

**OPTIMALISASI KOMPOSISI MORTAR SIAP PAKAI SEBAGAI BAHAN
DASAR FERROSEMENT DENGAN PERAWATAN UAP PANAS**

(Skripsi)

Oleh:

FAHRIZAL

NPM 1715011036



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
5.1. Ferosemen	6
5.2. Mortar Siap Pakai	10
5.3. Perawatan Sistem Penguapan (<i>Steam Curing</i>).....	12
5.4. Pengujian Kuat Tekan.....	13
5.5. Pengujian Kuat Lentur	15
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Umum	16
3.2. Bahan	16
3.2.1. Mortar Siap Pakai.....	16
3.2.2. Semen	17
3.2.3. Bahan Adiktif	18
3.2.4. Air.....	18
3.3. Peralatan.....	19
3.3.1. Satu Set Saringan.....	19

3.3.2. <i>Digital Compression Testing Machine (CTM)</i>	19
3.3.3. Oven	19
3.3.4. Timbangan.....	20
3.3.5. Mesin Pengaduk Beton (<i>Concrete Mixer</i>).....	20
3.3.6. Cetakan Benda Uji	21
3.3.7. Palu Karet	21
3.3.8. <i>Curing Tank</i>	22
3.3.9. Alat Bantu Tambahan.....	22
3.4. Benda Uji	22
3.5. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.5.1. Persiapan Bahan dan Peralatan.....	24
3.5.2. Pemeriksaan Bahan dan Peralatan.....	24
3.5.3. Pembuatan Pabrikasi Benda Uji	24
3.5.4. Perencanaan Campuran Mortar	25
3.5.5. Pembuatan Benda Uji	25
3.5.6. Perawatan Ferosemen.....	27
3.5.7. Pengujian Benda Uji.....	28
3.5.7.1. Pengujian Kuat Lentur	28
3.5.7.2. Pengujian Kuat Tekan	29
3.5.8. Analisa Hasil Pengujian Benda Uji	31
3.6. Diagram Alir Penelitian	32

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material.....	33
4.2. Perencanaan Campuran Benda Uji	34
4.3. Pengujian Mekanik Benda Uji	35
4.3.1. Pengaruh <i>Steam Curing</i> terhadap Kuat Lentur Mortar Siap Pakai dengan Variasi Umur Benda Uji	35
4.3.2. Pengaruh <i>Steam Curing</i> terhadap Kuat Tekan Mortar Siap Pakai dengan Variasi Umur Benda Uji	36
4.3.3. Pengaruh Penambahan Semen dan <i>Admixture</i> Terhadap Kekuatan Lentur	37

4.3.4. Pengaruh Penambahan Semen dan <i>Admixture</i> Terhadap Kekuatan Tekan	38
4.3.5. Korelasi antara Kuat Lentur dan Tekan Mortar	40

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Campuran Sikacim.....	12
Gambar 2. Kuat lentur beton reaktif semua perawatan.....	13
Gambar 3. Balok sederhana dengan beban terpusat ditengah bentang	14
Gambar 4. Balok sederhana yang dibebani gaya P	14
Gambar 5. Diagram lintang.....	14
Gambar 6. Diagram momen.....	15
Gambar 7. Mortar Siap Pakai (MSP) merek SIKA dalam kemasan 1 zak berukuran 40 kg.....	17
Gambar 8. PCC (<i>Portland Composite Cement</i>) merek Batu Raja kemasan 1 sak berukuran 50 kg.....	17
Gambar 9. <i>SikaCim Concrete Additive</i>	18
Gambar 10. <i>Digital Compression Testing Machine (CTM)</i>	19
Gambar 11. Oven	20
Gambar 12. Mesin Pengaduk Mortar (<i>Mortar Mixer</i>)	20
Gambar 13. Cetakan Benda Uji	21
Gambar 14. Palu karet.....	21
Gambar 15. Dandang (<i>Curing Tank</i>)	22
Gambar 16. Benda uji prisma ukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm.....	24
Gambar 17. Menimbang bahan-bahan	25
Gambar 18. Pencampuran bahan.....	26
Gambar 19. Perawatan benda uji dengan <i>steam curing</i>	27
Gambar 20. Skema pengujian kuat lentur balok	28
Gambar 21. Skema modifikasi perletakan pada pengujian kuat lentur Pembebanan 1 titik di tengah bentang.....	29
Gambar 22. Pengujian kuat lentur	29
Gambar 23. Skema pengujian kuat tekan hasil kuat lentur dengan luas tekan 40 mm x 40 mm.....	30
Gambar 24. Pengujian kuat tekan	30
Gambar 25. Pengaruh <i>steam curing</i> terhadap kuat lentur mortar	36

