adalah beban yang bekerja sejajar dengan bidang dinding berupa beban gravitasi atau beban yang bekerja sejajar bidang arah lateral. Akibat beban ini terjadi tiga model keruntuhan pada dinding bata yaitu *shear*, *sliding*, dan *bending*. Model kerusakan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Model kerusakan pada dinding bata akibat *in plane loads*

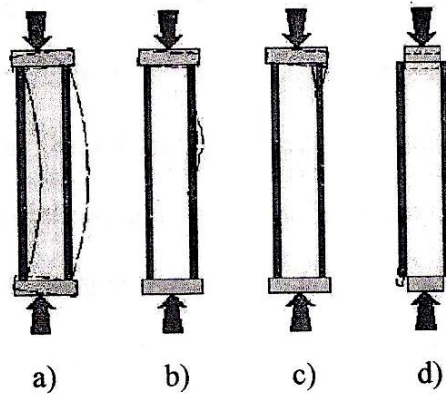
(a) *shear* (b) *sliding shear* (c) *bending* (Somayaji, 1995)

- b. *Out of plane loads* adalah beban yang bekerja tegak lurus pada bidang dinding, disebabkan oleh angin ataupun gempa yang mengakibatkan dinding melentur sehingga menimbulkan tegangan lentur seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Out of Plane deflection* pada panel dinding (Somoyaji, 1995)

Menurut King (2003) model kerusakan akibat pembebanan vertikal pada dinding ada 4 macam seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Model kerusakan pada dinding menurut King (2003)

- Global Buckling*, seluruh dinding membengkok (melengkung) dan hancur yang disebabkan adanya beban eksentris.
- Local Buckling*, sebagian permukaan membengkok dan menarik dari inti (core) karena plesteran yang tidak melekat sempurna dan permukaan yang tidak rata.
- Bearing*, permukaan dinding hancur dibagian bawah plat atas atau plat bawah dan atau sebagian ujung permukaan.

- d. *Slippage*, mengelupasnya permukaan pada bagian atas atau bawah plat.

D. Panel Dinding

1. Umum

Panel dinding adalah salah satu komponen bangunan yang biasanya digunakan dalam proses industrialisasi perumahan yang akan mengubah dinding tampil menjadi lebih menarik. Panel dapat diartikan sebagai komponen struktural atau non struktural dalam bentuk lembaran besar atau lembaran kecil.

Penelitian ini berasal dari Sistem Jaring Kawat Baja 3 Dimensi (PJKB-3D) las pabrikan yang merupakan dinding yang menggunakan *polystyrene* sebagai materi inti. Menurut RSNI-2005 tentang tata cara Perencanaan dan Pelaksanaan Bangunan Gedung menggunakan Jaring Kawat Baja 3Dimensi (PJKB-3D) las pabrikan, menjelaskan bahwa:

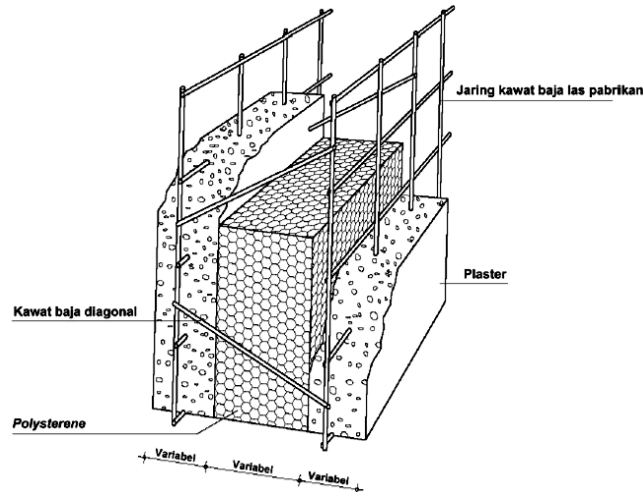
a. Definisi

- 1) panel jaring kawat baja tiga dimensi (PJKB-3D) las pabrikan.
dua panel jaring kawat baja polos las pabrikan yang dihubungkan dengan rangka kawat baja polos penghubung yang dilas secara pabrikan, ruang diantara dua jaring kawat diisi dengan bahan gabus plastik (*expended polystyrene*).
- 2) *expanded polystyrene* (EPS)
bahan ringan pengisi ruang diantara dua panel plaster bertulang jaring kawat baja tiga dimensi las pabrikan yang berfungsi sebagai pengatur momen inersia panel, insulasi dan cetakan *shotcrete*.

b. Ketentuan Umum

PJKB-3D las pabrikan digunakan pada bangunan rumah dan gedung sebagai dinding dalam dan luar baik sebagai dinding pemikul beban atau bukan dinding pemikul beban, pelat lantai, dan atap bangunan dari berbagai jenis konstruksi bangunan lainnya.

PJKB-3D las pabrikan terdiri dari jaring kawat baja tiga dimensi las pabrikan dan menjadi satu (terintegrasi) dengan inti insulasi dari bahan *polystyrene* yang kedua sisinya diplesir dengan adukan semen pasir.



Gambar 2.6. Detail struktur panel jaring kawat 3 dimensi (SNI 7392-2008)

Dalam kajian ini, sistem panel dikategorikan ke dalam beberapa klasifikasi berat yaitu:

- 1) Sistem panel ringan seperti rangka kayu, *paper core*, atau plastik
- 2) Sistem panel menengah seperti beton ringan atau material komposit.
- 3) Sistem panel berat misalnya panel beton bertulang.

Keuntungan jika menggunakan sistem panel terutama sistem panel menengah adalah mempercepat proses konstruksi unit bangunan. Hasilnya adalah paket-paket pekerjaan yang lebih ekonomis.

E. Panel Beton Ringan Berserat

Panel beton ringan berserat adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya yang ditambah dengan serat alam/ sintetis, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan pengisi lainnya, dibentuk menjadi lembaran dengan permukaan rata dengan penampang berlubang dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang panel (SNI.03-3122-1992).

1. Syarat Mutu Panel Dinding

Menurut SNI 03-3122-1992 syarat mutu panel dinding sebagai berikut:

a. Tampak permukaan

Tabel 2.6. Syarat tampak permukaan

No	Tampak Permukaan	Syarat Mutu
1.	Bergelombang	Kedalaman lembah gelombang < 5mm
2.	Melengkung	Jarak tali busur dengan titik tengah garis sumbu < 5 mm
3.	Retak Rambut	Memanjang <150 mm Melintang <50 mm Lebar retak < 1mm
4.	Gompal	Ujung/tepi panel <20 mm
5.	Benjolan	Diameter benjolan < 10 mm

b. Ukuran dan toleransi

- 1) Ukuran panjang, lebar dan tebal serta toleransinya seperti tercantum dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Ukuran dan toleransi panel beton ringan berserat.

Ukuran	Toleransi
Panjang 3.000 mm	$\pm 0,4\%$
Lebar 900,600,300 mm	$\pm 0,4\%$
Tebal 80 mm	+ 3% - 2%

Ukuran lain diperkenankan atas persetujuan antara pembeli dan produsen

- 2) Kesikuan

Selisih antara kedua diagonal max 0,25% dari diagonal terperdek.

- 3) Kekuatan

Persyaratan kekuatan yang harus dipenuhi oleh lembaran panel beton

ringan seperti kuat vertikal minimal 3,45 N/mm² dan kuat lentur lentur horisontal minimal 1,37 N/mm².

Tabel 2.8. Persyaratan kekuatan panel beton ringan berserat.

No	Jenis Pengujian	Syarat Mutu	
		A (N/mm ²)	B (N/mm ²)
1.	Kuat tekan vertikal ^{x)}	4,93	3,95
		4,44	3,45
2.	Kuat lentur horisontal	1,97	1,72
		1,64	1,37
3.	Kuat lentur vertikal	2,74	2,47
		1,97	1,72
4.	Ketahanan retak berhadapan beban terpusat :		
	a. Permukaan di atas lubang panel dengan beban 300 kg	Tidak retak	Tidak retak
	b. Permukaan di atas antara lubang panel dengan beban 500 kg	Tidak retak	Tidak retak
5.	Ketahanan pukul/impact	Tidak retak	Tidak retak

F. *Polystyrene*

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan lagi setelah berakhirnya suatu proses. *Polystyrene* merupakan salah satu sampah anorganik yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik, *polystyrene*, kertas, botol, kaleng, kayu, dan sebagainya. Beberapa jenis sampah anorganik dapat dijual kembali untuk didaur ulang. Berikut beberapa daftar sampah dan lama waktu yang diperlukan untuk terurai. Jenis sampah dan waktu penguraiannya dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Jenis Sampah dan Waktu Penguraiannya
(ISBN : 979-587-395-4)

Jenis Sampah	Waktu Terurai
Kulit pisang	3-4 minggu
Kertas	1 bulan
Karton	2 bulan
Kapas	5 bulan
Woll	1 tahun
Rokok	2-5 tahun
Sepatu kulit	40-50 tahun
Kaleng baja	50 tahun
Karet	50-80 tahun
Aluminium	200-500 tahun
Popok sekali pakai	550 tahun
Kantong plastik	2-10 tahun
Tabung plastik	1 juta tahun
<i>Polystyrene</i>	> 1 juta tahun

Polystyrene memiliki nama lain *polystiren*. *Polystyren* adalah monomer yang dibuat dari *styrene*. Susunan *styrene* yaitu $C_6H_5-CH = CH_2$, dimana *styrene* merupakan salah satu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya dan tergolong murah dan cepat rapuh. Agar *styrene* tidak cepat rapuh maka dicampur dengan seng dan senyawa *botadine* sehingga menjadi putih susu. Untuk kelenturannya *polystyrene* ditambahkan zat plasticier seperti *dioktiptalat* (DOP), butil hidroksi toluena atau n-butil stearat. Plastik busa yang menjadi struktur sel sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas chloro, fluoro karbon (CFC), hasilnya adalah bentuk yang seperti kita gunakan saat ini.

Polystyrene atau yang dikenal dengan *Expandable Polystyrene* (EPS) adalah suatu material yang terbuat ekspansi *polystyrene beads* (butir polistiren) yang dibuat dengan cara dicetak (*moulding*). *Polystyrene* dikenal juga dengan istilah *styropor*. Istilah *expandable polystyrene* sering kali disamakan dengan *extruded*

polystyrene. Kedua material ini sebenarnya berbeda. *Expandable polystyrene* terbuat dari *polystyrene beads* (butir) sedangkan *extruded polystyrene* terbuat dari *polystyrene foam* (busa). Dari pembuatannya juga berbeda, *expandable polystyrene* dibuat dengan proses molding, sedangkan *extruded polystyrene* dibuat dengan proses ekstrusi. *Expandable polystyrene* diciptakan oleh *BASF* (sebuah pabrik kimia) pada tahun 1951 dan sekarang EPS diproduksi dari bahan mentah dengan biaya efektif mungkin sebagai produk pembungkus (packaging) yang efisien. *Polystyrene* dibedakan berdasarkan bentuknya antara lain *box berrongga*, *box* dengan pola, lembaran, balok, butiran.

Tabel 2.10. Karakteristik *Polystyrene*
(Crawford, 1998).

Karakteristik <i>polystyrene</i>	Satuan	Hasil
Berat jenis	kg/m ³	1.050
Kuat tarik	MN/m ²	40
Modulus lentur	GN/m ²	3
Modulus geser	GN/m ²	0,99
Angka poisson	-	0,33
Berat satuan	kg/m ³	13-22

Tabel 2.11. Karakteristik *Polystyrene*
(Spule, 1989).

Karakteristik <i>polystyrene</i>	Satuan	Hasil
Berat jenis	Gr/cm	1,1
<i>Injection</i> temperature	°C	218
<i>Yield Strenght</i>	MPa	20
Modulus Elastisitas	MPa	1.900
Mold Temperature	°C	27
<i>Ejection</i> temperature	°C	77
<i>Injection</i> pressure	MPa	96,5

Tabel 2.12. Karakteristik *Polystyrene*

Sifat Fisis <i>Polystyrene</i>	Satuan	Hasil
Densitas	kg/m ³	1.050
Densitas EPS	kg/m ³	25-200
Spesifikasi Gravitasi	-	1,05
Konduktivitas Listrik (s)	S/m	10 ⁻¹⁶
Konduktivitas Panas (k)	W/(m.k)	0,08
Modulus Young (E)	MPa	3.000-3.600
Kekuatan Tarik	MPa	46-60

Polystyrene merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu 100°C (Billmeyer, 1984). Adapun karakteristik dari *polystyrene* yaitu: tahan benturan, menginsulasi panas, kaku, keras, ringan, tahan air, kedap suara, sulit terurai, mudah dipotong, ekonomis, berwarna putih pada umumnya, larut dalam cairan kimia tertentu seperti *eter*, *hidrokarbon aromatic* dan *chlorinated hydrocarbon*

Selain ringan *polystyrene* juga memiliki kemampuan menyerap air yang sangat kecil (kedap air) dibawah 0,25%. Penggunaan *polystyrene* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan *polystyrene* dibandingkan menggunakan beton berongga adalah *polystyrene* mempunyai kuat tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang dapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran *polystyrene* dapat diatur dengan mengontrol jumlah *polystyrene* dalam beton.

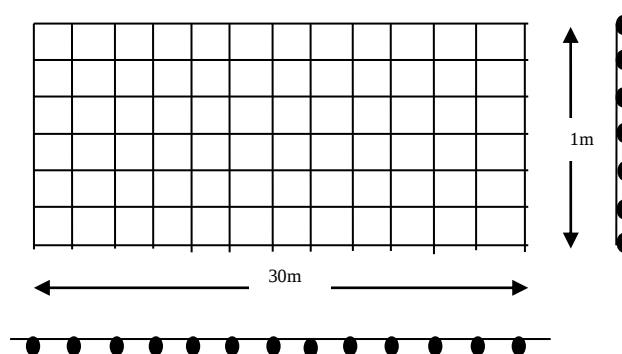
G. Kawat loket

Kawat loket (*redrawing wire*) galvanis dibuat dengan kawat besi berkualitas tinggi dengan proses dan teknik pengelasan khusus dan kuat. Kualitas kawat yang bersih dan kuat di setiap sambungan yang di las. Kawat ini juga tidak

mudah lepas walaupun dipotong di tengah-tengah ruas kotak dan memiliki daya tahan karat atau anti korosi. Kegunaan kawat loket ini banyak digunakan untuk kebutuhan industri, pertanian, peternakan, bangunan, transportasi, pertambangan, lapangan rumput, pengolahan, pelindung jendela, dekorasi, perlindungan mesin dan lain-lain. selain itu kawat loket ini memiliki daya tahan karat atau anti korosi yang jauh lebih baik dari kawat loket besi biasa. dengan finishing kawat yang mengkilap akan menambah keindahan untuk interior atau exterior di kantor, di pabrik atau di dalam rumah. Adapun ukuran dari kawat loket dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Dimensi Kawat loket

Ukuran (mm)	Diameter (mm)	Lebar (m)	Panjang (m)
6 mm x 6 mm	0.7	1	30
10 mm x 10 mm	1	1	30
12 mm x 12 mm	1	1	30
15 mm x 15 mm	1.2	1	30
20 mm x 20 mm	1	1	30
25 mm x 25 mm	2	1	30
25 mm x 25 mm	2	1.2	30



Gambar 2.7. Penampang kawat loket

H. Penggunaan *polystyrene* sebagai pembatas ruangan (dinding)

Beberapa penelitian telah memanfaatkan *polystyrene* sebagai bahan bangunan yang dijadikan sebagai pembatas ruangan (dinding *polystyrene*). Penelitian yang pernah menggunakan *polystyrene* diantaranya sebagai berikut:

Giri dkk (2008) dari Universitas Udayana Denpasar, dengan tujuan mengetahui pengaruh penambahan butiran *polystyrene* terhadap berat satuan, kuat tarik belah dan tarik lentur beton yang di hasilkan. Variasi persentase *polystyrene* 0%, 10%, 20% 30%,40% terhadap volume campuran dengan variasi jumlah semen tiap 1 m³ yaitu 250 kg/m³, 300 kg/m³, 350 kg/m³, 400 kg/m³. Fas awal ditentukan sebesar 0,45 Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.14

Tabel 2.14. Hasil penelitian Giri dkk (2008)

Polystyrene (%)	Nilai slump (cm)	Berat satuan beton(kg/m ³)	Kuat tekan (MPa)	Modulus Elastis (MPa)
0	1,00	2.207,00	33,78	10.538,43
10	1,00	2.085,90	24,781	10.188,85
20	1,22	2.023,92	16,36	9.849,54
30	1,53	1.919,74	12,69	8.796,84
40	1,73	1.844,97	10,85	6.945,66

Penurunan nilai modulus elastisitas dengan penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% berdasarkan ASTM C 469 berturut-turut 0,278%, 5,797%, 16,555%, dan 32,533%. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah semakin besar persentase *polystyrene* yang digunakan pada jumlah semen yang sama dihasilkan kuat tekan dan kuat lentur semakin kecil.

Penelitian yang dilakukan oleh Satyarno (2004) dengan judul penggunaan semen putih untuk beton *styrofoam* ringan (*Batafoam*) menghasilkan tiga kriteria yaitu:

1. Untuk penggunaan nonstruktur dengan persyaratan kuat tekan 0,35 MPa sampai 7 MPa maka jumlah prosentase *polystyrene* yang dipakai adalah antara 60% sampai 100%,
2. Untuk penggunaan struktur ringan dengan persyaratan kuat tekan antara 7 MPa sampai 17 MPa maka jumlah presentase *polystyrene* yang dipakai antara 0% sampai 60% untuk kandungan semen 250 kg/m³ sampai 300 kg/m³ dan antara 20% sampai 60% untuk kandungan semen 350 kg/m³ sampai 400 kg/m³.
3. Untuk penggunaan struktur dengan persyaratan kuat tekan lebih besar dari 17 MPa maka jumlah presentase *polystyrene* yang dipakai antara 0% sampai 20 % untuk kandungan semen 350 kg/m³ sampai 400 kg/m³.

Dari hasil kuat tekan di atas semakin banyak persentase penggunaan *polystyrene* kuat tekan dan berat jenis semakin menurun.

Ndale (2010) melakukan penelitian tentang penggunaan beton ringan *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* untuk panel dinding tebal 6 cm dengan benda uji panel berukuran p.100 cm x l.30 cm x h.6 cm, memakai perbandingan 80% *polystyrene*, 20% pasir, kandungan semen 300 kg dan fas 0,4. Pengujian kuat tekan silinder beton sebanyak 4 benda uji yang dilakukan setelah umur 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kuat tekan rata-rata *polystyrene* 0,85 MPa, berat jenis rata-rata adalah 1.075,54 kg/m³, dan beban maksimum rata-rata 15.250 kg, berat beton *polystyrene* 622,60 kg/m³, modulus elastis rerata beton *polystyrene* sebesar 73,89 MPa, tegangan lentur rerata panel dinding beton *polystyrene* tanpa perkuatan *wiremesh* sebesar 0,23 MPa, sedangkan kuat lentur rerata panel dinding beton *polystyrene* dengan menggunakan *wiremesh* ϕ 3 mm dengan variasi jarak *connector wire* 10 cm, 20 cm, dan 30 cm yaitu 3,25 MPa, 3,38 MPa dan 3,41 MPa, berdasarkan data tegangan lentur dan beban maksimum yang mampu ditahan terlihat bahwa jarak *wire connector* efektif adalah 30 cm. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan mortar dengan campuran 1Pc : 2Ps dengan fas 0,4 didapat nilai kuat tekan 16,358 MPa atau sebesar 7,3%. Kelebihan dari penelitian Ndale yaitu penggunaan (80% *polystyrene*, 20% pasir) menghasilkan berat jenis

yang kecil, tetapi dengan penambahan pasir tidak memberikan kuat tekan dan modulus elastis yang besar hal ini dikarenakan pemilihan limbah atau jenis limbah *polystyrene* yang berbeda. Selain itu pembuatan beton dilakukan secara manual terkait dengan ketelitian penakaran, pengadukan, pelaksanaan pengecoran, dan pemadatan sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

Wibowo (2010) melakukan penelitian tentang penggunaan beton *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* untuk panel dinding tebal 7 cm, dengan benda uji panel berukuran p.100 cm x l.30 cm x h.7 cm, kandungan semen 300 kg, fas 0,5 memakai perbandingan 60% *polystyrene*, 40% pasir. Pengujian kuat tekan silinder beton sebanyak 4 benda uji yang dilakukan setelah umur 28 hari. Kuat tekan rata-rata silinder beton *polystyrene* adalah 3,34 MPa, berat jenis rata-rata 1.510,86 kg/m³, modulus elastis rerata sebesar 330,24 MPa. Tegangan lentur rerata panel dinding beton *polystyrene* tanpa perkuatan *wiremesh* sebesar 3,77 MPa, sedangkan kuat lentur rerata panel dinding beton *polystyrene* dengan menggunakan *wiremesh* ϕ 3 mm dengan variasi jarak *connector wire* 15 cm, 25 cm, dan 35 cm yaitu 5,84 MPa, 5,10 MPa, dan 5,78 MPa, untuk pengujian kuat tekan mortar dengan campuran 1 Pc : 2 Ps dengan fas 0,5 didapat nilai kuat tekan 36,586 Mpa dan serapan airnya sebesar 10,77%. Kelebihan dari penelitian Wibowo dengan penggunaan (60% *polystyrene*, 40% pasir) menghasilkan kuat tekan, kuat lentur dan modulus elastis yang besar, hal ini dikarenakan penggunaan pasir yang lebih banyak dibandingkan dengan peneliti sebelumnya, tetapi berat jenis yang diperoleh jauh lebih besar sehingga berat sendiri panel beton *polystyrene* lebih besar.

Utomo (2010) melakukan penelitian tentang penggunaan beton ringan *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* untuk panel dinding tebal 8 cm, dengan benda uji panel berukuran p.100 cm x l.30 cm x h.8 cm dengan kandungan semen 300 kg, fas 0,488, dan persentase *polystyrene* 100%. Pengujian Kuat tekan silinder beton sebanyak 3 benda uji yang dilakukan setelah umur 28 hari. Kuat tekan rata-rata silinder beton *polystyrene* adalah 0,72 MPa, berat jenis rata-rata 771,24 kg/m³, modulus elastis rerata sebesar 91,40 MPa. tegangan lentur rerata

panel dinding beton *polystyrene* tanpa perkuatan *wiremesh* sebesar 0,64 MPa, sedangkan kuat lentur rerata panel dinding beton *polystyrene* dengan menggunakan *wiremesh* ϕ 3 mm dengan variasi jarak *connector wire* 5, 10, dan 15 cm yaitu 3,01 MPa, 4,08 MPa, dan 4,15 MPa, untuk pengujian kuat tekan mortar dengan campuran 1 Pc : 2 Ps dengan fas 0,4 didapat nilai kuat tekan 16,35 MPa atau sebesar 7,3%. Kelebihan dari penelitian Utomo dengan penggunaan 100% *polystyrene* menghasilkan berat jenis kurang dari satu, adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu kuat tekan dan modulus elastisitas yang kecil, hal ini dikarenakan pemilihan limbah atau jenis limbah *polystyrene* yang berbeda. Selain itu pembuatan beton dilakukan secara manual terkait dengan ketelitian penakaran, pengadukan, pelaksanaan pengecoran, dan pemadatan sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

Sulistyorini (2010) Prilaku dinding beton ringan dari limbah *polystyrene* dengan perkuatan *wiremesh* dengan kandungan semen 350 kg, fas 0,5, memakai perbandingan 80% *polystyrene*, 20% pasir. Kuat tekan rata-rata silinder beton *polystyrene* adalah 1,59 MPa, berat jenis rata-rata 1.039,15 kg/m³, modulus elastisitas rerata sebesar 292,01 MPa. Pengujian dinding dengan tebal inti 8 cm, 6 cm tebal plesteran 1 cm dan 1,5 cm didapat berat jenis rata-rata 1.376,13 kg/m³, kuat tekan rerata 0,26 MPa, lendutan rerata 4,61 mm, rerata Pmax 269,14 kN. untuk pengujian kuat tekan mortar dengan campuran 1 Pc : 5 Ps dengan fas 0,5 didapat nilai kuat tekan 9,73 MPa atau sebesar 9,27%. Kelebihan dari penelitian Sulistyorini dengan penggunaan (80% *polystyrene* dan 20% pasir) menghasilkan berat jenis kurang lebih sama dengan penelitian saya, adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu penambahan pasir tidak memberikan kuat tekan dan modulus elastis yang besar hal ini dikarenakan pemilihan limbah atau jenis limbah *polystyrene* yang berbeda. Selain itu pembuatan beton dilakukan secara manual terkait dengan ketelitian penakaran, pengadukan, pelaksanaan pengecoran, dan pemadatan sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

Rangkuman hasil penelitian yang dilakukan Ndale, Wibowo, Utomo dan Sulistyorini dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Penelitian dinding panel beton ringan dari beberapa peneliti

Peneliti	Tebal panel cm	Jarak conecctor cm	Polytyrene (%)	Semen Kg/m ³	Fas	Kuat tekan silinder MPa	Kuat lentur panel MPa	Berat Jenis rerata Kg/m ³
Ndale	6	10	80	300	0,4	0,85	3,25	1.144,82
		20					3,38	1.272,87
		30					3,41	1.307,33
Utomo	8	5	100	300	0,4 8	0,72	3,01	971,73
		10					4,08	960,74
		15					4,15	1.045,70
Wibowo	7	15	60	300	0,5	3,35	5,84	1.627,74
		25					5,10	1.658,99
		35					5,78	1.636,75
Sulistiyorini	6 8	10	80	350	0,4 3	1,58	10,85	1.436,7
		15					8,78	1.549,9
		10					12,06	1.313,03
		15					8,68	1.338,24

Mulyadi (2012) melakukan penelitian tentang sifat fisik dan mekanik beton ringan *polystyrene* pra pemadatan dengan pemadatan 1 ; 1,5 dan 2 MPa dengan penambahan pasir 10%, jumlah semen yang dipakai untuk pengempaan 2 MPa dan fas 0,4 yaitu 464,04 kg. Limbah yang dipakai merupakan limbah *polystyrene* yg diserut berukuran 2-3 mm. Hasil pengujian lubis yaitu berat jenis sebesar 1.044,90 gr/cm³, daya serap air 19,34%, kuat tekan kubus beton *polystyrene* berukuran 70x70x70 mm sebesar 1,73 MPa, kuat lentur balok beton *polystyrene* berukuran 500 x100x100mm sebesar 0,29 MPa dan modulus etastisitas 28,29 MPa. Kelebihan dari penelitian Mulyadi dengan penambahan 10% pasir, pengempaan 2 MPa menghasilkan berat jenis yang kecil. Adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu kuat tekan yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan penelitian saya, hal ini dikarenakan jenis limbah *polystyrene* yang digunakan berbeda. Selain itu pembuatan beton *polystyrene* dilakukan secara manual terkait dengan ketelitian penakaran, pengadukan, pelaksanaan pengecoran, dan pemadatan sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

Atmoko (2012) melakukan penelitian membuat beton ringan *polystyrene* untuk panel dinding tebal 9 cm dengan metode pengempaan terukur dan perkuatan kawat loket. Benda uji panel berukuran p.90 cm x l.30 cm x h.9 cm, dengan kandungan semen 522,22 kg untuk pasir 0% dan 511,36 untuk pasir 10%, fas 0,4. Pengujian yang dilakukan pengujian kuat tekan kubus dengan dimensi 150x150x150 mm diuji setelah berumur 28 hari didapat persentase 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (10% pasir, 90% *polystyrene*) yaitu kuat tekan rerata 0,38 MPa dan 0,53 MPa, modulus elastisitas rerata 48,09 MPa dan 124,24 Mpa, serapan air yaitu 33,39% dan 32,48%, berat jenis yaitu 538,46 kg/m³ dan 800,48 kg/m³. Kelebihan dari penelitian Atmoko dengan penambahan 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (10% pasir, 90% *polystyrene*), menghasilkan berat jenis yang kecil, adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu kuat tekan dan modulus elastisitas yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan penelitian saya, hal ini dikarenakan jenis limbah *polystyrene* yang digunakan berbeda. Selain itu tekanan kempa yang diberikan sangat kecil dikarenakan kemampuan bekisting kayu tidak mampu mendukung tekanan kempa yang lebih besar. Pengujian tekan panel dinding, pengujian lentur horisontal panel dinding dengan perbandingan 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (10% pasir, 90% *polystyrene*) dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16. Pengujian kuat tekan panel dan pengujian lentur (Atmoko, 2012)

Bahan penyusun	Dimensi kawat loket	Uji kuat lentur (N)	Pengempaan (MPa)	Uji kuat tekan (MPa)
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 10x10 mm pengempaan 0,06 MPa	5.960	0,0645	0,41
Pasir 10% <i>Syrofoam</i> 90%	Grid 10x10 mm pengempaan 0,06 MPa	5.900	0,062	0,417
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 20x20 mm pengempaan 0,06 MPa	5.140	0,032	0,963
Pasir 10% <i>Syrofoam</i> 90%	Grid 20x20 mm pengempaan 0,06 MPa	7.150	0,047	0,900

Aidil (2012) melakukan penelitian penggunaan *polystyrene* sebagai beton ringan dengan pra pemadatan untuk panel dinding 10 cm. Benda uji panel berukuran p.90 cm x l.30 cm x h.10 cm, dengan kandungan semen 437,50 kg untuk pasir 0% dan pasir 5% , fas 0,4. Pengujian yang dilakukan pengujian kuat tekan kubus dengan dimensi 150x150x150 mm diuji setelah berumur 28 hari didapat untuk 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (95% *polystyrene*, 5% pasir), yaitu kuat tekan rerata 0,86 MPa dan 1,05 MPa, dengan penempaan 0,055, modulus elastisitas rerata 161,86 Mpa dan 175,39 MPa, serapan air yaitu 24,56% dan 20,32%, berat jenis yaitu 665,73 kg/m³ dan 716,88 kg/m³. Kelebihan dari penelitian Arnas Aidil dengan penambahan 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (95% *polystyrene*, 5% pasir), menghasilkan berat jenis yang kecil, adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu kuat tekan dan modulus elastisitas yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan penelitian saya, hal ini dikarenakan jenis limbah *polystyrene* yang digunakan berbeda. Selain itu tekanan kempa yang diberikan sangat kecil dikarenakan kemampuan bekisting kayu tidak mampu mendukung tekanan kempa yang lebih besar. Pengujian tekan panel dinding, pengujian lentur horisontal panel dinding dengan perbandingan 100% *polystyrene*, 0% pasir dan (95% *polystyrene*, 5% pasir) dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17. Pengujian kuat tekan dan pengujian lentur panel (Aidil, 2012)

Bahan penyusun	Dimensi kawat loket	Uji kuat lentur (MPa)	Pengempaan (MPa)	Uji kuat tekan (MPa)
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 10x10 mm pengempaan 0,06 MPa	0,423	0,044	1,066
Pasir 5% <i>Syrofoam</i> 95%	Grid 10x10 mm pengempaan 0,06 MPa	0,290	0,06	0,789
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 20x20 mm pengempaan 0,06 MPa	0,289	0,031	1,014
Pasir 5% <i>Syrofoam</i> 95%	Grid 20x20 mm pengempaan 0,06 MPa	0,377	0,052	1,033

Sireggar (2012) melakukan penelitian tentang aplikasi beton ringan *polystyrene* untuk panel dinding tebal 7 cm dengan metode pengempaan terukur. Ukuran panel dinding *polystyrene* P.90cm x 1.30 cm. x h.7cm dengan kandungan semen 437 kg, fas 0,4. Pengujian yang dilakukan pengujian kuat tekan kubus dengan dimensi 150x150x150 mm diuji setelah berumur 28 hari untuk variasi campuran 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (80% *polystyrene*, 20% pasir) yaitu kuat tekan rerata setelah konversi ke silinder diperoleh 0,79 MPa dan 0,89 MPa dengan pengempaan rerata 0,083 dan 0,066 dan serapan air yaitu 31,27% dan 16,40%, berat jenis yaitu 685,91 kg/m³ dan 973,77 kg/m³, modulus elastisitas 96,20 MPa dan 212,85 MPa. Kelebihan dari penelitian Aidil dengan penambahan 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (80% *polystyrene*, 20% pasir), menghasilkan berat jenis yang kecil, adapun kekurangan dari penelitian ini yaitu kuat tekan dan modulus elastisitas yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan penelitian saya, hal ini dikarenakan jenis limbah *polystyrene* yang digunakan berbeda. Selain itu tekanan kempa yang diberikan sangat kecil dikarenakan kemampuan bekisting kayu tidak mampu mendukung tekanan kempa yang lebih besar. Pengujian tekan panel dinding, pengujian lentur horisontal panel dinding dengan perbandingan 100% *polystyrene* (tanpa pasir) dan (80% *Polystyrene*, 20% pasir) dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18. Pengujian kuat tekan dan pengujian lentur panel
(Sireggar, 2012)

Bahan penyusun	Dimensi kawat loket	Uji kuat lentur (MPa)	Pengempaan (MPa)	Uji kuat tekan (MPa)
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 10x10 mm	0,86	0,067	0,927
Pasir 20% <i>Syrofoam</i> 80%	Grid 10x10 mm	1,19	0,072	1,313
Pasir 0% <i>Polystyrene</i> 100%	Grid 20x20 mm	0,72	0,025	1,094
Pasir 20% <i>Syrofoam</i> 80%	Grid 20x20 mm	0,96	0,05	0,843

Jika dikaitkan dengan penelitian saya maka ringkasan hasil penelitian Atmoko, Aidil dan Sireggar yaitu kuat tekan dan berat jenis yang dihasilkan sangat kecil, karena pengempaan yang dilakukan berkisar 0,025-0,08 MPa. Pemberian tekanan kempa yang besar mengakibatkan bekisting kayu retak dan melendut, sehingga dicoba pengempaan kecil yang sesuai dengan kemampuan bekisting kayu menerima tekanan kempa. Berat jenis penelitian Atmoko, Aidil dan Sireggar berkisar 25-35 kg/m³, *polystyrene* yang saya gunakan berasal dari Jawa Tengah (Kudus) dengan berat jenis yaitu 15,9 kg/m³ selain itu bekisting yang kami gunakan terbuat dari baja sehingga mampu menerima tekanan kempa sebesar 2 MPa. berat jenis sangat bervariasi karena gabus-gabus bekas yang diambil dari tempat pengambilan yang berbeda dan ketika digiling hasilnya memiliki diameter butiran yang berbeda-beda. Banyak hal yang mempengaruhi kekuatan dari beton *polystyrene* yaitu tingkat kepadatan, homogenitas campuran serta variasi *polystyrene* dalam hal berat jenis *polystyrene*.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Semakin banyak jumlah semen dan semakin tinggi persentase pasir dalam perbandingan *polystyrene* maka semakin meningkat kuat tekan beton yang dihasilkan. Hal ini berbanding terbalik dengan penambahan *polystyrene* dalam campuran yang akan menjadikan kuat tekan beton menurun.
- 2) Penambahan kadar semen dan pasir juga akan mempengaruhi terhadap semakin tingginya berat jenis beton.
- 3) Beton *polystyrene* sangat dipengaruhi dari tingkat kepadatan dan homogenitas. Semakin padat dan semakin homogen, maka kuat tekan semakin tinggi.
- 4) Pemilihan jenis *polystyrene* yang berbeda akan mempengaruhi kuat tekan dari beton *polystyrene*
- 5) Semakin bertambahnya nilai *f_{as}* maka semakin besar nilai daya serap airnya, karena disebabkan adanya pori-pori dalam beton, apabila *f_{as}* semakin besar maka semakin banyak pula ruang dalam beton untuk menyerap air.

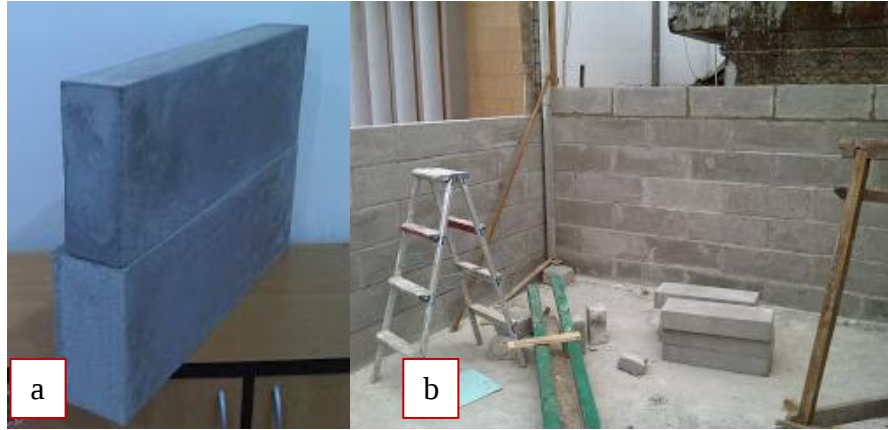
Beton Hebel adalah beton ringan yang mengalami proses aerasi dengan menggunakan teknologi modern dari Jerman. Proses aerasi yang homogen dan terkendali secara komputerisasi menghasilkan beton ringan dengan kuat tekan yang paling tinggi namun paling ringan di kelasnya. Produk **Hebel** dapat digunakan sebagai sistem Struktur Dinding Pemikul (*Load Bearing Wall*). Di Indonesia beton ringan Hebel mulai dikenal sejak tahun 1995 sebagai salah satu alternatif untuk dinding non struktural. Material Hebel dipilih karena proses pemasangannya yang lebih mudah dan juga penggunaan skala besar akan didapatkan biaya yang lebih murah.

Keunggulan Hebel yaitu kuat, ringan, ekonomis, ukuran akurat, kedap suara, tahan lama, tahan panas dan api, hemat energi, mudah pengerjaan dan ramah lingkungan. Namun beton hebel memiliki kelemahan yaitu tidak memiliki kuat tekan yang besar. Dalam suatu penelitian, hebel digunakan sebagai panel dinding yang memberikan banyak keuntungan dalam pemakaian dinding internal maupun eksternal, memberikan efisiensi ruang yang lebih besar karena ketebalannya yang hanya 7,5 cm. Spesifikasi panel dinding Hebel dapat dilihat pada Tabel 2.19. (www.hebel.co.id)

Tabel 2.19. Spesifikasi Panel Dinding Hebel

Lebar (mm)	600
Tebal (mm)	100, 125, 150
Panjang maks (m)	1,9. 2,9 dan 3,7
Berat jenis kering (kg/m ³)	660
Berat jenis Normal (kg/m ³)	780
Kuat tekan (MPa)	6,2

(Sumber: <http://www.hebel.co.id/spesifikasi/panel/panel-dinding/>)



Gambar 2.8. (a) Blok Hebel, (b) Pasangan dinding Hebel

BAB III

LANDASAN TEORI

Bagian ini membahas tentang teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Teori tersebut meliputi bahan-bahan penyusun beton *polystyrene*, masalah beton dan pengujian beton *polystyrene*.

A. Bahan Penyusun Beton *Polystyrene*

Bahan-bahan penyusun beton dikelompokkan menjadi dua, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Kelompok bahan aktif yang disebut juga perekat adalah semen dan air, sedangkan kelompok bahan pasif atau bahan pengisi adalah pengganti agregat halus yaitu *polystyrene*.

1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu (Balitbang Kimpraswil, 2003c). Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu pasta semen juga mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat, penggunaan semen hanya berkisar 10% dari volume beton, akan tetapi bahan perekat yang aktif dan paling mahal dibandingkan bahan beton lainnya sehingga perlu diperhatikan secara baik.

Sesuai tujuan penggunaannya, Balitbang Kimpraswil (2003c) membagi semen *portland* menjadi 5 jenis yaitu:

- a. Jenis I: untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak ada persyaratan khusus seperti pada jenis-jenis semen lainnya.
- b. Jenis II: untuk konstruksi pada umumnya terutama bila disyaratkan tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- c. Jenis III: untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi

- d. Jenis IV: untuk konstruksi-konstruksi dengan persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis III: untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2. Air

Menurut Tjokrodilmuljo (2010), air diperlukan bereaksi dengan semen hanya sekitar 25-30% dari berat semen. Menurut Balitbang Kimpraswil (2003c) air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. air harus bersih;
- b. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual
- c. tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter;
- d. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan chlorida (Cl) tidak lebih dari 500 p.p.m dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m sebagai SO_3 ;
- e. semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya;
- f. jika pemeriksaan kualitas kimia air sulit dilakukan, air boleh dipakai untuk bahan pencampur beton dengan syarat kekuatannya lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling dengan bahan perbandingan campuran yang sama.

3. *Polystyrene*

Busa *polystyrene* yang dipadatkan merupakan bahan yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* mempunyai nama dagang *styrofoam*. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2$), jika dibentuk granular *polystyrene* atau *expanded polystyrene* maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antara 13-16 kg/m^3 . Penggunaan *polystyrene* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun

keuntungan menggunakan *polystyrene* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton berongga adalah *polystyrene* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kekuatan beton, kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran *polystyrene* dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran dalam beton (Giri dkk, 2008).

B. Pengujian Bahan Penyusun Beton *Polystyrene*

1. Semen *Portland*

Pemeriksaan terhadap semen hanya sebatas pemeriksaan secara visual untuk mengetahui kelayakan semen yang akan digunakan dalam campuran beton. Tidak ada pemeriksaan khusus untuk mengetahui karakteristik semen tersebut tersebut.

2. Air.

Tidak ada pemeriksaan air secara khusus karena air yang digunakan telah memenuhi persyaratan sebagai air minum sehingga layak digunakan sebagai bahan campuran beton.

3. *Polystyrene*

Pengujian berat satuan *polystyrene* prinsipnya sama dengan pengujian berat satuan pasir dengan persamaan:

$$\text{Berat isi/satuan polystyrene} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots(3.1)$$

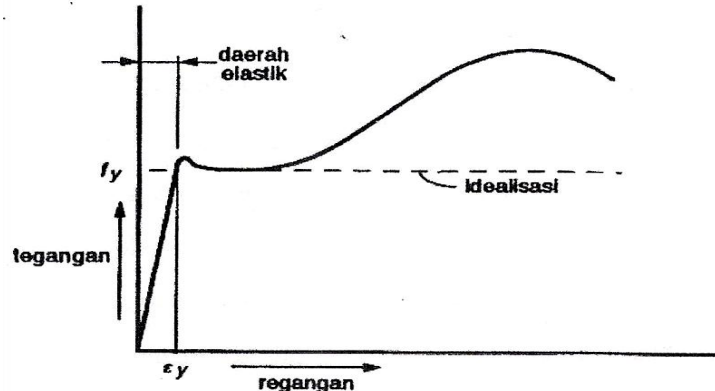
di mana:

- W_1 = berat gelas ukur kosong, (gram)
- W_2 = berat gelas ukur + *polystyrene* (gram)
- V = volume gelas ukur (cm³)

4. Kawat loket

Kawat loket yang digunakan dalam penelitian ini adalah ϕ 0,70 mm jarak spasi 12,5 mm. *Kawat loket* yang dirangkai membentuk spasi-spasi, dan penyambungan antar kawat dilakukan secara fabrikasi untuk mendapatkan ketepatan jarak antar spasi. Sambungan antar spasi yang kuat dengan harapan dapat memberikan kontribusi kekuatan panel dinding beton polystyrene.