Gambar 26. Pengaruh <i>steam curing</i> terhadap kuat tekan mortar	37
Gambar 27. Pengaruh penambahan semen dan <i>admixture</i> terhadap kuat lentur mortar	38
Gambar 28. Proses pengujian kuat lentur mortar.....	38
Gambar 29. Pengaruh penambahan semen dan <i>admixture</i> terhadap kuat tekan mortar	39
Gambar 30. Proses pengujian kuat tekan mortar	40
Gambar 31. Diagram korelasi antara kuat tekan dan lentur.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi bahan dan penulangan pembentuk fero semen	8
Tabel 2. Spesifikasi Gradasi Pasir (ASTM C-33).....	10
Tabel 3. Variasi benda uji kuat tekan dan kuat lentur berdasarkan umur tanpa penambahan semen serta bahan adiktif.....	23
Tabel 4. Variasi benda uji untuk kuat tekan dan kuat lentur dengan penambahan semen umur 28 hari.....	23
Tabel 5. Komposisi material per zak 40 kg Mortar Siap Pakai.....	34

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dunia konstruksi pada saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat, dimana meningkatnya permintaan dari berbagai pihak yang menginginkan adanya kemajuan dalam infrastruktur di Indonesia. Salah satu inovasi dalam dunia konstruksi di Indonesia yang dipengaruhi oleh berkembangnya ilmu pengetahuan yaitu fero semen sebagai alternatif konstruksi beton bertulang.

Berdasarkan ACI Committee 549, fero semen adalah konstruksi beton bertulang tipis, dibuat dari campuran pasir dan semen hidrolis dengan penulangan kawat jala berdiameter kecil berlapis-lapis dan menerus diseluruh bagian strukturnya. Struktur fero semen yang menyerupai pelat tipis membuatnya mudah dibentuk sesuai dengan keperluan perencanaannya (Syarif, 2011). Fero semen memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan struktur beton bertulang, ditinjau dari sifat mekaniknya fero semen memiliki sifat-sifat seragam dalam dua arah, umumnya memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang tinggi, proses retak dan perluasan retak yang berbeda pada beban tarik, memiliki ratio tulangan yang tinggi, daktilitas meningkat sejalan dengan peningkatan rasio tulangan, memiliki sifat kedap air yang tinggi, serta tahan terhadap beban kejut. Disisi lain, fero semen lemah terhadap temperatur tinggi, serta proses pembuatan dan pengolahannya harus sangat diperhatikan. Dari segi fisik, struktur fero semen memiliki ketebalan yang rendah (tipis), dengan adanya mesh tulangan terdistribusi, penulangan utama dalam dua arah, dan matriksnya hanya merupakan campuran agregat halus (pasir), semen, dan air (Helmi dan Alami, 2010). Sifat dan kekuatan

ferosemen dipengaruhi oleh ukuran tulangan, kekuatan mortar, kekakuan bentuk struktur, cara pembuatan dan pengolahannya (Djausal, 2004).

Mortar kering siap pakai adalah campuran bahan-bahan kering terdiri dari bahan bersifat semen dan agregat yang halus untuk mortar yang dikemas dalam kantong kedap udara sehingga aman terhadap pengaruh cuaca (Lasino dan Deddy, 2012). Mortar sebagai bahan pengikat dalam pekerjaan ferosemen serta pekerjaan penyelesaian lainnya memegang peranan penting karena selain harus memenuhi persyaratan teknis juga harus memberikan nilai dekoratif yang tinggi.

Selain itu, tuntutan pada era globalisasi tersebut menyebabkan persaingan di kalangan penyedia jasa konstruksi, sehingga setiap penyedia jasa konstruksi harus berusaha meningkatkan kualitas mereka agar mampu bertahan dan berkembang dalam dunia konstruksi salah satunya dengan meningkatkan mutu.

Mutu sendiri dapat diartikan sebagai suatu kepuasan pelanggan dalam penggunaan produk atau jasa yang diberikan. Pada proyek konstruksi, pelanggan ini berarti pihak yang memberikan kepercayaan dan wewenang untuk melaksanakan suatu tugas atau pekerjaan. Dalam proyek konstruksi tahap pelaksanaan terutama pada pekerjaan beton bertulang sangat sering ditemukan kesalahan – kesalahan dimana sering ditemukan hasil pekerjaan yang tidak sesuai dengan mutu yang direncanakan (Angelina dan Jane, 2018). Pelaksanaan suatu konstruksi setiap pekerjaan harus memperhatikan standar – standar yang telah ditetapkan. Namun dalam pelaksanaannya tidak dipungkiri bahwa terdapat beberapa hal yang dapat memengaruhi mutu dari hasil pekerjaan yang dilakukan, baik dari segi internal berupa kesalahan desain dan perubahan desain maupun dari eksternal berupa keadaan alam atau fisik, lingkungan sekitar bangunan dan politik. Oleh karena, itu untuk mencapai standar mutu yang ada pelaksanaan di lapangan seringkali komposisi bahan yang digunakan ditambah/dikurangi, penambahan zat adiktif, dan juga perlakuan perawatan bahan yang digunakan.

Menurut Lasino dan Deddy, Mortar Siap Pakai (MSP) yang terjual di pasaran memiliki nilai kuat tekan 2,4 – 17,2 Mpa. Sedangkan syarat Mortar bisa digunakan untuk bangunan ferosemen yaitu memiliki kuat tekan ≥ 30 Mpa. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan penambahan semen dengan tujuan Mortar Siap Pakai memiliki komposisi optimal yang bisa digunakan sebagai bahan dasar ferosemen sehingga memenuhi standar mutu yang ada. Adapun penambahan zat adiktif untuk menambah *workabilty* benda uji.

Untuk mendapatkan kualitas beton yang diinginkan perlu dilakukan perawatan beton. Beberapa perawatan beton yang sering digunakan yaitu dengan pembasahan (air), oven, dan uap panas (*steam curing*). Dalam penelitian ini menggunakan perawatan beton *steam curing*. Pembuatan beton dengan perawatan sistem penguapan (*steam curing*) merupakan salah satu penyelesaian permasalahan diatas guna mempercepat waktu pembuatan dan produksi beton dilapangan serta peningkatan mutu beton hal ini tentu lebih efektif untuk digunakan sebagai metode perawatan ferosemen pracetak.

Berdasarkan uraian di atas, dan dikarenakan belum ada penelitian tentang komposisi penambahan bahan yang digunakan untuk mendapatkan standar mutu yang ada, maka penelitian ini perlu dilakukan dimaksudkan untuk mengetahui komposisi penambahan semen pada mortar siap pakai ferosemen dengan perawatan uap panas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan pembuatan bangunan ferosemen pracetak.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam proposal penelitian ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *steam curing* terhadap kuat lentur mortar ferosemen?
2. Bagaimana pengaruh *steam curing* terhadap kuat tekan mortar ferosemen?
3. Bagaimana pengaruh penambahan semen dan *admixture* terhadap kuat lentur mortar ferosemen?

4. Bagaimana pengaruh penambahan semen dan *admixture* terhadap kuat tekan mortar ferosemen?
5. Bagaimana korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur mortar ferosemen?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah-masalah yang telah diuraikan diatas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental.
2. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah mortar siap pakai.
3. Perlakuan perawatan pada benda uji yaitu dengan *Steam Curing*
4. Penelitian ini dilakukan berdasarkan ACI COMMITTEE 549.1997. *State-of-the-Art Report On Ferrocement.*

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat komposisi ideal mortar siap pakai untuk ferosemen.
2. Mengetahui efek penambahan semen portland pada mortar siap pakai ferosemen terhadap perilaku sifat mekaniknya.
3. Menganalisis efek perlakuan perawatan pada mortar yaitu dengan *Steam Curing*

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat pembuatan struktur ferosemen.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan dalam perencanaan ferosemen.
3. Sebagai referensi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.
4. Memberikan pengetahuan baru untuk penelitian dan penggunaan teknologi ferosemen.
5. Mengembangkan teknologi ferosemen, karena ferosemen mampu menjadi inovasi baru di bidang konstruksi terutama teknologi beton.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fero semen

Berdasarkan ACI Committee 549, fero semen adalah konstruksi beton bertulang tipis yang dibuat dari campuran pasir dan semen hidrolik dengan penulangan kawat jala berdiameter kecil berlapis-lapis dan menerus diseluruh bagian strukturnya. Lapisan jala tersebut dapat terbuat dari bahan metal atau bahan lain yang cocok untuk digunakan. Fero semen mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan bahan konstruksi yang lain terutama dengan struktur beton bertulang (Tjokrodimuljo, 2007). Keunggulan fero semen adalah sebagai berikut:

- Bahan dasar untuk membuat fero semen mudah didapatkan.
- Struktur yang dibuat dari fero semen tipis dan ringan.
- Akibat berat sendiri yang lebih ringan makasangat memungkinkan untuk dibuat pabrikasi (dicetak di pabrik).
- Cara pengerjaannya sederhana.
- Penghematan bahan cetakan dapatdilakukan.
- Jika mengalami kerusakan, perbaikan pada fero semen mudah untuk dilakukan.