Sifat-sifat terpenting pada baja adalah *modulus young* (E_s), kekuatan leleh (f_y), kekuatan batas (f_u), mutu baja yang ditentukan, ukuran dan diameter batang atau kawat. (Nawy, 1998). Menurut Dipohusodo (1994), sifat-sifat batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Ketentuan SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa nilai modulus elastisitas adalah 200.000 MPa.



Gambar 3.1. Hubungan tegangan dan regangan untuk baja tulangan (Dipohusodo,1994)

Tegangan baja dihitung pada persamaan berikut:

$$f_y = \frac{P_y}{A_s} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan:

f_y = tegangan tarik baja (MPa)

P_y = beban gaya tarik pada leleh (N)

A_s = luas tulangan (mm^2)

C. B e t o n

1. Sifat-sifat mekanik beton

a. Kuat tekan

Kuat tekan beton (f'_c) ditentukan dengan melakukan uji kegagalan melalui tata cara pengujian standar yang berumur 28 hari pada tingkat pembebanan tertentu. Selama 28 hari ini silinder beton biasanya ditempatkan didalam air atau di dalam ruangan dengan temperature tetap dan kelembaban 100%. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10 – 65 MPa, dan kebanyakan beton memiliki kekuatan pada kisaran 17 – 30 MPa.

b. Modulus elastis beton

Beton tidak memiliki modulus elastis yang pasti. Nilainya bervariasi tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik dan perbandingan antara semen dan agregat. Modulus elastisitas, merupakan kemiringan dari bagian awal grafik yang lurus dari diagram regangan-tegangan, yang akan bertambah besar dengan bertambahnya kekuatan beton. Besarnya modulus elastisitas tersebut dapat dihitung dengan tepat berdasarkan Persamaan 3.23 sampai Persamaan 3.26.

c. Perbandingan Poisson

Ketika sebuah silinder beton menerima beban tekan, silinder tersebut tidak hanya berkurang tingginya tetapi juga mengalami ekspansi (pemuaian) dalam arah lateral. Perbandingan ekspansi lateral dengan arah perpemuaian longitudinal ini disebut sebagai perbandingan Poisson (*poisson ratio*). Nilainya bervariasi dari 0,11 untuk beton mutu tinggi dan 0,21 untuk beton mutu rendah dengan nilai rata-rata 0,16 seperti yang tidak

ada hubungan dengan nilai-nilai seperti perbandingan air-semen, lamanya perawatan, ukuran agregat dan sebagainya (McCormac, 2003).

d. Susut

Susut secara umum didefinisikan sebagai perubahan volume beton yang tidak berhubungan dengan beban. Ketika bahan-bahan untuk beton dicampur dan diaduk, pasta yang terdiri dari semen dan air mengisi rongga-rongga di dalam agregat dan mengikat agregat tersebut menjadi satu. Campuran ini harus cukup dapat dikerjakan (*workable*) dan dapat mengalir (*fluid*) sehingga campuran tersebut dapat masuk diantara sela-sela tulangan dan memenuhi seluruh cetakan. Untuk dapat mencapai tingkat kemampuan kerja (*workability*) seperti menggunakan air yang lebih banyak dari pada yang seharusnya agar semen dan air dapat bereaksi bersama (*hidrasi*). Setelah beton selesai dirawat dan mulai mengering, kelebihan campuran air ini mencari jalan kepermukaan beton, tempat dimana campuran ini akan menguap. Akibatnya, beton akan susut dan retak, retak yang dihasilkan akan mengurangi kekuatan beton.

e. Rangkak

Rangkak (*creep*) adalah sifat di mana beton mengalami perubahan bentuk (deformasi) permanen akibat beban tetap yang bekerja. Beton akan mengalami deformasi untuk waktu lama, jika beban dibiarkan tetap ada untuk waktu yang lama, batang tersebut akan terus memendek selama beberapa tahun dan deformasi akhir yang terjadi biasanya sebesar 2 sampai 3 kali deformasi awal, lendutan jangka panjang yang terjadi juga bias sebesar 2-3 kali lendutan awal, mungkin 75% dari total rangkak ini akan terjadi pada tahun pertama.

Besar rangkak yang terjadi sangat tergantung pada besarnya tegangan. Rangkak hampir berbanding lurus terhadap tegangan selama tegangan yang terjadi tidak lebih besar dari setengah $f'c$. beban jangka panjang tidak hanya menyebabkan rangkak tetapi juga berakibat buruk

pada tegangan beton dan tegangan akan berkurang sebesar 15% selama waktu satu tahun atau lebih (McCormac, 2003)

f. Kuat tarik

Kuat tarik beton bervariasi antara 8% sampai 15% dari kuat tekannya, alasan utama dari kuat tarik yang kecil ini adalah kenyataan bahwa beton dipenuhi oleh retak-retak halus. Kuat tarik beton yang tepat sulit untuk diukur. Selama bertahun-tahun, sifat tarik beton diukur dengan memakai modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) dan uji pembelahan silinder.

g. Kuat Geser

Kekuatan geser lebih sulit diperoleh, karena sulitnya mengisolasi geser dari tegangan-tegangan lainnya. Ini merupakan salah satu sebab banyaknya variasi kekuatan geser yang dituliskan dalam berbagai literature, mulai dari 20% dari kekuatan tekan pada pembebanan normal, sampai sebesar 85% dari kekuatan tekan, dalam hal terjadi kombinasi geser dan tekan

2. Pengelolaan beton

Pengelolaan beton adalah proses pembuatan beton dari pencampuran atau pengadukan bahan-bahan beton, perataan permukaan beton hingga perawatan selama proses pengerasan beton.

a. Pengadukan beton

Proses pencampuran antara bahan-bahan dasar beton yaitu semen, air dan agregat (halus dan kasar) disebut proses pengadukan beton. Cara pengadukan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan tangan atau dengan mesin.

b. Pengangkutan adukan beton.

Adukan beton diangkut ke tempat penuangan sebelum semen mulai berhidrasi (bereaksi dengan air). Selama pengangkutan perlu dijaga agar

tidak ada bahan-bahan yang tumpah atau memisahkan diri dari campuran.

c. Penuangan adukan beton

Di tempat penuangan, beton harus segera dipadatkan sebelum semen dan air bereaksi. Pada umumnya semen mulai bereaksi dengan air satu jam setelah semen dicampur dengan air.

d. Pemadatan adukan beton

Pemadatan adukan beton dilakukan agar sedikit mungkin rongga yang terjadi di dalam beton. Pemadatan dapat dilakukan secara manual menggunakan tongkat baja/kayu atau dengan mesin menggunakan vibrator. Adukan beton yang baru dituang harus segera dipadatkan dan dilakukan selama beberapa waktu sampai tampak suatu lapisan pasta di atas permukaan beton yang dipadatkan tersebut. Hindari pemadatan yang terlalu lama karena akan mengakibatkan beton kurang padat kembali.

e. Perataan permukaan beton segar.

Perataan bertujuan untuk meratakan permukaan beton segar yang telah dipadatkan. Alat yang digunakan dapat berupa cetok atau papan perata

f. Perawatan beton

Perawatan beton dimaksudkan untuk memberikan kesempatan kepada beton untuk mengembangkan kekuatannya. Pada tahap ini dijaga agar permukaan beton agar selalu lembab sejak dipadatkan hingga proses hidrasi cukup sempurna yakni kira-kira selama 28 hari. Kelembaban permukaan beton harus dijaga agar air di dalam beton segar tidak keluar untuk menjamin bahwa proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Apabila hal ini tidak dilakukan, maka akibat udara panas dan tiupan angin akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar sehingga air mengalir keluar dari dalam beton segar sehingga beton segar kekurangan air dan berakibat akan timbul retak-retak pada permukaan beton. Jika beton berukuran kecil, misalnya silinder maka perawatan dapat dilakukan dengan cara meletakkan beton segar di dalam ruangan yang lembab atau meletakkannya di dalam air.

g. Pengempaan beton *polystyrene*

Pengempaan beton *polystyrene* adalah campuran bahan pengisi dan bahan pengikat dengan memberikan tekanan kempa sebesar 2 MPa menggunakan cetakan baja, besar gaya tekanan yang diperoleh untuk memadatkan beton *polystyrene* tergantung dari dimensi bekisting benda uji. pengempaan ini bertujuan agar beton *polystyrene* semakin padat dan mampat sehingga tidak terjadinya rongga di dalam beton *polystyrene*.

3. Kekuatan beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Beton sebagai bahan bangunan diperoleh dengan mencampurkan semen *portland*, air dan agregat dengan perbandingan tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain umur beton, faktor-air-semen, kepadatan, jumlah pasta, jenis semen dan sifat agregat.

a. Umur beton.

Umur beton dihitung sejak beton selesai dicetak. Dengan bertambahnya umur beton maka kuat tekan beton juga bertambah tinggi. Kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat kemudian lama-kelamaan semakin lambat dan menjadi sangat kecil setelah umur 28 hari, sehingga secara umum dianggap tidak naik lagi setelah 28 hari.

b. faktor-air-semen (fas)

faktor-air-semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Pada prakteknya, nilai fas berkisar antara 0,4 dan 0,6.

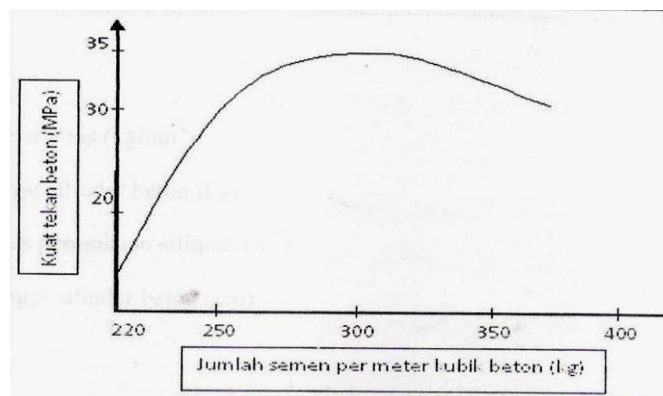
c. Kepadatan beton

Jika kepadatan beton berkurang maka kekuatan beton juga berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga-rongga sehingga mempengaruhi kekuatan tekannya.

d. Jumlah Semen

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dalam

kondisi fas yang sama beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai nilai kuat tekan tertinggi. Bila jumlah semen yang digunakan terlalu sedikit dan jumlah air yang digunakan juga sedikit maka adukan beton akan sulit dipadatkan karena kekurangan air sehingga kuat tekannya rendah. Jika jumlah semen yang digunakan berlebihan dan penggunaan air yang berlebihan sehingga beton menjadi berpori, akibatnya kuat tekan beton akan rendah. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan pada fas yang sama dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air sama (Tjokrodinuljo, 2010)

e. Jenis semen

Setiap jenis memiliki sifat-sifat tertentu di mana sifat-sifat yang dimiliki oleh setiap jenis semen berpengaruh pula terhadap kuat tekan betonnya.

f. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan beton antara lain:

1) Kekerasan permukaan

Agregat yang permukaannya kasar dan tidak licin membuat rekatan antar permukaan agregat dan pasta menjadi lebih kuat dibandingkan penggunaan agregat yang halus dan licin.

2) Bentuk agregat

Bentuk agregat yang bersudut (batu pecah) membuat butir-butir agregat tersebut saling mengunci dan sulit digeserkan sehingga kuat

tekan beton yang dihasilkan juga lebih tinggi dibandingkan agregat yang bulat (kerikil).

3) Kuat tekan agregat

Volume beton umumnya diisi oleh agregat yakni sekitar 70% sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregatnya. Oleh karena itu beton yang menggunakan agregat yang kuat tekannya tinggi maka kuat tekan betonnya akan tinggi pula.

4. Pengaruh bentuk dan benda uji beton

Menurut Purwono (2007), untuk menguji kuat tekan digunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebagai standar. Namun apabila karena alasan tertentu ukuran tersebut tidak dapat digunakan maka dapat digunakan bentuk lain atau ukuran lain. Apabila digunakan kubus dengan ukuran sisi-sisinya 150 mm maka hasil kuat tekannya diberi faktor pengali 0,83. Apabila ukuran silindernya berbeda dari ukuran standarnya maka hasil pengujian perlu diberi faktor pengali yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Kuat tekan dan faktor pengali untuk berbagai ukuran silinder beton (Tjokrodinuljo, 2010)

Ukuran silinder		Kuat tekan (%)	Faktor pengali
D (mm)	L (mm)		
50	100	108	0,917
75	150	106	0,943
100	200	104	0,962
150	300	100	1,000
200	400	96	1,042

Tabel 3.2 Faktor pengali berbagai rasio panjang-diameter silinder beton (Tjokrodinuljo, 2010)

Rasio panjang-diameter	Faktor pengali
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,94
1,00	0,92

D. Pengujian Beton *Polystyrene*

Pengujian beton *polystyrene* pada umur 28 hari meliputi pengujian Kuat lentur, kuat tekan, berat isi beton, serapan air, dan modulus elastisitas

1. Berat isi beton *polystyrene*

Pengujian berat isi beton *polystyrene* dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian berat isi dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$w = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan:

w = berat isi (kg/m^3)

W = berat benda uji (kg)

V = volume benda uji (m^3)

2. Daya Serap Air

Rongga atau pori yang terdapat pada beton sangat mempengaruhi besar kecilnya penyerapan air oleh beton. Rongga (pori) yang terdapat pada beton terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material dan penyusunnya. Semakin besar pori-pori yang terkandung dalam beton maka akan semakin besar penyerapan sehingga ketahanan akan berkurang. Uji serap air dilakukan setelah beton mengalami perendaman 24 jam (1hari) yang kemudian dimasukan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Perbandingan berat air terhadap berat benda uji kering dinyatakan dalam persen.

$$P = \frac{W_b - W_k}{W_k} \cdot 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

di mana:

P = persentase air terserap (%)

W_b = berat benda uji setelah direndam air (kg)

W_k = berat benda uji kering mutlak sebelum direndam air (kg)

3. Kuat Tekan Beton

Ukuran mutu dari struktur beton adalah kuat tekannya, kuat tekan yang didapat dari hasil pengujian seperti ini dikenal sebagai f'_c dan merupakan sifat utama yang ditentukan untuk tujuan perencanaan (Winter dan Nilson, 1995). Kuat tekan beton (*compressive strength of concrete*) adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Besarnya kuat tekan beton dihitung dengan Persamaan 3.5.

$$f'_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

F = gaya tekan (N)

A = luas penampang (mm^2)

Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Pengujian dilakukan setelah perawatan beton terlebih dahulu dibiarkan terbuka dan dalam keadaan lembab selama 28 hari agar mendapatkan kuat tekan maksimal. Pengujian kuat tekan dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap sampel agar diperoleh kuat tekan rata-rata menggunakan alat *Universal Testing Machine* hingga didapat beban maksimum, dengan sampel yang berbentuk kubus 7x7x7 (cm). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton antara lain:

- a. Faktor air semen (fas)
- b. Material penyusun beton meliputi semen, air, agregat, dan *polystyrene*
- c. Proses mix design campuran adukan beton
- d. Perawatan beton yang berhubungan dengan proses hidrasi semen dalam beton (kelembaban beton)
- e. Umur beton pada saat diuji.

4. Berat per m² panel dinding

Berat per m² panel dinding dapat dihitung dengan Persamaan 3.6.

$$w_1 = \frac{W}{A} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dengan:

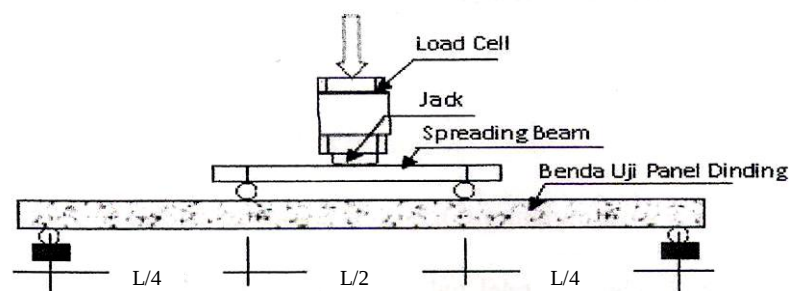
w' = berat per m² (Kg/m²)

W = berat benda uji (N)

A = luas penampang = panjang x lebar panel (m²)

5. Kuat Lentur Beton

Pelat dipakai untuk atap, dinding dan lantai pada bangunan gedung. Apabila plat didukung sepanjang keempat sisinya dinamakan sebagai pelat dua arah, dimana akan terjadi lenturan dua arah yang saling tegak lurus, namun apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek saling tegak lurus lebih besar dari 2, pelat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lenturan utama pada sisi yang lebih pendek. Dalam pengujian lentur pelat beton bertulang dalam hal ini berupa panel dinding seperti terlihat pada Gambar 3.3 dilakukan seperti pada pengujian lentur murni balok. Nilai tegangan lentur maksimal panel dinding beton *polystyrene* (f_{maks}) hasil pengujian didapatkan dengan melakukan pendekatan sesuai dengan prosedur *Third Point Loading* berdasarkan SNI 03-3122-1992.



Gambar 3.3. Sketsa pengujian kuat lentur panel dinding.

$$f_{maks} = \frac{M_{maks}.Y}{I} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$M_{maks} = \frac{1}{8}ql^2 + \frac{1}{2}p \cdot \frac{1}{4}l \dots\dots\dots (3.8)$$

$$f_{lt} = \frac{3P \times L}{4b \times h^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dengan:

M_{maks} = momen maksimum (kNm)

untuk beban merata momen maksimum adalah $\frac{1}{8}ql^2$ dan beban titik

diantara L/4, momen maksimum adalah $\frac{1}{8}PL$

f_{maks} = tegangan lentur maksimum panel (MPa)

P = beban maksimum (kN)

q = berat sendiri panel dinding per jarak meter (N/mm)

L = panjang panel antar tumpuan (mm)

h = tebal benda uji (mm)

y = jarak serat terluar terhadap garis netral komposit (mm)

I = momen inersia penampang (mm⁴).

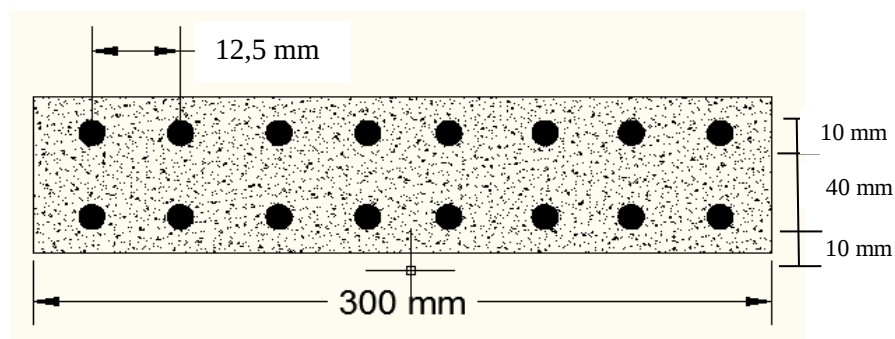
Persamaan 3.9, tidak dapat digunakan karena tidak memperhitungkan perkuatan kawat loket. Panel dinding *polystyrene* dianggap sebagai plat komposit maka harus dicari momen inersia transformasi. Langkah-langkah sebagai berikut:

a. Mencari ‘y’ (Jarak serat terluar terhadap garis netral komposit)

1) Mencari nilai modular n (dengan E beton *polystyrene* sebagai pembanding)

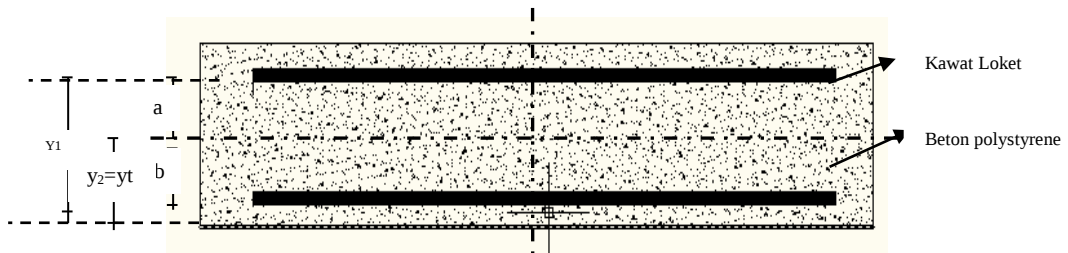
$$n = E_s/E_{b \text{ polystyrene}}$$

Mencari luas masing-masing bagian



Gambar 3.4. Potongan melintang panel dinding *polystyrene*.

Dari penampang tersebut, didapat bentuk transformasi luasan seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Luas transformasi bidang panel dinding *polystyrene*

- a) $A_1 = (\text{luasan kawat loket 1}) \times n$
- b) $A_2 = (\text{luasan beton polystyrene}) \times 1$
- c) $A_3 = (\text{luasan kawat loket 2}) \times n$
- d) Luas total $= A_1 + A_2 + A_3$

2) Mencari jarak titik berat masing-masing luasan terhadap serat terluar, diukur dari dasar penampang

3) Mencari titik pusat berat (Y_t)

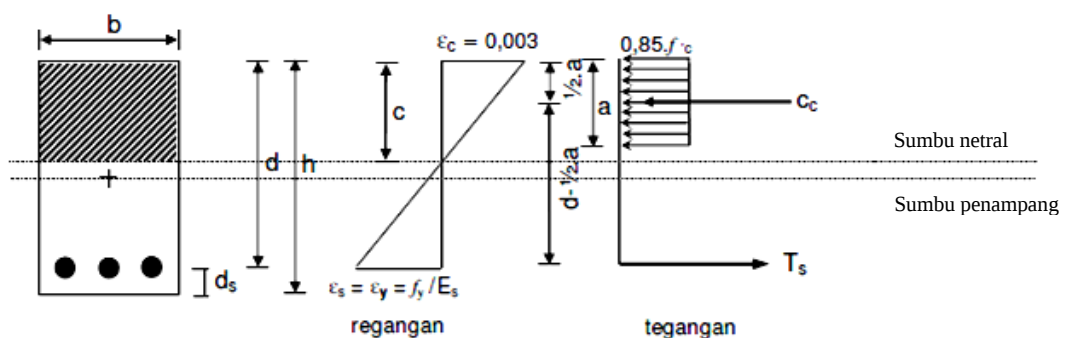
$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot Y_i}{\text{luas total}} \dots\dots\dots(3.10)$$

b. Mencari momen inersia transformasi

$$I_t = I_{1+} A_1 + a^2 + I_{2+} A_2 + b^2 + I_{3+} A_3 + c^2 \dots\dots\dots(3.11)$$

a,b,c adalah jarak masing-masing pusat benda terhadap titik pusat berat komposit (y_t).

6. Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulang



Gambar 3.6. Penampang diagram regangan tegangan blok persegi ekivalen

Menghitung gaya tekan pada beton dan menghitung gaya tarik pada baja:

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b \dots\dots\dots (3.12)$$

$$T_s = A_s \times f_y \dots\dots\dots (3.13)$$

Sehingga,

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'_c \times a \times b = A_s \times f_y \dots\dots\dots (3.14)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$a_b = \frac{\beta_1 \times 600.d}{600 + f_y} \dots\dots\dots (3.16)$$

Jika $a < a_b$ (maka tulangan terpasang akan menghasilkan penulangan liat/ *ductile* tetapi sebaliknya akan menghasilkan tulangan getas).

Momen nominal penampang M_n dapat dihitung sebagai berikut:

$$M_n = T_s \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3.17)$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{A_s \times f_y}{2 \times 0,85 \times f'_c \times b} \right) \dots\dots\dots (3.18)$$

$$\phi \cdot M_n \geq M_u \dots\dots\dots (3.19)$$

Kemampuan balok menahan momen lebih besar atau sama dengan momen yang harus dipikul.

7. Kekakuan Plat

Pembatasan terhadap lendutan yang terjadi pada struktur perlu diperhatikan agar struktur tersebut stabil, sehingga struktur diharapkan mempunyai kekakuan yang cukup. Kekakuan menurut timoshenko (1996) didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan besar satu satuan, seperti pada Persamaan 3.20.

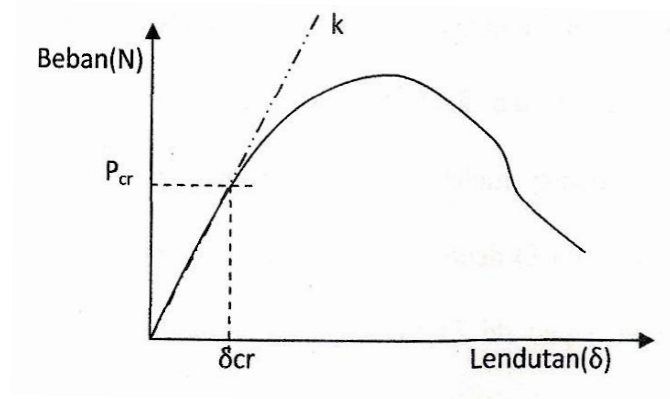
$$k = \frac{P_{cr}}{\delta_{cr}} \dots\dots\dots (3.20)$$

Dengan:

k = kekakuan lentur (N/mm)

P_{cr} = beban panel pada saat retak pertama (N)

δ_{cr} = lendutan pada saat retak pertama (mm)



Gambar 3.7. Pendekatan Kekakuan

Untuk mendapatkan bahan yang layak digunakan sebagai panel dinding, harus memenuhi syarat dalam hal lendutan maksimumnya. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung) besarnya lendutan ijin untuk panel dinding dapat dilihat pada Persamaan berikut ini:

$$\delta_{max} < \frac{L}{150} \dots \dots \dots (3.21)$$

8. Defleksi

Dalam Priestly dan Paulay (1992) menyebutkan bahwa daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami lendutan yang cukup besar pada saat beban maksimal tercapai sebelum mengalami keruntuhan. Besarnya daktilitas diidentifikasi sebagai *displacement ductility factor* μ , yaitu:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \dots \dots \dots (3.22)$$

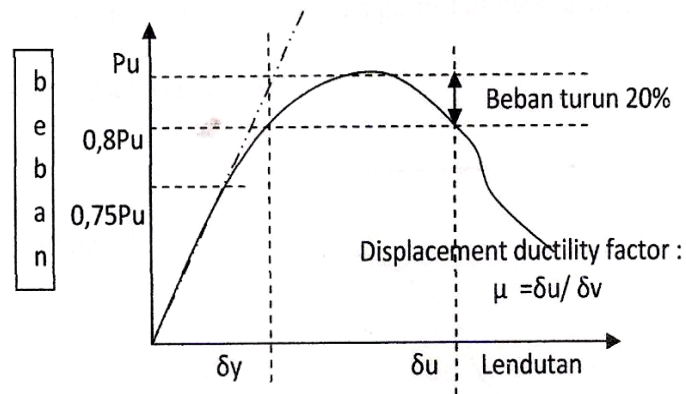
Dengan:

μ = *displacement ductility*

δ_u = lendutan ultimit

δ_y = lendutan saat leleh

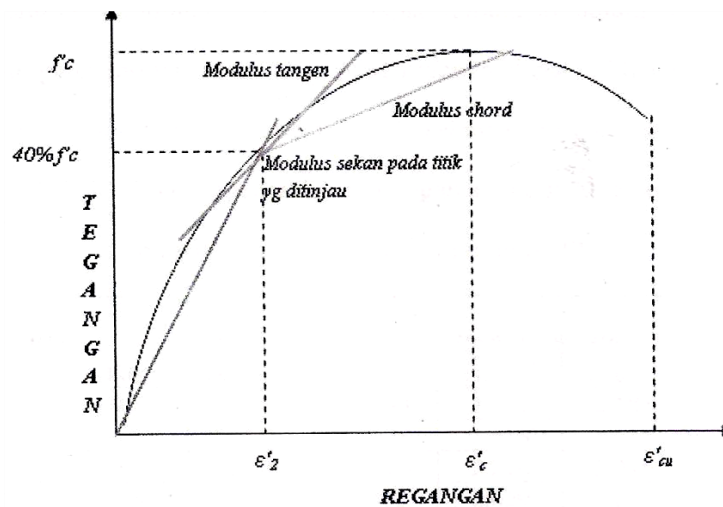
Nilai δ_u biasanya dihitung sebagai lendutan yang terjadi saat beban mencapai 0,8 dari beban maksimum pada bagian penurunan kurva. Hubungan pendekatan beban-lendutan menurut Priestly dan Paulay (1992)



Gambar 3.8. Hubungan pendekatan beban dan lendutan

9. Modulus elastisitas

Meskipun beton merupakan bahan yang getas (*brittle*) namun masih memiliki sifat kenyal/elastis, oleh karena itu sifat elastisnya perlu diuji untuk mengetahui nilai modulus elastisitas beton tersebut. Karena kurva tegangan-tegangan beton seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 adalah kurva linear pada taraf pembebanan awal maka modulus elastisitas (*modulus young*) dari bahan ini merupakan tegangan-regangan pada titik pusatnya. Kemiringan garis singgung ini didefinisikan sebagai modulus tangen awal. Bisa saja dibuat modulus tangen untuk tiap titik lainnya pada kurva tegangan-regangan. Kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar 40%) disebut modulus elastisitas sekan dari beton, nilai ini disebut modulus elastisitas (Nawy, 1990)



Gambar 3.9. Cara penentuan Modulus Elastis Beton (Shetty, 1997)

Jadi modulus elastisitas beton adalah nilai tegangan dibagi dengan regangan beton dalam kondisi elastis di mana tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum (Balitbang Kimpraswil, 2003b) dalam bentuk Persamaan 3.23.

$$E_c = \frac{f_2}{\varepsilon_2} \dots \dots \dots (3.23)$$

di mana:

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

f_2 = tegangan tekan beton, dengan nilai $0,4 f'_c$ (MPa)

ε_2 = regangan pada beton saat tegangan beton mencapai f_2

Regangan adalah rasio antara perpindahan pada waktu benda uji kubus di tekan dengan tinggi benda uji mula-mula

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (3.24)$$

di mana:

ε = regangan

ΔL = perpindahan, mm

L = tinggi benda uji mula-mula, mm

Selain menggunakan diagram tegangan-regangan, modulus elastisitas beton dapat pula dihitung menggunakan rumus praktis sesuai SNI 03-

2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung) memberikan rumus mencari modulus elastisitas untuk beton dengan berat satuan 1.500 kg/m³ sampai 2.500 kg/m³

$$E_c = 0,043 \cdot w_c^{1,5} \cdot \overline{f'_c} \dots \dots \dots (3.25)$$

Untuk beton dengan berat satuan $\pm 2300 \text{ kg/m}^3$ menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_c = 4700 \cdot \overline{f'_c} \dots \dots \dots (3.26)$$

Dengan:

E_c = modulus elastis beton (MPa)

W_c = berat jenis beton (kg/m³)

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini akan membahas tentang material dan peralatan yang digunakan dalam penelitian serta prosedur penelitian. Benda uji yang dibuat berupa kubus beton *polystyrene*, balok beton *polystyrene*, panel beton *polystyrene* dimana dilakukan pengujian awal terhadap bahan dasar yaitu *polystyrene* dan kawat loket. Pembuatan benda uji bertujuan untuk mengetahui perilaku mekanik beton. Perilaku mekanik berhubungan dengan sifat dan ketahanan material yang digunakan. Adapun perilaku mekanik yang ditinjau meliputi kuat tekan, kuat lentur, penyerapan, dan modulus elastisitas beton yang dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Waktu pelaksanaan antara bulan Mei - November 2013.

B. Material Penelitian

Material yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Material yang digunakan dalam penelitian

No	Jenis material	Sumber
1	Semen Tiga Roda	PT. Indocement Tunggal Prakasa Tbk.
2	Limbah <i>Polystyrene</i>	Kudus (jawa tengah) dan Penyerutan di Dusun Sukunan Sleman, Yogyakarta
3	<i>Kawat loket</i>	CV Sumber Makmur
4	Air, standar air minum	Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan FT UGM

Semen yang digunakan adalah semen PPC bermerk semen tiga roda sesuai SNI 15-7064-2004. Semen dilihat secara visual dengan kondisi baik dan tidak menggumpal. Kemasan semen dalam kantong tertutup dengan berat 40 kg. Untuk material limbah *polystyrene* yang digunakan merupakan limbah bungkus elektronik yang berasal dari kudu Jawa Tengah dan proses penyerutan dilakukan di Dusun Sukunan, Godean Sleman Yogyakarta. Sedangkan kawat loket yang digunakan adalah kawat loket yang ada di tokoh-tokoh bangunan, dimana ukuran dari kawat loket berdiameter 0,70 mm dengan spasi 12,5 mm.



(a) *Polystyrene*



(b) Semen Tiga Roda dan air

(c) Kawat Locket

Gambar 4.1. Material yang digunakan dalam penelitian

C. Peralatan penelitian

Peralatan penelitian dikelompokkan menjadi tiga, yaitu peralatan untuk pemeriksaan bahan dasar, peralatan untuk membuat benda uji dan peralatan untuk pengujian benda uji.

1. Peralatan pengujian dasar

a. Timbangan

Alat ini digunakan untuk menimbang material yang akan digunakan pada pengujian agregat dan pencampuran adukan beton. Gambar 4.2 menunjukkan macam-macam timbangan yaitu (a) timbangan merek Ohaus berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, (b) timbangan berkapasitas 10 kg dan (c) timbangan merek Bascule berkapasitas 150 kg dengan ketelitian 100 gram.



(a) Timbangan kapasitas 5 kg



(b) Timbangan kapasitas 10 kg



(c) Timbangan kapasitas 150 kg

Gambar 4.2. Macam-macam timbangan

b. Alat penyerutan *polystyrene*

Alat penyerutan digunakan untuk menyerut atau menghancurkan *polystyrene*, alat penyerutan ini didalamnya berbentuk silinder yang geriginya kurang lebih sama dengan alat parutan kelapa dimana ukuran

butiran *polystyrene* berdiameter 2-3 mm yang diperoleh dari pengolahan limbah di Desa Sukunan, Sleman, Yogyakarta.



Gambar 4.3. Alat penyerut *polystyrene*

c. Alat uji tarik kawat loket

Alat uji tarik kawat loket yang digunakan untuk menguji kuat tarik, tegangan leleh dan modulus elastisitas seperti yang terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Alat uji kawat koket

d. Sendok cetok dan wadah drum penampung material

Sendok cetok dan sekop, alat-alat ini merupakan alat bantu dalam proses pengujian agregat dan pengecoran/pembuatan benda uji beton. Sedangkan wadah penampung material dapat berupa drum dan ember berguna untuk menampung dan mengaduk material selama pengujian agregat dan pembuatan benda uji beton.



Gambar 4.5. Wadah dan alat pengaduk

2. Peralatan Pembuatan benda uji

a. Cetakan Beton

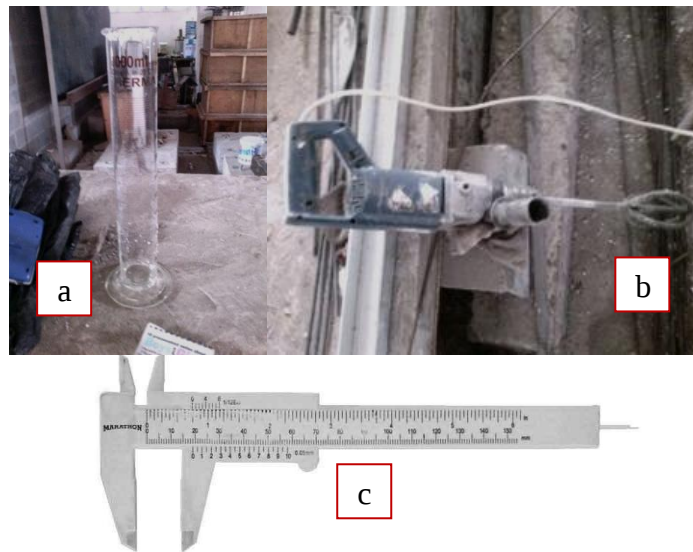
Alat cetakan beton yang digunakan terbuat dari plat baja, terdiri dari tiga macam, yaitu alat cetakan kubus dengan ukuran 7x7x7 cm, diberi ekstensi 21 cm yang digunakan untuk uji tekan, dan cetakan balok berukuran 10x10x50 cm diberi ekstensi 30 cm, sedangkan untuk cetakan plat dinding yaitu 30x80x6 cm dan diberi ekstensi sebesar 30 cm. cetakan beton dengan tambahan ekstensi ini diharapkan agar mendapatkan tinggi sesuai yang diinginkan. Cetakan kubus, balok dan plat dinding dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. (a) Bekisting baja balok, (b) Bekisting baja kubus, dan (c) Bekisting baja plat dinding

b. Gelas Ukur dan Mixer

Gelas ukur dengan kapasitas 1.000 cc, digunakan sebagai campuran untuk mengukur volume air yang dibutuhkan, untuk mixer digunakan setelah campuran antara semen, air dan *polystyrene* yang diaduk rata dengan sekop terlebih dahulu, agar nantinya campuran dapat tercampur secara homogen, sedangkan Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi benda uji. Jangka sorong memiliki ketelitian 0,001 mm. dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. (a) Gelas Ukur, (b) Mixer, (c) Jangka Sorong

c. Alat Pengempaan

Alat pengempaan yang digunakan berjenis *Hidraulic Jack* dan terdapat di Laboratorium Kayu dan Bambu Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Digunakan untuk memberi tekanan pada adukan beton segar, tekanan yang diberikan sebesar 2 MPa dimana cetakan tersebut dapat di bongkar pasang tanpa merusak benda uji. Sedangkan *Loading frame* terbuat dari baja WF 400 sebagai frame atau dudukan *hydraulic jack* pada saat pengujian.



Gambar 4.8. Alat kempa kapasitas 5 Ton dan Sketsa pengempaan panel dinding *polystyrene*

d. Oven

Oven yang digunakan bermerk *Memert UNB-200* dengan suhu maksimal 200 °C. Alat ini digunakan untuk mengeringkan benda uji berbentuk kubus yang sudah direndam selama 24 jam setelah umur beton 28 hari sampai pada kondisi tidak mengandung air (kering oven).



Gambar 4.9. Oven

e. Alat Uji tekan dan Lentur

Alat yang digunakan *Compression Testing Machine (CTM)* merk *Wykeham Farrance* Kapasitas 100 kN. Mesin ini dapat digunakan untuk pengujian pembebanan baik untuk mengukur kuat tekan maupun kuat lentur.



Gambar 4.10. *Compression Testing Machine (CTM)*

f. *Linier Variable Differential Trans (LVDT), Portable Data Logger dan Transducer.*

LVDT berfungsi untuk mengukur lendutan yang terjadi, alat ini berkapasitas 50 mm dengan ketelitian 0,01 mm. Untuk *Portable Data Logger* berfungsi untuk membaca besarnya gaya yang bekerja pada *Load Cell* dan lendutan yang terjadi pada LVDT, sedangkan *Transducer* digunakan untuk mengetahui nilai maksimal akibat adanya pembebanan. Alat-alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. (a) *Portable Data Logger*, (b) *Transducer*, (c) *(LVDT)*.,

g. *Load cell, Pompa Jack dan Hydraulic Jack*

Hydraulic Jack merk Mega berkapasitas 50 Ton, alat ini berfungsi sebagai pemberi tekanan statik pada pengujian dinding. *Pompa jack* berfungsi sebagai pompa yang dapat mengatur besarnya tekanan ke atas sedangkan

load cell adalah alat untuk mengukur gaya langsung pada benda uji. Dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12. *Hydraulic Jack*



Gambar 4.13. *Load Cell*

h. Peralatan pendukung lain

Peralatan yang mendukung kegiatan pelaksanaan dalam pembuatan benda uji antara lain sarung tangan, spidol, tip-ex, kapur, gunting besi, masker penutup mulut, sekop, penggaris, plastik, dan tikar pengalas.

D. Tahap penelitian

Pelaksanaan penelitian secara garis besar dikelompokkan menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Perumusan masalah berisi latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian
2. Pengumpulan teori dan pengkajian pustaka yang berhubungan dengan latar belakang.
3. Penentuan *mix design* dari benda uji sehingga didapat campuran yang sesuai.
4. Persiapan bahan dan alat-alat yang digunakan seperti cetakan beton atau bekisting.
5. Pembuatan benda uji yaitu kubus beton untuk pengujian kuat tekan, serapan air, balok untuk pengujian modulus elastis dan panel dinding untuk pengujian tekan dan lentur.
6. Perawatan benda uji yaitu penyimpanan beton ditempat lembab selama 28 hari
7. Pengujian beton *polystyrene* meliputi pengujian berat satuan, daya serap air, kuat tekan kubus beton, kuat tekan dan kuat lentur panel dinding serta pengujian modulus elastis
8. Pengumpulan analisis dan data penelitian
9. Penulisan dan pencairan kesimpulan berdasarkan pengolahan data hasil penelitian.

E. Tahap Perencanaan

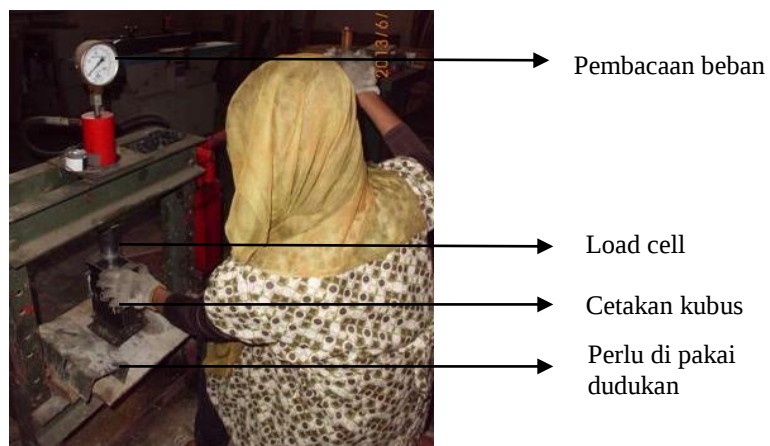
Tahap perencanaan dimana meliputi proses dalam mencari kebutuhan bahan dalam campuran beton atau *mix design* yang sesuai dengan kebutuhan beton yang akan dibuat, meliputi:

1. Perhitungan *mix design*

Proses ini melakukan perhitungan secara manual terhadap bahan-bahan yang tersedia berdasarkan volume benda uji. Percobaan awal dilakukan dimensi kubus 15x15x15 cm dengan ekstensi ketinggian 30 cm pengempaan sebesar 2 MPa selama 5 menit ternyata sangat sulit mendapatkan ketinggian rencana yaitu 15 cm dikarenakan ekstensi kubus 30 cm kurang, dan berat satuan kubus sangat berat, hal ini disebabkan

karna luasan kubus yang besar sehingga pengempaan membutuhkan pengempaan yang besar pula. Lalu cetakan diganti menjadi $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ dengan ekstensi tinggi sebesar 21 cm untuk mendapatkan ketinggian rencana 7 cm harus melakukan trial tinggi awal.

Dalam proses *trial* ketinggian yang ingin dicapai $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ dicoba dengan berat semen 350 kg/m^3 , *polystyrene* 100% dan fas 0,4, ketinggian awal 25 cm pengempaan 2 MPa atau gaya tekan sebesar 9,8 kN, maka didapat ketinggian rencana 8,91 cm, dicoba lagi dengan berat semen 350 kg/m^3 , *polystyrene* 100%, fas 0,4 dan pengempaan 2 MPa atau gaya tekan sebesar 9,8 kN yaitu tinggi awal 26 cm maka didapat tinggi rencana 9,1 cm, dicoba tinggi awal 20 cm didapat tinggi rencana 4,9 cm, dicoba tinggi awal 23 cm didapat tinggi rencana 6,5 cm. Posisi pengempaan sangat mempengaruhi ketinggian rencana, jarak *load cell* dan cetakan kubus berkisar 8-9 cm sehingga perlu diperhatikan.



Gambar 4.14. Alat kempa kapasitas 5 Ton

Setelah diketahui posisi letak pengempaan maka didapat:

- a. *Polystyrene* 100%, berat semen 350 kg/m^3 , fas 0,4 dan pengempaan 2 MPa atau gaya tekan sebesar 9,8 kN
- | Tinggi awal | → | Tinggi Akhir |
|-------------|---|--------------|
| 25 cm | | 6,3 cm |
| 23 cm | | 5,9 cm |

20 cm	4,6 cm
-------	--------

27 cm	7,3 cm
-------	--------

- b. *Polystyrene* 100%, berat semen 300 kg/m^3 , fas 0,4 dan pengempaan 2 MPa atau gaya tekan sebesar 9,8 kN

Tinggi awal	—————→	Tinggi Akhir
-------------	--------	--------------

18 cm	4,5 cm
-------	--------

22 cm	5,0 cm
-------	--------

27 cm	6,5 cm
-------	--------

29 cm	6,7 cm
-------	--------

32 cm	7,3 cm
-------	--------

- c. *Polystyrene* 100%, berat semen 250 kg/m^3 , fas 0,4 dan pengempaan 2 MPa atau gaya tekan sebesar 9,8 kN

Tinggi awal	—————→	Tinggi Akhir
-------------	--------	--------------

36 cm	7,0 cm
-------	--------

Berat semen 350 kg/m^3 tidak digunakan karena berdasarkan hasil *trial* berat semen yang didapat tidak jauh berbeda, karena semakin banyak jumlah semen per meter kubik, maka tinggi awal yang di gunakan lebih kecil begitupun sebaliknya, semakin sedikit jumlah semen per meter kubik maka tinggi awal yg digunakan besar. Dari hasil *trial* di atas, untuk mendapatkan tinggi rencana $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ dengan berat semen 250 kg/m^3 100% *polystyrene*, fas 0,4, pengempaan 2 MPa, digunakan tinggi awal sebesar $7 \times 7 \times 36 \text{ cm}^3$, penggunaan berat semen 300 kg/m^3 , 100% *polystyrene*, fas 0,4, pengempaan 2 MPa, tinggi rencana yaitu $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ digunakan tinggi awal sebesar $7 \times 7 \times 32 \text{ cm}^3$. Dari volume tersebut dikalikan dengan berat satuan masing-masing bahan sehingga dihasilkan berat bahan-bahan penyusun beton ringan *polystyrene*.

Awal pembuatan panel dinding *polystyrene* digunakan dimensi rencana $80 \times 30 \times 8 \text{ cm}^3$, pada saat proses *trial*, untuk tinggi rencana 8 cm didapat tinggi awal 50 cm, proses pembuatan ini sangat sulit karena melebihi kapasitas wadah adukan beton *polystyrene* dan wadah panel bekisting beton *polystyrene*, selain itu proses pelaksanaan pengempaan

dilakukan beberapa kali agar semua adukan masuk ke dalam bekisting panel dan mendapatkan tinggi rencana, proses ini sangat sulit karna membutuhkan waktu yang cukup lama. Melihat dari proses adukan sampai proses pengempaan, maka penelitian ini mencoba mengganti dimensi $80 \times 30 \times 8 \text{ cm}^3$ menjadi dimensi panel dinding *polystyrene* $80 \times 30 \times 6 \text{ cm}^3$. Dimensi benda uji panel dinding *polystyrene* yaitu $80 \times 30 \times 6 \text{ cm}^3$ dicetak berbentuk plat yang diberi perkuatan kawat loket kedua sisinya, perkuatan kawat loket diletakkan 1 cm dari serat terluar paling bawah dan 1 cm dari serat terluar paling atas.

2. Benda uji penelitian

Jumlah benda uji didasarkan pada variasi berat semen, *polystyrene* 100%, dan fas 0,4 Jumlah total benda uji yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Kebutuhan total benda uji

Jensi Beton	Jumlah benda Uji setiap variasi		Jumlah Total
	Variasi Semen		
	250 Kg/m ³	300Kg/m ³	
Kubus 7x7x7 cm ³	3 (Tekan)	3 (Tekan)	6
Panel dinding 80x30x6 cm ³	(3 Tekan, 3 Lentur)	(3 Tekan, 3 Lentur)	12
Kubus (Penyerapan) 10x10x10 cm ³	3	3	6
Balok Modulus Elastis 10x10x20 cm ³	3	3	6

3. Tahap Pembuatan Benda Uji Penelitian

Tahap ini meliputi persiapan pembuatan bekisting, perhitungan kebutuhan awal bahan, tahap pembuatan benda uji secara massal, dan perawatan benda uji

a. Pembuatan bekisting atau cetakan benda uji

- 1) Bekisting atau cetakan terbuat dari lembaran bahan plat baja dengan ketebalan 3 mm. Dimensi cetakan kubus yaitu 7x7x21 cm, cetakan balok 50x10x30 cm dan cetakan panel dinding *polystyrene* 80x30x30 cm.



(a) Bekisting balok, (b) bekisting kubus



(c) Bekisting plat

Gambar 4.15. Bekisting baja benda uji

- 2) Panel dinding diberi perkuatan kawat loket, kawat loket yang digunakan berdiameter 0,7 mm dengan pola grid 12,5x12,5 mm dipotong-potong sesuai luasan benda uji panel dinding (80x30)

cm, kawat loket dipasang 1 cm dari sisi terluar paling bawah dan 1 cm dari sisi terluar paling atas.



Gambar 4.16. Kawat Locket ϕ 0,7 mm, grid 12,5x12,5 mm

- 3) Perhitungan kebutuhan awal bahan beton *polystyrene*
- (a) Kebutuhan bahan awal dihitung berdasarkan kebutuhan bahan per meter kubik dengan asumsi berat semen dalam 1 meter kubik sebesar 250 kg dan 300 kg dan berat satuan *polystyrene* 15,9 kg/m³.
 - (b) Sebelum pembuatan benda uji secara massal maka perlu dilakukan proses *trial* tinggi awal agar mendapatkan tinggi rencana, sesuai dengan penjelasan Bab 4 Bagian E (tahap perencanaan)
 - (c) Faktor air semen yang dipakai pertama kali dalam proses trial adalah 0,3 karena pelaksanaan pencampuran adukan dengan factor air semen 0,3 mengalami kesulitan maka dipakai faktor air semen 0,4
 - (d) Dari proses trial didapatkan hasil kebutuhan bahan berdasarkan pengempaan yang diberikan pada saat pencetakan. Perhitungan untuk membuat satu benda uji kubus semen 300 kg/m³, *polystyrene* 100%, fas 0,4 dengan volume 7x7x32 cm = 0,001568 m³ dibutuhkan 470,9 gram semen, 188,16 ml air dan 24,93 gram *polystyrene*. Sedangkan untuk semen 250 kg/m³, *polystyrene* 100%, fas 0,4 dengan volume

$7 \times 7 \times 36 \text{ cm} = 0,001764 \text{ m}^3$ dibutuhkan 441 gram semen 176,4 ml air dan 28,047 gram *polystyrene*. Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran L-3

b. Tahap pembuatan benda uji secara massal

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pembuatan beton *polystyrene*:

- 1) Bahan-bahan campuran yang terdiri dari semen, *polystyrene* dan air di timbang terlebih dahulu sesuai dengan rencana campuran yang telah dibuat.
- 2) Untuk memudahkan dan mempercepat proses pencampuran bahan, setelah setiap bahan ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam plastik untuk masing-masing bahan, kecuali air.



Gambar 4.17. Persiapan bahan sebelum proses pencampuran

- 3) Pengadukan dilakukan secara manual dengan pertimbangan volume dari campuran yang terlalu banyak sehingga tidak cukup diaduk dengan molen. Selain itu kecepatan molen tidak bisa diatur kecepatannya sehingga bisa menyebabkan butiran *polystyrene* berterbangan karena terlalu ringan.
- 4) Pencampuran bahan dimulai dengan memasukkan material semen dan *polystyrene* ke dalam wadah drum, kemudian dicampur

sampai merata, tuangkan air ke dalam campuran sedikit demi sedikit sambil diaduk, lalu gunakan alat mixer agar campuran lebih merata. Proses pengadukan dapat dilihat pada Gambar 4.18.



(a) Pengadukan balok beton *polystyrene*



(b) Pengadukan panel beton *polystyrene*



(c) Pengadukan kubus beton *polystyrene*

Gambar 4.18. Proses pengadukan beton *polystyrene* secara manual

- 5) Siapkan cetakan beton kubus, cetakan balok dan cetakan panel dengan mengoleskan pelumas pada bagian dalam, agar beton tidak menempel saat pelepasan cetakan. Lalu masukkan adukan beton segar ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Dalam proses ini menggunakan alat bantu berupa penumbuk baja.



Gambar 4.19. Penuangan Beton segar kedalam cetakan benda uji

- 6) Cetakan beton yang terisi beton segar kemudian diletakkan pada alat kempa dan proses pemadatan dilakukan dengan pengempaan sebesar 2 MPa. Gaya tekan untuk pengempaan bergantung pada luasan bekisting, untuk bekisting kubus beton *polystyrene* 70x70 mm dibutuhkan gaya sebesar 9,8 kN, bekisting balok beton *polystyrene* 500x100 mm dibutuhkan gaya sebesar 100 kN dan bekisting panel dinding *polystyrene* 800x300 mm dibutuhkan gaya sebesar 480 kN. Proses pengempaan beton *polystyrene* dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Proses pengempaan beton *polystyrene*

- 7) Setelah mencapai 2 MPa, didiamkan selama kurang lebih 15 menit, kemudian cetakan benda uji dilepas, dibersihkan, dipasang dan diolesi lagi dengan pelumas agar dapat dipakai untuk pengujian selanjutnya. Proses pelepasan cetakan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21. Proses pelepasan cetakan beton *polystyrene*

- 8) Khusus untuk panel dinding *polystyrene* dilakukan proses pencampuran dan penuangan beberapa lapis yaitu:

- (a) Untuk lapis pertama dilakukan proses pencampuran dan penuangan kedalam cetakan panel beton *polystyrene*, kemudian dilakukan pengempaan sebesar 2 MPa agar mendapatkan tinggi rencana sebesar 1 cm, setelah mencapai 2 MPa lalu didiamkan selama 15 menit. Kawat loket diolesi dengan pasta dan dipasang 1 cm dari serat terluar paling bawah.
- (b) Tahap lapis kedua sama dengan proses lapis pertama hanya saja tebal yang diinginkan sebesar 4 cm, kemudian kawat loket diolesi dengan pasta dan dipasang ke dalam cetakan pada permukaan lapis ke dua atau sama saja dipasang 1 cm dari serat paling atas.
- (c) Pada tahap lapis ketiga sama dengan proses tahap pertama, dimana ketebalan yang diinginkan 1 cm, cetakan benda uji baru dibuka setelah 24 jam. Untuk benda uji berikutnya proses yang dilakukan sama dengan proses awal.

Panel dinding *polystyrene* dengan berat semen 250 kg/m³, 100% *polystyrene*, fas 0,4, pengempaan 2 MPa, untuk lapis pertama tinggi rencana yaitu 80x30x1 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x4 cm³, lapis kedua tinggi rencana yaitu 80x30x4 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x20 cm³ dan lapis ketiga tinggi rencana yaitu 80x30x1 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x4 cm³. Untuk berat semen 300 kg/m³, 100% *polystyrene*, fas 0,4, pengempaan 2 MPa, untuk lapis pertama tinggi rencana yaitu 80x30x1 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x3,5 cm³, lapis kedua tinggi rencana yaitu 80x30x4 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x18 cm³ dan lapis ketiga tinggi rencana yaitu 80x30x1 cm³ digunakan tinggi awal sebesar 80x30x3,5 cm³.



(a) Panel beton *polystyrene* didiamkan selama 24 jam



(b) Panel beton *polystyrene* setelah 24 jam dan siap untuk dilepas

Gambar 4.22. Proses beton *polystyrene* didiamkan selama 24 jam

4. Perawatan benda uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan atau beton mulai mengeras maka selanjutnya dilakukan proses perawatan benda uji (*curing*). Benda uji diletakkan pada ruangan yang lembab dan terlindung dari sinar matahari, lama waktu perawatan adalah 28 hari. Tahap perawatan beton dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Tahap perawatan beton *polystyrene*

5. Tahap Pengujian.

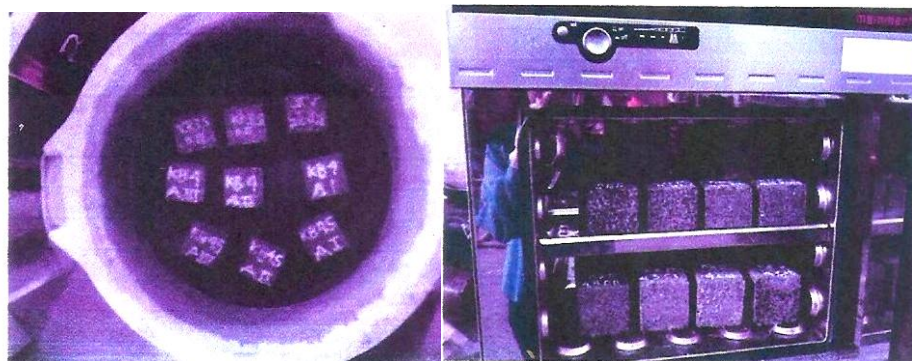
Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian yang dilakukan antara lain:

a. Pengujian kubus *beton polystyrene*

Dari hasil pengujian kubus ini akan diketahui berat satuan, kuat tekan serta serapan air dari beton *polystyrene*, untuk hasil analisis pengujian kubus 7x7x7 cm dapat menggunakan Persamaan 3.3 sampai dengan Persamaan 3.5. Pengujian kuat tekan kubus beton *polystyrene* dan daya serap beton *polystyrene* dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25.



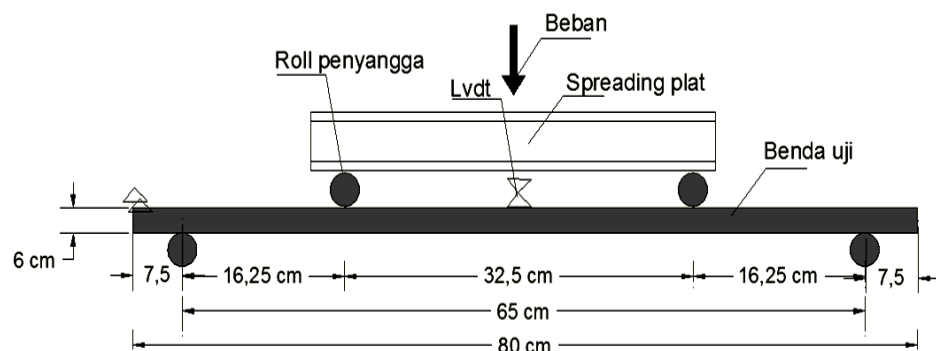
Gambar 4.24. Pengujian kuat tekan kubus



Gambar 4.25. Pengujian daya serap kubus

b. Pengujian panel dinding

Pengujian ini untuk mengetahui kekuatan lentur dan kuat tekan dari panel dinding *polystyrene*. Untuk analisis hasil pengujian lentur panel dinding *polystyrene* menggunakan Persamaan 3.7.



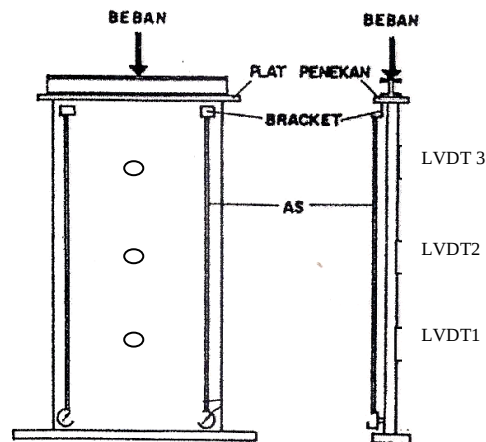
Gambar 4.26. Setting pengujian kuat lentur horizontal panel dinding *polystyrene*



Gambar 4.27. Pengujian kuat lentur horizontal panel dinding *polystyrene*

Langkah-langkah pengujian kuat lentur horizontal panel dinding *polystyrene* adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji panel dinding *polystyrene* ditimbang beratnya dan diukur terlebih dahulu.
- 2) Benda uji ditandai dengan spidol sesuai dengan jarak masing-masing dari tepi ke tumpuan berdasarkan peraturan SNI 03-3122-1992.
- 3) Benda uji diletakkan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan metode yang disebutkan dalam SNI 03-3122-1992 seperti yang terlihat pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27.
- 4) LVDT untuk pembacaan defleksi benda uji dipasang 2 titik dibagian tepi tengah bentang.
- 5) Pemberian beban dilakukan dengan kecepatan yang stabil sampai benda uji retak dan tidak mampu menahan beban.
- 6) Pemberian beban dihentikan saat benda uji telah menunjukkan defleksi yang besar (*crack*) dan pembacaan beban semakin menurun atau tidak dapat kembali ketitik maksimum
- 7) Besarnya beban dan defleksi dicatat menggunakan *data logger*



Gambar 4.28. Setting pengujian kuat tekan panel dinding *polystyrene*



Gambar 4.29. Pengujian kuat tekan panel dinding *polystyrene*

Langkah-langkah pengujian kuat tekan panel dinding *polystyrene* adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji panel dinding *polystyrene* ditimbang beratnya dan diukur terlebih dahulu.
- 2) Benda uji diletakkan vertikal di dalam frame, dimana sebelumnya telah disiapkan tumpuan dibagian atas dan bawah benda uji. Tumpuan dibagian bawah berupa pasir dan dimasukkan kedalam kotak kayu, sedangkan dibagian atas berupa plat dari besi.
- 3) Benda uji diletakkan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan metode yang disebutkan dalam SNI 03-3122-1992 seperti yang terlihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.

- 4) LVDT untuk pembacaan defleksi benda uji dipasang 3 titik, LVDT 1 di bagian bawah, LVDT 2 di bagian tengah dan LVDT 3 dibagian atas, seperti yang terlihat pada Gambar 4.28.
- 5) Karena keterbatasan alat, pemberian beban dilakukan dengan manual sehingga kecepatan antara benda uji satu dengan benda uji lainnya bisa berbeda.
- 6) Pemberian beban dihentikan saat benda uji menunjukkan defleksi yang besar (retak) dan pembacaan beban semakin menurun atau tidak dapat kembali ketitik maksimum.
- 7) Besarnya beban defleksi dicatat dengan menggunakan *data logger*

c. Pengujian modulus elastis beton *polystyrene*

Benda uji yang digunakan balok beton *polystyrene* yang dibagi menjadi dua, sehingga tinggi adalah 2x10 cm. Ukuran balok beton *polystyrene* adalah 10x10x20 cm, seperti yang terlihat pada Gambar 4.30. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Letakkan benda uji pada alat tekan secara simetris, dibagian atas benda uji diberi plat besi dan dibagian bawah diberi dudukan berupa kayu atau plat besi.
- 2) Mesin pemberi tekanandan LVDT dihubungkan ke *data logger* untuk mencatat pembebanan serta besar lendutan yang terjadi.
- 3) Nyalakan benda uji dengan mengatur keepatan pembebanan agar konstan
- 4) Pembebanan dihentikan saat nilai yang tercatat pada *data logger* mulai turun sebesar $\pm 20\%$



Gambar 4.30. Pengujian modulus elastis beton *polystyrene*

6. Kendala-kendala pada penelitian

Berbagai kendala yang dihadapi pada saat penelitian antara lain:

- a. Ketebalan benda uji 6 cm dan memerlukan tinggi awal yang cukup besar sehingga volume dari bahan penyusun ikut bertambah, oleh karena itu sangat sulit dalam proses pengadukan.
- b. Kapasitas tempat pengadukan yang terbatas, sehingga proses pembuatan beton *polystyrene* tidak bisa bersamaan untuk semua benda uji.
- c. Panel dinding *polystyrene* dilakukan pengempaan sebanyak tiga kali dan setiap lapisan didiamkan ± 15 menit, sehingga untuk pembuatan satu benda uji membutuhkan waktu yang cukup lama.
- d. Pembongkaran bekisting untuk satu benda uji dilakukan setelah 24 jam, karena benda uji rentan patah dan mudah naik ke atas sehingga memerlukan waktu sampai benda uji mengeras.
- e. Proses pengujian tekan yang memposisikan dinding *polystyrene* secara vertikal agak kesulitan sehingga membutuhkan pengikat untuk

menahan *load cell* yang berada di atas benda uji agar satu kesatuan dari benda uji tetap stabil.

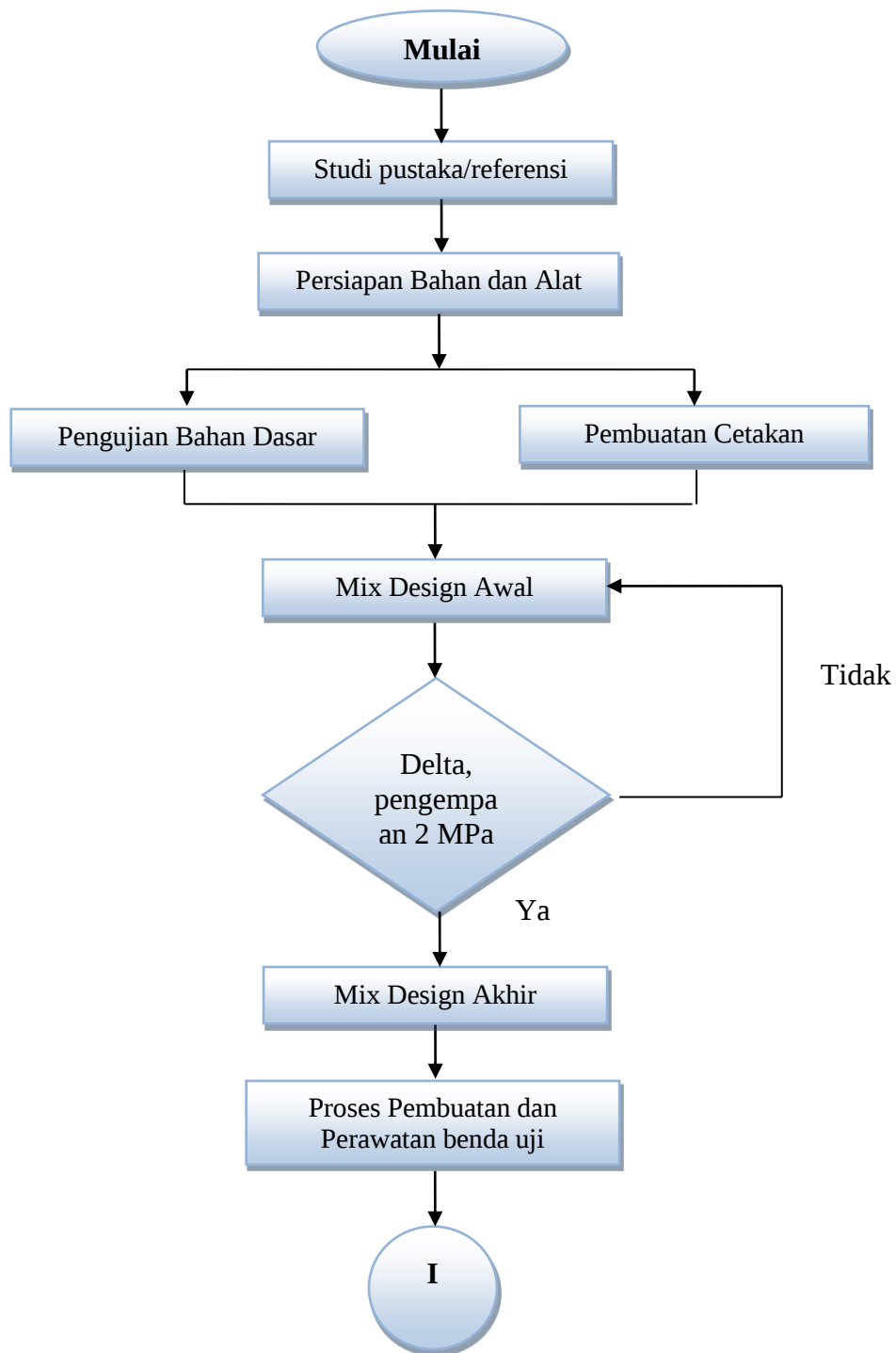
F. Metode Analisis

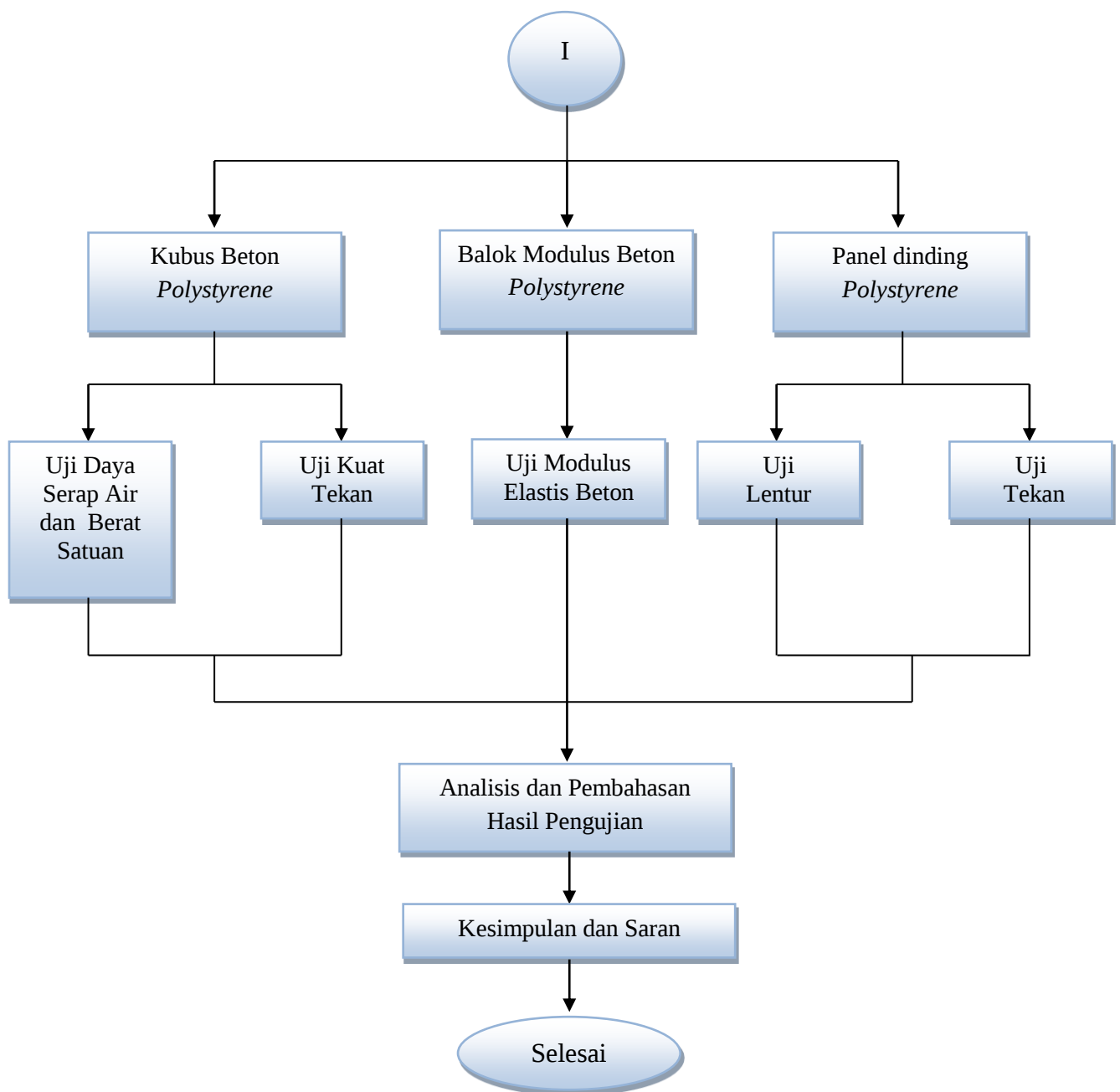
Semua data hasil pengujian dianalisis dengan beberapa persamaan seperti yang tercantum pada landasan teori. Adapun tahapan analisis yaitu:

1. Analisis hasil pengujian dasar seperti berat jenis *polystyrene*
2. Analisis hasil pengujian pendahuluan seperti pengujian kuat tarik kawat loket, uji kuat tekan kubus, uji berat satuan dan uji daya serap air.
3. Analisis hasil pengujian utama kuat lentur, kuat tekan dinding panel *polystyrene*, dan modulus elastis beton *polystyrene*.
4. Hasil analisis dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dan dari hasil analisis seluruhnya dapat disimpulkan sesuai dengan tujuan penelitian.

G. Bagan alir penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian meliputi berbagai kegiatan yang ditunjukkan oleh bagan alir pada Gambar 4.31.





Gambar 4.31. Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dan perbandingan hasil penelitian. Pemaparan dari setiap hasil pengujian meliputi hasil pengujian bahan dasar, perhitungan bahan adukan, hasil pengujian pendahuluan, hasil pengujian panel dinding *polystyrene* dan hasil pengujian modulus elastis. Hasil pembahasan selanjutnya dibandingkan dengan hasil penelitian yang menggunakan *polystyrene* dengan perkuatan kawat loket.

A. Hasil Pengujian Bahan Dasar

1. Semen

Pemeriksaan semen dilakukan secara visual untuk memastikan semen dalam kondisi baik yakni tidak terjadi penggumpalan butir-butir semen akibat penyimpanan yang kurang baik. Dari hasil pemeriksaan terhadap semen yang akan digunakan tidak ditemukan kerusakan sehingga layak untuk digunakan.

2. Air

Air yang digunakan adalah air bersih dari Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Air ini telah memenuhi persyaratan Balitbang Kimpraswil (2003c) sehingga layak untuk digunakan.

3. Limbah *polystyrene*

Polystyrene yang digunakan berasal dari limbah pembungkus elektronik yang diambil dari daerah kudus (jawa tengah) kemudian dilakukan penyerutan di Desa Sukunan, Sleman Yogyakarta. Pemeriksaan berat jenis *polystyrene* dalam kondisi kering didapatkan berat jenis $15,9 \text{ kg/m}^3$. Hasil pemeriksaan berat jenis limbah *polystyrene* dapat dilihat pada Lampiran L-1.

4. Kawat Locket.

Hasil pengujian tarik kawat loket grid 12,5 mm x 12,5 mm dengan diameter 0,7 mm didapatkan nilai tegangan leleh (f_y) rata-rata sebesar 226,945 MPa. Hasil pengujian kawat loket dapat dilihat pada Tabel 5.1. Untuk lebih lengkap dapat di lihat pada Lampiran L-2.

Tabel 5.1. Pemeriksaan uji kawat loket

Kode Spes	Diameter (mm)	Gaya Maksimal (kN)	Teg Leleh (MPa)	Teg Maks (MPa)	Regangan (%)	E (MPa)
KL-1	0,7	0,14	222,66	363,97	52,0	428,192
KL-2	0,7	0,14	231,23	363,97	56,8	407,09
Rata-rata		0,14	226,945	363,97	54,4	417,641

Pada umumnya modulus elastisitas baja berkisar 190.000 MPa sampai 210.000 MPa, menurut SNI 02-1729-2000 modulus elastisitas baja 200.000 MPa, berdasarkan British Standar 205.000 MPa. Dari data tersebut digunakan modulus elastis kawat loket sebesar 200.000 MPa.

B. Perhitungan Bahan Adukan

1. Perhitungan kebutuhan awal bahan
 - a. Kebutuhan awal bahan dihitung berdasarkan kebutuhan bahan permeter kubik dengan memperhatikan berat masing-masing bahan penyusun per m^3 , dalam proses campuran digunakan variasi campuran semen untuk 1 m^3 dipakai semen 250 kg dan 300 kg, 100% *polystyrene* dan fas 0,4.
 - b. Untuk 1 m^3 beton *polystyrene* dibutuhkan semen 250 kg, *polystyrene* 15,9 kg dan 100 liter air. Sedangkan untuk variasi semen 300 kg dalam 1 m^3 beton *polystyrene* dibutuhkan semen 300 kg, *polystyrene* 15,9 kg dan 120 liter air. Jumlah kebutuhan bahan awal per m^3 dapat dilihat pada Lampiran L-3.

Tabel 5.2. Jumlah kebutuhan bahan awal per m^3

Jumlah kebutuhan bahan per m^3	Variasi semen (kg)	Fas	<i>Polystyrene</i> (kg)	Air (ltr)
1 m^3	250	0,4	15,9	100
1 m^3	300	0,4	15,9	120

- c. Selanjutnya dilakukan proses *trial* dengan pengempaan sebesar 2 MPa *trial* yang dilakukan adalah tinggi awal agar mencapai tinggi rencana (dapat dilihat pada bab 4 bagian E perhitungan *mix design*). Volume yang digunakan berdasarkan hasil *trial* dengan pengempaan 2 MPa yaitu untuk semen 250 kg volume 0,001764 m³ dan semen 300 kg volume 0,001568 m³, setelah pengempaan 2 MPa didapat dimensi kubus 7x7x7 cm. perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran L-3.
- d. Faktor air semen yang dipakai pertama kali dalam proses *trial* yaitu 0,3, karena dalam pelaksanaan pengadukan mengalami kesulitan, maka diputuskan untuk memakai faktor air semen 0,4.
- e. Dari proses *trial* ini didapatkan hasil kebutuhan bahan berdasarkan pengempaan yang diberikan pada saat pencetakan.

C. Hasil Pengujian Pendahuluan.

1. Hasil pengujian kuat tekan kubus dan berat jenis

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton *polystyrene* dibuat masing-masing 4 benda uji untuk variasi semen 250 kg dan semen 300 kg, dengan dimensi kubus beton yaitu 7x7x7 cm. Pemeriksaan kuat tekan kubus dan berat jenis dilaksanakan setelah umur beton 28 hari. Hasil pengujian beton kubus *polystyrene* dapat di lihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 dan juga Gambar 5.1 dan Gambar 5.2, serta pada Lampiran L-4.

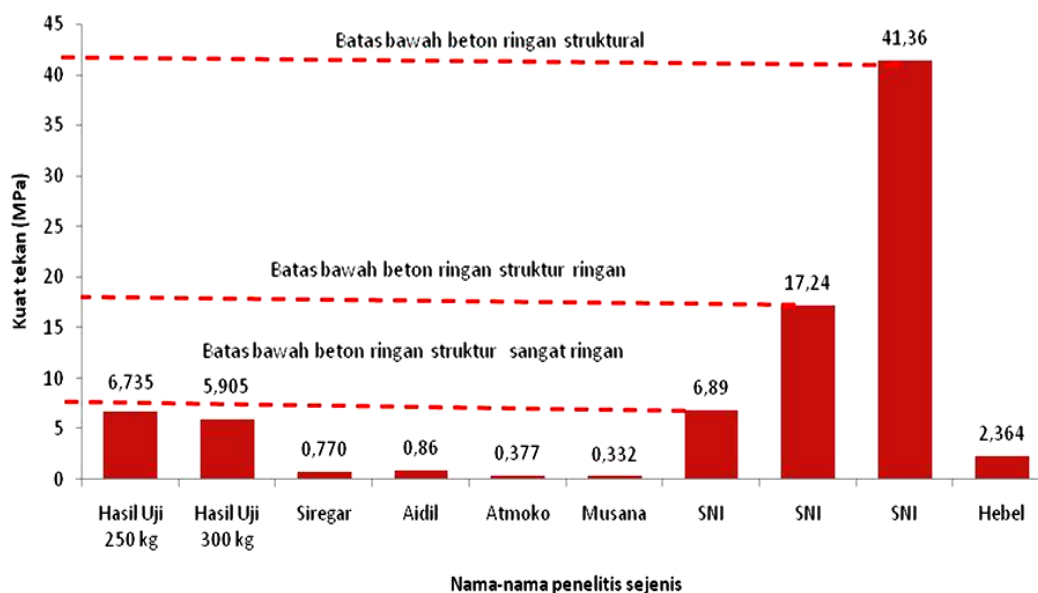
Tabel 5.3. Hasil Pengujian kuat tekan kubus beton *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg.

Kode beton	Dimensi			Berat beton awal (gr)	Berat Beton 28 Hr (gr)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)					
BK1_250	7,4	7,5	7,63	534	508	1.200	32,61	5,876
BK2_250	7,38	7,34	7,15	551	535	1.381	40,83	7,537
BK3_250	7,3	7,3	7,67	550	533	1.304	30,6	5,742
BK4_250	7,39	7,37	7,25	548	532	1.347	42,4	7,785
Rata-rata	7,37	7,38	7,43	545,75	527	1.308	36,61	6,735

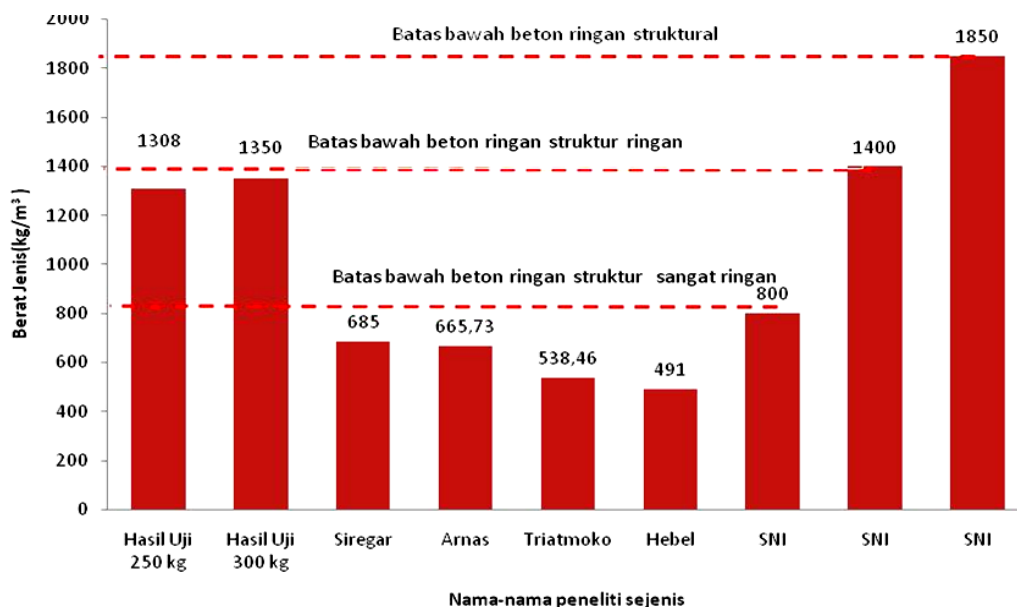
Tabel 5.4. Hasil Pengujian kuat tekan kubus beton *polystyrene* dengan kandungan semen 300 kg.

Kode beton	Dimensi			Berat beton awal (gr)	Berat Beton 28 Hr (gr)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)					
BK1_300	7,28	7,27	7,64	551	531	1.312	28,32	5,345
BK2_300	7,39	7,37	7,27	555	540	1.364	34,32	6,299
BK3_300	7,37	7,37	7,31	564	548	1.380	37,64	6,930
BK4_300	7,50	7,52	7,25	567	549	1.343	28,46	5,044
Rata-rata	7,39	7,38	7,37	559,25	542	1.350	32,19	5,905

Berdasarkan hasil pengujian tekan dan berat jenis pada kubus 7x7x7 cm dengan kandungan semen 250 kg dan semen 300 kg diperoleh kuat tekan rata-rata adalah 6,735 MPa dan 5,905 MPa, sedangkan untuk berat jenis rata-rata diperoleh 1.308 kg/m³ dan 1.350 kg/m³. Perbandingan hasil uji tekan dan uji berat jenis kubus *polystyrene* dengan hasil penelitian sebelumnya (pembanding) sebagai berikut:



Gambar 5.1. Perbandingan kuat tekan dengan hasil penelitian sebelumnya berdasarkan standar (SNI 03-3449-1994)



Gambar 5.2. Perbandingan berat jenis dengan hasil penelitian sebelumnya berdasarkan standar (SNI 03-3449-1994)

Hasil Pengujian kuat tekan rata-rata didapatkan nilai kuat tekan lebih besar dari pengujian yang dilakukan Musana sebesar 0,332 MPa dengan pengempaan secara manual. Sedangkan penelitian yang dilakukan Siregar, Aidil dan Atmoko (2012) kuat tekan rata-rata didapatkan sebesar 0,77 MPa 0,86 MPa dan 0,377 MPa dengan pengempaan 0,06 MPa, ternyata jika dibandingkan dengan hasil pembanding (Siregar, Aidil, Atmoko dan Musana), hasil pengujian ini jauh lebih besar kuat tekan rata-ratanya yaitu 6,735 MPa dan 5,905 MPa dengan pengempaan 2 MPa, berdasarkan hasil pengujian kuat tekan kubus beton *polystyrene* kandungan semen 250 kg kuat tekannya lebih besar dari pada kandungan semen 300 kg, hal ini dikarenakan tingkat homogenitas dari campuran khususnya ketika pencampuran agregat beton, tingkat kepadatan, penggunaan butiran-butiran *polystyrene* yang mempunyai variasi yang cukup mencolok. Variasi *polystyrene* tersebut dalam hal berat jenis. Berat jenisnya sangat bervariasi karena gabus-gabus bekas yang diambil dari tempat pembuangan akhir memiliki jenis yang bermacam-macam dan ketika digiling hasilnya memiliki diameter butiran yang berbeda-beda. Semakin besar butirannya maka semakin besar berat

jenis *polystyrene* sehingga beton yang dihasilkan memiliki berat jenis yang ringan dan pada akhirnya akan menyebabkan menurunnya nilai kuat tekan beton. Selain itu apabila butiran *polystyrene* semakin besar maka rongga-rongga dalam beton semakin bertambah banyak sehingga beton semakin berkurang kuat tekannya. Berdasarkan standar klasifikasi SNI 03-3449-1994, kuat tekan beton *polystyrene* hasil pengujian termasuk dalam kategori batas bawah beton ringan struktur sangat ringan.