Fero semen telah banyak diimplementasikan dan digunakan dibeberapa bangunan yang ada di wilayah Indonesia. Aplikasi tersebut diawali dengan penerapan teknologi fero semen di bidang struktur laut (*marine structures*) ataupun pembuatan kapal (Heinz, 1999). Seiring dengan penerapan ilmu pengetahuan, penerapan fero semen telah banyak dilakukan pada berbagai bidang seperti bangunan rumah, bangunan monumental, dan struktur irigasi.

2.1.1. Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Fero semen

Ditinjau dari sifat mekaniknya fero semen memiliki sifat-sifat seragam dalam dua arah, umumnya memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang tinggi, proses retak dan perluasan retak yang berbeda pada beban tarik, memiliki ratio tulangan yang tinggi, daktilitas meningkat sejalan dengan peningkatan rasio tulangan, memiliki sifat kedap air yang tinggi, serta tahan terhadap beban kejutan. Disisi lain, fero semen lemah terhadap temperatur tinggi, serta proses pembuatan dan pengolahannya harus sangat diperhatikan.

Menurut Helmi dan Alami (2010), dari sifat fisik, struktur fero semen memiliki ketebalan yang rendah (tipis), dengan adanya mesh tulangan terdistribusi, penulangan utama dalam dua arah, dan matriksnya hanya merupakan campuran agregat halus (pasir), semen, dan air. Sifat dan kekuatan fero semen dipengaruhi oleh ukuran tulangan, kekuatan mortar, kekakuan bentuk struktur, cara pembuatan dan pengolahannya (Djausal, 2004).

2.1.2. Bahan Pembentuk Fero semen

Bahan penyusun atau pembentuk fero semen pada umumnya dapat dibagi menjadi dua komponen utama, yaitu matriks dan tulangan. Matriks adalah bahan pengikat semen hidrolis serta mengandung agregat halus, yang pada umumnya disebut dengan mortar. Matriks memiliki fungsi untuk mengendalikan susut, menetapkan waktu, dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Matriks terdiri dari semen portland, agregat halus (pasir), air, lapisan kawat jala (*wiremesh*), dan bahan tambah (*addmixtures*). Sedangkan komponen utama lainnya yaitu tulangan untuk fero semen umumnya digunakan untuk penulangan rangka.

Tabel 1. Komposisi bahan dan penulangan pembentuk fero semen

Sifat	Uraian	Keterangan
Penulangan kawat anyam	Jenis kawat	Segi 4, heksagonal, wajik
	Jarak garis tengah	0,5 mm – 1,5 mm
	Jarak bukaan kawat	6,0 mm – 25 mm
	Jumlah lapisan	Maksimal 5 lapis / cm tebal
Penulangan rangka	Jenis rangka	Kawat, besi beton
	Jarak garis tengah	3 mm – 10 mm
	Jarak penulangan	4 cm – 10 cm
Komposisi mortar	Jenis semen <i>portland</i>	Disesuaikan tujuan pemakaian
	Semen : pasir	Perbandingan berat (1 – 2,5)
	Air : semen (W/C)	Perbandingan berat (0,35 – 0,65)

(Sumber: Djausal, 2004.)

2.1.2.1. Mortar

Pada umumnya mortar terdiri dari semen *portland*, agregat halus (pasir), air, dan *admixture* tambahan lainnya. Berdasarkan ACI Committee 549, mortar biasanya mengandung 95% dari total volume fero semen dan mempunyai pengaruh yang besar pada sifat mekanik fero semen. Oleh karena itu, dalam pemilihan material mortar, pencampuran material mortar, serta penempatan mortar seharusnya diberi perhatian ekstra.

Berdasarkan pernyataan Djausal (2004), bahwa komposisi yang dianjurkan untuk mortar fero semen mempunyai perbandingan berat semen terhadap pasir antara 1– 2,5 dan perbandingan berat air terhadap semen antara 0,35 – 0,6.