Melihat Gambar 5.2 beton *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg dan semen 300 kg mempunyai berat jenis rerata 1308 kg/m^3 dan 1350 kg/m^3 . Hasil pengujian ini mempunyai berat jenis jauh lebih besar dari pembanding (Siregar, Aidil, Atmoko, Musana dan beton Hebel). dikarenakan jumlah semen mempengaruhi berat jenis, selain itu tingkat kepadatan juga mempengaruhi berat jenis, semakin padat dan semakin mampat maka berat beton *polystyrene* akan bertambah. Untuk proses pembuatan beton ringan hebel dibuat dengan teknologi tinggi menggunakan bahan baku pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan pengembang yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Pasir kuarsa digiling dalam *ball mill* sehingga tercapai ukuran butiran yang dibutuhkan. Seluruh bahan baku yang sudah dicampur ditambah air dan bahan pengembang ditimbang dan diukur dalam sebuah mesin pencampur sehingga menjadi adonan yang kemudian dituang dalam cetakan baja. Melalui proses kimia, terbentuklah gas hydrogen yang membuat adonan mengembang membentuk jutaan pori-pori kecil sehingga menghasilkan beton ringan dengan berat isi rendah. Berdasarkan standar klasifikasi SNI 03-3449-1994 hasil pengujian ini termasuk dalam kategori batas bawah beton ringan struktur ringan sedangkan pada penelitian Musana, Siregar, Aidil, Atmoko dan beton Hebel termasuk dalam kategori batas bawah beton ringan struktur sangat ringan.

2. Hasil pengujian modulus elastisitas dan daya serap air.

Pengujian modulus elastisitas beton *polystyrene* dilakukan dua variasi semen yaitu kandungan semen 250 kg dan semen 300 kg, 100% *polystyrene* dengan fas 0,4 tiap-tiap variasi terdiri dari tiga benda uji. Beton *polystyrene*

merupakan beton ringan sehingga modulus elastisnya tidak bisa ditentukan dengan menggunakan rumus empiris seperti pada beton normal. Nilai modulus elastisitas diperoleh dengan menggunakan metode grafik tegangan regangan kubus beton *polystyrene* 10x10x20 cm, perhitungan metode ini menggunakan rumus Bab 3 point 9 modulus elastisitas pada Persamaan 3.23. Sedangkan untuk pengujian daya serap, jumlah dari masing-masing variasi ada tiga benda uji dengan ukuran 10x10x10 cm. dalam SNI 03-6861.1-2002 mensyaratkan serapan air maksimal untuk bahan beton yang dipakai diluar ruangan adalah 25%. Hasil pengujian modulus elastisitas dan daya serap air dapat dilihat pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, dan Tabel 5.7. Hubungan modulus elastis dan daya serap air dengan peneliti sebelumnya (pembanding) dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4. Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran L-5.

Tabel 5.5. Hasil Pengujian modulus elastisitas beton *polystyrene*.

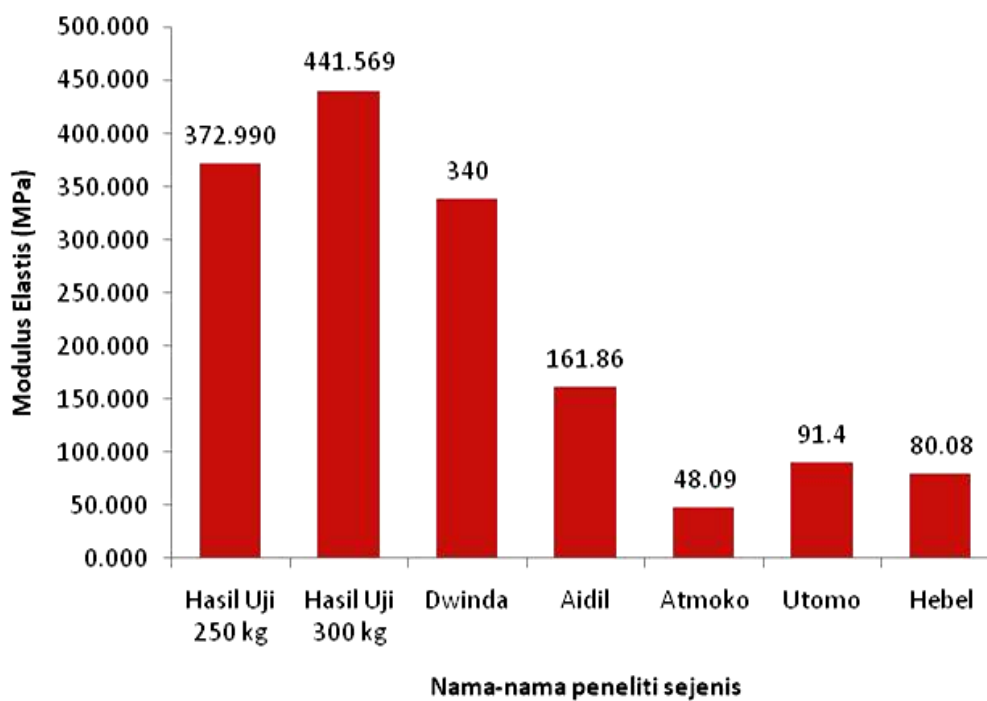
N o	Jumlah Semen kg/m ³	P (mm)	L (mm)	T (mm)	Luasan (mm ²)	P max (N)	f'c (MPa)	0,4 f'c (MPa)	ε	E (MPa)
1	EI_250	102,58	103,78	207,05	10644,72	66280	6,23	2,49	0,00779	319,93
2	E2_250	104,39	104,56	203,44	10915,02	63030	5,77	2,31	0,00938	246,38
3	E3_250	103,69	102,44	207,08	10621,49	60550	5,70	2,28	0,00413	552,66
Rata-rata		103,55	103,59	205,85	10727,08	63287	5,90	2,36	0,00710	372,99
1	EI_300	104,19	103,36	207,20	10769,08	69160	6,42	2,56	0,00460	558,81
2	E2_300	106,30	105,50	207,54	11214,65	63230	5,64	2,25	0,00360	626,46
3	E3_300	106,44	105,58	217,15	11237,14	79590	7,08	2,83	0,02032	139,44
Rata-rata		105,64	104,81	210,63	11073,62	70660	6,38	2,55	0,00951	441,57

Tabel 5.6. Hasil Pengujian daya serap air beton *polystyrene* semen 250 kg

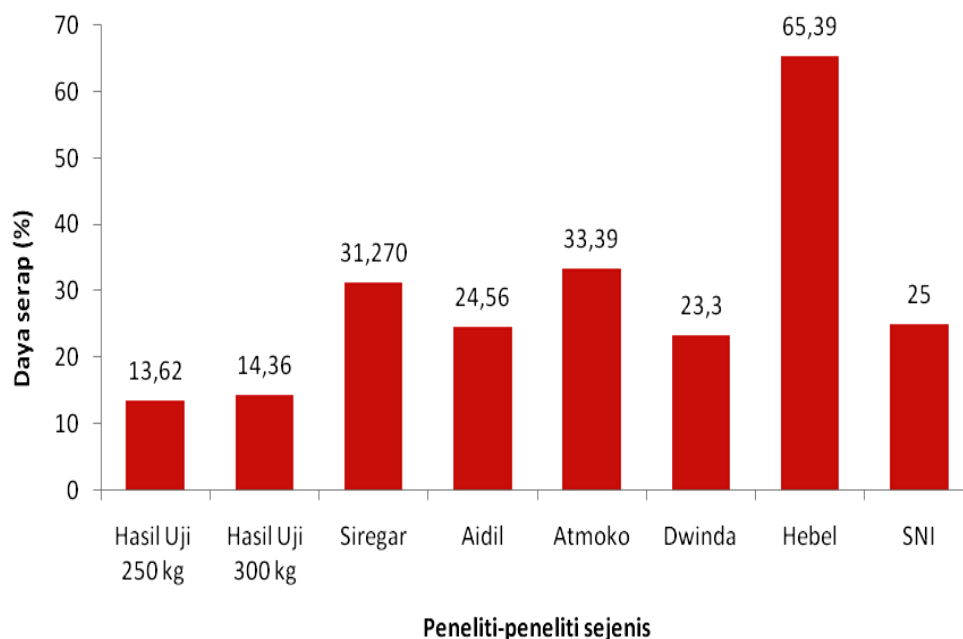
Kode beton	Berat setelah 28 hari (kg)	Berat setelah di oven (kg)	Berat setelah direndam (kg)	Daya serap (%)
BK1_250	1,49	1,39	1,59	14,39
BK2_250	1,43	1,34	1,53	14,61
BK3_250	1,44	1,35	1,51	11,85
Rata-rata	1,45	1,36	1,54	13,62

Tabel 5.7. Hasil Pengujian daya serap air beton *polystyrene* semen 300 kg

Kode beton	Berat setelah 28 hari (kg)	Berat setelah di oven (kg)	Berat setelah direndam (kg)	Daya serap (%)
BK1_300	1,57	1,47	1,67	13,95
BK2_300	1,55	1,45	1,68	15,86
BK3_300	1,57	1,43	1,62	13,29
Rata-rata	1,56	1,45	1,66	14,36



Gambar 5.3. Diagram hasil uji modulus elastisitas beton *polystyrene* dengan hasil penelitian sebelumnya



Gambar 5.4. Diagram hasil uji serapan air beton *polystyrene* dengan hasil penelitian sebelumnya

Berdasarkan Gambar 5.3 menunjukkan bahwa modulus elastisitas tertinggi terjadi pada saat pengempaan 2 MPa dengan kandungan semen pemeter kubik yaitu 250 kg dan 300 kg, hal ini terjadi karena beton *polystyrene* dengan pengempaan 2 MPa lebih padat. Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan maka semakin besar modulus elastisitas maka semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Banyak hal yang mempengaruhi besar atau kecilnya modulus elastis yaitu kekuatan beton, Umur beton, jenis pembebanan dan karakteristik perbandingan semen dan agregat (McCormac edisi kelima), sedangkan menurut salmon (1993) modulus elastisitas beton berubah-ubah menurut kekuatan, umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji.

Daya serap air adalah kemampuan beton ringan untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya beton ringan tidak mampu menyerap lagi karena sudah penuh. Beton yang baik adalah beton yang mempunyai daya serap air kecil karena beratnya akan lebih stabil tidak tergantung

air yang meresap. Pemeriksaan daya serap air menggunakan benda uji berupa kubus beton *polystyrene* yang telah mengalami perawatan selama 28 hari dan perendaman selama 24 jam, kemudian beton dimasukkan ke dalam oven sampai didapatkan nilai berat kering oven, hasil pengujian daya serap dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7. Dalam SNI 03-6861.1-2002 mensyaratkan serapan air maksimal untuk bahan beton yang dipakai di luar ruangan adalah 25%. Berdasarkan Gambar 5.4 hasil pengujian ini jauh lebih kecil dari pada pengujian yang dilakukan saudara Siregar, Aidil, Atmoko, dan Dwindi, dikarenakan penelitian ini menggunakan pengempaan sebesar 2 MPa, semakin besar tekanan kempa maka benda uji semakin mampat dan padat sehingga kemampuan beton menyerap air jauh lebih kecil. Daya serap air beton hebel jauh lebih besar dari pada pembanding yaitu 65,39% Hal ini dikarenakan beton hebel memiliki rongga-rongga yang banyak didalamnya. Rongga-rongga diakibatkan oleh kurang lekatnya ikatan antara agregrat dengan semen. Rongga-rongga tersebut menyebabkan air yang meresap ke beton semakin banyak sehingga daya serap air beton hebel semakin besar. Berdasarkan SNI 03-6861.1-2002, beton *polystyrene* pada penelitian ini digunakan untuk bahan konstruksi di luar ruangan.

D. Hasil Pengujian dan Analisis Panel Dinding

1. Hasil pemeriksaan berat jenis panel dinding *polystyrene*

berat jenis panel dinding *polystyrene* diperoleh dengan membandingkan volume terhadap beratnya. Hasil pengujian berat jenis panel lentur dan tekan dinding *polystyrene* sebagai berikut:

Tabel 5.8. Hasil Pengujian berat jenis panel lentur dinding *polystyrene* semen 250 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m ³)	Berat jenis (kg/m ³)
1	PSL1_250	80	30	6,13	22,7	22,4	0,0147	1522,57
2	PSL2_250	80	30	6,20	21,6	21,5	0,0149	1444,89
3	PSL3_250	80	30	6,11	22,4	22,1	0,0147	1507,09
Rata-rata		80	30	6,15	22,23	22,0	0,0148	1491,52

Tabel 5.9. Hasil Pengujian berat jenis panel lentur dinding
polystyrene semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m ³)	Berat jenis (kg/m ³)
1	PSL1_300	80	30	6,12	22,3	22,1	0,0147	1504,63
2	PSL2_300	80	30	6,15	22,6	22,3	0,0148	1510,84
3	PSL3_300	80	30	6,10	23,3	23,2	0,0146	1584,70
Rata-rata		80	30	6,12	22,73	22,5	0,0147	1533,39

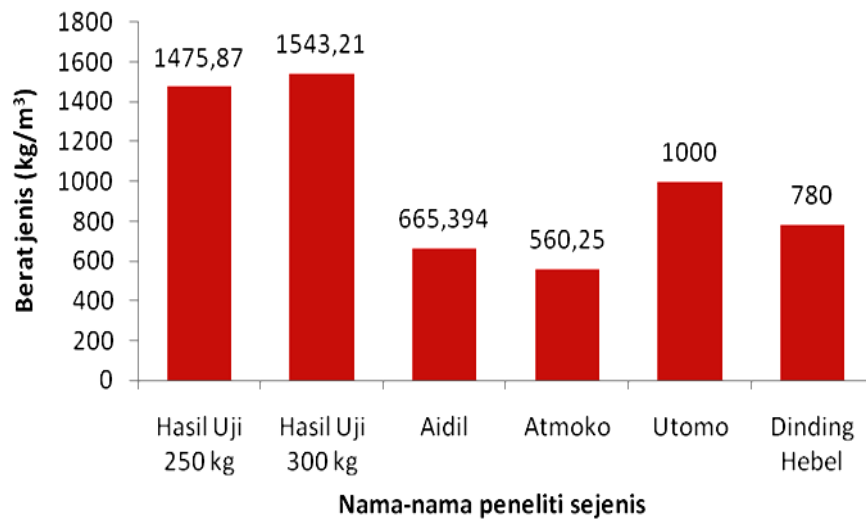
Tabel 5.10. Hasil Pengujian berat jenis panel tekan dinding
polystyrene semen 250 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m ³)	Berat jenis (kg/m ³)
1	PST 1_250	80	30	6,14	21,8	21,7	0,014736	1472,58
2	PST 2_250	80	30	6,26	21,9	21,6	0,015027	1437,41
3	PST 3_250	80	30	6,18	22,0	21,8	0,014823	1470,69
Rata-rata		80	30	6,19	21,90	21,7	0,0149	1460,23

Tabel 5.11. Hasil Pengujian berat jenis panel tekan dinding
polystyrene semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m ³)	Berat jenis (kg/m ³)
1	PST1_300	80	30	6,07	22,7	22,6	0,014568	1551,35
2	PST2_300	80	30	6,19	23,3	23,2	0,014850	1562,29
3	PST3_300	80	30	6,12	22,9	22,7	0,014688	1545,48
Rata-rata		80	30	6,13	22,97	22,8	0,0147	1553,04

Berat isi panel dinding *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan semen 300 kg/m³ yaitu $((1491,52+1460,23)/2) = 1475,87 \text{ kg/m}^3$ dan $((1533,39+1553,04)/2 = 1543,21 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.5. Diagram hasil uji berat jenis panel dinding beton *polystyrene* dengan hasil penelitian sebelumnya

Melihat Gambar 5.5 pengujian berat jenis panel dinding *polystyrene* jauh lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dikarenakan jumlah semen mempengaruhi berat jenis, selain itu tingkat kepadatan juga mempengaruhi berat jenis, semakin padat dan semakin mampat maka berat beton *polystyrene* akan bertambah. Untuk lebih jelas hasil pengujian berat jenis dinding *polystyrene* dapat dilihat pada Lampiran L-6.

2. Pengujian lentur panel dinding *polystyrene*

Pengujian lentur panel dinding *polystyrene* dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur di Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pengujian lentur panel dinding *polystyrene* terdapat enam benda uji, dimana tiap variasi kandungan semen masing-masing tiga benda uji yaitu kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³. Adapun hasil pengujian lentur sebagai berikut:

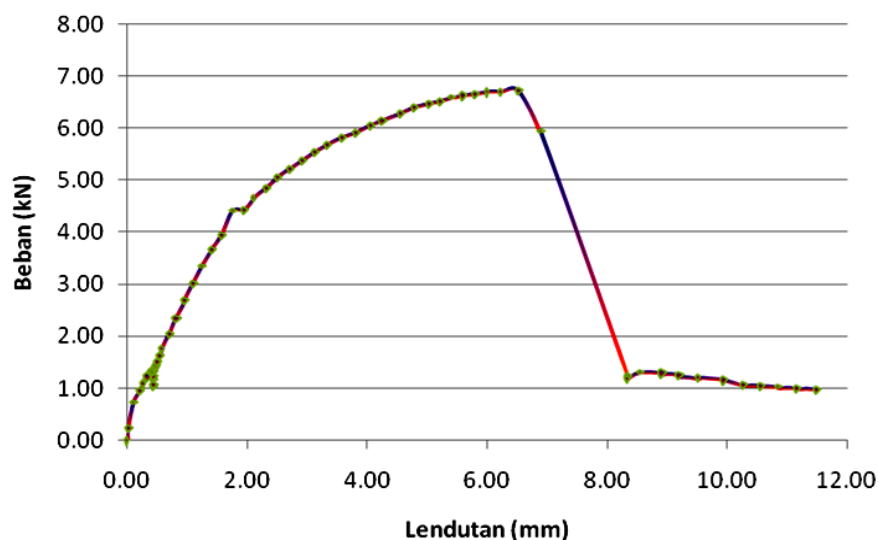
- Panel dinding dengan fas 0,4, kandungan semen 250 kg/m³, 100% *polystyrene*, kawat loket 12,5 x 12,5 mm.

Pada penelitian ini, pengujian lentur panel dinding menggunakan tiga benda uji yaitu BPSL1_250, BPSL2_250, dan BPSL3_250 dan tiap benda uji di berikan kawat loket dua sisi yaitu 1 cm dari sisi paling bawah dan 1

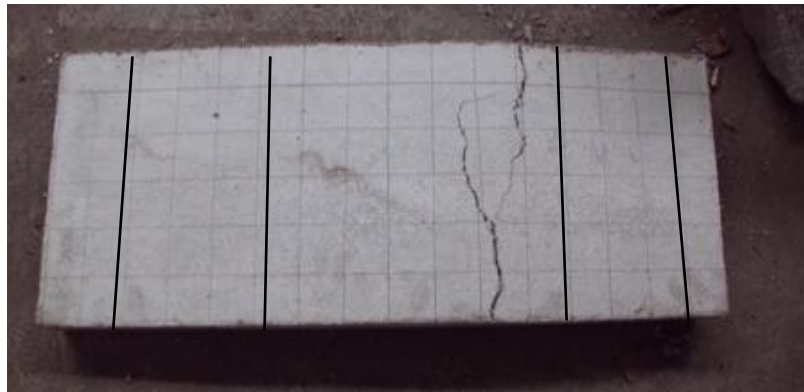
cm dari sisi paling atas. Kerusakan yang terjadi untuk masing-masing benda uji berbeda dapat dilihat pada Gambar 5.7, Gambar 5.9 dan Gambar 5.11.

(catatan: BPSL1_250 = beton panel *styrofoam* lentur benda uji 1 kandungan semen 250 kg/m³, begitupun untuk BPSL2_250 dan BPSL3_250).

Kerusakan **BPSL1_250** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pertama pada saat beban 4,45 kN dan defleksi 1,93 mm, namun kembali naik saat pemberian beban diteruskan sampai pada beban maksimal. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 6,75 kN dengan defleksi 6,52 mm, hal ini membuktikan bahwa kawat loket efektif dalam memberikan perkuatan selain itu benda uji tidak mengalami patah total dikarenakan terdapat perkuatan kawat loket. Pembebanan terus ditingkatkan sampai mencapai beban maksimum hingga turun 20% dari beban maksimum dan menunjukkan retak secara perlahan-perlahan semakin memanjang, retak yang terjadi berada ditengah bentang serta terlihat lepasnya rekatan di bagian kawat loket tapi tidak menyeluruh untuk sisi panjang. Grafik hubungan antara lendutan dan beban serta pola keretakan dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

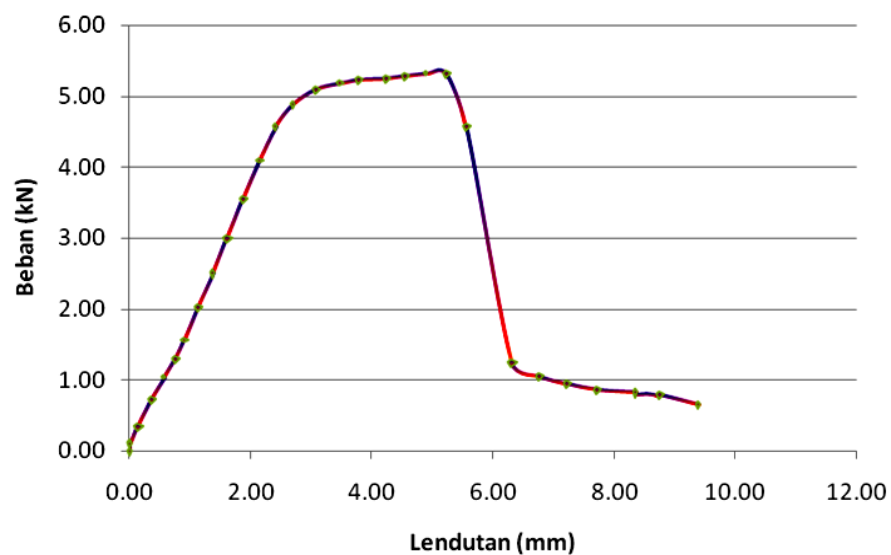


Gambar 5.6. Grafik uji lentur **BPSL1_250**



Gambar 5.7. Pola retak panel dinding **BPSL1_250**

Kerusakan **BPSL2_250** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pada saat menerima beban maksimal yaitu 5,33 kN dan sedangkan defleksi pada saat beban maksimal sebesar 5,21 mm. Retak berada pada daerah pembebanan titik, kerusakan terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 5.9, selain itu terlihat lepasnya rekatan kawat loket dan beton *polystyrene* di bagian atas tapi tidak menyeluruh untuk sisi panjang.

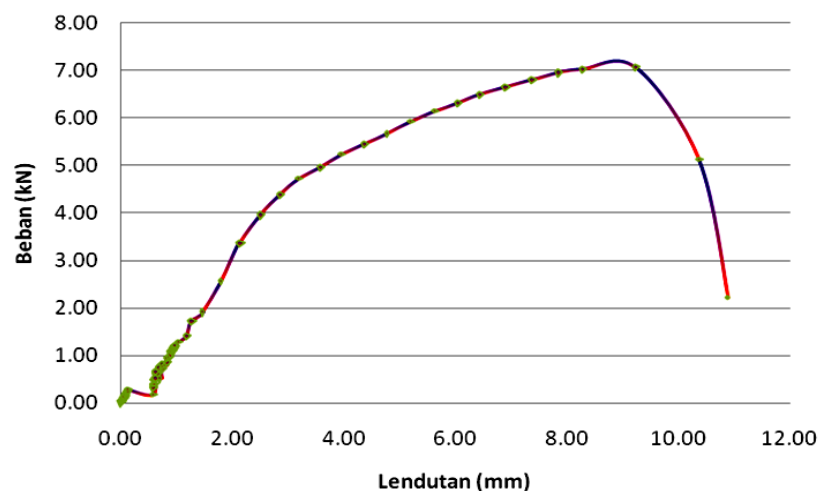


Gambar 5.8. Grafik uji lentur **BPSL2_250**



Gambar 5.9. Pola retak panel dinding **BPSL2_250**

Kerusakan **BPSL3_250** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pada saat menerima beban maksimal (P_{max}) 7,09 kN, sedangkan defleksi pada saat beban maksimal sebesar 8,27 mm. Retak berada di tengah bidang benda uji, beban terus dinaikan sampai mencapai beban maksimum hingga turun 20% dari beban maksimum dan menunjukkan retak secara perlahan-perlahan semakin memanjang. Benda uji tidak mengalami patah total dikarenakan terdapat perkuatan kawat loket hal ini membuktikan bahwa kawat loket efektif dalam memberikan perkuatan, selain itu di bagian retak tepi atas terlihat lepasnya rekatan antara kawat loket dan beton *polyryrene* tapi tidak menyeluruh untuk sisi panjang. Grafik hubungan antara lendutan dan beban serta pola keretakan dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11.



Gambar 5.10. Grafik uji lentur **BPSL3_250**



Gambar 5.11. Pola retak panel dinding **BPSL3_250**

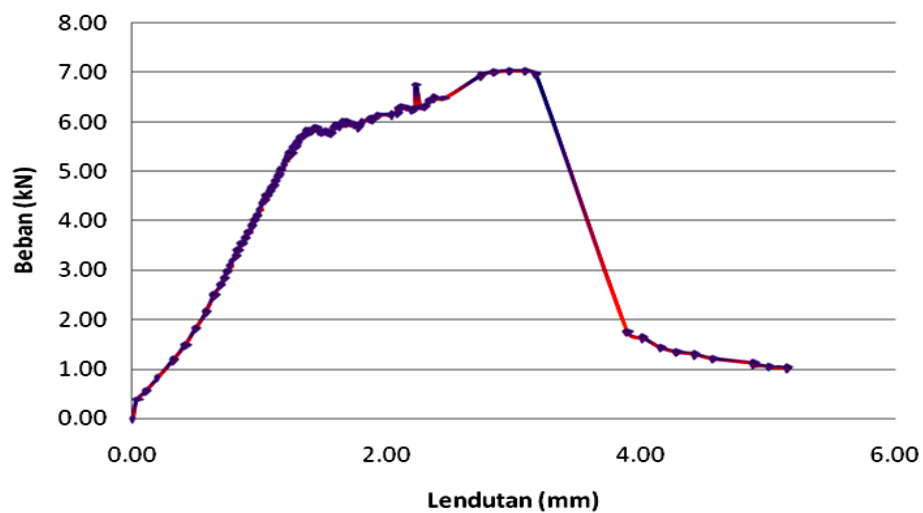
- b. Panel dinding dengan fas 0,4, kandungan semen 300 kg/m^3 , 100% *polystyrene*, kawat loket $12,5 \times 12,5 \text{ mm}$.

Pada penelitian ini, pengujian lentur panel dinding menggunakan tiga benda uji yaitu BPSL1_300, BPSL2_300, dan BPSL3_300 dan tiap benda uji di berikan kawat loket dua sisi yaitu 1 cm dari sisi paling bawah dan 1 cm dari sisi paling atas. Kerusakan yang terjadi untuk masing-masing benda uji berbeda dapat dilihat pada gambar berikut:

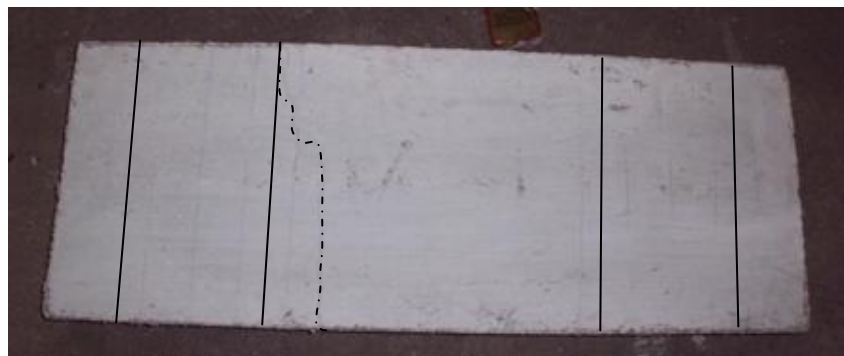
(catatan: BPSL1_300 = beton panel *styrofoam* benda uji 1 kandungan semen $300, \text{kg/m}^3$, begitupun untuk BPSL2_300 dan BPSL3_300).

Kerusakan **BPSL1_300** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pertama pada saat beban 6,95 kN dan defleksi 2,74 mm namun kembali naik saat pemberian beban diteruskan sampai pada beban maksimal. Panel dinding mampu menerima beban maksimal ($P_{\max}$) sebesar 7,05 kN dengan defleksi 3,09 mm, hal ini membuktikan bahwa kawat loket efektif dalam memberikan perkuatan selain itu benda uji tidak mengalami patah total dikarenakan terdapat perkuatan kawat loket. Pemberian beban terus menerus sampai mencapai beban maksimal hingga turun 20% dari beban maksimal dan menunjukkan retak secara perlahan-lahan semakin memanjang, retak yang terjadi berada ditengah bentang serta terlihat lepasnya rekatan di bagian kawat loket tapi tidak menyeluruh

untuk sisi panjang. Grafik hubungan antara lendutan dan beban serta pola keretakan dapat di lihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13.



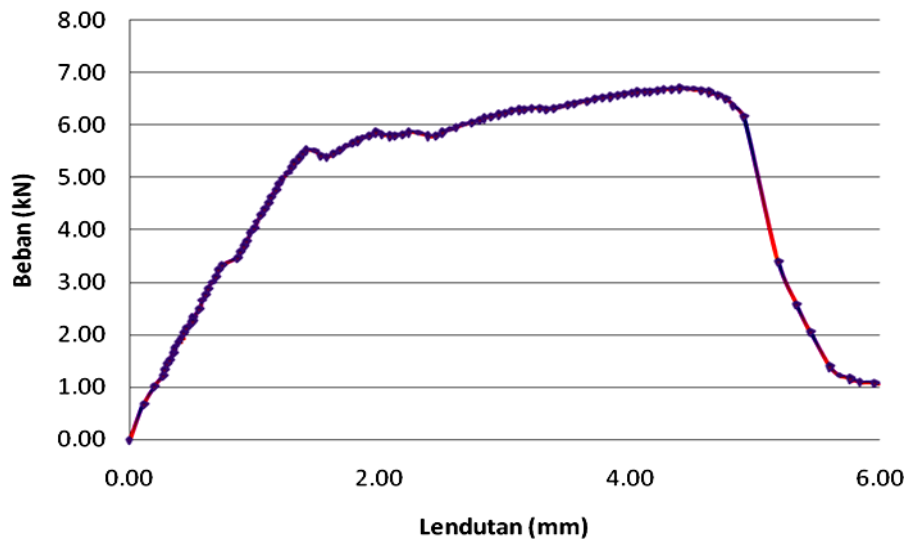
Gambar 5.12. Grafik uji lentur **BPSL1_300**



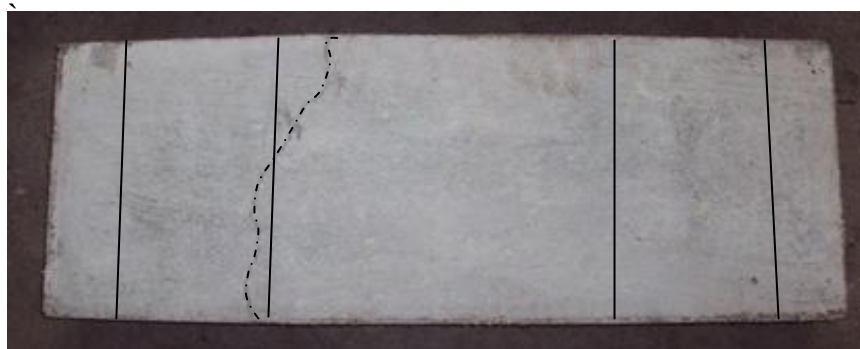
Gambar 5.13. Pola retak panel dinding **BPSL1_300**

Kerusakan **BPSL2_300** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pertama pada saat beban 6,17 kN dan defleksi 2,89 mm namun kembali naik saat pemberian beban diteruskan sampai pada beban maksimal. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 6,71 kN dengan defleksi 4,39 mm, hal ini membuktikan bahwa kawat loket efektif dalam memberikan perkuatan selain itu benda uji tidak mengalami patah total dikarenakan terdapat perkuatan kawat loket. Dalam pemberian beban secara terus menerus sampai mencapai beban maksimal hingga turun 20% dari beban maksimal dan menunjukkan retak secara

perlahan-perlahan semakin memanjang, retak yang terjadi berada ditengah bentang serta terlihat lepasnya rekatan di bagian kawat loket tapi tidak menyeluruh untuk sisi panjang. Grafik hubungan antara lendutan dan beban serta pola keretakan dapat di lihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15.



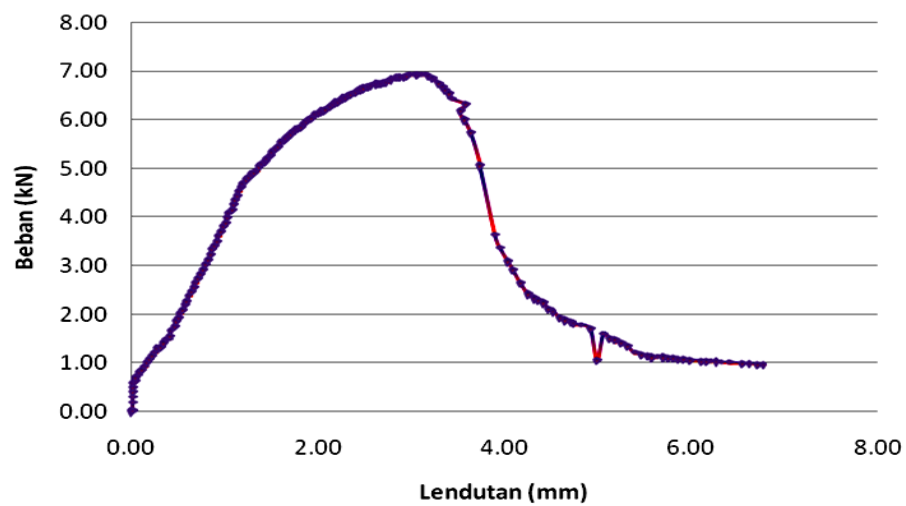
Gambar 5.14. Grafik uji lentur **BPSL2_300**



Gambar 5.15. Pola retak panel dinding **BPSL2_300**

Kerusakan **BPSL3_300** yang terjadi adalah benda uji mengalami retak pertama pada saat beban 5,34 kN dan defleksi 1,51 mm namun kembali naik saat pemberian beban diteruskan sampai pada beban maksimal. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 6,95 kN dengan defleksi 3,06 mm, hal ini membuktikan bahwa kawat loket efektif dalam memberikan perkuatan selain itu benda uji tidak

mengalami patah total dikarenakan terdapat perkuatan kawat loket. Dalam pemberian beban secara terus menerus sampai mencapai beban maksimal hingga turun 20% dari beban maksimal dan menunjukkan retak secara perlahan-perlahan semakin memanjang, retak yang terjadi berada ditengah bentang serta terlihat lepasnya rekatan di bagian kawat loket tapi tidak menyeluruh untuk sisi panjang. Grafik hubungan antara lendutan dan beban serta pola keretakan dapat di lihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17.



Gambar 5.16. Grafik uji lentur **BPSL3_300**



Gambar 5.17. Pola retak panel dinding **BPSL3_300**

Hasil pengujian lentur panel dinding *polystyrene* dapat dilihat pada Lampiran L-7. Berdasarkan hasil analisis dan pengamatan secara visual untuk semua benda uji pada saat pengujian terlihat bahwa kandungan semen

250 kg/m³ retak yang terjadi di awali pada bagian sisi bawah pembebanan dan terlepasnya ikatan antara beton *polystyrene* dengan kawat loket, beban terus ditingkatkan hingga retak yang terjadi sampai tegak lurus bidang permukaan serat atas, kemudian retak meluas ke bidang permukaan dinding mengikuti terlepasnya ikatan beton *polyetyrene* dengan kawat loket pada bagian sisi tepi atas yang meluas ke arah sisi panjang. Sedangkan untuk kandungan semen 300 kg/m³ retak yang terjadi di awali pada bagian sisi bawah pembebanan dan terlepasnya ikatan antara beton *polystyrene* dengan kawat loket sampai tegak lurus bidang permukaan tetapi disini lepasnya ikatan antara kawat loket dengan beton *polystyrene* untuk sisi bawah dan sisi tepi atas tidak selebar kerusakan yang terjadi pada kandungan semen 250 kg/m³. Posisi kawat loket tetap berada 1 cm dari sisi tepi bawah begitupun untuk sisi tepi atas hal ini di akibatkan karena pada saat proses pengempaan dilakukan tiga tahap dengan posisi yang datar/rata. Berdasarkan grafik di atas, hubungan antara beban dan lendutan dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13.

Tabel 5.12. Hasil pengujian lentur hubungan beban maksimum dan lendutan dengan kandungan semen 250 kg/m³

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	P max (kN)	δ saat P max (mm)
1	BPSL1_250	80	30	6,13	6,75	6,52
2	BPSL2_250	80	30	6,20	5,33	5,21
3	BPSL3_250	80	30	6,11	7,09	8,27
Rata-rata		80	30	6,15	6,39	6,67

Tabel 5.13. Hasil pengujian lentur hubungan beban maksimum dan lendutan dengan kandungan semen 300kg/m³

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	P max (kN)	δ saat P max (mm)
1	BPSL1_300	80	30	6,12	7,05	3,09
2	BPSL2_300	80	30	6,15	6,71	4,39
3	BPSL3_300	80	30	6,10	6,95	3,06
Rata-rata		80	30	6,12	6,90	3,51

c. Kekakuan Lentur

Kekakuan menurut Timoshenko didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan sebesar satu jenis. Nilai ini didapat dengan menggunakan metode secan terhadap grafik uji lentur panel pada saat terjadinya patah/retak pertama. Nilai dari kekakuan lentur masing-masing benda uji panel dapat di lihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Nilai kekakuan lentur benda uji panel dinding *polystyrene*

No	No Panel	P (Crack) kN.	δ_{crack} (mm)	Kekakuan lentur (N/mm)
1	PSL1_250	4.45	1.93	2305.70
2	PSL2_250	5.33	5.21	1023.03
3	PSL3_250	7.09	8.27	857.32
Rata-rata		5.62	5.14	1395.35
1	PSL1_300	6.99	2.74	2555.76
2	PSL2_300	6.18	2.89	2138.41
3	PSL3_300	5.36	1.51	3561.46
Rata-rata		6.18	2.38	2751.88

Dari hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa panel dinding *polystyrene* dengan kandungan semen 300 kg/m^3 cenderung lebih kaku di bandingkan dengan kandungan semen 250 kg/m^3 . Nilai hasil pembandingan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Nilai P max, δ max dan kekakuan dengan peneliti sebelumnya

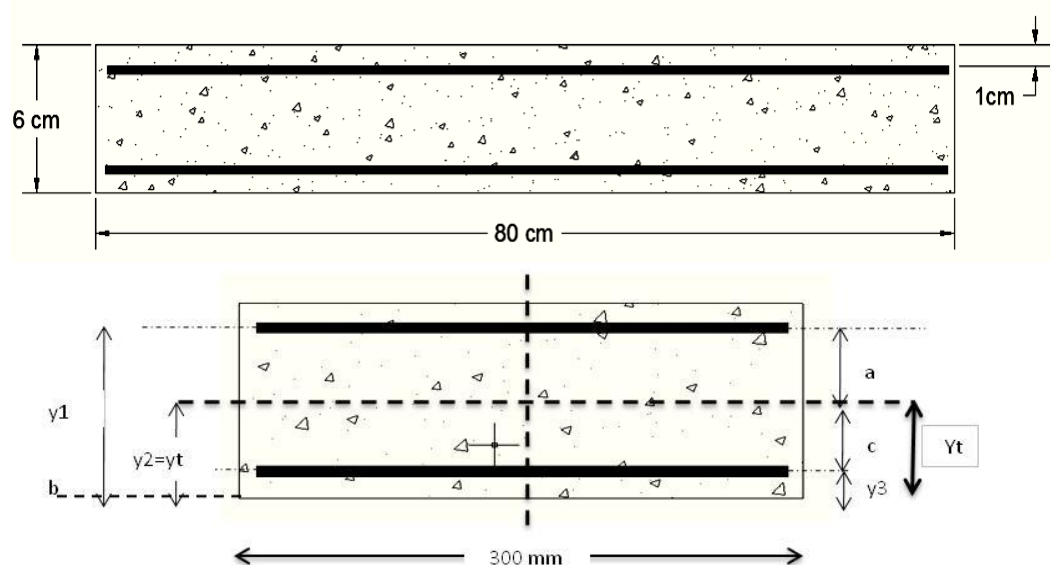
No	Peneliti	Kandungan semen (kg/m ³)	P max (kN)	δ_{max} (mm)	Kekakuan lentur (N/mm)
1	Hasil pengujian	250	6,39	6,67	1395.35
2	Hasil pengujian	300	6,90	3,51	2751.88
3	Atmoko	522,2	5,96	15,86	853,60
4	Aidil	437,5	11,02	9,78	1612,00
5	Utomo	300	6,12	9,29	1089,17

d. Lendutan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung) besarnya lendutan ijin untuk panel dinding yaitu $\delta_{max} < \frac{L}{150}$. Panjang panel dinding *polystyrene* yaitu 800 mm dan jarak antar tumpuan adalah 650 mm, maka lendutan yang di ijin kan adalah 4,33 mm. Melihat Tabel 5.13 untuk kandungan semen 250 kg/m³ lendutan pada saat P_{max} lebih besar dari lendutan yang di ijin kan yaitu 6,67 mm > 4,33 mm, sedangkan untuk kandungan semen 300 kg/m³ lendutan pada saat P_{max} lebih kecil dari lendutan yang di ijin kan yaitu 3,51 mm < 4,33 mm sehingga memenuhi syarat lendutan.

e. Tegangan Lentur panel dinding *polystyrene*

Jika panel dinding *polystyrene* dianggap sebagai plat komposit maka untuk menentukan garis netral penampang komposit dan jarak serat terluar terhadap garis netral komposit adalah sebagai berikut:



Gambar 5.18. Potongan memanjang dan melintang dinding panel *polystyrene*

Contoh perhitungan panel dinding *polystyrene* **PSL1_250**

Panjang : 650 mm
 Lebar : 300 mm
 Tebal : 61,30 mm

Ø kawat loket : 0,7 mm
 E beton : 319,93 MPa
 E baja : 200.000 MPa
 Berat panel : 22,40 kg

1) Mencari nilai Modular

$$\text{Rasio modular } n = \frac{E_{steel}}{E_{beton polystyrene}} = \frac{200.000}{319,93} = 625,14$$

2) Konversi luasan

Jumlah kawat loket arah y (n) = 25 buah

$$\text{luas kawat loket} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (0,7)^2 \cdot 25 = 9,625 \text{ mm}$$

luas beton polystyrene = lebar penampang x tebal penampang

$$\text{luas beton polystyrene} = 300 \times 61,3 - 0,7 - 0,7 = 17970 \text{ mm}^2$$

luas kawat loket (A1) = luas kawat loket x n

$$A1 = 9,625 \times 625,14 = 6017,02 \text{ mm}^2$$

luasbeton polystyrene A2 = luasbeton polystyrene

$$A2 = 17970 \text{ mm}^2$$

luas kawat loket (A3) = luas kawat loket x n

$$A3 = 9,625 \times 625,14 = 6017,02 \text{ mm}^2$$

$$\text{luas total} = A1 + A2 + A3 = 6017,02 + 17970 + 6017,02$$

$$A_{total} = 30004,03 \text{ mm}^2$$

3) Mencari (y_t), jarak titik berat komposit ke bawah.

$$Y_1 = 61,30 - 10 - \frac{0,7}{2} = 50,95 \text{ mm}$$

$$Y_2 = \frac{61,30}{2} = 30,65 \text{ mm}$$

$$Y_3 = 10 + \frac{0,7}{2} = 10,35 \text{ mm}$$

Y_t = titik pusat komposit di ukur dari bawah

$$Y_t = \frac{A1xY1 + A2xY2 + (A3xY3)}{A_{total}}$$

$$Y_t = \frac{5703,99 \times 50,95 + 17970 \times 30,65 + (5703,99 \times 10,35)}{29377,98}$$

$$Y_t = 30,65 \text{ mm}$$

4) Mencari inersia (I) komposit

$$\text{inersia segiempat} = \frac{1}{12}bh^3$$

Inersia komposit I

$$I = I_1 + A_1xa^2 + I_2 + A_2xb^2 + I_3 + A_3xc^3$$

Keterangan :

I_1, I_2, I_3 = momen inersia masing – masing benda uji

A_1, A_2, A_3 = luasan masing – masing benda uji

a, b, c = jarak masing – masing pusat benda terhadap titik pusat berat komposit

$$A_1 = b_1 \times h_1$$

$$A_2 = b_2 \times h_2$$

$$A_3 = b_3 \times h_3$$

$$6017,02 = b_1 \times 0,7$$

$$17970 = b_2 \times 59,9$$

$$6017,02 = b_3 \times 0,7$$

$$b_1 = 8595,74 \text{ mm}$$

$$b_2 = 300 \text{ mm}$$

$$b_3 = 8595,74 \text{ mm}$$

$$A_1 = b_1 \times h_1$$

$$A_2 = b_2 \times h_2$$

$$A_3 = b_3 \times h_3$$

$$I_1 = \frac{1}{12}b_1 \times h^3$$

$$I_2 = \frac{1}{12}b_2 \times h^3$$

$$I_3 = \frac{1}{12}b_3 \times h^3$$

$$= 245,69 \text{ mm}$$

$$= 5733044,97 \text{ mm}$$

$$= 245,69 \text{ mm}$$

$$a_1 = y_1 - y_t$$

$$a_2 = y_2 - y_t$$

$$a_3 = y_3 - y_t$$

$$= 50,95 - 30,65$$

$$= 30,65 - 30,65$$

$$= 50,95 - 30,65$$

$$= 20,3 \text{ mm}$$

$$= 0 \text{ mm}$$

$$= 20,3 \text{ mm}$$

Inersia (I) komposit, dinding panel *polystyrene* dengan perkuatan kawat loket grid 12,5 mm x 12,5 mm, PSL1_250.

$$I = I_1 + A_1xa^2 + I_2 + A_2xb^2 + I_3 + A_3xc^3$$

$$I = 2479799,46 + 5373044,97 + 2479799,46$$

$$I = 10332640,17 \text{ mm}^4$$

5) Momen maksimum

$$\text{berat panel } q = 22,4 \times \frac{10}{800} = 0,28 \text{ N/mm}$$

$$\text{panjang pelat } L = 800 - 75 - 75 = 650 \text{ mm}$$

$$\text{beban maksimum } P = 6,75 \times 100 = 6750 \text{ N}$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times 0,28 \times 650^2 + \frac{1}{8} \times 6750 \times 650$$

$$M_{max} = 563225 \text{ N.mm}$$

6) Tegangan lentur

Tegangan lentur dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{max} = \frac{M_{max} \cdot y_t}{I}$$

$$f_{max} = \frac{563225 \times 30,65}{10332640,17} = 1,67 \text{ MPa}$$

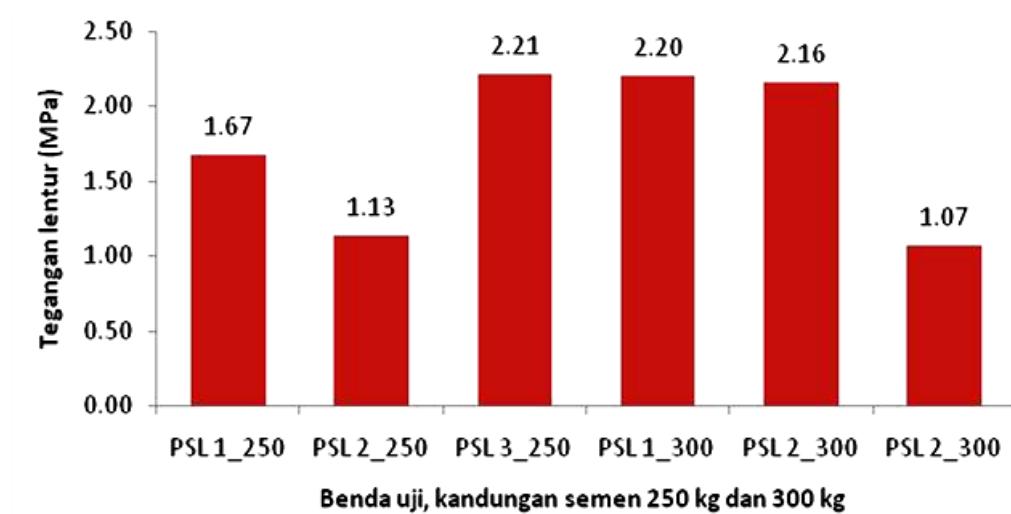
Perhitungan kuat lentur panel dinding *polystyrene* dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 dengan kandungan semen 250 kg dan kandungan semen 300 kg. Untuk lebih jelas hasil perhitungan tegangan lentur dinding *polystyrene* dapat dilihat pada Lampiran L-8.

Tabel 5.16. Tegangan lentur panel dinding *polystyrene* kandungan semen 250 kg.

NO	No Panel	berat panel (q) (N/mm)	Mmax (N.mm)	Y (mm)	Inersia (komposit) (mm ⁴)	Tegangan lentur (MPa)
1	PSL1_250	0,28	563225,00	30,65	10332640,17	1,67
2	PSL2_250	0,27	447255,86	31,00	12227562,05	1,13
3	PSL3_250	0,28	590651,95	30,55	8162211,39	2,21
Rata-rata		0,28	533710,94	30,73	10240804,53	1,67

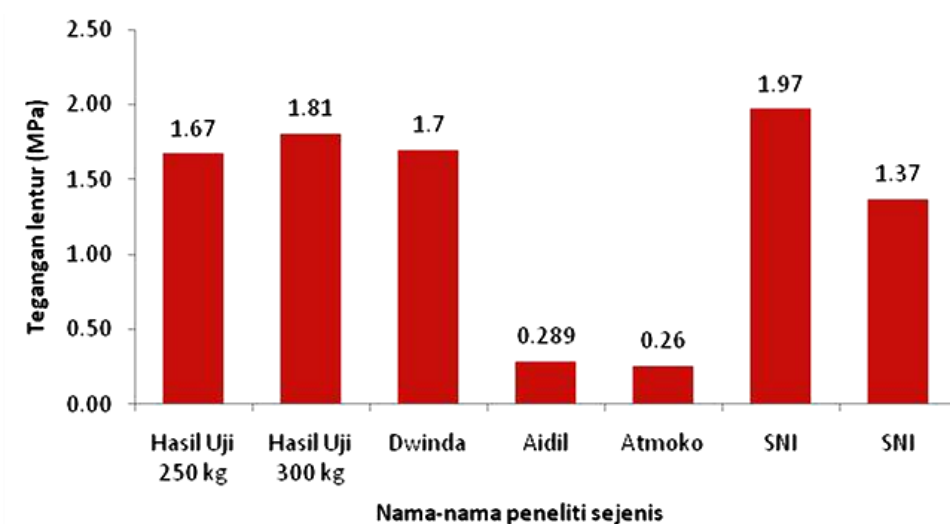
Tabel 5.17. Tegangan lentur panel dinding *polystyrene* kandungan semen 300 kg

NO	No Panel	berat panel (q) (N/mm)	Mmax (kN.m)	Y (mm)	Inersia (komposit) (mm ⁴)	Tegangan lentur (MPa)
1	PSL1_300	0,28	587401,95	30,60	8171659,42	2,20
2	PSL2_300	0,28	559908,98	30,75	7984857,65	2,16
3	PSL3_300	0,29	580003,13	30,50	16504450,72	1,07
Rata-rata		0,28	575771,35	30,62	10886989,26	1,81



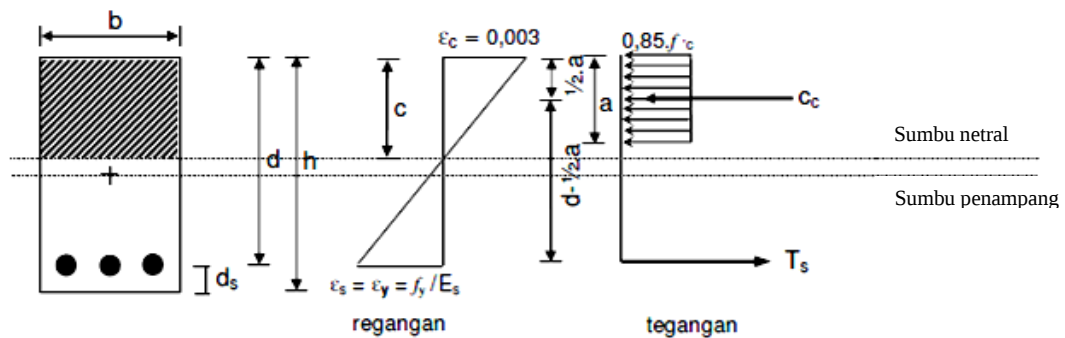
Gambar 5.19. Hasil kuat lentur untuk semen 250 kg dan semen 300 kg

Berdasarkan SNI. 02-3122-1922 rata-rata kuat lentur maksimum adalah 1,97 N/mm² dan rata-rata kuat lentur minimum adalah 1,37 N/mm² sesuai dengan hasil analisis tegangan lentur untuk panel dinding *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ memenuhi persyaratan. Adapun hasil perbandingan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat dalam Gambar 5.20.



Gambar 5.20. Diagram hasil kuat lentur dengan hasil penelitian sebelumnya

f. Kapasitas lentur plat beton bertulang



Gambar 5.21. Penampang diagram regangan tegangan blok persegi ekuivalen

Contoh perhitungan panel dinding *polystyrene PSL1_250*

Diketahui:

$$f'_c = 5,858 \text{ MPa}$$

$$f_y = 226,59 \text{ MPa}$$

$$\varnothing \text{ tul} = 0,7 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 61,30 \text{ mm}$$

Menetapkan nilai $\beta_1 = 0,85$ karena $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$

$$\text{luas kawat loket} = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 0,7^2 = 0,385 \text{ mm}^2$$

$$\text{tinggi efektif } d = h - d_s = 61,30 - 10 + \frac{0,7}{2} = 50,95 \text{ mm}^2$$

Mencari nilai tinggi blok beton dalam kondisi *balance* a_b .

$$ab = \frac{\beta_1 \times 600d}{600 + f_y}$$

$$ab = \frac{0,85 \times 600 \times 50,95}{600 + 226,59} = 31,422 \text{ mm}$$

Melalui persamaan keseimbangan gaya $C_c = T_s$, dan menganggap bahwa tulangan tarik sudah leleh, maka didapat,

$$0,85 \times f'_c \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{9,63 \times 226,59}{0,85 \times 5,858 \times 300} = 1,46 \text{ mm}$$

Jika $a < ab$ (maka tulangan terpasang akan menghasilkan penulangan liat/*ductile* tetapi sebaliknya akan menghasilkan tulangan getas).

Kemampuan nominal balok M_n dapat dihitung melalui persamaan:

$$M_n = T_s \left(d - \frac{a}{2} \right) \text{ atau } M_n = A_s \times F_y \left(d - \frac{A_s \times F_y}{2 \times 0,85 \times f'_c \times b} \right)$$

$$M_n = 2184,35 \times 50,95 - \frac{1,46}{2} = 109700,15 \text{ N.mm}$$

$$M_u = \phi M_n = 0,8 \times 109700,15 = 87760,117 \text{ N.mm}$$

Perhitungan dapat di lihat pada lampiran kapasitas momen lentur. Momen ultimate yang mampu ditahan oleh panel dinding beton ringan *polystyrene* sebesar 87760.117 Nmm, sedangkan data pengujian dimana M_u yang di dapat sebesar 563225,00 Nmm, perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada lampiran kapasitas momen L-8. Perhitungan kapasitas momen nominal dapat di lihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Kapasitas momen lentur benda uji panel dinding *polystyrene*

NO	No Panel	f' _c (MPa)	f _y (MPa)	T _s (N)	a (mm)	C _c (N)	ab (mm)	M _n (N.mm)	M _u =(φ M _n) N.mm
1	PSL1_250	5,88	226,95	2184,35	1,46	2184,35	31,42	109700,15	87760,117
2	PSL2_250	7,54	226,95	2184,35	1,14	2184,35	31,85	111580,24	89264,192
3	PSL3_250	5,74	226,95	2184,35	1,49	2184,35	31,30	109226,26	87381,005
Rata-rata		6,39	226,95	2184,35	1,36	2184,35	31,53	110168,88	88135,105
1	PSL1_300	5,35	226,95	2184,35	1,60	2184,35	31,36	109323,75	87459,003
2	PSL2_300	6,30	226,95	2184,35	1,36	2184,35	31,55	110244,08	88195,264
3	PSL3_300	6,93	226,95	2184,35	1,24	2184,35	31,24	109287,03	87429,624
Rata-rata		6,19	226,95	2184,35	1,40	2184,35	31,38	109618,29	87694,631

3. Pengujian tekan panel dinding *polystyrene*

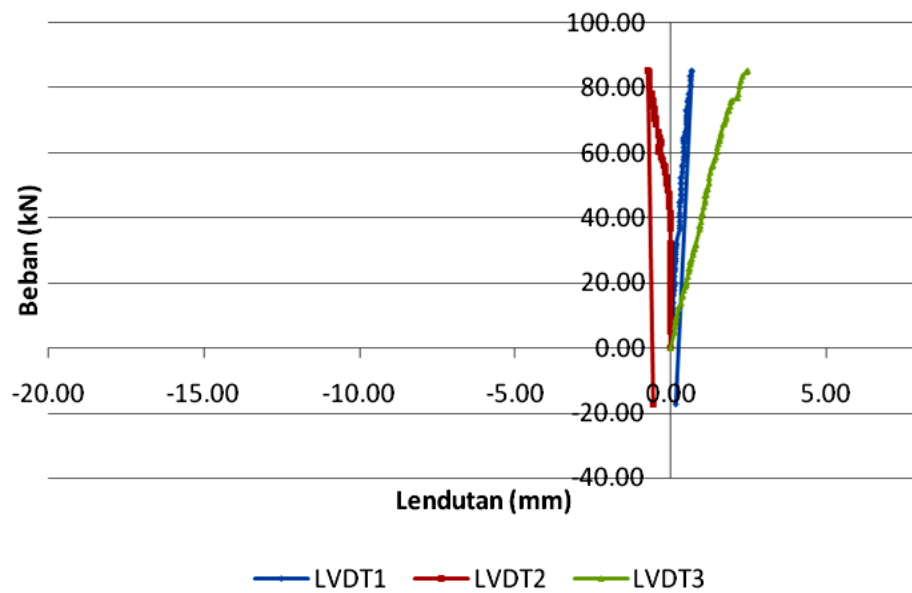
Pengujian tekan panel dinding *polystyrene* dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pengujian tekan panel dinding *polystyrene* ada enam benda uji dimana tiap variasi kandungan semen masing-masing tiga benda uji yaitu kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³. *Setting* pengujian panel dinding *polystyrene* mengacu pada SNI. 02-3122-1922. Adapun hasil pengujian tekan sebagai berikut:

- a. Panel dinding dengan kandungan semen 250 kg/m³, *polystyrene* 100% kawat loket 12,5 x 12,5 mm.

Pada penelitian ini, pengujian lentur panel dinding menggunakan tiga benda uji yaitu PST1_250, PST2_250, dan PST3_250 dan tiap benda uji di berikan kawat loket dua sisi yaitu 1 cm dari sisi paling bawah dan 1 cm dari sisi paling atas. Kerusakan yang terjadi untuk masing-masing benda uji sama dapat dilihat pada Gambar 5.23, Gambar 5.25 dan Gambar 5.27 sebagai berikut:

(catatan: PST1_250 = Panel *styrofoam* tekan benda uji 1 kandungan semen 250 kg/m³, begitupun untuk PST2_250 dan PST3_250).

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.23, kerusakan **PST1_250** adalah kerusakan yang terjadi merupakan tipe kegagalan pada sudut-sudut dinding, kehancuran setempat. Kerusakan pada daerah sekitar pembebanan yang didahului terlepasnya ikatan antara kawat loket dan beton *polystyrene* kemudian kawat loket arah vertikal melengkung. Yang terjadi karena bonding antara beton *polystyrene* dan kawat loket tidak bekerja secara komposit. Beban terus ditingkatkan hingga retak mulai menyebar secara diagonal sampai ke serat atas terluar karena beton sudah tak mampu menahan tarik sehingga kawat loket yang harus melakukannya. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 85,30 kN.

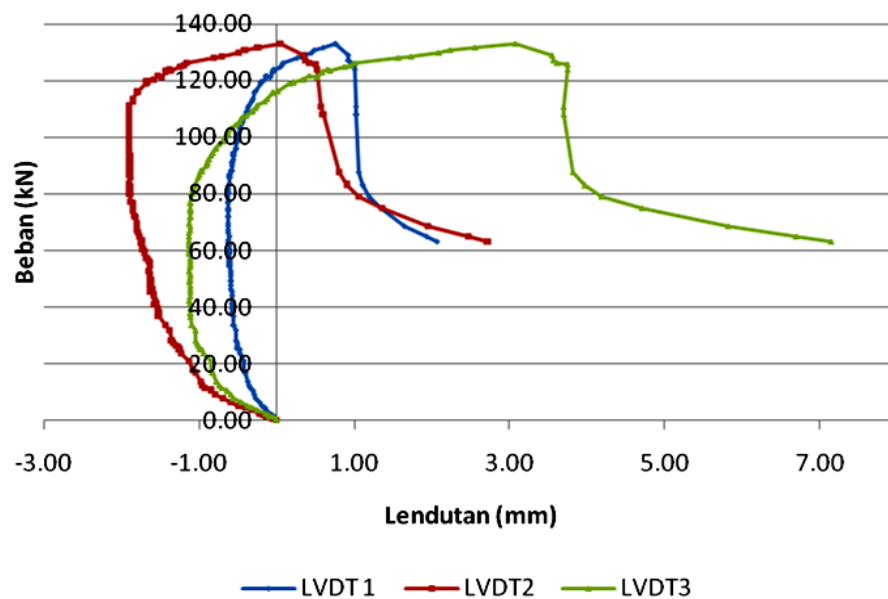


Gambar 5.22. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST1_250**



Gambar 5.23. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST1_250**

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.25, kerusakan **PST2_250** adalah kerusakan pada tumpuan atas atau *bearing*. Kerusakan *bearing* terjadidimana permukaan dinding hancur dibagian bawah plat atas atau plat bawah dan atau bagian ujung permukaan, komponen dinding tidak direncanakan atau dibangun untuk menahan tegangan pada join. Selain itu terlihat lepasnya ikatan antara kawat loket dan beton *polystyrene* tetapi kawat loket vertikal tidak melengkung. Beban terus ditingkatkan hingga retak mulai menyebar secara diagonal sampai ke serat atas terluar karena beton sudah tak mampu menahan tarik sehingga kawat loket yang harus melakukannya. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 132,90 kN.

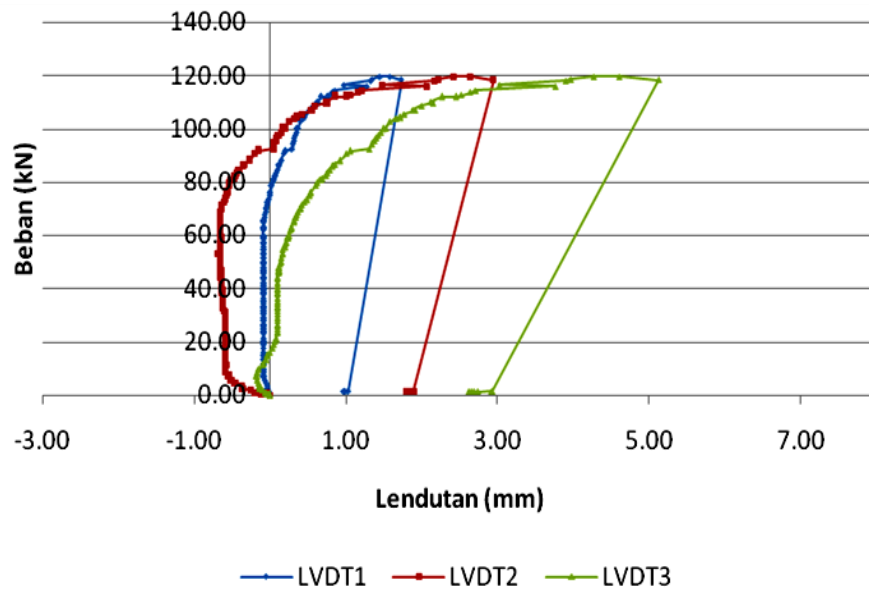


Gambar 5.24. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST2_250**



Gambar 5.25. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST2_250**

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.27, kerusakan **PST3_250** yang terjadi adalah kerusakan *local buckling* yaitu sebagian permukaan membengkok dan menarik dari inti (*core*) atau cat pada plester terpisah dari cat di bawahnya, hasilnya plester yang tidak bagus tidak akan melekat. Lepasnya ikatan antara kawat loket dan beton *polystyrene* yang kurang bagus sehingga tidak bekerja secara komposit. Beban terus ditingkatkan hingga retak mulai menyebar secara diagonal sampai ke serat atas terluar karena beton sudah tak mampu menahan tarik sehingga kawat loket yang harus melakukannya. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 119,70 kN.



Gambar 5.26. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST3_250**



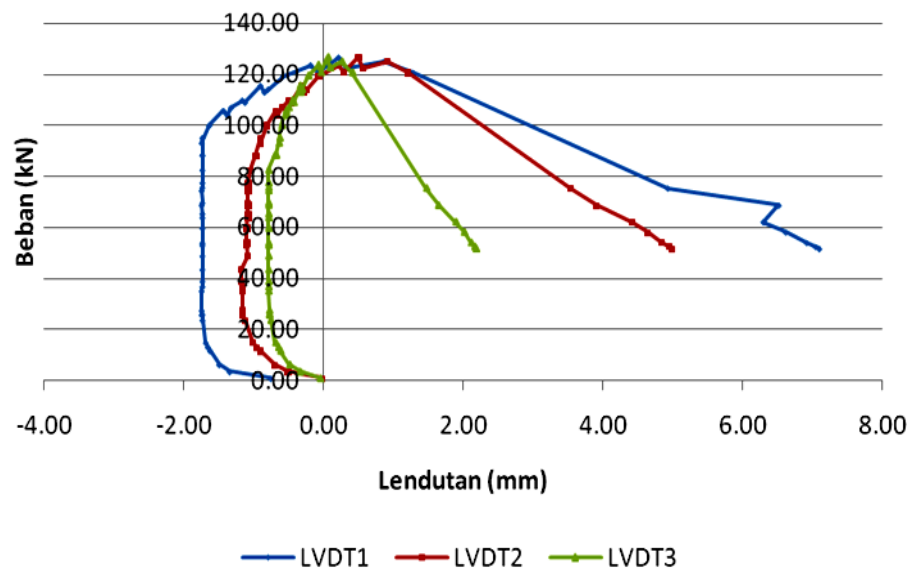
Gambar 5.27. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST3_250**

- b. Panel dinding dengan kandungan semen 300 kg/m^3 , *polystyrene* 100% kawat loket $12,5 \times 12,5 \text{ mm}$.

Pada penelitian ini, pengujian tekan dinding panel menggunakan tiga benda uji yaitu PST1_300, PST2_300, dan PST3_300 dan tiap benda uji di berikan kawat loket dua sisi yaitu 1 cm dari sisi paling bawah dan 1 cm dari sisi paling atas. Kerusakan yang terjadi untuk masing-masing benda uji berbeda dapat dilihat pada gambar berikut:

(catatan: PST1_300, = Panel *styrofoam* tekan benda uji 1 kandungan semen $300, \text{kg/m}^3$, begitupun untuk PST2_300, dan PST3_300).

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.29, kerusakan **PST1_300** yang terjadi adalah kerusakan *bearing* yaitu permukaan dinding hancur dibawah plat atas atau bawah dan atau bagian ujung permukaan, komponen dinding tidak direncanakan atau dibangun untuk menahan tegangan pada joint. Selain itu terlihat lepasnya ikatan di bagian sudut atas tumpuan ke sisi panjang seperempat bentangan tetapi kawat loket tidak melengkung. Beban terus ditingkatkan hingga retak mulai menyebar secara diagonal sampai ke serat atas terluar karena beton sudah tak mampu menahan tarik sehingga kawat loket yang harus melakukannya. Panel dinding mampu menerima beban maksimal ($P_{\max}$) sebesar 126,60 kN.

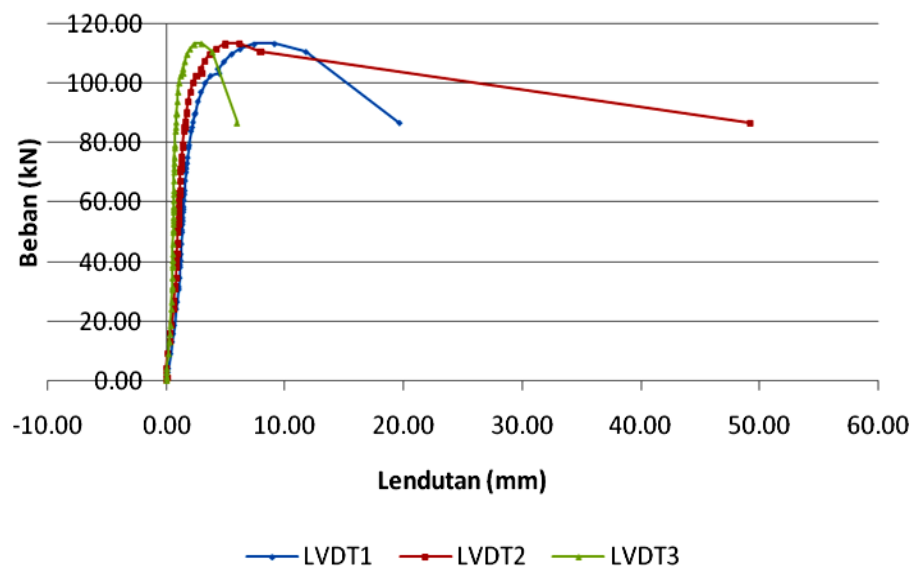


Gambar 5.28. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST1_300**



Gambar 5.29. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* PST1_300

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.31, kerusakan **PST2_300** yang terjadi adalah kerusakan yang mengalami pergeseran atau slippage yaitu mengelupasnya permukaan pada bagian atas atau bawah plat, sejenis dengan kerusakan karena tulangan mesh pada sisi plat dan balok. Selain itu terjadi kerusakan *bearing* yaitu permukaan dinding hancur dibawah plat atas atau bawah dan atau bagian ujung permukaan, komponen dinding tidak direncanakan atau dibangun untuk menahan tegangan pada joint. Selain itu terlihat lepasnya ikatan di bagian sudut atas tumpuan ke sisi panjang seperempat bentangan tetapi kawat loket tidak melengkung. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 113,40 kN.

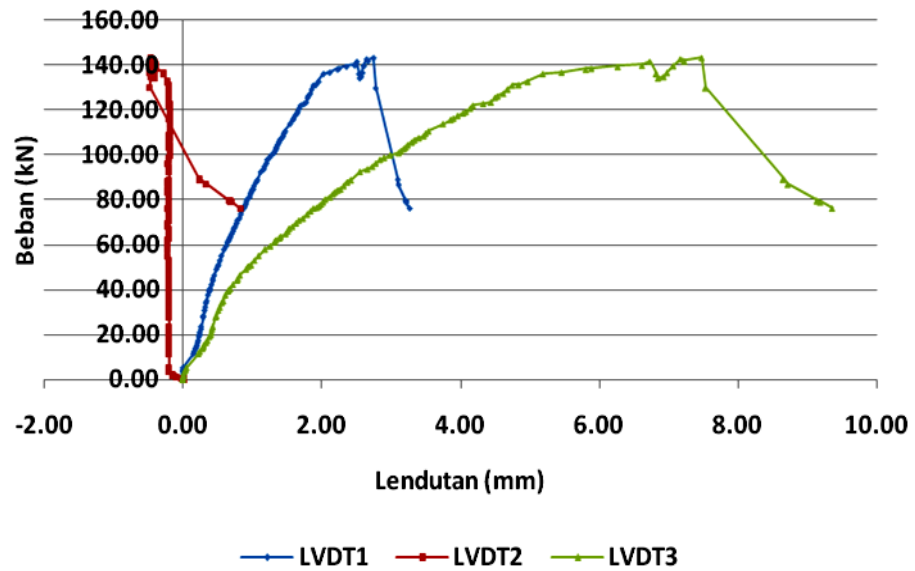


Gambar 5.30. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST2_300**



Gambar 5.31. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST2_300**

Pengujian kuat tekan pada saat dinding panel beton *polystyrene* berumur lebih dari 28 hari. Melihat Gambar 5.25, kerusakan **PST3_300** yang terjadi adalah kerusakan *local buckling* yaitu sebagian permukaan membengkok dan menarik dari inti (core) atau cat pada plester terpisah dari cat di bawahnya, hasilnya plester yang tidak bagus tidak akan melekat. Lepasnya ikatan antara kawat loket dan beton *polystyrene* yang kurang bagus sehingga tidak bekerja secara komposit. Beban terus ditingkatkan hingga retak mulai menyebar secara diagonal sampai ke serat atas terluar karena beton sudah tak mampu menahan tarik sehingga kawat loket yang harus melakukannya. Panel dinding mampu menerima beban maksimal (P_{max}) sebesar 143,10 kN.



Gambar 5.32. Grafik hasil uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST3_300**



Gambar 5.33. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* **PST3_300**



Gambar 5.34. Tipe kerusakan akibat uji tekan panel dinding *polystyrene* PST1_250 sampai PST3_300

Hasil pengujian tekan panel dinding *polystyrene* dapat dilihat pada Lampiran L-9. Berdasarkan hasil analisis dan pengamatan secara visual untuk semua benda uji pada saat pengujian terlihat bahwa kandungan semen 250 kg/m^3 kerusakan yang terjadi lebih dominan yaitu terlepasnya ikatan antara kawat loket dan beton *polystyrene*, lekatan atau bonding yang kurang bagus sehingga tidak bekerja secara komposit. Akibat beban yang terus ditingkatkan maka retak semakin jelas ke sisi diagonal bidang. Sedangkan untuk kandungan semen 300 kg/m^3 kerusakan yang terjadi lebih di dominasi ke sisi dekat tumpuan yaitu kerusakan *bearing* dimana permukaan dinding hancur dan kerusakan *slippage* yaitu mengelupasnya permukaan pada bagian atas. Akibat beban yang terus ditingkatkan maka retak semakin jelas ke sisi diagonal bidang. Pada pengujian ini dengan kandungan semen 300 kg/m^3 beban maksimal yang mampu dipikul oleh dinding beton *polystyrene* lebih besar sehingga kuat tekannya lebih besar dibandingkan dengan semen 250 kg/m^3 . Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20.

Tabel 5.19. Kuat tekan panel dinding *polystyrene* kandungan semen 250 kg

No	No Panel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Akhir (kg)	P max (kN)	Kuat tekan (MPa)
1	PST 1_250	800	300	61,40	21,7	85,30	4,631
2	PST 2_250	800	300	62,61	21,6	132,90	7,075
3	PST 3_250	800	300	61,76	21,8	119,70	6,460
Rata-rata		800	300	61,93	21,7	112,63	6,055

Tabel 5.20. Kuat tekan panel dinding *polystyrene* kandungan semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Akhir (kg)	P max (kN)	Kuat tekan (MPa)
1	PST1_300	800	300	60,70	22,6	126,60	6,952
2	PST2_300	800	300	61,88	23,2	113,40	6,109
3	PST3_300	800	300	61,20	22,7	143,10	7,794
Rata-rata		800	300	61,26	22,83	127,70	6,952

Berdasarkan SNI. 02-3122-1922 rata-rata kuat tekan maksimum adalah 4,93 N/mm² dan rata-rata kuat lentur minimum adalah 3,45 N/mm² sesuai dengan hasil analisis kuat tekan untuk panel dinding *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ memenuhi persyaratan.

4. Tekstur Permukaan dan Pola keruntuhan Beton *Polystyrene*

a. Tekstur Permukaan Beton *Polystyrene*.

Dari pengamatan visual yang dilakukan terlihat tekstur permukaan kubus yang halus, rata dan bersudut tanpa adanya coakan sehingga tidak perlu di beri pelumas untuk sisi bagian atas.



Gambar 5.35. Tekstur permukaan kubus beton *polystyrene* untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan



Gambar 5.36. Tekstur permukaan kubus beton *polystyrene* untuk pengujian modulus elastis



Gambar 5.37. Tekstur permukaan panel dinding beton *polystyrene* untuk pengujian tekan dan lentur

b. Pola Keruntuhan Benda Uji

Beberapa pola keruntuhan benda uji dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 5.38. Pola keruntuhan benda uji kubus beton *polystyrene*



Gambar 5.39. Pola keruntuhan benda uji modulus elastis



Gambar 5.40. Pola keruntuhan benda uji panel dinding *polystyrene*

Pada Gambar 5.38 dan Gambar 5.39 terlihat bahawa pola keruntuhan benda uji kubus memendek secara perlahan-lahan dan berangsur-angsur akan menjadi mampat, hal ini karena beton kubus *polystyrene* bersifat liat sehingga saat ditekan terjadi pemampatan. Pada Gambar 5.40 terlihat keruntuhan panel beton *polystyrene* berbentuk retak di tengah bentang tetapi perilaku retaknya tidak mendadak karena beton *polystyrene* yang liat.

BAB VI

PENUTUP

Bagian ini akan membahas tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini dan hal-hal yang disarankan untuk penelitian lebih lanjut.

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan kubus (7x7x7) cm untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ adalah 6,735 MPa dan 5,906 MPa. Berat isi untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ adalah 1308 kg/m³ dan 1350 kg/m³.
2. Hasil pengujian daya serap beton kubus *polystyrene* (10x10x10) cm untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ adalah 13,62% dan 14,36% .
3. Hasil pengujian modulus elastis (10x10x20) cm untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ adalah 372,99 MPa dan 441,57 MPa.
4. Berat isi panel dinding beton *polystyrene* untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ adalah 1475,87 kg/m³ dan 1543,21 kg/m³.
5. Pengujian lentur panel dinding *polystyrene* (80x30x6) cm, kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ beban maksimum rata-rata yang mampu diterima panel dinding *polystyrene* adalah 6,39 kN dan 6,90 kN. Lendutan rata-rata pada saat beban maksimum adalah 6,67 mm dan 3,51 mm dan lendutan yang diijinkan sebesar 4,33 mm,
6. Kekakuan lentur benda uji panel dinding *polystyrene* (80x30x6), kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ sebesar 1395.35 N/mm dan 2751.88 N/mm.
7. Dari perhitungan teoritis tegangan lentur dan kapasitas momen lentur rata-rata panel dinding *polystyrene* (80x30x6) cm, semen 250 kg/m³ dan semen 300 kg/m³ adalah 1,67 MPa, 1,81 MPa dan 88135,105 Nmm, 87694,631 Nmm.

8. Pada pengujian tekan panel dinding *polystyrene* (80x30x6) cm dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³ beban maksimum rata-rata yang mampu diterima panel dinding *polystyrene* adalah 112,63 kN dan 127,70 kN dan kuat tekan yang diterima sebesar 6,05 MPa dan 6,95 MPa.
9. Berdasarkan SNI 03-3122-1992 dimana hasil penelitian dengan persentase *polystyrene* 100%, kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³, dengan perkuatan kawat loket diameter 0,7 mm, spasi 12,5x12,5 mm memenuhi persyaratan beton ringan berserat.

B. Saran

1. Pembuatan beton dilakukan secara manual terutama pada saat pengadukan maka untuk volume yang besar sebaiknya perlu diperhatikan karena dalam jumlah yang besar beton *polystyrene* semakin sulit diaduk sehingga kurangnya homogenitas dari campuran.
2. Diperlukan cetakan yang mudah dibongkar pasang agar tidak membutuhkan waktu yang lama pada saat pengecoran khususnya untuk volume yang besar.
3. Pemilihan limbah *polystyrene* perlu diperhatikan agar mendapatkan keseragaman bahan *polystyrene* karena akan berpengaruh terhadap berat satuan.
4. Perlu pemakaian bahan alternatif yang lain agar dapat mengurangi berat dari panel beton *polystyrene* tetapi dengan pengempaan yang sama yaitu 2 MPa.
5. Perlu penelitian lebih lanjut agar lekatan atau bonding antara kawat loket dan beton *polystyrene* bekerja secara sempurna, karena dengan pengolesan pasta semen yang berlebihan ke kawat loket akan mempengaruhi terhadap berat dan kekuatan panel beton *polystyrene*.
6. Perlu dilakukan percobaan sekali pengempaan untuk posisi dua lapis yaitu 1 cm dari serat bawah dan 1 cm dari serat atas, agar waktu lebih cepat dan efisien.
7. Sebaiknya digunakan alat-alat dengan kemampuan tekan yang tidak besar namun memiliki ketelitian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, A., 2012, *Penggunaan Polystyrene Sebagai Beton Ringan dengan Pra Pemadatan untuk Panel Dinding 10 cm*, Magister Teknologi Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Anonim., 2013, <http://www.hebel.co.id/spesifikasi/panel/panel-dinding/>
- Atmoko, T., 2012, *Beton Ringan Polystyrene untuk Panel Dinding Tebal 9 cm dengan Metode Pengempaan Terukur dan Perkuatan Kawat Locket*, Magister Teknologi Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003a, *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 2: Batuan, Sedimen, Agregat*, Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003b, *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 3: Beton, Sedimen, Semen, Perkerasan jalan Beton Semen*, Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003c, *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 13: Kayu, Bahan Lain, Lain-lain*, Jakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- King, B., 2003, *Load-Bearing Straw Bale Construction, A Summary of World Wide Testing and Experience*
- Gere and Timoshenko, 1996, *Mekanika Bahan Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Giri, D.I.B., Sudarsana, I.K., Eka Agustiningsih, N.L.P, 2008, *Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Ringan Dengan Penambahan Polystyrene*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.12, Universitas Udayana Denpasar.
- Lubis, M., 2011, *Sifat Fisik dan Mekanik Beton Ringan Polystyrene Prapemadatan dengan Pemadatan 1Mpa 1,5MPa, dan 2MPa dengan*

- Penambahan Pasir 10%*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- McCormac, J., 2002, *Desain Beton Bertulang*, Edisi kelima Jilid 1 dan 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., 2003, *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ndale FX, 2010, *Penggunaan Beton Ringan Polystyrene dengan Perkuatan Wiremesh untuk Panel Dinding Tebal 6 cm*, Tesis, Magister Teknologi Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Nevile, A.M, and Brooks,J.J., 1987 *Concrete Technology*, John Willey & Sons, New York.
- Park, R, And Paulay, T., 1992, *Reinforced Concrete Structures*, Jhon Wiley and Sons, Inc., New York.
- Purwono, R., Tavio Imran, I., dan Raka, G.P., 2007, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi penjelasan (S-2002)*, ITS Press, Surabaya.
- Satyarno, I., 2004, *Penggunaan Semen Putih untuk Styrofoam*, Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik., Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Scanlon, J.M., 1998, *Lightweight Concrete In: Concrete Construction Handbook* (ed. By J. A. Dobrowolksi) Chapter 29, 29,1-29,3., McGraw-Hill, New York.
- Shetty, M.S., 1997, *Concrete Technology*, S. Chand & Company Ltd., New Delhi.
- Sireggar, J.M., 2012, *Beton Ringan Polystyrene untuk Panel Dinding Tebal 7 cm dengan Metode Pengempaan Terukur*, Magister Teknologi Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- SNI 03- 1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03- 3122-1992, *Panel Beton Ringan Berserat*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15- 7064-2004, *Sement Portland Komposit*, Badan Standarisasi Nasional.

- SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Somayaji, S., 1995, *Civil Engineering Materials*, Prentice Hall, New Jarsey.
- Sulistyorini, D., 2010, *Perilaku Dinding Beton Ringan dari Limbah Polystyrene Dengan Perkuatan Wiremesh*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Tjokrodilmuljo, K., 2010, *Teknologi Beton*, Edisi Kedua, Biro Penerbit, Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Utomo, H., 2010, *Penggunaan Beton Ringan Polystyrene dengan Perkuatan Wiremesh untuk Panel Dinding Tebal 8 cm*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Vis, W.C dan Kususma, 1994, SKSNI T-15-1991-03 Seri 1- 4, Erlangga Jakarta
- Wibowo, 2011, *Penggunaan Beton Ringan Polystyrene dengan Perkuatan Wiremesh untuk Panel Dinding Tebal 7 cm*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Winter, G., 1993, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

HASIL PEMERIKSAAN
BERAT SATUAN *POLYSTYRENE*

Lampiran L-1

Peneliti : Ade Okvianti Irlan
Nim : 11/324621/PTK/7732
Jenis bahan : *Polystyrene* bekas yang diserut
Asal bahan : Kudus, Jawa tengah

No	Pemeriksaan	Satuan	Kondisi lepas	Kondisi padat	Rata-rata
1	Volume gelas ukur	cc	1000	1000	1000
2	Berat gelas ukur	gram	574,6	574,6	574,6
3	Berat wadah + <i>Polystyrene</i>	gram	592,1	588,9	590,5
4	Berat <i>Polystyrene</i>	gram	17,5	14,3	15,9
5	Berat satuan <i>Polystyrene</i>	gr/cc	0,0175	0,0143	0,0159
	Berat satuan <i>Polystyrene</i>				15,9 kg/m³

Yogyakarta, Maret 2014
Peneliti,

Ade Okvianti Irlan
11/324621/PTK/7732



HASIL PERHITUNGAN
MIX DESIGN BETON POLYSTYRENE

Lampiran L-3

Peneliti : Ade Okvianti Irlan
Nim : 11/324621/PTK/7732
Jenis bahan : *Polystyrene* bekas yang diserut
Asal bahan : Kudus, Jawa tengah
Diketahui :
Perhitungan kebutuhan bahan per m³.
Berat satuan *polystyrene* : 15,9 kg/m³
Volume semen dalam 1 m³ : 250 kg dan 300 kg
Air untuk semen 250 kg : 100 liter
Air untuk semen 300 kg : 120 liter
Faktor air semen (Fas) : 0,4

Perhitungan *mix design* pada pengujian tekan kubus diperoleh berdasarkan proses *trial* agar mendapatkan tinggi awal dengan pengempaan 2 MPa yang diberikan pada saat pencetakan. Perhitungan kebutuhan bahan untuk membuat benda uji kubus semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ 100% *polystyrene*, fas 0,4 yaitu:

Tabel Lampiran L-3a.