2.1.2.2. Semen

Semen adalah bahan ikat hidrolis yang digunakan untuk mengikat bahan-bahan menjadi satu kesatuan yang kuat. Bahan hidrolis adalah bahan yang akan mengeras bila bercampur dengan air (H₂O) atau udara bebas atau lembab, dan tidak dapat didaur ulang. Semen

memiliki berbagai jenis/tipe, diantaranya *Portland Composite Cement* (PCC). Semen komposit ini diproduksi dari penggilingan bubuk semen Portland dengan bahan anorganik lain yang memiliki karakteristik pozzolan, mengandung silikat tinggi, mengandung kapur dan slag dari pembakaran biji besi. Bahan tersebut ditambahkan ke dalam semen sebanyak 6-35% dari berat semen berdasarkan SNI 15-7064-2004.

Bahan tambah yang digunakan pada semen PCC bertujuan untuk memberikan peningkatan mutu, mempercepat waktu pengerasan, memperbaiki kemudah-pengerjaan, menurunkan porositas, meningkatkan ketahanan terhadap zat perusak di lingkungan agresif. Mineral yang digunakan dapat berupa material reaktif jika diberi air, material pozzolanik, dan kombinasi dari kedua jenis material tersebut (SeNITiA, 2019).

Berdasarkan ACI Committee 549, semen pembentuk mortar ferosemen harus bersih, seragam, bebas dari gumpalan dan benda asing. Semen harus disimpan pada kondisi yang kering untuk durasi waktu yang sependek mungkin. Semen PCC biasanya digunakan sebagai pengganti semen tipe I (OPC) untuk pekerjaan beton, pasangan bata, dan konstruksi yang memerlukan ketahanan dan durabilitas tinggi di lingkungan agresif.

2.1.2.3. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir adalah batuan yang ukurannya $\leq 4,75$ mm (SNI 4445, 2014). Agregat halus (pasir) adalah agregat biasa yang umumnya digunakan pada ferosemen dan harus mengikuti standar ASTM C-33 (untuk agregat halus) atau standar yang setara. Berdasarkan ACI Committee 549, agregat halus harus dalam kondisi bersih, bebas dari bahan organik dan substansi pengganggu, secara

relatif bebas dari lumpur dan tanah, serta agregat yang dapat bereaksi dengan alkali dalam semen harus dihindari.

Tabel 2. Spesifikasi Gradasi Pasir (ASTM C-33)

Ayakan No.	Persentase Lewat (%)
3/8 in (9,50 mm)	100
no. 4 (4,75 mm)	95 -100
no. 8 (2,36 mm)	80 -100
no. 16 (1,18 mm)	50 -85
no. 30 (0,6 mm)	25 -60
no. 50 (0,3 mm)	10 -30
no. 100 (0,15 mm)	2-10

2.1.2.4. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan dapat air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Menurut Mulyono (2004), air tawar yang dapat dikonsumsi umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton/mortar, dan sangat disarankan untuk menggunakan air yang dapat dikonsumsi.

Berdasarkan ACI Committee 549, air yang digunakan haruslah segar, bersih, dan dapat dikonsumsi. Airnya harus bebas dari bahan organik, lumpur, minyak, gula, klorida, dan bahan bersifat asam. Jika dites, airnya harus mempunyai $\text{pH} \geq 7$ untuk meminimalkan penurunan pH dalam adukan mortar. Air garam tidak diperbolehkan, tetapi air minum yang berklorinasi dapat digunakan.

2.2. Mortar Siap Pakai

Saat ini telah berkembang produk Mortar Siap Pakai (MSP) yang digunakan untuk berbagai pekerjaan seperti bangunan perumahan (rusun dan apartemen), bangunan gedung untuk perkantoran, pendidikan, industri, hotel, *mall* dan lainnya, dimana tuntutan mutu serta efisiensi kerja sangat diperlukan. Selanjutnya apakah produk mortar yang saat ini telah berkembang cukup memenuhi syarat teknis dan sesuai dengan tujuan penggunaannya, perlu kajian dan penelitian lebih lanjut sehingga dapat menjawab permasalahan tersebut.

Mortar kering siap pakai adalah campuran bahan-bahan kering terdiri dari bahan bersifat semen dan agregat yang halus untuk mortar yang dikemas dalam kantong kedap udara sehingga aman terhadap pengaruh cuaca (Lasino dan Deddy, 2012).