Volume total pengujian tekan kubus

Volume dalam 1 m3	
Semen (Kg)	250
	300
<i>Polystyrene</i> kg	15,9
FAS	0,4

Kebutuhan benda uji	Kandungan semen kg/m3	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (m3)	Jumlah (bh)	Volume Total (m3)
Kubus	250	7	7	36	0,001764	3	0,005292
	300	7	7	32	0,001568	3	0,004704



Volume untuk 1 benda uji

Benda uji	Volume I benda uji (m3)	Volume yang di butuhkan		
		Semen (Kg)	Polystyrene (kg)	Air (litr)
Kubus_250	0,001764	0,441	0,028	0,176
Kubus_300	0,001568	0,470	0,0249	0,188

Total kebutuhan bahan pengujian tekan kubus

Benda uji	Volume Total (m3)	Volume yang dibutuhkan		
		Semen (Kg)	Polystyrene (kg)	Air (litr)
Kubus_250	0,005292	1,323	0,084	0,529
Kubus_300	0,004704	1,411	0,0748	0,564

Perhitungan *mix design* pada pengujian daya serap air diperoleh berdasarkan proses *trial* agar mendapatkan tinggi awal dengan pengempaan 2 MPa yang diberikan pada saat pencetakan. Ukuran *bekisting* untuk pembuatan benda uji daya serap air yaitu 50x10x10 cm, kemudian benda uji dipotong dengan ukuran 10x10x10 cm. Kebutuhan bahan untuk membuat benda uji daya serap air dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ 100% *polystyrene*, fas 0,4 yaitu:

Tabel Lampiran L-3b

Volume total pengujian daya serap air

Kebutuhan benda uji	Kandungan semen kg/m3	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (m3)	Jumlah (bh)	Volume Total (m3)
Daya serap	250	50	10	48	0,024	1	0,024
	300	50	10	45	0,0225	1	0,0225



Total kebutuhan bahan pengujian daya serap air

Benda uji	Volume Total (m3)	Volume yang dibutuhkan		
		Semen (Kg)	Polystyrene (kg)	Air (ltr)
Daya serap Kubus_250	0,024	6,000	0,382	2,400
Daya serap Kubus_300	0,0225	6,750	0,3578	2,700

Perhitungan *mix design* pada pengujian modulus elastis diperoleh berdasarkan proses *trial* agar mendapatkan tinggi awal dengan pengempaan 2 MPa yang diberikan pada saat pencetakan. Ukuran *bekisting* untuk pembuatan benda uji modulus elastisitas yaitu 50x10x10 cm kemudian benda uji dipotong dengan ukuran 20x10x10 cm. Kebutuhan bahan untuk membuat benda uji modulus elastisitas dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ 100% *polystyrene*, fas 0,4 yaitu:

Tabel Lampiran L-3c

Volume total pengujian modulus elastisitas

Kebutuhan benda uji	Kandungan semen kg/m3	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume (m3)	Jumlah (bh)	Volume Total (m3)
Modulus elastis	250	50	10	48	0,024	2	0,048
	300	50	10	45	0,0225	2	0,045

Total kebutuhan bahan pengujian modulus elastisitas

Benda uji	Volume Total (m3)	Volume yang dibutuhkan		
		Semen (Kg)	Polystyrene (kg)	Air (ltr)
Modulus Elastis_250	0,048	12,00	0,763	4,800
Modulus Elastis_300	0,045	13,50	0,7155	5,400



Perhitungan *mix design* pada pengujian panel dinding *polystyrene* diperoleh berdasarkan proses *trial* agar mendapatkan tinggi awal dengan pengempaan 2 MPa yang diberikan pada saat pencetakan. Ukuran *bekisting* untuk pembuatan benda uji panel dinding *polystyrene* yaitu 80x30x6 cm. Kebutuhan bahan untuk membuat benda uji panel dinding *polystyrene* dengan kandungan semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³ *polystyrene* 100% , fas 0,4 yaitu:

Tabel Lampiran L-3d

Volume total pengujian Panel dinding

No	Kebutuhan benda uji	Tebal benda uji (cm)	P (cm)	L (cm)	T (cm)	Volume per lapis (m3)	Volume satu benda uji (m3)	Jumlah (bh)	Volume Total (m3)
1	Panel dinding_250	1	80	30	4	0,0096	0,0672	6	0,4032
		4	80	30	20	0,048			
		1	80	30	4	0,0096			
2	Panel dinding_300	1	80	30	3.5	0,0084	0,06	6	0,36
		4	80	30	18	0,0432			
		1	80	30	3.5	0,0084			

Total kebutuhan bahan pengujian panel dinding *polystyrene*

Benda uji	Volume Total (m3)	Volume yang dibutuhkan		
		Semen (Kg)	Polystyrene (kg)	Air (litr)
Panel dinding_250	0,403	100,80	6,411	40,320
Panel dinding_300	0,360	108,00	5,7240	43,200



Tabel Lampiran L-3e

Pengempaan yang diberikan pada saat pembuatan benda uji yaitu 2 MPa, gaya tekan yg diberikan bergantung pada luasan bekisting benda uji. Bekisting yang dipakai yaitu terbuat dari baja dengan ketebalan 3 mm, model ukuran bekisting benda uji ada tiga macam yaitu benda uji kubus dengan ukuran 7x7x21 cm, benda uji balok berukuran 50x10x30 cm, benda uji panel dinding *polystyrene* berukuran 80x30x30 cm, untuk benda uji kubus terdapat 3 bekisting, benda uji balok terdapat 2 bekisting dan benda uji panel dinding *polystyrene* terdapat 2 bekisting.

No	Benda uji	Panjang	Lebar	Luas	Pengempaan	Gaya tekan kempa	Gaya tekan kempa
		mm	mm	mm ²	MPa	N	kN
1	Kubus	70,00	70,00	4900	2	9800	9,8
2	Balok	500,00	100,00	50000	2	100000	100
3	Panel dinding	800,00	300,00	240000	2	480000	480

Contoh No 1

Gaya kempa yang diperlukan $2 \text{ MPa} = 2 \text{ N/mm}^2 \times \text{luasan bekisting (mm}^2\text{)}$

Maka gaya yang musti diterima oleh bekisting sebesar $2 \text{ N/mm}^2 \times 4900 \text{ mm}^2 = 9,8 \text{ kN}$

Yogyakarta, Maret 2014
Peneliti,

Ade Okvianti Irlan
11/324621/PTK/7732



HASIL PERHITUNGAN

UJI TEKAN KUBUS DAN BERAT JENIS *POLYSTYRENE*

Lampiran L-4

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Pengujian tekan dilakukan setelah 28 hari dengan menggunakan alat CTM dan alat TC. CTM sebagai alat pemberi beban statik dan TC sebagai alat pembacaan nilai beban maksimum.

Uji tekan kubus *polystyrene* kandungan semen 250 kg/m³

Kode beton	Dimensi			Berat beton awal (gr)	Berat Beton 28 Hr (gr)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)
	P (cm)	L (cm)	T (cm)					
BK1_250	7,4	7,5	7,63	534	508	1200	32,61	5,876
BK2_250	7,38	7,34	7,15	551	535	1381	40,83	7,537
BK3_250	7,3	7,3	7,67	550	533	1304	30,6	5,742
BK4_250	7,39	7,37	7,25	548	532	1347	42,4	7,785
Rata-rata	7,37	7,38	7,43	545,75	527	1308	36,61	6,735

uji tekan kubus *polystyrene* kandungan semen 300 kg/m³

Kode beton	Dimensi			Berat beton awal (gr)	Berat Beton 28 Hr (gr)	Berat Jenis (kg/m ³)	Beban Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)
	P (cm)	L (cm)	T (cm)					
BK1_300	7,28	7,27	7,64	551	531	1312	28,32	5,345
BK2_300	7,39	7,37	7,27	555	540	1364	34,32	6,299
BK3_300	7,37	7,37	7,31	564	548	1380	37,64	6,930
BK4_300	7,50	7,52	7,25	567	549	1343	28,46	5,044
Rata-rata	7,39	7,38	7,37	559,25	542	1350	32,19	5,905

Yogyakarta, Maret 2014

Peneliti,

Ade Okvianti Irlan

11/324621/PTK/7732



HASIL PERHITUNGAN

MODULUS ELASTIS DAN DAYA SERAP AIR BETON *POLYSTYRENE*

Lampiran L-5

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Pengujian ini dilakukan setelah 28 hari dengan menggunakan alat UTM dan alat data *logger* sebagai pembacaan beban .

Lampiran L-5a , EI_250

Panjang = 102,58 mm

Tinggi = 207,05 mm

Lebar = 103,78 mm

Luas = 10644,7 mm²

P	δ ₁	δ ₂	δ ₃	δ ₄	δ ₅	ε (regangan sekan)	Tegangan	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm		MPa	MPa
0,03	0	0	0	0	0	0,0000	0,0028	319,93
0,01	0	0	0	0	0,01	0,0000	0,0009	
2,03	0,03	0	0,06	0,14	0,17	0,0008	0,1907	
4,18	0,1	0	0,17	0,2	0,36	0,0017	0,3927	
7,44	0,15	0	0,31	0,26	0,57	0,0028	0,6989	
11,03	0,19	0	0,43	0,3	0,74	0,0036	1,0362	
14,53	0,23	0	0,53	0,34	0,9	0,0043	1,3650	
18,16	0,26	0	0,62	0,38	1,07	0,0054	1,7060	
21,89	0,29	0	0,7	0,42	1,27	0,0065	2,0564	
25,92	0,33	0	0,78	0,46	1,5	0,0077	2,4350	
30,11	0,38	0	0,86	0,48	1,75	0,0089	2,8286	
34,77	0,44	0	0,94	0,49	1,99	0,0103	3,2664	
36,9	0,48	0	0,98	0,49	2,15	0,0109	3,4665	
39,76	0,55	0,01	1,06	0,5	2,55	0,0118	3,7352	
40,70	0,57	0,01	1,05	0,5	2,58	0,0121	3,8235	
41,82	0,58	0,02	1,06	0,5	2,64	0,0124	3,9287	
42,93	0,58	0,02	1,06	0,5	2,7	0,0130	4,0330	
43,99	0,61	0,02	1,07	0,5	2,76	0,0133	4,1326	
44,95	0,63	0,01	1,08	0,5	2,83	0,0137	4,2228	
45,95	0,63	0,03	1,09	0,49	2,91	0,0141	4,3167	





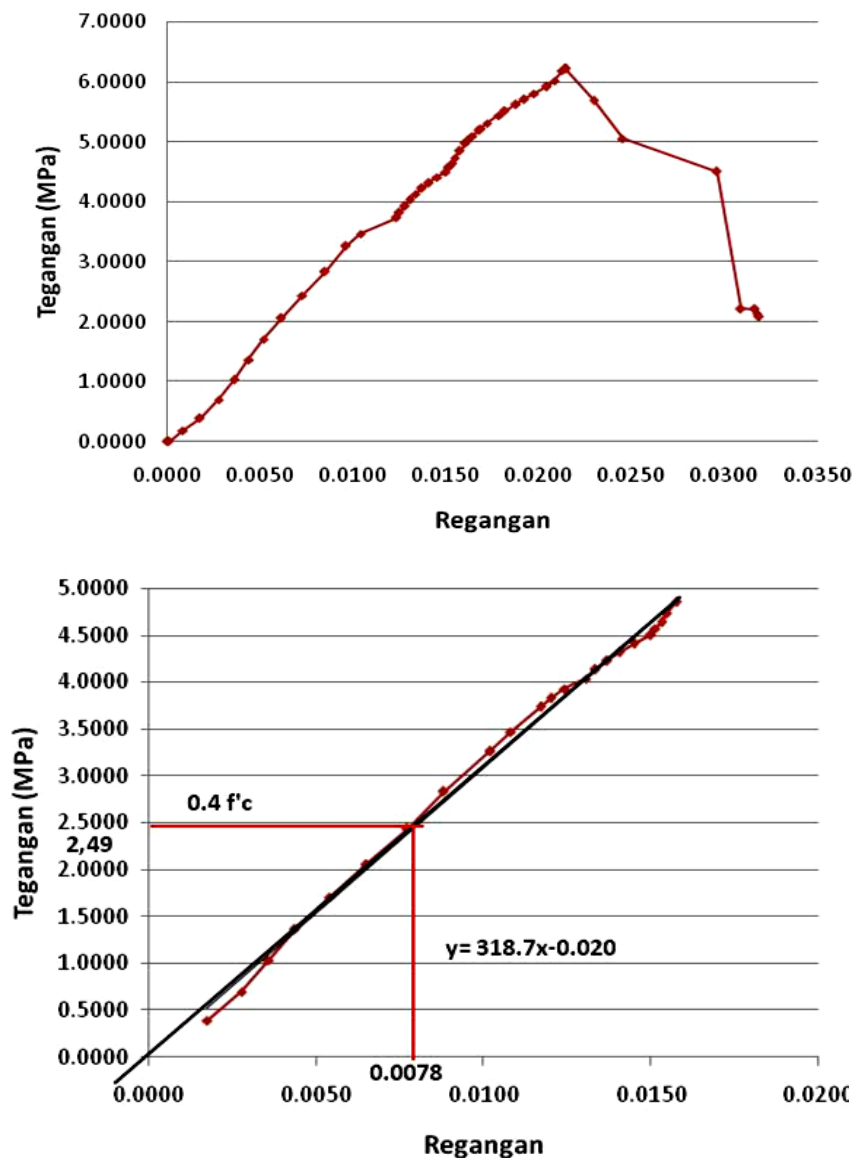
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

sambungan EI_250`

46,94	0,66	0,04	1,1	0,5	3	0,0145	4,4097
47,87	0,68	0,05	1,1	0,49	3,1	0,0150	4,4971
48,63	0,69	0,05	1,1	0,51	3,13	0,0151	4,5685
49,39	0,7	0,05	1,11	0,51	3,17	0,0153	4,6399
50,37	0,72	0,05	1,12	0,52	3,2	0,0155	4,7319
51,63	0,74	0,05	1,14	0,52	3,26	0,0157	4,8503
52,93	0,75	0,06	1,14	0,53	3,32	0,0160	4,9724
53,46	0,76	0,07	1,15	0,54	3,34	0,0161	5,0222
54,22	0,77	0,07	1,16	0,54	3,4	0,0164	5,0936
55,20	0,79	0,08	1,17	0,56	3,47	0,0168	5,1857
55,58	0,79	0,08	1,17	0,56	3,49	0,0169	5,2214
56,50	0,81	0,09	1,17	0,58	3,56	0,0172	5,3078
57,92	0,83	0,09	1,17	0,6	3,69	0,0178	5,4412
58,66	0,85	0,11	1,17	0,61	3,76	0,0182	5,5107
59,88	0,88	0,13	1,18	0,62	3,88	0,0187	5,6253
60,81	0,9	0,14	1,17	0,65	3,98	0,0192	5,7127
61,75	0,92	0,16	1,18	0,67	4,09	0,0198	5,8010
62,95	0,95	0,19	1,17	0,7	4,22	0,0204	5,9137
63,00	0,96	0,19	1,18	0,71	4,23	0,0204	5,9184
64,04	0,98	0,2	1,18	0,73	4,31	0,0208	6,0161
65,90	1,01	0,22	1,19	0,76	4,4	0,0213	6,1909
66,28	1,01	0,24	1,2	0,78	4,42	0,0213	6,2266
66,20	1,01	0,31	1,24	0,85	4,44	0,0214	6,2190
60,55	0,79	0,62	1,36	1,23	4,75	0,0229	5,6883
53,74	0,56	0,77	1,37	1,57	5,07	0,0245	5,0485
47,96	0,52	1,18	1,34	1,52	6,12	0,0296	4,5055
23,63	0,39	2,36	1,35	1,51	6,39	0,0309	2,2199
23,55	0,42	2,47	1,35	1,52	6,54	0,0316	2,2124
22,57	0,41	2,51	1,35	1,52	6,57	0,0317	2,1203
22,17	0,42	2,53	1,35	1,52	6,59	0,0318	2,0827



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 66,28 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{66,28 \times 1000}{10644,7}}{0,0078} = 319,93 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan 0,4 f'c



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

E2_250`

Panjang = 104,39 mm

Tinggi = 203,44 mm

Lebar = 104,56 mm

Luas = 10915,02 mm²

P	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	ϵ (regangan sekan)	ϵ (koreksi)	Tegangan	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm			MPa	MPa
0	0	0	0	0	0,01	0,0000	-0,003	0,0000	246,383
0,05	0	0	0	0	0,28	0,0014	-0,0016	0,0046	
0,12	0	0	0,01	0,02	0,31	0,0015	-0,0015	0,0110	
0,16	0	0	0,01	0,04	0,30	0,0015	-0,0015	0,0147	
0,24	0	0	0	0,06	0,27	0,0013	-0,0017	0,0220	
0,35	0	0	0,01	0,1	0,20	0,0010	0,002	0,0321	
0,45	0	0	0,02	0,13	0,15	0,0007	-0,0023	0,0412	
0,56	0	0	0,03	0,17	0,09	0,0004	-0,0026	0,0513	
0,69	0	0	0,03	0,22	0,01	0,0000	-0,003	0,0632	
0,84	0	0	0,03	0,27	0,07	0,0003	-0,0027	0,0770	
1,02	0	0	0,03	0,34	0,17	0,0008	-0,0022	0,0934	
1,79	0,06	0	0,04	0,55	0,40	0,0020	-0,0010	0,1640	
2,7	0,12	0	0,03	0,64	0,56	0,0028	-0,0002	0,2474	
3,55	0,15	0	0,03	0,69	0,68	0,0033	0,0003	0,3252	
4,47	0,18	0	0,03	0,73	0,77	0,0038	0,0008	0,4095	
5,32	0,21	0,01	0,04	0,76	0,86	0,0042	0,0012	0,4874	
6,23	0,23	0,01	0,04	0,79	0,96	0,0047	0,0017	0,5708	
7,82	0,27	0,03	0,02	0,83	1,12	0,0055	0,0025	0,7164	
9,85	0,31	0,05	0	0,87	1,33	0,0065	0,0035	0,9024	
10,55	0,33	0,05	0	0,89	1,38	0,0068	0,0038	0,9666	
11,77	0,36	0,06	0,01	0,91	1,50	0,0074	0,0044	1,0783	
12,46	0,38	0,06	0,02	0,92	1,56	0,0077	0,0047	1,1415	
13,94	0,41	0,07	0,03	0,93	1,69	0,0083	0,0053	1,2771	
14,74	0,43	0,09	0,03	0,94	1,76	0,0087	0,0057	1,3504	
15,46	0,44	0,09	0,04	0,95	1,81	0,0089	0,0059	1,4164	
16,81	0,48	0,09	0,05	0,97	1,92	0,0094	0,0064	1,5401	
17,53	0,49	0,09	0,06	0,98	1,98	0,0097	0,0067	1,6060	
18,95	0,52	0,1	0,07	0,99	2,09	0,0103	0,0073	1,7361	
20,57	0,56	0,11	0,07	1,01	2,24	0,0110	0,0080	1,8846	
21,37	0,59	0,11	0,07	1,01	2,30	0,0113	0,0083	1,9579	
22,84	0,62	0,12	0,08	1,02	2,43	0,0119	0,0089	2,0925	
23,79	0,64	0,12	0,08	1,03	2,50	0,0123	0,0093	2,1796	
24,93	0,67	0,12	0,09	1,04	2,59	0,0127	0,0097	2,2840	
25,43	0,68	0,12	0,09	1,05	2,63	0,0129	0,0099	2,3298	
26,73	0,71	0,13	0,09	1,06	2,72	0,0134	0,0104	2,4489	
27,86	0,74	0,13	0,11	1,06	2,88	0,0142	0,0112	2,5524	



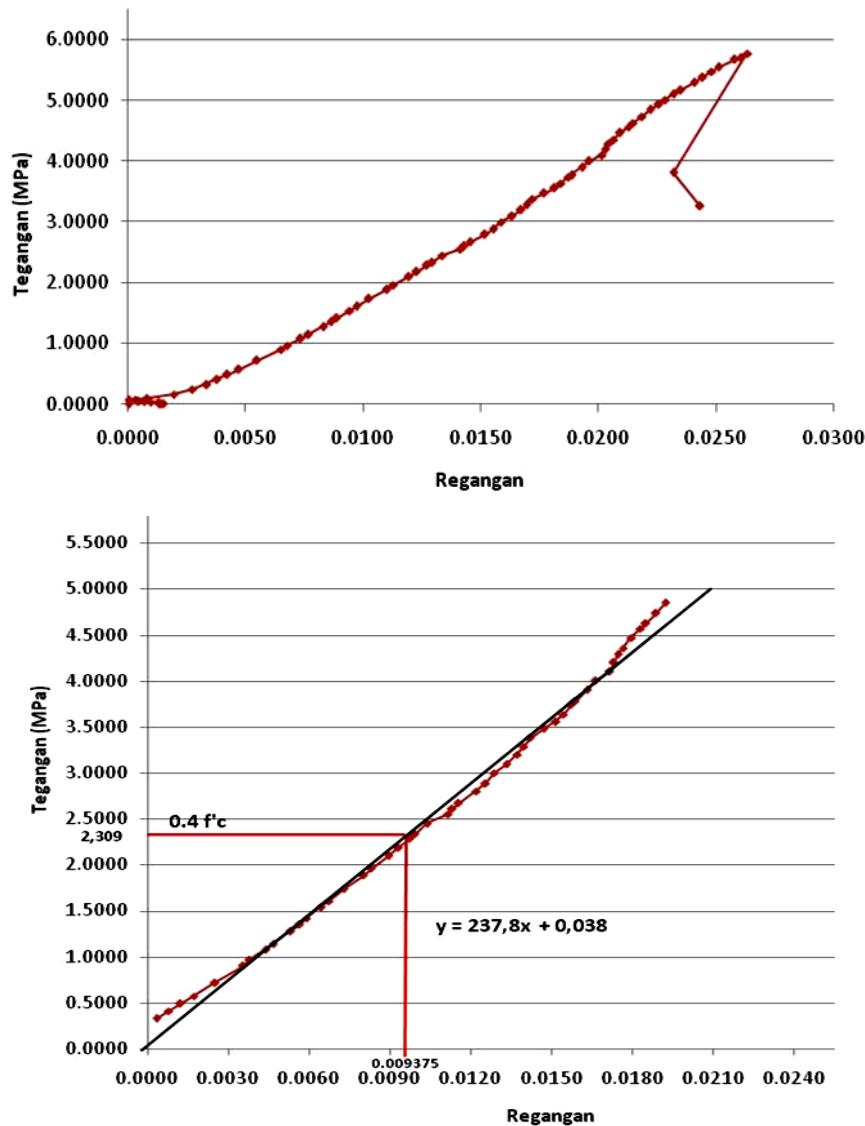
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E2_250`

30,55	0,8	0,14	0,12	1,07	3,09	0,0152	0,0122	2,7989
31,48	0,83	0,14	0,12	1,07	3,16	0,0155	0,0115	2,8841
32,73	0,85	0,14	0,13	1,07	3,23	0,0159	0,0125	2,9986
33,77	0,89	0,14	0,13	1,07	3,32	0,0163	0,0133	3,0939
34,92	0,92	0,14	0,13	1,08	3,40	0,0167	0,0137	3,1993
35,85	0,93	0,15	0,14	1,08	3,45	0,0170	0,0140	3,2845
36,85	0,96	0,15	0,15	1,08	3,50	0,0172	0,0142	3,3761
37,95	0,99	0,16	0,16	1,08	3,60	0,0177	0,0147	3,4769
38,82	1,02	0,16	0,16	1,08	3,69	0,0181	0,0151	3,5566
39,68	1,04	0,17	0,16	1,08	3,75	0,0184	0,0154	3,6354
40,82	1,06	0,17	0,17	1,08	3,81	0,0187	0,0157	3,7398
41,22	1,07	0,17	0,17	1,08	3,84	0,0189	0,0159	3,7764
42,61	1,1	0,17	0,17	1,08	3,93	0,0193	0,0163	3,9038
43,66	1,12	0,17	0,18	1,07	3,99	0,0196	0,0166	4,0000
44,76	1,15	0,17	0,18	1,07	4,10	0,0202	0,0172	4,1008
45,82	1,17	0,17	0,18	1,07	4,13	0,0203	0,0173	4,1979
46,82	1,19	0,17	0,18	1,08	4,16	0,0204	0,0174	4,2895
47,54	1,2	0,17	0,18	1,08	4,20	0,0206	0,0176	4,3555
48,79	1,22	0,17	0,18	1,08	4,26	0,0209	0,0179	4,4700
49,84	1,26	0,17	0,18	1,08	4,33	0,0213	0,0183	4,5662
50,49	1,28	0,17	0,18	1,07	4,37	0,0215	0,0185	4,6257
51,66	1,31	0,16	0,18	1,06	4,45	0,0219	0,0189	4,7329
52,89	1,34	0,17	0,18	1,05	4,52	0,0222	0,0192	4,8456
53,84	1,37	0,17	0,18	1,04	4,59	0,0226	0,0196	4,9327
54,67	1,39	0,16	0,18	1,03	4,65	0,0229	0,0199	5,0087
55,78	1,42	0,16	0,17	1,01	4,72	0,0232	0,0202	5,1104
56,35	1,44	0,16	0,17	1	4,78	0,0235	0,0205	5,1626
57,79	1,5	0,13	0,15	0,94	4,90	0,0241	0,0211	5,2945
58,73	1,53	0,12	0,15	0,91	4,97	0,0244	0,0214	5,3807
59,73	1,58	0,11	0,14	0,86	5,05	0,0248	0,0218	5,4723
60,58	1,62	0,11	0,14	0,81	5,11	0,0251	0,0221	5,5502
61,97	1,73	0,11	0,11	0,67	5,25	0,0258	0,0228	5,6775
62,18	1,82	0,11	0,07	0,57	5,30	0,0261	0,0231	5,6967
63,03	2	0,11	0,03	0,45	5,36	0,0263	0,0233	5,7746
41,61	2,64	0,16	1,09	0,3	4,72	0,0232	0,0202	3,8122



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 63,03 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{63,03 \times 1000}{10915,02}}{0,0094} = 246,383 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan $0,4 f'c$



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

E3_250`

Panjang = 103,69 mm

Tinggi = 207,08 mm

Lebar = 102,44 mm

Luas = 10621,49 mm²

P	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	ϵ (regangan sekan)	Tegangan	ϵ (koreksi)	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm		MPa		MPa
0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000	-0,0003	552,66
0,22	0,01	0	0,01	0,04	0,01	0,0000	0,0207	-0,0002	
0,29	0,02	0	0,01	0,06	0,01	0,0000	0,0273	-0,0002	
0,35	0,03	0	0,02	0,09	0	0,0000	0,0330	-0,0003	
0,4	0,04	0	0,03	0,1	0	0,0000	0,0377	-0,0003	
0,51	0,06	0	0,03	0,15	0	0,0000	0,0480	-0,0003	
0,65	0,09	0	0,03	0,21	0,01	0,0000	0,0612	-0,0002	
0,8	0,11	0	0,03	0,27	0,05	0,0002	0,0753	0,0000	
1,57	0,18	0	0,03	0,51	0,18	0,0009	0,1478	0,0006	
2,63	0,26	0	0,04	0,64	0,25	0,0012	0,2476	0,0010	
3,46	0,3	0,01	0,05	0,69	0,29	0,0014	0,3258	0,0012	
4,59	0,33	0,03	0,07	0,74	0,31	0,0015	0,4321	0,0012	
5,67	0,35	0,04	0,09	0,78	0,33	0,0016	0,5338	0,0013	
6,39	0,36	0,04	0,1	0,8	0,34	0,0016	0,6016	0,0014	
7,43	0,39	0,05	0,11	0,83	0,37	0,0018	0,6995	0,0015	
8,3	0,41	0,05	0,12	0,85	0,38	0,0018	0,7814	0,0016	
9,88	0,44	0,06	0,13	0,9	0,4	0,0019	0,9302	0,0017	
10,85	0,46	0,07	0,14	0,92	0,43	0,0021	1,0215	0,0018	
11,67	0,48	0,07	0,14	0,94	0,46	0,0022	1,0987	0,0020	
12,43	0,48	0,07	0,14	0,95	0,48	0,0023	1,1703	0,0021	
13,3	0,5	0,07	0,14	0,97	0,5	0,0024	1,2522	0,0022	
14,76	0,51	0,07	0,15	1	0,55	0,0027	1,3896	0,0024	
15,53	0,53	0,07	0,15	1,01	0,59	0,0028	1,4621	0,0026	
16,4	0,54	0,07	0,16	1,02	0,62	0,0030	1,5440	0,0027	
17,92	0,56	0,07	0,16	1,03	0,67	0,0032	1,6871	0,0030	
18,72	0,56	0,07	0,17	1,05	0,7	0,0034	1,7625	0,0031	
19,49	0,57	0,07	0,17	1,06	0,74	0,0036	1,8350	0,0033	
20,65	0,59	0,07	0,17	1,07	0,78	0,0038	1,9442	0,0035	
21,67	0,6	0,07	0,18	1,08	0,81	0,0039	2,0402	0,0037	
22,98	0,62	0,07	0,19	1,1	0,86	0,0042	2,1635	0,0039	



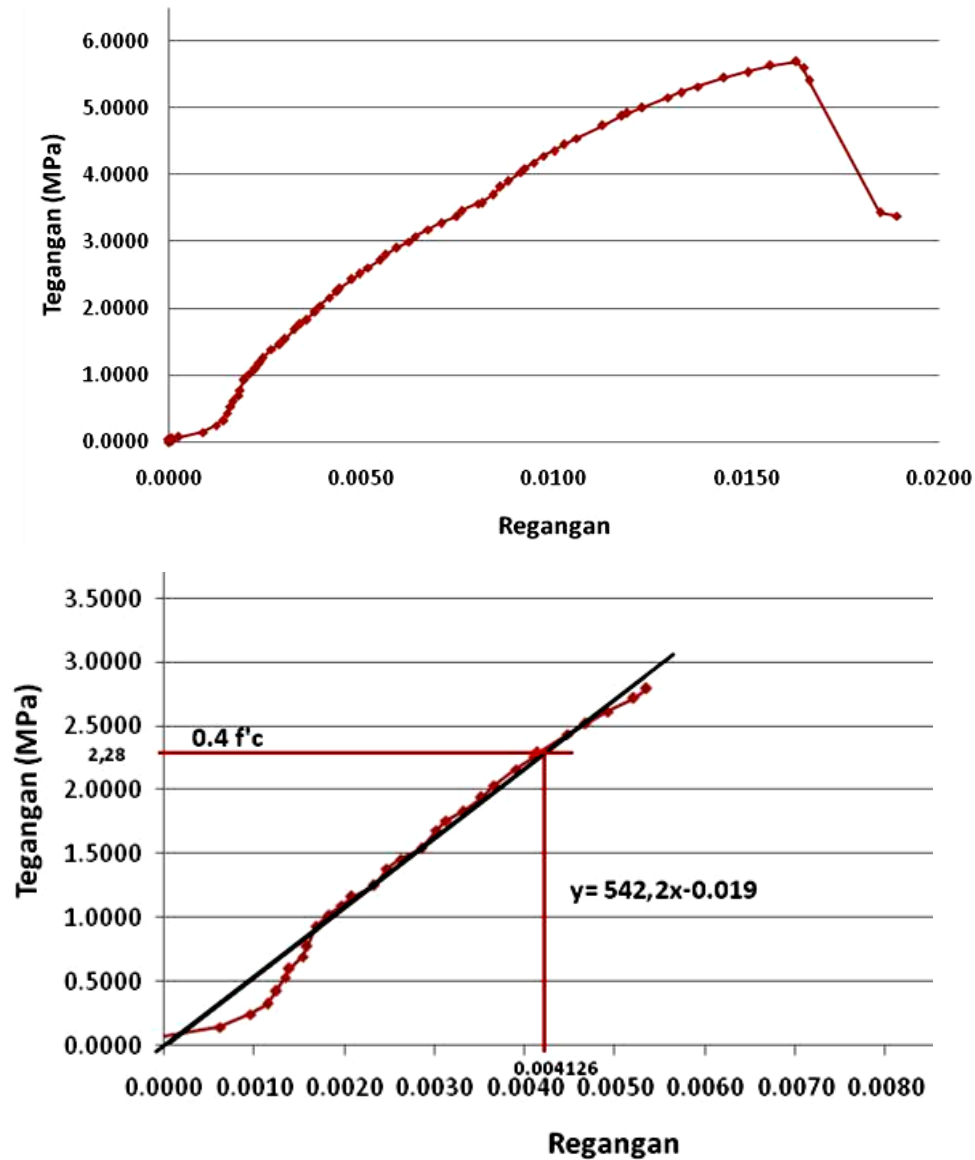
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E3_250`

23,97	0,63	0,07	0,19	1,1	0,9	0,0043	2,2567	0,0041
24,35	0,63	0,08	0,2	1,1	0,91	0,0044	2,2925	0,0041
25,94	0,65	0,08	0,21	1,12	0,98	0,0047	2,4422	0,0045
26,75	0,65	0,07	0,21	1,13	1,02	0,0049	2,5185	0,0047
27,78	0,66	0,08	0,21	1,14	1,07	0,0052	2,6155	0,0049
28,88	0,68	0,08	0,21	1,15	1,13	0,0055	2,7190	0,0052
29,73	0,69	0,08	0,22	1,15	1,16	0,0056	2,7990	0,0054
30,88	0,69	0,09	0,22	1,17	1,22	0,0059	2,9073	0,0056
31,84	0,71	0,08	0,23	1,18	1,29	0,0062	2,9977	0,0060
32,71	0,71	0,09	0,23	1,19	1,32	0,0064	3,0796	0,0061
33,82	0,73	0,09	0,23	1,2	1,39	0,0067	3,1841	0,0065
34,82	0,73	0,09	0,23	1,21	1,46	0,0071	3,2783	0,0068
35,87	0,75	0,09	0,24	1,22	1,54	0,0074	3,3771	0,0072
36,78	0,78	0,09	0,24	1,23	1,57	0,0076	3,4628	0,0073
37,94	0,8	0,09	0,24	1,23	1,66	0,0080	3,5720	0,0078
38,07	0,81	0,1	0,24	1,24	1,68	0,0081	3,5842	0,0079
39,35	0,82	0,1	0,24	1,25	1,74	0,0084	3,7048	0,0082
40,56	0,83	0,1	0,25	1,25	1,78	0,0086	3,8187	0,0083
41,45	0,84	0,11	0,25	1,25	1,82	0,0088	3,9025	0,0085
42,92	0,86	0,1	0,25	1,26	1,89	0,0091	4,0409	0,0089
43,56	0,87	0,1	0,25	1,27	1,91	0,0092	4,1011	0,0090
44,37	0,88	0,1	0,26	1,27	1,96	0,0095	4,1774	0,0092
45,45	0,89	0,1	0,26	1,27	2,01	0,0097	4,2791	0,0095
46,29	0,9	0,1	0,26	1,28	2,07	0,0100	4,3581	0,0097
47,29	0,92	0,1	0,26	1,29	2,12	0,0102	4,4523	0,0100
48,29	0,94	0,1	0,26	1,29	2,19	0,0106	4,5464	0,0103
50,36	0,97	0,1	0,26	1,32	2,33	0,0113	4,7413	0,0110
51,87	1,01	0,1	0,26	1,33	2,43	0,0117	4,8835	0,0115
52,24	1,01	0,1	0,26	1,33	2,46	0,0119	4,9183	0,0116
53,19	1,03	0,1	0,26	1,34	2,54	0,0123	5,0078	0,0120
54,77	1,06	0,1	0,26	1,35	2,68	0,0129	5,1565	0,0127
55,59	1,07	0,1	0,27	1,35	2,75	0,0133	5,2337	0,0130
56,53	1,09	0,1	0,26	1,35	2,84	0,0137	5,3222	0,0135
57,87	1,12	0,1	0,27	1,35	2,98	0,0144	5,4484	0,0141
58,85	1,16	0,1	0,27	1,34	3,11	0,0150	5,5407	0,0148
59,8	1,19	0,1	0,27	1,33	3,23	0,0156	5,6301	0,0153
60,55	1,22	0,09	0,27	1,33	3,37	0,0163	5,7007	0,0160
59,43	1,24	0,01	0,28	1,38	3,41	0,0165	5,5953	0,0162



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 60,55 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{60,55 \times 1000}{10621,49}}{0,004126} = 552,662 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan $0,4 f'c$



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

E1_300`

Panjang = 104,19 mm

Tinggi = 207, 20 mm

Lebar = 103,36 mm

Luas = 10769,08 mm²

P	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	ϵ (regangan sekan)	Tegangan	ϵ (koreksi)	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm		MPa		MPa
0,43	0	0,01	0	0,01	0	0,0000	0,0399	-0,0045	558,807
0,57	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,0000	0,0529	-0,0044	
0,68	0	0,01	0	0,01	0	0,0000	0,0631	-0,0045	
0,85	0,01	0,01	0,03	0	0	0,0000	0,0789	-0,0045	
1,78	0,03	0,03	0,07	0,08	0,21	0,0010	0,1653	-0,0035	
2,27	0,02	0,06	0,1	0,12	0,33	0,0016	0,2108	-0,0029	
3,27	0,03	0,09	0,14	0,18	0,53	0,0026	0,3036	-0,0019	
4,04	0,02	0,11	0,18	0,22	0,64	0,0031	0,3751	-0,0014	
6,3	0,02	0,17	0,25	0,31	0,89	0,0043	0,5850	-0,0002	
7,33	0,02	0,19	0,28	0,34	1	0,0048	0,6807	0,0004	
8,34	0,02	0,21	0,31	0,36	1,06	0,0051	0,7744	0,0006	
9,14	0,02	0,22	0,33	0,38	1,12	0,0054	0,8487	0,0009	
10,14	0,02	0,23	0,36	0,4	1,17	0,0056	0,9416	0,0012	
11,24	0,02	0,24	0,38	0,41	1,24	0,0060	1,0437	0,0015	
12,54	0,02	0,25	0,41	0,43	1,3	0,0063	1,1644	0,0018	
13,65	0,02	0,27	0,44	0,44	1,36	0,0066	1,2675	0,0021	
14,68	0,02	0,27	0,46	0,44	1,42	0,0069	1,3632	0,0024	
15,45	0,02	0,28	0,47	0,44	1,46	0,0070	1,4347	0,0026	
16,27	0,02	0,28	0,49	0,47	1,48	0,0071	1,5108	0,0027	
17,25	0,02	0,27	0,51	0,47	1,52	0,0073	1,6018	0,0029	
18,76	0,02	0,28	0,54	0,49	1,56	0,0075	1,7420	0,0031	
19,33	0,03	0,29	0,55	0,5	1,58	0,0076	1,7950	0,0032	
20,77	0,02	0,3	0,57	0,5	1,63	0,0079	1,9287	0,0034	
21,23	0,03	0,3	0,58	0,5	1,65	0,0080	1,9714	0,0035	
22,19	0,04	0,31	0,59	0,52	1,69	0,0082	2,0605	0,0037	
23,47	0,05	0,32	0,61	0,53	1,74	0,0084	2,1794	0,0039	
24,43	0,06	0,32	0,63	0,52	1,79	0,0086	2,2685	0,0042	
25,52	0,07	0,33	0,65	0,52	1,82	0,0088	2,3697	0,0043	
26,78	0,08	0,34	0,67	0,52	1,86	0,0090	2,4867	0,0045	
27,69	0,09	0,34	0,69	0,53	1,87	0,0090	2,5713	0,0046	
28,79	0,11	0,34	0,7	0,52	1,92	0,0093	2,6734	0,0048	



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E1_300`

29,59	0,11	0,35	0,71	0,52	1,93	0,0093	2,7477	0,0048
30,64	0,12	0,36	0,72	0,52	1,94	0,0094	2,8452	0,0049
31,98	0,14	0,36	0,75	0,52	1,99	0,0096	2,9696	0,0051
32,8	0,14	0,36	0,76	0,52	2,03	0,0098	3,0458	0,0053
33,94	0,17	0,37	0,76	0,53	2,08	0,0100	3,1516	0,0056
34,8	0,19	0,37	0,78	0,52	2,12	0,0102	3,2315	0,0058
35,92	0,2	0,37	0,81	0,52	2,19	0,0106	3,3355	0,0061
36,71	0,21	0,38	0,83	0,53	2,23	0,0108	3,4088	0,0063
37,25	0,21	0,39	0,85	0,53	2,24	0,0108	3,4590	0,0063
38,62	0,22	0,39	0,87	0,52	2,27	0,0110	3,5862	0,0065
39,78	0,25	0,39	0,89	0,53	2,29	0,0111	3,6939	0,0066
40,98	0,27	0,4	0,91	0,53	2,32	0,0112	3,8053	0,0067
41,69	0,28	0,39	0,93	0,53	2,34	0,0113	3,8713	0,0068
42,19	0,28	0,39	0,94	0,53	2,35	0,0113	3,9177	0,0069
43,47	0,3	0,4	0,96	0,53	2,39	0,0115	4,0366	0,0071
44,61	0,33	0,4	0,99	0,52	2,43	0,0117	4,1424	0,0073
45,75	0,33	0,41	1,01	0,53	2,47	0,0119	4,2483	0,0075
46,88	0,34	0,41	1,04	0,53	2,56	0,0124	4,3532	0,0079
47,68	0,36	0,41	1,05	0,53	2,62	0,0126	4,4275	0,0082
48,82	0,37	0,41	1,08	0,52	2,69	0,0130	4,5333	0,0085
49,6	0,39	0,41	1,11	0,58	2,75	0,0133	4,6058	0,0088
51,35	0,42	0,42	1,14	0,58	2,76	0,0133	4,7683	0,0089
53,53	0,45	0,42	1,17	0,58	2,79	0,0135	4,9707	0,0090
55,55	0,49	0,42	1,19	0,62	2,84	0,0137	5,1583	0,0092
57,18	0,51	0,44	1,21	0,63	2,88	0,0139	5,3096	0,0094
58,66	0,56	0,43	1,24	0,63	2,92	0,0141	5,4471	0,0096
59,88	0,57	0,44	1,26	0,63	2,94	0,0142	5,5604	0,0097
60,99	0,6	0,43	1,28	0,63	2,97	0,0143	5,6634	0,0099
62,14	0,63	0,43	1,3	0,63	3	0,0145	5,7702	0,0100
63,21	0,66	0,42	1,33	0,63	3,02	0,0146	5,8696	0,0101
64,46	0,69	0,42	1,35	0,63	3,05	0,0147	5,9857	0,0103
65,79	0,75	0,41	1,4	0,63	3,1	0,0150	6,1092	0,0105
66,59	0,78	0,4	1,42	0,63	3,12	0,0151	6,1834	0,0106
67,64	0,84	0,39	1,46	0,63	3,15	0,0152	6,2809	0,0107
68,54	0,87	0,37	1,51	0,63	3,18	0,0153	6,3645	0,0109
69,16	0,93	0,35	1,56	0,64	3,21	0,0155	6,4221	0,0110
58,76	1,36	0,31	2,14	0,48	3,55	0,0171	5,4564	0,0127
50,88	1,53	0,32	2,43	0,4	3,97	0,0192	4,7246	0,0147



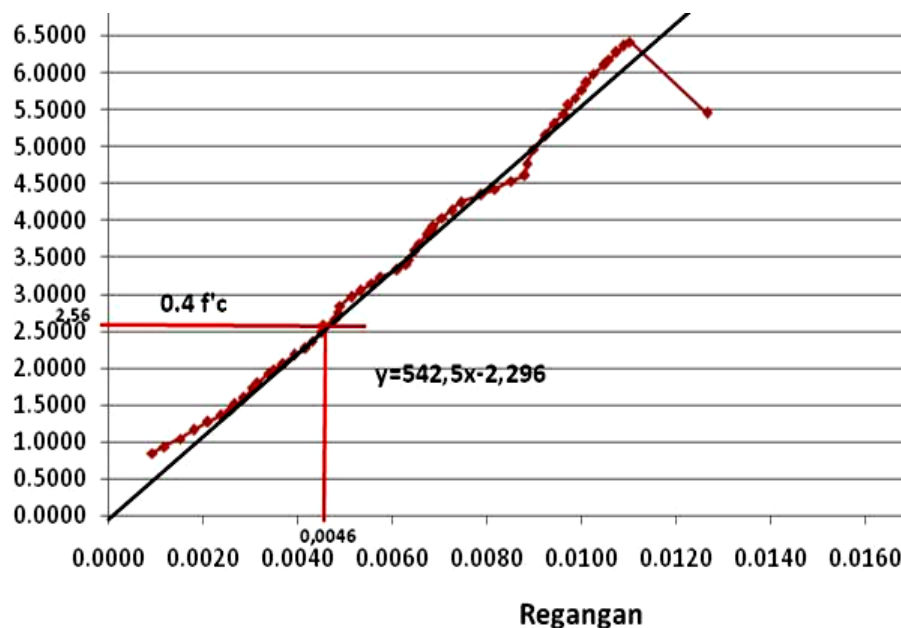
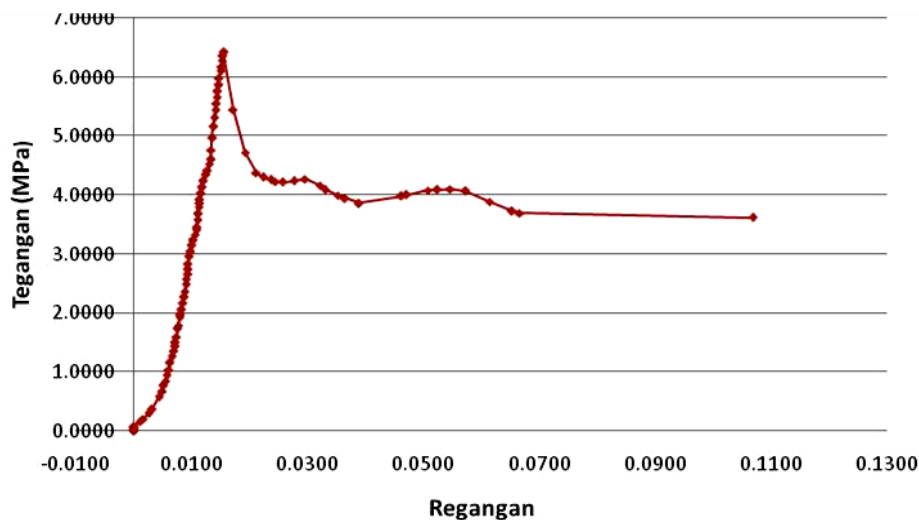
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E1_300`

47,18	1,66	0,34	2,61	0,36	4,38	0,0211	4,3811	0,0167
46,36	1,74	0,36	2,74	0,36	4,62	0,0223	4,3049	0,0178
45,87	1,84	0,37	2,87	0,35	4,9	0,0236	4,2594	0,0192
45,6	1,91	0,38	2,98	0,35	5,07	0,0245	4,2343	0,0200
45,42	1,99	0,39	3,1	0,33	5,31	0,0256	4,2176	0,0212
45,69	2,15	0,38	3,35	0,3	5,72	0,0276	4,2427	0,0231
46,08	2,32	0,38	3,59	0,29	6,11	0,0295	4,2789	0,0250
44,92	2,48	0,38	3,89	0,27	6,64	0,0320	4,1712	0,0276
44,14	2,54	0,38	4,02	0,26	6,83	0,0330	4,0988	0,0285
43,05	2,67	0,38	4,27	0,26	7,28	0,0351	3,9976	0,0307
42,52	2,78	0,38	4,46	0,25	7,55	0,0364	3,9483	0,0320
41,62	2,95	0,38	4,72	0,25	8,04	0,0388	3,8648	0,0343
42,9	3,54	0,38	5,57	0,01	9,57	0,0462	3,9836	0,0417
43,16	3,6	0,39	5,66	0	9,75	0,0471	4,0078	0,0426
43,94	3,93	0,38	6,03	0,19	10,5	0,0507	4,0802	0,0462
44,03	4,05	0,38	6,17	0,21	10,85	0,0524	4,0886	0,0479
44,17	4,22	0,38	6,36	0,22	11,32	0,0546	4,1016	0,0502
43,85	4,48	0,38	6,58	0,22	11,87	0,0573	4,0718	0,0528



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 69,16 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{69,16 \times 1000}{10769,08}}{0,0046} = 558,807 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan $0,4 f'c$



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

E2_300`

Panjang = 106,30 mm

Tinggi = 207, 54 mm

Lebar = 105,50 mm

Luas = 11214,65 mm²

P	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	ϵ (regangan sekan)	Tegangan	ϵ (koreksi)	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm		MPa		MPa
0	0	0	0	0	0	0,0000	0,0000	-0,0023	626,462
0,09	0	0	0	0	0,01	0,0000	0,0080	-0,0023	
0,42	0,05	0	0	0	0,02	0,0001	0,0375	-0,0022	
0,56	0,12	0	0	0	0,05	0,0002	0,0499	-0,0021	
0,73	0,19	0	0	0	0,13	0,0006	0,0651	-0,0017	
0,94	0,26	0	0	0	0,22	0,0011	0,0838	-0,0013	
1,69	0,39	0,02	0	0	0,4	0,0019	0,1507	-0,0004	
2,68	0,42	0,05	0	0,02	0,48	0,0023	0,2390	0,0000	
3,9	0,45	0,06	0	0,03	0,57	0,0027	0,3478	0,0004	
5,99	0,51	0,07	0	0,05	0,64	0,0031	0,5341	0,0008	
6,8	0,53	0,08	0	0,06	0,68	0,0033	0,6063	0,0010	
7,63	0,55	0,08	0	0,07	0,71	0,0034	0,6804	0,0011	
8,39	0,57	0,08	0	0,08	0,73	0,0035	0,7481	0,0012	
9,99	0,59	0,08	0	0,08	0,79	0,0038	0,8908	0,0015	
10,74	0,6	0,08	0	0,09	0,81	0,0039	0,9577	0,0016	
11,45	0,61	0,08	0	0,1	0,84	0,0040	1,0210	0,0017	
12,97	0,63	0,09	0	0,1	0,9	0,0043	1,1565	0,0020	
13,64	0,64	0,09	0	0,1	0,92	0,0044	1,2163	0,0021	
14,95	0,66	0,09	0	0,1	0,96	0,0046	1,3331	0,0023	
15,58	0,66	0,09	0,02	0,1	0,98	0,0047	1,3893	0,0024	
16,9	0,68	0,09	0,03	0,12	1,02	0,0049	1,5070	0,0026	
17,51	0,68	0,09	0,04	0,12	1,05	0,0051	1,5614	0,0027	
18,94	0,7	0,1	0,08	0,15	1,09	0,0053	1,6889	0,0029	
19,58	0,72	0,1	0,09	0,15	1,12	0,0054	1,7459	0,0031	
20,8	0,73	0,1	0,09	0,15	1,14	0,0055	1,8547	0,0032	
21,43	0,74	0,11	0,09	0,15	1,16	0,0056	1,9109	0,0033	
22,9	0,76	0,11	0,09	0,18	1,18	0,0057	2,0420	0,0034	
23,85	0,78	0,12	0,14	0,18	1,19	0,0057	2,1267	0,0034	
24,59	0,79	0,11	0,14	0,18	1,21	0,0058	2,1927	0,0035	
25,99	0,8	0,11	0,18	0,18	1,24	0,0060	2,3175	0,0037	
26,6	0,81	0,12	0,17	0,18	1,25	0,0060	2,3719	0,0037	



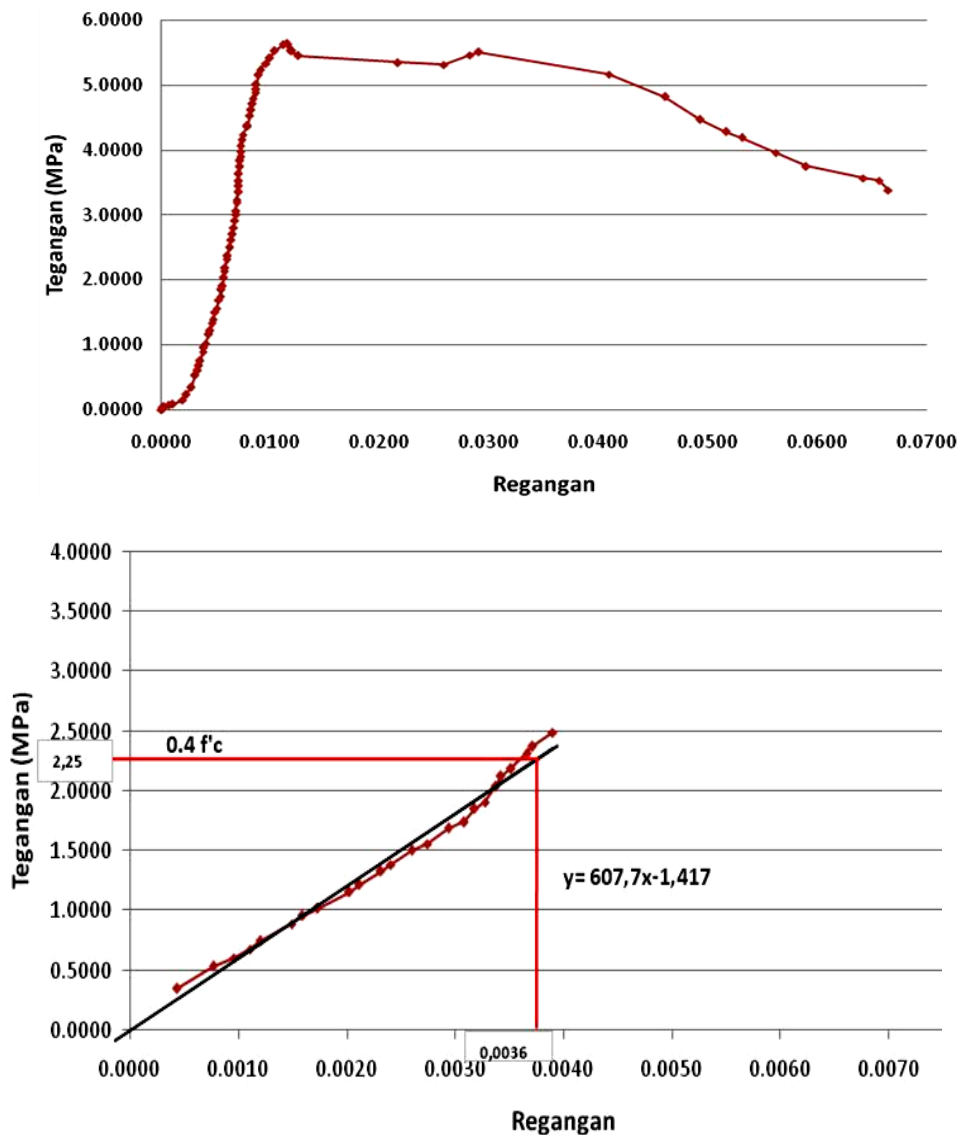
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E2_300`

27,97	0,83	0,12	0,23	0,18	1,29	0,0062	2,4941	0,0039
28	0,83	0,12	0,23	0,18	1,29	0,0062	2,4967	0,0039
29,39	0,85	0,13	0,25	0,23	1,32	0,0064	2,6207	0,0040
30,3	0,85	0,13	0,27	0,23	1,34	0,0065	2,7018	0,0041
31,48	0,87	0,13	0,3	0,23	1,37	0,0066	2,8070	0,0043
32,74	0,88	0,13	0,32	0,23	1,39	0,0067	2,9194	0,0044
33,74	0,89	0,13	0,34	0,23	1,41	0,0068	3,0086	0,0045
34,42	0,9	0,13	0,37	0,23	1,41	0,0068	3,0692	0,0045
35,69	0,91	0,13	0,39	0,23	1,43	0,0069	3,1824	0,0046
36,17	0,92	0,13	0,42	0,23	1,43	0,0069	3,2252	0,0046
37,63	0,94	0,12	0,45	0,23	1,46	0,0070	3,3554	0,0047
38,63	0,96	0,12	0,47	0,23	1,46	0,0070	3,4446	0,0047
39,47	0,97	0,11	0,47	0,23	1,47	0,0071	3,5195	0,0048
40,73	0,99	0,11	0,51	0,23	1,47	0,0071	3,6319	0,0048
41,96	1	0,1	0,54	0,23	1,49	0,0072	3,7415	0,0049
42,99	1,01	0,09	0,58	0,23	1,49	0,0072	3,8334	0,0049
43,59	1,01	0,09	0,58	0,23	1,5	0,0072	3,8869	0,0049
44,55	1,04	0,08	0,63	0,23	1,5	0,0072	3,9725	0,0049
45,55	1,06	0,07	0,63	0,23	1,5	0,0072	4,0617	0,0049
46,56	1,08	0,06	0,68	0,23	1,52	0,0073	4,1517	0,0050
47,52	1,1	0,05	0,68	0,23	1,55	0,0075	4,2373	0,0052
48,99	1,18	0,01	0,73	0,23	1,63	0,0079	4,3684	0,0055
49,09	1,18	0,01	0,74	0,23	1,63	0,0079	4,3773	0,0055
50,87	1,24	0	0,74	0,23	1,68	0,0081	4,5360	0,0058
51,75	1,26	0	0,84	0,23	1,7	0,0082	4,6145	0,0059
52,78	1,28	0	0,83	0,23	1,72	0,0083	4,7063	0,0060
53,71	1,29	0	0,86	0,23	1,74	0,0084	4,7893	0,0061
54,69	1,32	0,01	0,86	0,23	1,78	0,0086	4,8767	0,0063
55,41	1,36	0,02	0,89	0,23	1,79	0,0086	4,9409	0,0063
56,1	1,42	0,04	0,92	0,23	1,8	0,0087	5,0024	0,0064
57,83	1,57	0,11	1,02	0,23	1,84	0,0089	5,1566	0,0066
58,63	1,62	0,14	1,05	0,17	1,88	0,0091	5,2280	0,0067
59,79	1,79	0,26	1,17	0,03	1,98	0,0095	5,3314	0,0072
60,71	1,92	0,35	1,25	0,1	2,05	0,0099	5,4135	0,0076
61,94	2,03	0,45	1,37	0,22	2,15	0,0104	5,5231	0,0080
62,97	2,15	0,56	1,48	0,38	2,3	0,0111	5,6150	0,0088
63,23	2,25	0,62	1,53	0,47	2,37	0,0114	5,6382	0,0091
62,99	2,31	0,64	1,63	0,53	2,4	0,0116	5,6168	0,0093



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 63,23 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{63,23 \times 1000}{11214,65}}{0,0036} = 626,462 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan 0,4 f'c



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

E3_300`

Panjang = 106,44 mm

Tinggi = 217,15 mm

Lebar = 105,58 mm

Luas = 11237,13 mm²

P	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	ϵ (regangan sekan)	Tegangan = P/A	ϵ (koreksi)	M. Elastis
.kN	mm	mm	mm	mm	mm		MPa		MPa
0,14	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,0007	0,0125	-0,0043	139,438
0,22	0,01	0,00	0,00	0,03	0,24	0,0011	0,0196	-0,0039	
0,28	0,02	0,01	0,00	0,04	0,28	0,0013	0,0249	-0,0037	
0,34	0,04	0,01	0,00	0,05	0,35	0,0016	0,0303	-0,0034	
0,46	0,06	0,02	0,00	0,08	0,48	0,0022	0,0409	-0,0028	
0,57	0,08	0,03	0,00	0,12	0,58	0,0027	0,0507	-0,0023	
0,7	0,1	0,04	0,00	0,15	0,67	0,0031	0,0623	-0,0019	
0,83	0,13	0,05	0,00	0,19	0,75	0,0035	0,0739	-0,0015	
0,97	0,15	0,06	0,01	0,23	0,83	0,0038	0,0863	-0,0012	
1,82	0,24	0,09	0,04	0,37	1,22	0,0056	0,1620	0,0006	
2,85	0,3	0,12	0,03	0,4	1,48	0,0068	0,2536	0,0018	
3,8	0,35	0,15	0,02	0,4	1,67	0,0077	0,3382	0,0027	
4,27	0,37	0,16	0,01	0,4	1,76	0,0081	0,3800	0,0031	
4,71	0,39	0,17	0,00	0,41	1,83	0,0084	0,4191	0,0034	
5,88	0,42	0,19	0,03	0,42	2,02	0,0093	0,5233	0,0043	
6,41	0,45	0,2	0,04	0,43	2,09	0,0096	0,5704	0,0046	
7,65	0,49	0,22	0,07	0,42	2,26	0,0104	0,6808	0,0054	
8,4	0,52	0,23	0,09	0,42	2,36	0,0109	0,7475	0,0059	
9,2	0,54	0,25	0,11	0,42	2,44	0,0112	0,8187	0,0062	
9,94	0,56	0,27	0,12	0,42	2,53	0,0117	0,8846	0,0067	
10,5	0,58	0,27	0,13	0,42	2,59	0,0119	0,9344	0,0069	
11,97	0,61	0,29	0,16	0,42	2,75	0,0127	1,0652	0,0077	
12,68	0,63	0,28	0,17	0,42	2,82	0,0130	1,1284	0,0080	
13,42	0,65	0,3	0,18	0,42	2,91	0,0134	1,1943	0,0084	
14,89	0,69	0,3	-0,2	0,42	3,07	0,0141	1,3251	0,0091	
15,42	0,7	0,31	-0,21	0,42	3,13	0,0144	1,3722	0,0094	
16,98	0,73	0,3	-0,22	0,43	3,32	0,0153	1,5111	0,0103	
18,97	0,77	0,3	0,23	0,44	3,55	0,0163	1,6882	0,0113	
19,63	0,77	0,31	0,23	0,44	3,63	0,0167	1,7469	0,0117	
20,33	0,79	0,3	0,23	0,45	3,72	0,0171	1,8092	0,0121	
21,89	0,81	0,3	0,24	0,47	3,92	0,0181	1,9480	0,0131	



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E3_300`

23,69	0,84	0,3	0,25	0,48	4,17	0,0192	2,1082	0,0137
24,74	0,86	0,3	0,25	0,49	4,32	0,0199	2,2016	0,0142
25,9	0,88	0,3	0,25	0,49	4,49	0,0207	2,3049	0,0157
26,15	0,89	0,3	0,25	0,49	4,54	0,0209	2,3271	0,0159
27,65	0,9	0,31	0,26	0,5	4,79	0,0221	2,4606	0,0171
29,96	0,93	0,31	0,27	0,52	5,17	0,0238	2,6662	0,0188
30,62	0,94	0,31	0,27	0,52	5,3	0,0244	2,7249	0,0194
31,57	0,94	0,3	0,28	0,53	5,46	0,0251	2,8094	0,0201
33,64	0,97	0,3	0,29	0,54	5,82	0,0268	2,9936	0,0218
34,99	0,98	0,3	0,3	0,52	6,08	0,0280	3,1138	0,0230
35,82	0,99	0,3	0,31	0,52	6,22	0,0286	3,1876	0,0236
36,53	1,01	0,3	0,31	0,52	6,36	0,0293	3,2508	0,0243
37,99	1,03	0,31	0,31	0,52	6,65	0,0306	3,3808	0,0256
38,68	1,04	0,3	0,31	0,52	6,78	0,0312	3,4422	0,0262
39,72	1,05	0,31	0,32	0,52	6,99	0,0322	3,5347	0,0272
40,62	1,08	0,31	0,32	0,52	7,19	0,0331	3,6148	0,0281
41,52	1,1	0,31	0,32	0,52	7,38	0,0340	3,6949	0,0290
42,04	1,1	0,31	0,33	0,31	7,51	0,0346	3,7412	0,0296
43,77	1,13	0,31	0,33	0,53	7,63	0,0351	3,8951	0,0301
44,94	1,15	0,3	0,34	0,53	7,68	0,0354	3,9992	0,0304
45,77	1,16	0,31	0,34	0,53	7,71	0,0355	4,0731	0,0305
46,42	1,17	0,3	0,34	0,53	7,74	0,0356	4,1309	0,0306
47,28	1,18	0,36	0,35	0,53	7,8	0,0359	4,2075	0,0309
48,4	1,2	0,36	0,35	0,53	7,85	0,0362	4,3071	0,0312
49,62	1,22	0,37	0,36	0,52	8,08	0,0372	4,4157	0,0322
50,68	1,24	0,36	0,36	0,51	8,24	0,0379	4,5100	0,0329
51,79	1,26	0,38	0,37	0,51	8,4	0,0387	4,6088	0,0337
52,77	1,28	0,37	0,37	0,51	8,55	0,0394	4,6960	0,0344
53,98	1,2	0,38	0,38	0,5	8,71	0,0401	4,8037	0,0351
54,75	1,31	0,39	0,38	0,49	8,82	0,0406	4,8722	0,0356
55,23	1,32	0,39	0,38	0,49	8,87	0,0408	4,9150	0,0358
56,44	1,34	0,39	0,39	0,49	9,03	0,0416	5,0226	0,0366
57,23	1,36	0,39	0,4	0,49	9,12	0,0420	5,0929	0,0370
58,92	1,39	0,42	0,41	0,48	9,33	0,0430	5,2433	0,0380
59,77	1,41	0,42	0,41	0,48	9,43	0,0434	5,3190	0,0384
60,74	1,42	0,42	0,41	0,48	9,55	0,0440	5,4053	0,0390
61,71	1,44	0,42	0,42	0,48	9,63	0,0443	5,4916	0,0393



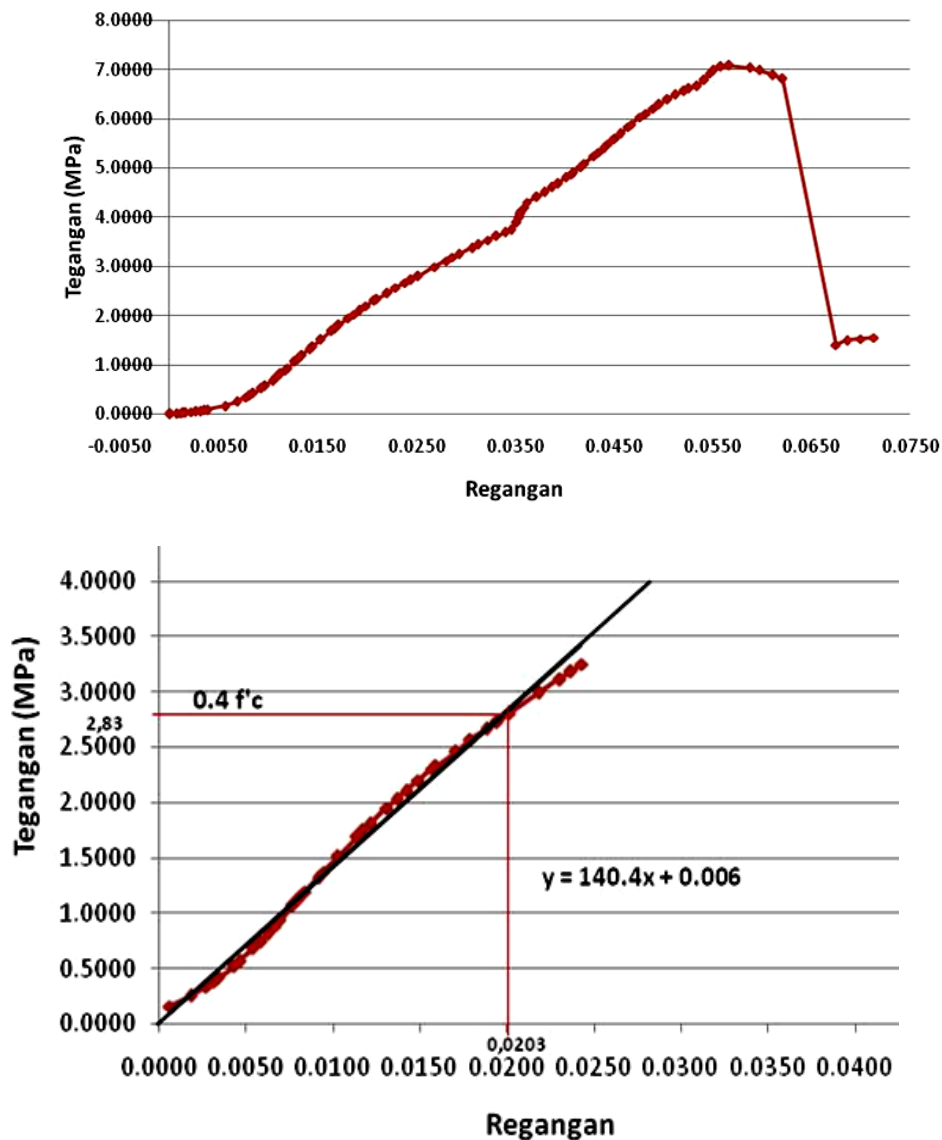
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan E3_300`

62,82	1,46	0,44	0,43	0,48	9,76	0,0449	5,5904	0,0399
63,09	1,47	0,44	0,43	0,47	9,8	0,0451	5,6144	0,0401
64,1	1,49	0,44	0,43	0,47	9,91	0,0456	5,7043	0,0406
65,61	1,52	0,44	0,44	0,47	10,08	0,0464	5,8387	0,0414
66,15	1,52	0,43	0,44	0,46	10,15	0,0467	5,8867	0,0417
67,81	1,56	0,44	0,45	0,47	10,35	0,0477	6,0345	0,0427
68,67	1,57	0,44	0,45	0,47	10,47	0,0482	6,1110	0,0432
69,84	1,6	0,44	0,46	0,46	10,63	0,0490	6,2151	0,0440
70,79	1,61	0,44	0,47	0,46	10,76	0,0496	6,2996	0,0446
71,95	1,64	0,44	0,46	0,47	10,95	0,0504	6,4029	0,0454
72,94	1,65	0,44	0,47	0,47	11,11	0,0512	6,4910	0,462
73,82	1,67	0,44	0,48	0,48	11,3	0,0520	6,5693	0,0470
74,35	1,69	0,44	0,48	0,5	11,42	0,0526	6,6165	0,0476
75,02	1,7	0,44	0,48	0,52	11,6	0,0534	6,6761	0,0484
76,29	1,72	0,44	0,49	0,54	11,76	0,0542	6,7891	0,0492
77,88	1,75	0,44	0,49	0,54	11,87	0,0547	6,9306	0,0497
78,61	1,76	0,44	0,49	0,59	11,95	0,0550	6,9956	0,0500
79,37	1,78	0,44	0,49	0,59	12,12	0,0558	7,0632	0,0508
79,59	1,78	0,44	0,5	0,63	12,3	0,0566	7,0828	0,0516
79,12	1,78	0,41	0,5	0,75	12,76	0,0588	7,0409	0,0538
78,57	1,78	0,4	0,49	0,82	12,97	0,0597	6,9920	0,0547
77,51	1,79	0,4	0,49	0,93	13,26	0,0611	6,8977	0,0561
76,64	1,79	0,4	0,5	1,04	13,48	0,0621	6,8202	0,0571
15,79	0,10	0,9	0,26	4,95	14,65	0,0675	1,4052	0,0625
16,85	0,11	1,05	0,25	5,15	14,9	0,0686	1,4995	0,0636
17,22	0,10	1,17	0,26	5,37	15,2	0,0700	1,5324	0,0650
17,48	0,11	1,29	0,26	5,59	15,49	0,0713	1,5556	0,0663



Grafik tegangan – regangan beton *polystyrene* pengujian modulus elastis



Modulus elastis adalah perbandingan antara tegangan dan regangan, berdasarkan hasil uji beban maksimum yang mampu ditahan oleh panel dinding *polystyrene* adalah 79,59 kN.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{0,4 \times f'c}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{P}{A}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{0,4 \times \frac{79,59 \times 1000}{11237,13}}{0,0203} = 139,438 \text{ MPa}$$

Untuk nilai regangan memakai nilai interpolasi pada tegangan 0,4 f'c



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Nilai modulus elastisitas kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

N o	Jumlah Semen kg/m ³	P (mm)	L (mm)	T (mm)	Luasan (mm ²)	Beban Maksimum (N)	f' _c (MPa)	0,4 f' _c (MPa)	ε	E (MPa)
1	EI_250	102,58	103,78	207,05	10644,72	66280	6,23	2,49	0,00779	319,93
2	E2_250	104,39	104,56	203,44	10915,02	63030	5,77	2,31	0,00938	246,38
3	E3_250	103,69	102,44	207,08	10621,49	60550	5,70	2,28	0,00413	552,66
Rata-rata		103,55	103,59	205,85	10727,08	63287	5,90	2,36	0,00710	372,99
1	EI_300	104,19	103,36	207,20	10769,08	69160	6,42	2,56	0,00460	558,81
2	E2_300	106,30	105,50	207,54	11214,65	63230	5,64	2,25	0,00360	626,46
3	E3_300	106,44	105,58	217,15	11237,14	79590	7,08	2,83	0,02032	139,44
Rata-rata		105,64	104,81	210,63	11073,62	70660	6,38	2,55	0,00951	441,57

Lampiran L-5b

Pengujian ini dilakukan setelah 28 hari, kemudian di rendam selama 24 jam lalu ditimbang beratnya dan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dan ditimbang lagi beratnya.

Pengujian daya serap air beton *polystyrene* semen 250 kg dan 300 kg

Kode beton	Berat setelah 28 hr (kg)	Berat setelah di oven (kg)	Berat setelah direndam (kg)	Daya serap (%)
BK1_250	1,49	1,39	1,59	14,39
BK2_250	1,43	1,335	1,53	14,61
BK3_250	1,44	1,35	1,51	11,85
Rata-rata	1,45	1,36	1,54	13,62
BK1_300	1,57	1,47	1,675	13,95
BK2_300	1,55	1,45	1,68	15,86
BK3_300	1,57	1,43	1,62	13,29
Rata-rata	1,56	1,45	1,66	14,36

Yogyakarta, Maret 2014
Peneliti,

Ade Okvianti Irlan
11/324621/PTK/7732



HASIL PERHITUNGAN

PENGUJIAN BERAT JENIS PANEL DINDING *POLYSTYRENE*

Lampiran L-6

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Pengujian ini dilakukan setelah 28 hari dengan menggunakan alat timbangan kapasitas 150 kg.

Pengujian berat jenis panel lentur dinding *polystyrene* semen 250 kg dan semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m3)	Berat jenis (kg/m3)
1	PSL1_250	80	30	6,13	22,7	22,4	0,0147	1522,57
2	PSL2_250	80	30	6,2	21,6	21,5	0,0149	1444,89
3	PSL3_250	80	30	6,11	22,4	22,1	0,0147	1507,09
Rata-rata		80	30	6,15	22,23	22,0	0,0148	1491,52
1	PSL1_300	80	30	6,12	22,3	22,1	0,0147	1504,63
2	PSL2_300	80	30	6,15	22,6	22,3	0,0148	1510,84
3	PSL3_300	80	30	6,10	23,3	23,2	0,0146	1584,70
Rata-rata		80	30	6,12	22,73	22,5	0,0147	1533,39

Pengujian berat jenis panel tekan dinding *polystyrene* semen 250 kg dan semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Volume (m3)	Berat jenis (kg/m3)
1	PST 1_250	80	30	6,14	21,8	21,7	0,014736	1472,58
2	PST 2_250	80	30	6,26	21,9	21,6	0,015027	1437,41
3	PST 3_250	80	30	6,18	22	21,8	0,014823	1470,69
Rata-rata		80	30	6,19	21,90	21,7	0,0149	1460,23
1	PST1_300	80	30	6,07	22,7	22,6	0,014568	1551,35
2	PST2_300	80	30	6,19	23,3	23,2	0,014850	1562,29
3	PST3_300	80	30	6,12	22,9	22,7	0,014688	1545,48
Rata-rata		80	30	6,13	22,97	22,8	0,0147	1553,04

Yogyakarta, Maret 2014

Peneliti

Ade Okvianti Irlan

11/324621/PTK/7732



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

HASIL PERHITUNGAN

PENGUJIAN LENTUR PANEL DINDING *POLYSTYRENE*

Lampiran L-7

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Pengujian lentur dilakukan setelah 28 hari dengan menggunakan alat UTM dan alat *Data Logger* sebagai pembacaan beban.

PSL1_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata-rata (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,24	0,01	0,00	0,01
0,73	0,15	0,03	0,09
0,97	0,30	0,10	0,20
1,09	0,39	0,15	0,27
1,23	0,48	0,19	0,34
1,33	0,56	0,23	0,40
1,17	0,60	0,24	0,42
1,06	0,60	0,24	0,42
1,08	0,60	0,25	0,43
1,25	0,60	0,24	0,42
1,33	0,60	0,24	0,42
1,40	0,63	0,26	0,45
1,46	0,65	0,28	0,47
1,53	0,68	0,30	0,49
1,63	0,73	0,32	0,53
1,78	0,80	0,36	0,58
2,06	0,95	0,43	0,69
2,36	1,11	0,51	0,81
2,70	1,28	0,62	0,95
3,03	1,44	0,74	1,09
3,35	1,60	0,87	1,24
3,68	1,78	1,03	1,41
3,96	1,94	1,19	1,57
4,42	2,13	1,36	1,75





UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PSL1_250

4,45	2,32	1,54	1,93
4,67	2,50	1,72	2,11
4,87	2,70	1,92	2,31
5,08	2,89	2,11	2,50
5,24	3,10	2,30	2,70
5,40	3,31	2,51	2,91
5,55	3,52	2,71	3,12
5,69	3,74	2,92	3,33
5,83	3,99	3,15	3,57
5,94	4,25	3,36	3,81
6,07	4,50	3,59	4,05
6,17	4,70	3,79	4,25
6,31	5,02	4,08	4,55
6,41	5,25	4,30	4,78
6,48	5,50	4,53	5,02
6,54	5,69	4,71	5,20
6,60	5,89	4,90	5,40
6,64	6,08	5,08	5,58
6,68	6,28	5,28	5,78
6,71	6,49	5,51	6,00
6,72	6,71	5,75	6,23
6,75	6,99	6,04	6,52
5,95	7,28	6,47	6,88
1,25	8,33	8,32	8,33
1,20	8,34	8,34	8,34
1,31	8,53	8,55	8,54
1,30	8,90	8,90	8,90
1,26	9,18	9,20	9,19
1,22	9,49	9,55	9,52
1,16	9,86	9,99	9,93
1,08	10,17	10,34	10,26
1,05	10,45	10,64	10,55
1,03	10,71	10,97	10,84
1,01	11,00	11,29	11,15
0,98	11,31	11,64	11,48



PSL2_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata-rata (mm)
0,01	0,00	0,00	0,00
0,12	0,00	0,00	0,00
0,11	0,00	0,00	0,00
0,36	0,20	0,07	0,14
0,74	0,49	0,23	0,36
1,04	0,72	0,40	0,56
1,31	0,92	0,56	0,74
1,56	1,09	0,70	0,90
2,04	1,34	0,91	1,13
2,51	1,61	1,12	1,37
3,00	1,86	1,35	1,61
3,56	2,14	1,59	1,87
4,09	2,42	1,85	2,14
4,58	2,69	2,11	2,40
4,89	2,99	2,39	2,69
5,10	3,36	2,75	3,06
5,18	3,77	3,15	3,46
5,24	4,08	3,46	3,77
5,26	4,54	3,90	4,22
5,29	4,87	4,21	4,54
5,32	5,22	4,55	4,89
5,33	5,55	4,87	5,21
4,58	5,88	5,22	5,55
1,26	6,54	6,06	6,30
1,07	6,98	6,50	6,74
0,96	7,43	6,96	7,20
0,88	7,94	7,47	7,71
0,83	8,56	8,12	8,34
0,80	8,96	8,52	8,74
0,66	9,57	9,18	9,38



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PSL3_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata-rata (mm)
0,01	0,00	0,00	
0,05	0,00	0,00	0,00
0,07	0,01	0,00	0,01
0,07	0,02	0,00	0,01
0,07	0,02	0,00	0,01
0,06	0,02	0,00	0,01
0,08	0,02	0,00	0,01
0,10	0,03	0,00	0,02
0,12	0,06	0,00	0,03
0,15	0,09	0,00	0,05
0,17	0,11	0,00	0,06
0,20	0,13	0,00	0,07
0,21	0,15	0,00	0,08
0,25	0,17	0,00	0,09
0,26	0,19	0,01	0,10
0,27	0,20	0,01	0,11
0,28	0,22	0,01	0,12
0,29	0,22	0,01	0,12
0,18	0,22	0,01	0,12
0,63	0,41	0,74	0,58
0,67	0,46	0,76	0,61
0,49	0,47	0,77	0,62
0,34	0,38	0,77	0,58
0,35	0,38	0,76	0,57
0,38	0,38	0,77	0,58
0,40	0,38	0,76	0,57
0,40	0,38	0,77	0,58
0,55	0,42	0,77	0,60
0,63	0,45	0,78	0,62
0,71	0,49	0,80	0,65
0,75	0,52	0,82	0,67
0,75	0,53	0,82	0,68
0,67	0,53	0,82	0,68
0,53	0,41	0,82	0,62
0,54	0,42	0,83	0,63

Sambungan PSL3_250

0,53	0,42	0,83	0,63
0,74	0,52	0,89	0,71
0,82	0,56	0,91	0,74
0,80	0,58	0,92	0,75
0,88	0,62	0,95	0,79
0,96	0,65	0,98	0,82
0,98	0,67	0,99	0,83
1,04	0,70	1,01	0,86
1,09	0,73	1,03	0,88
1,12	0,75	1,04	0,90
1,15	0,77	1,06	0,92
1,16	0,78	1,06	0,92
1,18	0,80	1,07	0,94
1,20	0,81	1,08	0,95
1,23	0,82	1,09	0,96
1,29	0,85	1,10	0,98
1,43	0,91	1,15	1,03
1,74	1,08	1,26	1,17
1,93	1,20	1,33	1,27
2,59	1,43	1,51	1,47
3,39	1,79	1,81	1,80
3,97	2,15	2,12	2,14
4,41	2,52	2,46	2,49
4,73	2,88	2,80	2,84
4,98	3,22	3,13	3,18
5,24	3,62	3,52	3,57
5,47	4,02	3,88	3,95
5,70	4,45	4,27	4,36
5,93	4,89	4,67	4,78
6,15	5,33	5,05	5,19
6,34	5,78	5,45	5,62
6,52	6,23	5,84	6,04
6,67	6,63	6,21	6,42
6,82	7,15	6,64	6,90
6,97	7,64	7,10	7,37
7,05	8,15	7,52	7,84
7,09	8,61	7,93	8,27
5,13	9,69	8,74	9,22
2,22	11,03	9,69	10,36



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PSL1_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata- rata (mm)
0,01	0,00	0,00	0,00
0,38	0,04	0,03	0,04
0,57	0,10	0,10	0,10
0,84	0,19	0,20	0,20
1,19	0,30	0,33	0,32
1,50	0,39	0,44	0,42
1,84	0,47	0,52	0,50
2,16	0,54	0,60	0,57
2,50	0,61	0,67	0,64
2,72	0,65	0,72	0,69
2,85	0,68	0,75	0,72
2,99	0,70	0,78	0,74
3,09	0,72	0,80	0,76
3,19	0,74	0,82	0,78
3,30	0,76	0,85	0,81
3,42	0,78	0,87	0,83
3,55	0,81	0,90	0,86
3,67	0,83	0,93	0,88
3,78	0,85	0,96	0,91
3,90	0,88	0,98	0,93
4,02	0,90	1,01	0,96
4,11	0,91	1,03	0,97
4,23	0,94	1,05	1,00
4,36	0,96	1,07	1,02
4,43	0,98	1,09	1,04
4,52	0,99	1,11	1,05
4,62	1,01	1,14	1,08
4,68	1,02	1,15	1,09
4,73	1,04	1,17	1,11
4,82	1,05	1,18	1,12
4,90	1,07	1,20	1,14
4,94	1,08	1,21	1,15
5,03	1,09	1,23	1,16
5,16	1,12	1,26	1,19
5,21	1,13	1,27	1,20

Sambungan PSL1_300

5,30	1,14	1,29	1,22
5,37	1,16	1,31	1,24
5,37	1,17	1,32	1,25
5,50	1,19	1,34	1,27
5,52	1,20	1,35	1,28
5,56	1,21	1,36	1,29
5,61	1,22	1,37	1,30
5,70	1,23	1,39	1,31
5,69	1,24	1,40	1,32
5,71	1,26	1,41	1,34
5,75	1,27	1,42	1,35
5,82	1,29	1,44	1,37
5,82	1,30	1,46	1,38
5,84	1,32	1,48	1,40
5,86	1,33	1,50	1,42
5,89	1,36	1,52	1,44
5,84	1,38	1,55	1,47
5,81	1,41	1,57	1,49
5,83	1,43	1,60	1,52
5,80	1,45	1,62	1,54
5,79	1,48	1,64	1,56
5,90	1,49	1,66	1,58
5,96	1,51	1,68	1,60
5,94	1,52	1,70	1,61
5,93	1,54	1,72	1,63
6,00	1,56	1,74	1,65
6,01	1,58	1,75	1,67
6,00	1,60	1,77	1,69
5,96	1,61	1,79	1,70
5,96	1,64	1,82	1,73
5,97	1,65	1,84	1,75
5,91	1,68	1,86	1,77
5,96	1,69	1,87	1,78
6,00	1,71	1,90	1,81
6,08	1,77	1,96	1,87
6,07	1,79	1,98	1,89
6,15	1,83	2,02	1,93
6,14	1,92	2,11	2,02
6,16	1,94	2,14	2,04
6,19	1,98	2,18	2,08
6,28	2,00	2,19	2,10
6,32	2,02	2,21	2,12
6,30	2,04	2,23	2,14
6,30	2,06	2,25	2,16



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PSL1_300

6,27	2,09	2,29	2,19
6,29	2,11	2,31	2,21
6,75	2,12	2,32	2,22
6,30	2,15	2,36	2,26
6,30	2,17	2,38	2,28
6,33	2,20	2,39	2,30
6,44	2,23	2,42	2,33
6,50	2,27	2,47	2,37
6,48	2,34	2,55	2,45
6,95	2,62	2,85	2,74
7,02	2,73	2,96	2,85
7,05	2,84	3,08	2,96
7,05	2,96	3,21	3,09
6,99	3,04	3,30	3,17
1,77	3,66	4,12	3,89
1,64	3,76	4,25	4,01
1,45	3,88	4,42	4,15
1,36	4,00	4,56	4,28
1,30	4,11	4,72	4,42
1,23	4,24	4,88	4,56
1,12	4,53	5,24	4,89
1,07	4,64	5,37	5,01
1,03	4,77	5,53	5,15



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PSL2_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata- rata (mm)
0,01	0,00	0,00	0,00
0,69	0,09	0,12	0,11
1,02	0,16	0,22	0,19
1,22	0,22	0,30	0,26
1,34	0,23	0,32	0,28
1,45	0,25	0,34	0,30
1,52	0,27	0,36	0,32
1,65	0,30	0,38	0,34
1,74	0,32	0,40	0,36
1,86	0,35	0,43	0,39
1,94	0,37	0,45	0,41
2,04	0,39	0,47	0,43
2,13	0,41	0,49	0,45
2,24	0,44	0,53	0,49
2,33	0,46	0,54	0,50
2,26	0,46	0,54	0,50
2,49	0,51	0,58	0,55
2,66	0,53	0,61	0,57
2,77	0,56	0,64	0,60
2,88	0,59	0,66	0,63
3,00	0,61	0,69	0,65
3,12	0,64	0,72	0,68
3,24	0,67	0,74	0,71
3,33	0,70	0,77	0,74
3,48	0,73	0,98	0,86
3,58	0,76	1,00	0,88
3,69	0,79	1,02	0,91
3,80	0,82	1,04	0,93
3,95	0,86	1,07	0,97
4,05	0,88	1,10	0,99
4,16	0,91	1,12	1,02
4,29	0,94	1,15	1,05
4,40	0,97	1,17	1,07
4,51	1,00	1,20	1,10
4,64	1,03	1,22	1,13

Sambungan PSL2_300

4,76	1,07	1,25	1,16
4,88	1,10	1,28	1,19
4,96	1,13	1,31	1,22
5,09	1,17	1,34	1,26
5,19	1,20	1,37	1,29
5,28	1,23	1,39	1,31
5,37	1,27	1,42	1,35
5,47	1,31	1,45	1,38
5,53	1,35	1,48	1,42
5,52	1,40	1,54	1,47
5,42	1,46	1,59	1,53
5,41	1,51	1,65	1,58
5,47	1,56	1,69	1,63
5,54	1,61	1,74	1,68
5,61	1,66	1,79	1,73
5,67	1,72	1,84	1,78
5,71	1,76	1,88	1,82
5,77	1,80	1,92	1,86
5,82	1,85	1,97	1,91
5,87	1,90	2,02	1,96
5,84	1,96	2,08	2,02
5,80	2,02	2,14	2,08
5,81	2,06	2,18	2,12
5,83	2,12	2,23	2,18
5,87	2,18	2,29	2,24
5,86	2,25	2,36	2,31
5,80	2,34	2,44	2,39
5,82	2,39	2,50	2,45
5,87	2,45	2,55	2,50
5,93	2,51	2,60	2,56
5,98	2,57	2,66	2,62
6,02	2,62	2,71	2,67
6,07	2,69	2,78	2,74
6,10	2,75	2,83	2,79
6,14	2,80	2,88	2,84
6,17	2,85	2,93	2,89
6,21	2,91	2,99	2,95
6,24	2,96	3,04	3,00
6,28	3,01	3,09	3,05
6,30	3,07	3,15	3,11
6,32	3,11	3,19	3,15



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PSL2_300

6,34	3,18	3,26	3,22
6,33	3,24	3,31	3,28
6,32	3,29	3,37	3,33
6,34	3,35	3,43	3,39
6,36	3,40	3,48	3,44
6,41	3,47	3,54	3,51
6,43	3,52	3,59	3,56
6,45	3,58	3,64	3,61
6,47	3,62	3,69	3,66
6,51	3,68	3,76	3,72
6,53	3,74	3,81	3,78
6,55	3,80	3,88	3,84
6,58	3,86	3,94	3,90
6,60	3,91	3,99	3,95
6,62	3,97	4,05	4,01
6,64	4,02	4,09	4,06
6,66	4,07	4,16	4,12
6,66	4,12	4,19	4,16
6,67	4,18	4,26	4,22
6,69	4,24	4,31	4,28
6,69	4,29	4,37	4,33
6,71	4,35	4,43	4,39
6,70	4,42	4,49	4,46
6,70	4,48	4,54	4,51
6,68	4,53	4,60	4,57
6,64	4,59	4,67	4,63
6,59	4,67	4,74	4,71
6,51	4,73	4,80	4,77
6,38	4,79	4,87	4,83
6,18	4,86	4,96	4,91
3,40	5,14	5,22	5,18
2,59	5,30	5,35	5,33
2,06	5,41	5,46	5,44
1,40	5,56	5,62	5,59
1,23	5,65	5,71	5,68
1,17	5,74	5,78	5,76
1,12	5,83	5,86	5,85
1,09	5,98	5,93	5,96



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PSL3_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_2 rata-rata (mm)
0,05	0,00	0,00	0,00
0,01	0,00	0,00	0,00
0,04	0,01	0,01	0,01
0,02	0,02	0,00	0,01
0,20	0,02	0,00	0,01
0,31	0,02	0,00	0,01
0,43	0,01	0,00	0,01
0,52	0,01	0,00	0,01
0,60	0,03	0,00	0,02
0,65	0,05	0,01	0,03
0,71	0,07	0,01	0,04
0,76	0,09	0,03	0,06
0,82	0,11	0,04	0,08
0,88	0,15	0,06	0,11
0,94	0,18	0,08	0,13
1,02	0,21	0,10	0,16
1,10	0,24	0,12	0,18
1,16	0,28	0,14	0,21
1,23	0,32	0,16	0,24
1,31	0,36	0,19	0,28
1,35	0,40	0,21	0,31
1,42	0,43	0,24	0,34
1,50	0,47	0,26	0,37
1,50	0,49	0,28	0,39
1,57	0,52	0,29	0,41
1,67	0,54	0,31	0,43
1,77	0,57	0,34	0,46
1,87	0,60	0,35	0,48
1,95	0,62	0,37	0,50
2,03	0,65	0,39	0,52
2,11	0,67	0,41	0,54
2,21	0,70	0,43	0,57
2,29	0,73	0,44	0,59
2,39	0,76	0,47	0,62
2,49	0,79	0,49	0,64

Sambungan PSL3_300

2,57	0,81	0,51	0,66
2,67	0,84	0,53	0,69
2,75	0,87	0,55	0,71
2,84	0,89	0,57	0,73
2,94	0,93	0,59	0,76
3,04	0,96	0,61	0,79
3,14	0,99	0,64	0,82
3,25	1,02	0,66	0,84
3,35	1,04	0,68	0,86
3,42	1,06	0,70	0,88
3,52	1,10	0,72	0,91
3,62	1,12	0,74	0,93
3,72	1,15	0,76	0,96
3,82	1,18	0,78	0,98
3,90	1,20	0,80	1,00
4,00	1,23	0,81	1,02
4,10	1,25	0,83	1,04
4,17	1,28	0,86	1,07
4,27	1,30	0,88	1,09
4,36	1,32	0,89	1,11
4,45	1,35	0,91	1,13
4,55	1,37	0,93	1,15
4,63	1,39	0,95	1,17
4,71	1,41	0,97	1,19
4,78	1,45	1,00	1,23
4,84	1,48	1,03	1,26
4,89	1,51	1,05	1,28
4,92	1,54	1,08	1,31
4,97	1,57	1,11	1,34
5,05	1,59	1,13	1,36
5,11	1,62	1,17	1,40
5,16	1,65	1,20	1,43
5,22	1,68	1,22	1,45
5,29	1,71	1,25	1,48
5,34	1,73	1,28	1,51
5,42	1,77	1,30	1,54
5,47	1,80	1,34	1,57
5,54	1,83	1,37	1,60
5,59	1,86	1,40	1,63
5,65	1,88	1,42	1,65
5,69	1,91	1,45	1,68
5,72	1,94	1,47	1,71
5,77	1,97	1,50	1,74
5,81	2,00	1,53	1,77



Sambungan PSL3_300

6,21	2,29	1,82	2,06
6,23	2,31	1,84	2,08
6,27	2,35	1,87	2,11
6,30	2,37	1,89	2,13
6,33	2,39	1,92	2,16
6,37	2,42	1,95	2,19
6,39	2,45	1,97	2,21
6,43	2,47	2,00	2,24
6,46	2,50	2,03	2,27
6,48	2,52	2,05	2,29
6,52	2,55	2,09	2,32
6,54	2,58	2,11	2,35
6,56	2,60	2,14	2,37
6,66	2,71	2,25	2,48
6,69	2,75	2,29	2,52
6,70	2,77	2,31	2,54
6,72	2,80	2,34	2,57
6,74	2,82	2,36	2,59
6,75	2,84	2,39	2,62
6,77	2,87	2,42	2,65
6,77	2,90	2,45	2,68
6,79	2,93	2,48	2,71
6,79	2,96	2,51	2,74
6,83	2,98	2,54	2,76
6,84	3,01	2,57	2,79
6,85	3,03	2,59	2,81
6,89	3,06	2,62	2,84
6,90	3,08	2,65	2,87
6,89	3,10	2,67	2,89
6,90	3,13	2,70	2,92
6,91	3,16	2,73	2,95
6,94	3,18	2,76	2,97
6,94	3,20	2,79	3,00
6,94	3,23	2,82	3,03
6,95	3,26	2,85	3,06
6,94	3,28	2,88	3,08
6,94	3,31	2,91	3,11
6,94	3,35	2,95	3,15



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Hasil pengujian lentur hubungan beban maksimum dan lendutan
untuk semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³

No	No Panel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	P _{max} (kN)	δ saat P _{max} (mm)
1	PSL1_250	80	30	6,13	6,75	6,52
2	PSL2_250	80	30	6,20	5,33	5,21
3	PSL3_250	80	30	6,11	7,09	8,27
Rata-rata		80	30	6,15	6,39	6,67
1	PSL1_300	80	30	6,12	7,05	3,09
2	PSL2_300	80	30	6,15	6,71	4,39
3	PSL3_300	80	30	6,10	6,95	3,06
Rata-rata		80	30	6,12	6,90	3,51

Nilai kekakuan lentur benda uji panel dinding *polystyrene*
untuk semen 250 kg/m³ dan 300 kg/m³

No	No Panel	P (Crack) kN.	δ _{crack} (mm)	Kekakuan lentur (N/mm)
1	PSL1_250	4.45	1.93	2305.70
2	PSL2_250	5.33	5.21	1023.03
3	PSL3_250	7.09	8.27	857.32
Rata-rata		5.62	5.14	1395.35
1	PSL1_300	6.99	2.74	2555.76
2	PSL2_300	6.18	2.89	2138.41
3	PSL3_300	5.36	1.51	3561.46
Rata-rata		6.18	2.38	2751.88

Yogyakarta, Maret 2014
Peneliti,



**HASIL PERHITUNGAN ANALISIS TEGANGAN LENTUR
DAN KAPASITAS MOMEN PANEL DINDING *POLYSTYRENE***

Lampiran L-8

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Mencari nilai modular untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

No	No Panel	P (mm)	L (mm)	T (mm)	E beton (MPa)	Ø kwt loket (mm)	n (nilai modular)
1	PSL1_250	800	300	61,300	319,93	0,7	625,14
2	PSL2_250	800	300	62,000	246,38	0,7	811,74
3	PSL3_250	800	300	61,100	552,66	0,7	361,88
Rata-rata		800	300	61,467	372,990	0,7	599,591
1	PSL1_300	800	300	61,20	558,81	0,7	357,91
2	PSL2_300	800	300	61,50	626,46	0,7	319,25
3	PSL3_300	800	300	61,00	139,43	0,7	1434,33
Rata-rata		800	300	61,233	441,569	0,7	703,828

Konversi Luasan untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

No	No Panel	A (baja) mm2	A (beton) mm2	A1 (kawat loket 1) mm2	A2 (beton <i>polystyrene</i>) mm2	A3 (kawat loket 2) mm2	A (Total) mm2
1	PSL1_250	9,625	17970	6017,02	17970	6017,02	30004,03
2	PSL2_250	9,625	18180	7813,02	18180	7813,02	33806,05
3	PSL3_250	9,625	17910	3483,14	17910	3483,14	24876,28
Rata-rata		9,625	18020	5771,060	18020	5771,060	29562,121
1	PSL1_300	9,625	17940	3444,84	17940	3444,84	24829,68
2	PSL2_300	9,625	18030	3072,81	18030	3072,81	24175,62
3	PSL3_300	9,625	17880	13805,40	17880	13805,40	45490,80
Rata-rata		9,625	17950	6774,349	17950	6774,349	31498,698



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Mencari (y_t), jarak titik berat komposit ke bawah untuk kandungan semen 250 kg/m^3 dan kandungan semen 300 kg/m^3

No	No Panel	y1 (mm)	y2 (mm)	y3 (mm)	yt mm
1	PSL1_250	50,95	30,65	10,35	30,65
2	PSL2_250	51,65	31,00	10,35	31,00
3	PSL3_250	50,75	30,55	10,35	30,55
Rata-rata		51,117	30,733	10,35	30,733
1	PSL1_300	50,85	30,60	10,35	30,60
2	PSL2_300	51,15	30,75	10,35	30,75
3	PSL3_300	50,65	30,50	10,35	30,50
Rata-rata		50,883	30,617	10,35	30,617

Mencari nilai momen inersia masing-masing penampang untuk kandungan semen 250 kg/m^3 dan kandungan semen 300 kg/m^3

h1 (kawat loket) (mm)	h2 (beton <i>polystyrene</i>) (mm)	h3 (kawat loket) (mm)	b1 (kawat loket) (mm)	b2 (beton <i>polystyrene</i>) (mm)	b3 (kawat loket) (mm)	Inersia 1 (kawat loket) (mm ⁴)	Inersia (beton <i>polystyrene</i>) (mm ⁴)	Inersia 2 (kawat loket) (mm ⁴)
0,7	59,90	0,7	8595,74	300	8595,74	245,69	5373044,98	245,69
0,7	60,60	0,7	11161,46	300	11161,46	319,03	5563625,40	319,03
0,7	59,70	0,7	4975,92	300	4975,92	142,23	5319404,33	142,23
0,700	60,067	0,700	8244,372	300,00	8244,372	235,652	5418691,567	235,652
0,7	59,80	0,7	4921,20	300	4921,20	140,66	5346179,80	140,66
0,7	60,10	0,7	4389,73	300	4389,73	125,47	5427045,03	125,47
0,7	59,60	0,7	19722,00	300	19722,00	563,72	5292718,40	563,72
0,70	59,83	0,70	9677,64	300,00	9677,64	276,62	5355314,41	276,62



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Mencari nilai momen inersia komposit masing-masing penampang untuk kandungan semen 250 kg/m³ m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

No	No Panel	a1 (y1-yt)	b2 (y2-yt)	c3 (y3-yt)	Inersia (komposit) (mm ⁴)
1	PSL1_250	20,30	0,00	20,30	10332640,17
2	PSL2_250	20,65	0,00	20,65	12227562,05
3	PSL3_250	20,20	0,00	20,20	8162211,39
Rata-rata		20,383	0,000	20,383	10240804,53
1	PSL1_300	20,25	0,00	20,25	8171659,42
2	PSL2_300	20,40	0,00	20,40	7984857,65
3	PSL3_300	20,15	0,00	20,15	16504450,72
Rata-rata		20,27	0,00	20,27	10886989,26

Mencari nilai tegangan lentur untuk kandungan semen 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

No Panel	berat panel (q) (N/mm)	PJG plat (mm)	P (N)	1/8 q l ² (N.mm)	1/8. P.L (N.mm)	Mmax (N.mm)	Y (mm)	Inersia (komposit) (mm ⁴)	Tegangan lentur (MPa)
PSL1_250	0,28	650	6750,00	14787,50	548437,50	563225,00	30,65	10332640,17	1,67
PSL2_250	0,27	650	5330,00	14193,36	433062,50	447255,86	31,00	12227562,05	1,13
PSL3_250	0,28	650	7090,00	14589,45	576062,50	590651,95	30,55	8162211,39	2,21
Rata-rata	0,28	650	6390,00	14523,44	519187,50	533710,94	30,73	10240804,53	1,67
PSL1_300	0,28	650	7050,00	14589,45	572812,50	587401,95	30,60	8171659,42	2,20
PSL2_300	0,28	650	6710,00	14721,48	545187,50	559908,98	30,75	7984857,65	2,16
PSL3_300	0,29	650	6950,00	15315,63	564687,50	580003,13	30,50	16504450,72	1,07
Rata-rata	0,28	650	6903,33	14875,52	560895,83	575771,35	30,62	10886989,26	1,81

Mencari nilai kapasitas momen lentur 250 kg/m³ dan kandungan semen 300 kg/m³

NO	No Panel	f'c (MPa)	fy (MPa)	As mm)	b (mm)	h (mm)	ds (mm)	d (mm)
1	PSL1_250	5,8757	227	0,385	300	61,30	10,35	50,95
2	PSL2_250	7,5375	227	0,385	300	62,00	10,35	51,65
3	PSL3_250	5,7422	227	0,385	300	61,10	10,35	50,75
Rata-rata		6,3851	227	0,385	300	61,46	10,35	51,116
1	PSL1_300	5,3454	227	0,385	300	61,20	10,35	50,85
2	PSL2_300	6,2992	227	0,385	300	61,50	10,35	51,15
3	PSL3_300	6,9297	227	0,385	300	61,00	10,35	50,65
Rata-rata		6,1914	227	0,385	300	61,23	10,35	50,883



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Mencari nilai kapasitas momen lentur 250 kg/m^3 dan kandungan semen 300 kg/m^3

Ts (N)	a (mm)	Cc (N)	ab (mm)	Mn (N.mm)	$M_u = (\phi Mn)$ N.mm	M _{max} (N.mm)
2184.35	1,46	2184,35	31,42	109700,15	87760,117	563225,000
2184.35	1,14	2184,35	31,85	111580,24	89264,192	447255,859
2184.35	1,49	2184,35	31,30	109226,26	87381,005	590651,953
2184.35	1,36	2184,35	31,53	110168,88	88135,105	533710,937
2184.35	1,60	2184,35	31,36	109323,75	87459,003	587401,953
2184.35	1,36	2184,35	31,55	110244,08	88195,264	559908,984
2184.35	1,24	2184,35	31,24	109287,03	87429,624	580003,125
2184.35	1,40	2184,35	31,38	109618,29	87694,631	575771,354

Yogyakarta, Maret 2014
Peneliti

Ade Okvianti Irlan
11/324621/PTK/7732



HASIL PERHITUNGAN

PENGUJIAN TEKAN PANEL DINDING *POLYSTYRENE*

Lampiran L-9

Peneliti : Ade Okvianti Irlan

Nim : 11/324621/PTK/7732

Pengujian lentur dilakukan setelah 28 hari dengan menggunakan alat *hydroulik jack* dan alat *Data Logger* sebagai pembacaan beban

PST1_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
0,00	0,00	0,00	0,01
4,90	0,02	0,00	0,10
6,90	0,03	0,00	0,13
7,60	0,04	0,00	0,15
8,70	0,05	-0,01	0,18
10,30	0,06	-0,01	0,21
12,30	0,07	0,00	0,26
13,80	0,08	-0,01	0,32
15,90	0,09	-0,01	0,37
16,50	0,09	-0,01	0,38
17,70	0,10	-0,01	0,41
18,90	0,11	-0,01	0,47
19,60	0,12	-0,01	0,50
20,40	0,12	0,00	0,51
22,20	0,13	-0,01	0,55
23,70	0,14	-0,01	0,58
24,60	0,14	-0,01	0,60
24,40	0,14	-0,01	0,61
25,90	0,14	-0,01	0,63
26,80	0,15	-0,01	0,65
27,60	0,15	-0,01	0,66
28,80	0,16	-0,01	0,71
29,70	0,16	-0,01	0,73
30,90	0,17	0,00	0,75
30,40	0,17	-0,01	0,75
31,60	0,18	-0,01	0,79
31,60	0,18	-0,01	0,79





UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PST1_250

37,60	0,29	-0,02	0,95
39,00	0,29	-0,02	0,96
40,60	0,29	-0,02	0,99
41,50	0,30	-0,02	1,00
43,50	0,30	-0,04	1,05
44,80	0,31	-0,07	1,09
47,40	0,33	-0,07	1,14
48,60	0,33	-0,10	1,16
49,20	0,33	-0,11	1,17
50,80	0,35	-0,15	1,22
52,50	0,35	-0,15	1,24
54,30	0,37	-0,18	1,27
55,80	0,37	-0,19	1,30
56,40	0,39	-0,23	1,37
57,90	0,40	-0,26	1,39
58,90	0,41	-0,30	1,44
60,60	0,42	-0,33	1,47
61,60	0,42	-0,33	1,50
62,80	0,43	-0,32	1,52
63,90	0,44	-0,36	1,56
64,60	0,44	-0,36	1,58
65,40	0,45	-0,39	1,60
66,40	0,46	-0,39	1,63
68,80	0,49	-0,47	1,72
69,70	0,49	-0,47	1,75
70,50	0,50	-0,46	1,78
71,50	0,51	-0,52	1,80
72,90	0,52	-0,52	1,84
73,30	0,53	-0,52	1,88
74,40	0,54	-0,57	1,91
75,70	0,55	-0,57	1,93
78,30	0,61	-0,62	2,17
80,80	0,63	-0,69	2,23
82,50	0,63	-0,69	2,26
83,70	0,65	-0,68	2,31
84,90	0,66	-0,68	2,43
85,30	0,66	-0,74	2,46
-17,10	0,17	-0,57	



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PST2_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
0,10	0,00	0,00	0,00
0,60	-0,01	-0,05	0,00
0,60	-0,01	-0,06	0,00
1,30	-0,03	-0,10	-0,05
1,60	-0,05	-0,14	-0,08
1,90	-0,06	-0,17	-0,10
2,50	-0,08	-0,22	-0,13
3,90	-0,14	-0,33	-0,26
4,50	-0,16	-0,41	-0,32
5,20	-0,19	-0,49	-0,38
6,30	-0,22	-0,59	-0,46
7,80	-0,27	-0,70	-0,55
9,10	-0,29	-0,79	-0,59
10,30	-0,31	-0,85	-0,65
11,50	-0,34	-0,93	-0,71
12,30	-0,36	-0,96	-0,74
13,90	-0,38	-0,98	-0,77
16,80	-0,40	-1,05	-0,82
17,80	-0,42	-1,08	-0,85
21,10	-0,43	-1,13	-0,85
23,80	-0,47	-1,23	-0,94
24,90	-0,48	-1,24	-0,96
25,30	-0,50	-1,26	-0,99
26,40	-0,51	-1,30	-1,01
27,40	-0,51	-1,33	-1,03
28,30	-0,52	-1,34	-1,04
31,90	-0,53	-1,39	-1,05
33,60	-0,55	-1,44	-1,09
36,60	-0,56	-1,51	-1,12
37,90	-0,57	-1,52	-1,12
38,10	-0,57	-1,52	-1,12
39,60	-0,57	-1,54	-1,12
40,90	-0,57	-1,56	-1,12
41,40	-0,57	-1,55	-1,12
42,40	-0,57	-1,57	-1,13
43,90	-0,58	-1,59	-1,12
45,40	-0,58	-1,61	-1,12

Sambungan PST2_250

46,30	-0,59	-1,60	-1,12
47,50	-0,59	-1,61	-1,12
48,90	-0,59	-1,61	-1,13
49,60	-0,59	-1,61	-1,12
50,80	-0,59	-1,63	-1,12
51,90	-0,59	-1,64	-1,12
52,90	-0,59	-1,65	-1,13
54,30	-0,60	-1,64	-1,12
55,20	-0,60	-1,64	-1,12
56,50	-0,60	-1,65	-1,12
57,30	-0,60	-1,66	-1,12
58,90	-0,61	-1,70	-1,13
59,40	-0,61	-1,70	-1,13
60,30	-0,61	-1,71	-1,13
61,90	-0,61	-1,74	-1,13
62,70	-0,62	-1,75	-1,13
63,70	-0,62	-1,74	-1,13
64,80	-0,61	-1,77	-1,13
66,40	-0,62	-1,78	-1,13
67,20	-0,62	-1,80	-1,12
68,50	-0,62	-1,81	-1,12
69,60	-0,62	-1,81	-1,13
71,80	-0,62	-1,82	-1,12
72,40	-0,62	-1,84	-1,12
73,80	-0,62	-1,86	-1,12
74,50	-0,62	-1,85	-1,12
75,10	-0,62	-1,86	-1,12
76,80	-0,62	-1,86	-1,11
77,40	-0,62	-1,89	-1,11
79,90	-0,62	-1,88	-1,10
80,50	-0,62	-1,88	-1,09
80,80	-0,62	-1,89	-1,08
81,70	-0,62	-1,90	-1,08
82,50	-0,62	-1,89	-1,07
83,70	-0,61	-1,90	-1,04
85,90	-0,60	-1,89	-1,01
86,70	-0,60	-1,90	-1,00
87,90	-0,59	-1,89	-0,97
88,30	-0,58	-1,90	-0,96
89,80	-0,57	-1,90	-0,91
90,60	-0,57	-1,89	-0,90



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PST2_250

91,20	-0,57	-1,90	-0,89
92,20	-0,56	-1,90	-0,87
93,60	-0,55	-1,89	-0,84
94,60	-0,55	-1,90	-0,82
95,70	-0,53	-1,90	-0,79
96,30	-0,53	-1,90	-0,78
97,80	-0,52	-1,90	-0,74
98,40	-0,51	-1,90	-0,69
99,90	-0,50	-1,90	-0,67
100,00	-0,50	-1,90	-0,66
101,20	-0,49	-1,90	-0,63
103,20	-0,47	-1,90	-0,59
104,50	-0,46	-1,90	-0,52
105,40	-0,44	-1,90	-0,48
106,60	-0,43	-1,90	-0,45
107,80	-0,41	-1,90	-0,39
108,90	-0,39	-1,90	-0,33
109,50	-0,38	-1,90	-0,30
110,20	-0,37	-1,90	-0,28
111,10	-0,36	-1,90	-0,25
112,50	-0,33	-1,86	-0,15
113,40	-0,31	-1,85	-0,12
115,60	-0,29	-1,81	-0,05
116,10	-0,27	-1,78	0,01
118,90	-0,21	-1,69	0,17
119,20	-0,20	-1,66	0,21
120,40	-0,15	-1,58	0,34
121,60	-0,13	-1,54	0,42
121,30	-0,08	-1,48	0,52
122,80	-0,06	-1,43	0,59
124,00	-0,03	-1,39	0,65
123,60	-0,03	-1,36	0,69
124,90	0,04	-1,25	0,88
125,50	0,06	-1,20	0,95
126,40	0,08	-1,17	1,00
127,90	0,27	-0,81	1,57
128,50	0,32	-0,71	1,73
129,90	0,45	-0,49	2,09
130,60	0,49	-0,40	2,23
131,70	0,60	-0,23	2,55
132,90	0,76	0,05	3,07
128,80	0,92	0,35	3,54
127,30	0,93	0,37	3,56
126,40	0,96	0,41	3,62
125,80	1,01	0,50	3,75
123,90	1,01	0,52	3,75



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PST3_250

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,00	-0,03	0,00
0,40	0,00	-0,08	-0,02
0,60	0,00	-0,12	-0,03
0,90	-0,01	-0,17	-0,06
1,00	-0,02	-0,20	-0,07
1,80	-0,03	-0,26	-0,10
2,70	-0,03	-0,35	-0,13
3,40	-0,04	-0,38	-0,13
4,60	-0,05	-0,45	-0,16
5,70	-0,07	-0,50	-0,18
6,90	-0,08	-0,54	-0,18
7,00	-0,08	-0,56	-0,19
8,50	-0,08	-0,59	-0,17
9,60	-0,08	-0,59	-0,15
11,20	-0,08	-0,58	-0,11
12,10	-0,09	-0,59	-0,09
13,20	-0,08	-0,59	-0,06
14,80	-0,08	-0,59	-0,03
16,20	-0,09	-0,59	0,00
17,70	-0,09	-0,59	0,03
18,90	-0,08	-0,60	0,04
20,40	-0,08	-0,59	0,06
21,00	-0,09	-0,59	0,08
23,20	-0,08	-0,59	0,09
23,80	-0,08	-0,59	0,10
24,90	-0,08	-0,59	0,10
25,90	-0,08	-0,59	0,10
26,70	-0,08	-0,60	0,10
28,00	-0,08	-0,59	0,10
29,20	-0,08	-0,59	0,10
30,40	-0,08	-0,59	0,10
31,80	-0,08	-0,61	0,10
32,80	-0,08	-0,63	0,10
33,40	-0,08	-0,63	0,10
34,30	-0,09	-0,63	0,10
35,10	-0,08	-0,63	0,10

36,30	-0,09	-0,63	0,10
37,90	-0,08	-0,63	0,10
38,70	-0,08	-0,62	0,10
39,40	-0,08	-0,63	0,10
40,30	-0,08	-0,65	0,10
41,10	-0,08	-0,65	0,10
42,00	-0,08	-0,65	0,10
43,90	-0,08	-0,65	0,10
44,20	-0,08	-0,66	0,10
45,90	-0,08	-0,65	0,11
46,20	-0,09	-0,66	0,12
47,10	-0,08	-0,65	0,12
48,10	-0,08	-0,66	0,12
49,20	-0,08	-0,66	0,13
50,20	-0,08	-0,66	0,14
51,70	-0,08	-0,66	0,15
52,90	-0,08	-0,66	0,16
53,20	-0,09	-0,67	0,16
54,90	-0,08	-0,66	0,17
55,50	-0,09	-0,66	0,19
56,70	-0,09	-0,66	0,20
57,30	-0,08	-0,66	0,21
58,90	-0,08	-0,65	0,24
59,50	-0,08	-0,65	0,24
60,10	-0,09	-0,66	0,25
61,90	-0,09	-0,66	0,27
62,40	-0,08	-0,66	0,28
63,30	-0,08	-0,66	0,28
64,90	-0,08	-0,66	0,31
65,70	-0,08	-0,66	0,32
66,70	-0,07	-0,66	0,34
67,60	-0,07	-0,66	0,35
68,80	-0,06	-0,66	0,37
69,70	-0,05	-0,64	0,40
70,60	-0,05	-0,64	0,40
71,40	-0,04	-0,64	0,42
72,40	-0,03	-0,61	0,45
73,30	-0,02	-0,59	0,48
74,80	-0,01	-0,58	0,51
75,90	0,00	-0,57	0,53
76,20	0,00	-0,56	0,54
78,60	0,02	-0,54	0,60
79,60	0,03	-0,54	0,62
80,70	0,05	-0,51	0,66



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PST3_250

81,00	0,05	-0,50	0,67
81,40	0,05	-0,47	0,69
82,60	0,07	-0,45	0,73
83,50	0,08	-0,44	0,75
84,60	0,09	-0,40	0,78
85,80	0,11	-0,36	0,82
86,70	0,12	-0,34	0,85
87,90	0,14	-0,27	0,92
90,60	0,18	-0,21	1,01
91,60	0,20	-0,16	1,06
92,40	0,29	0,04	1,31
94,20	0,30	0,04	1,34
95,40	0,31	0,08	1,37
96,40	0,32	0,08	1,40
97,60	0,33	0,12	1,43
98,80	0,35	0,14	1,46
99,90	0,35	0,17	1,49
100,30	0,37	0,19	1,52
102,60	0,40	0,25	1,58
103,80	0,43	0,32	1,66
104,10	0,45	0,35	1,72
105,40	0,47	0,42	1,77
106,80	0,53	0,55	1,91
107,10	0,52	0,53	1,88
108,70	0,56	0,59	1,99
109,60	0,63	0,76	2,15
110,20	0,62	0,74	2,12
111,90	0,67	0,85	2,26
111,90	0,75	1,01	2,45
112,50	0,78	1,06	2,52
113,70	0,82	1,16	2,64
114,40	0,85	1,21	2,71
115,90	1,27	2,06	3,76
116,40	0,97	1,48	3,02
117,90	1,32	2,17	3,90
118,50	1,34	2,21	3,96
119,70	1,45	2,42	4,27
119,50	1,57	2,64	4,61
118,30	1,73	2,94	5,12
1,50	1,03	1,89	2,93



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

ST1_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
1.00	-0.76	-0.02	-0.05
3.60	-1.35	-0.51	-0.34
6.40	-1.50	-0.70	-0.49
11.80	-1.63	-0.91	-0.62
13.20	-1.66	-0.96	-0.65
15.00	-1.69	-1.01	-0.69
23.80	-1.74	-1.13	-0.76
26.10	-1.74	-1.16	-0.78
25.90	-1.75	-1.16	-0.78
27.60	-1.75	-1.16	-0.78
35.20	-1.75	-1.17	-0.79
36.90	-1.74	-1.17	-0.79
39.00	-1.74	-1.18	-0.79
43.60	-1.74	-1.18	-0.79
48.90	-1.74	-1.09	-0.79
54.00	-1.74	-1.10	-0.79
53.10	-1.74	-1.11	-0.79
59.80	-1.74	-1.10	-0.79
65.40	-1.74	-1.08	-0.79
63.90	-1.74	-1.08	-0.79
68.80	-1.75	-1.08	-0.79
69.70	-1.74	-1.09	-0.79
74.50	-1.75	-1.08	-0.79
75.70	-1.74	-1.08	-0.79
77.50	-1.74	-1.08	-0.79
82.50	-1.74	-1.06	-0.79
88.30	-1.74	-0.98	-0.70
88.30	-1.74	-0.97	-0.68
95.10	-1.74	-0.90	-0.63
93.10	-1.75	-0.90	-0.64
100.00	-1.64	-0.82	-0.60
105.70	-1.44	-0.68	-0.54
103.90	-1.38	-0.66	-0.53
106.90	-1.33	-0.60	-0.50
109.80	-1.17	-0.50	-0.45
108.90	-1.13	-0.47	-0.43

115.50	-0.91	-0.31	-0.34
112.90	-0.85	-0.28	-0.33
114.10	-0.80	-0.24	-0.31
119.40	-0.58	-0.07	-0.22
123.60	-0.19	0.21	-0.08
120.70	-0.07	0.29	-0.04
126.60	0.21	0.50	0.06
122.50	0.33	0.57	0.09
124.90	0.86	0.92	0.26
120.60	1.28	1.21	0.41
75.40	4.93	3.54	1.47
68.70	6.52	3.91	1.64
62.20	6.30	4.42	1.89
58.20	6.62	4.64	2.01
54.10	6.92	4.85	2.11
52.50	7.05	4.95	2.16
51.70	7.10	4.99	2.18



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PST2_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
0.00	0.00	0.01	0.00
0.90	0.09	0.07	0.02
1.50	0.08	-0.01	0.00
2.80	0.08	0.00	-0.01
4.00	0.11	-0.02	0.00
9.00	0.30	0.12	0.15
13.00	0.43	0.26	0.25
15.70	0.52	0.34	0.29
18.60	0.61	0.42	0.34
24.10	0.78	0.58	0.41
26.50	0.86	0.63	0.44
31.60	1.00	0.74	0.49
30.70	1.02	0.74	0.48
34.60	1.07	0.80	0.50
39.00	1.11	0.84	0.53
38.20	1.12	0.84	0.53
40.50	1.15	0.87	0.54
42.60	1.17	0.89	0.54
46.00	1.23	0.92	0.56
50.70	1.27	0.96	0.58
49.90	1.28	0.97	0.58
52.60	1.31	0.99	0.59
53.80	1.35	1.01	0.59
54.90	1.33	1.01	0.59
56.80	1.38	1.04	0.61
58.60	1.40	1.06	0.61
57.70	1.41	1.06	0.61
60.60	1.44	1.09	0.62
62.80	1.47	1.11	0.62
64.00	1.51	1.13	0.63
67.30	1.55	1.16	0.64
70.20	1.61	1.20	0.65
71.40	1.64	1.21	0.65
73.20	1.70	1.25	0.66
75.10	1.75	1.28	0.68
78.30	1.83	1.34	0.70

79.30	1.89	1.37	0.71
84.00	2.04	1.46	0.76
85.30	2.13	1.53	0.79
87.00	2.21	1.58	0.80
89.70	2.35	1.66	0.84
90.10	2.42	1.70	0.85
94.00	2.62	1.84	0.91
97.20	2.87	1.99	0.97
100.20	3.21	2.21	1.07
102.60	3.68	2.51	1.21
103.50	4.43	2.98	1.42
105.00	4.30	2.90	1.39
107.40	4.82	3.24	1.54
109.90	5.46	3.66	1.74
111.60	6.18	4.14	1.97
113.20	7.36	4.93	2.36
113.40	9.07	6.09	2.95
110.70	11.71	7.90	3.88
86.80	19.59	49.20	5.96
0.70	19.42	49.09	-28.63
0.70	19.41	49.09	-28.63
0.70	19.41	49.10	-28.63
0.70	19.41	49.09	-28.63



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

PST3_300

P (kN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)
0.10	0.00	0.01	0.00
0.40	0.00	0.01	0.00
0.60	0.00	-0.01	0.00
0.60	0.00	-0.02	0.00
1.50	0.00	-0.10	0.00
1.90	0.00	-0.13	0.01
2.20	0.00	-0.15	0.01
3.60	0.00	-0.20	0.02
4.50	0.00	-0.21	0.04
5.40	0.00	-0.21	0.05
11.70	0.15	-0.21	0.22
12.60	0.16	-0.21	0.24
13.90	0.18	-0.21	0.28
14.50	0.19	-0.21	0.29
15.40	0.20	-0.21	0.30
16.60	0.21	-0.21	0.33
17.50	0.22	-0.21	0.35
19.20	0.23	-0.21	0.38
20.10	0.24	-0.21	0.40
21.10	0.24	-0.21	0.41
22.60	0.26	-0.21	0.42
23.70	0.26	-0.21	0.43
27.90	0.29	-0.21	0.47
28.50	0.29	-0.21	0.48
30.90	0.31	-0.21	0.51
32.40	0.32	-0.21	0.53
34.30	0.33	-0.21	0.56
35.10	0.34	-0.21	0.58
37.80	0.36	-0.21	0.61
39.40	0.38	-0.21	0.65
40.00	0.38	-0.21	0.66
40.60	0.39	-0.21	0.68
42.40	0.41	-0.21	0.72
44.20	0.43	-0.20	0.78

45.00	0.43	-0.21	0.79
46.50	0.45	-0.21	0.82
49.20	0.48	-0.20	0.91
50.50	0.50	-0.21	0.94
51.10	0.51	-0.21	0.98
53.10	0.53	-0.21	1.03
55.20	0.55	-0.22	1.09
58.00	0.59	-0.22	1.18
59.50	0.62	-0.22	1.26
61.30	0.64	-0.22	1.32
62.10	0.66	-0.22	1.34
63.00	0.67	-0.21	1.39
63.70	0.68	-0.21	1.41
64.90	0.70	-0.21	1.48
66.10	0.72	-0.21	1.51
67.30	0.73	-0.21	1.53
68.10	0.75	-0.22	1.58
69.60	0.77	-0.22	1.63
70.90	0.78	-0.21	1.67
71.80	0.81	-0.21	1.73
73.60	0.83	-0.21	1.79
75.00	0.84	-0.21	1.84
76.20	0.86	-0.22	1.88
76.60	0.88	-0.21	1.93
77.20	0.89	-0.21	1.96
78.00	0.90	-0.21	1.99
79.00	0.91	-0.21	2.02
80.20	0.92	-0.21	2.05
81.30	0.96	-0.21	2.12
82.60	0.97	-0.21	2.16
83.40	0.98	-0.22	2.19
84.30	0.99	-0.21	2.23
84.70	1.01	-0.22	2.27
86.20	1.02	-0.21	2.32
87.90	1.05	-0.22	2.37



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Sambungan PST3_300

88.80	1.07	-0.21	2.42
92.50	1.12	-0.21	2.55
93.60	1.16	-0.21	2.66
94.80	1.17	-0.21	2.73
96.30	1.20	-0.22	2.78
97.90	1.21	-0.21	2.84
98.70	1.24	-0.20	2.90
99.90	1.27	-0.19	2.99
100.90	1.31	-0.19	3.11
101.70	1.32	-0.19	3.14
102.60	1.34	-0.19	3.18
103.30	1.34	-0.20	3.21
104.40	1.36	-0.19	3.24
105.60	1.38	-0.20	3.30
106.60	1.39	-0.20	3.34
107.50	1.42	-0.19	3.40
108.40	1.44	-0.20	3.47
109.60	1.45	-0.19	3.50
110.50	1.47	-0.19	3.54
113.80	1.54	-0.19	3.75
115.60	1.58	-0.19	3.86
116.20	1.59	-0.20	3.90
117.40	1.61	-0.19	3.96
118.50	1.64	-0.19	4.04
119.20	1.65	-0.19	4.08
120.60	1.67	-0.19	4.14
121.90	1.69	-0.20	4.18
122.70	1.74	-0.19	4.33
123.30	1.77	-0.20	4.44
125.40	1.79	-0.20	4.50
126.10	1.80	-0.20	4.54
127.20	1.83	-0.20	4.62
129.10	1.85	-0.21	4.68
130.90	1.88	-0.21	4.75
131.10	1.91	-0.21	4.84

132.60	1.95	-0.23	4.97
136.00	2.02	-0.28	5.19
136.60	2.11	-0.28	5.46
138.00	2.22	-0.41	5.81
138.30	2.24	-0.40	5.89
139.20	2.35	-0.40	6.27
139.80	2.47	-0.40	6.62
141.40	2.50	-0.41	6.73
136.00	2.53	-0.41	6.82
134.10	2.54	-0.41	6.85
134.70	2.56	-0.47	6.93
136.50	2.58	-0.48	6.98
139.50	2.60	-0.47	7.07
142.50	2.64	-0.47	7.17
141.60	2.66	-0.47	7.23
143.10	2.74	-0.47	7.48
129.70	2.77	-0.48	7.53
89.10	3.09	0.23	8.65
86.80	3.10	0.33	8.72
79.60	3.20	0.65	9.14
79.50	3.21	0.67	9.15
78.90	3.21	0.69	9.19
76.30	3.26	0.82	9.36



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN
LINGKUNGAN
LABORATORIUM STRUKTUR
Bulak Sumur, Yogyakarta, Telepon (0274) 902244

Kuat tekan panel dinding *polystyrene* kandungan semen 250 kg dan kandungan semen 300 kg

No	No Panel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat Akhir (kg)	P _{max} (kN)	Kuat tekan (MPa)
1	PST 1_250	800	300	61,40	21,7	85,30	4,631
2	PST 2_250	800	300	62,61	21,6	132,90	7,075
3	PST 3_250	800	300	61,76	21,8	119,70	6,460
Rata-rata		800	300	61,925	21,7	112,633	6,055
1	PST1_300	800	300	60,70	22,6	126,60	6,952
2	PST2_300	800	300	61,88	23,2	113,40	6,109
3	PST3_300	800	300	61,20	22,7	143,10	7,794
Rata-rata		800	300	61,258	22,833	127,700	6,952

Yogyakarta, Maret 2014

Peneliti,

Ade Okvianti Irlan

11/324621/PTK/7732