Berdasarkan kekuatannya mortar kering siap pakai dibedakan atas 4 (empat) jenis yaitu :

1. Mortar tipe RM dengan kuat tekan 28 hari sebesar 17,2 MPa
2. Mortar tipe RS dengan kuat tekan 28 hari sebesar 12,4 MPa
3. Mortar tipe RN dengan kuat tekan 28 hari sebesar 5,2 MPa
4. Mortar tipe RO dengan kuat tekan 28 hari sebesar 2,4 MPa.

Keterangan :

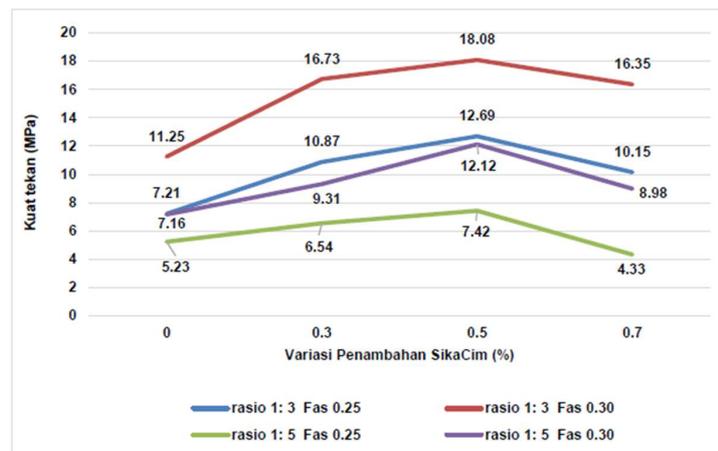
- Tipe RM dan tipe RS dapat digunakan untuk komponen pemikul beban/struktural
- Tipe RN dan tipe RO dapat digunakan untuk komponen tidak memikul beban/non struktural

Penggunaan bahan bantu / *admixtures* pada pembuatan mortar untuk memperoleh sifat-sifat khusus dari mortar seperti, kekuatan, kestabilan bentuk, kemudahan pengerjaan, kecepatan pengerasan, kededapan air, kekerasan permukaan, ketahanan kimia dan sebagainya. Beberapa jenis bahan tambahan /*admixtures* untuk mortar terdiri atas dua kelompok yaitu bahan pembantu

kimia (*chemical admixtures*) dan bahan pembantu mineral (*mineral admixtures*). Kedua bahan tersebut sering digunakan untuk pembuatan mortar sesuai dengan sifat atau karakteristik yang diinginkan selain tentunya pertimbangan terhadap aspek harga (Lasino dan Deddy, 2012).

Bahan pembantu yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu bahan pembantu kimia *SikaCim Concrete Additive* (*chemical admixtures*). *SikaCim Concrete Additive* merupakan bahan kimia berbentuk cairan dengan jenis *superplasticizer* yang berfungsi untuk mempercepat pengerasan pada beton, dengan pengurangan air hingga 20% bertujuan untuk mempermudah pengecoran dan meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari (Gusneli Yanti, Zainuri, Dan Shanti Wahyuni Megasari. 2021)

Sikacim merupakan bahan admixture *Superplasticizer*, dalam penggunaannya bahan tambah *SikaCim*, dapat membantu menaikkan kekuatan tekan beton porus (Gusneli Yanti, Zainuri, Dan Shanti Wahyuni Megasari. 2021)

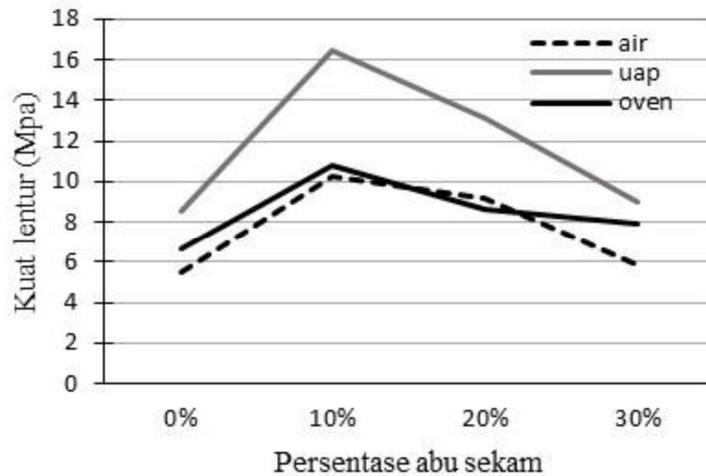


Gambar 1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Campuran Sikacim.
(Sumber : Gusneli Yanti, Zainuri, Dan Shanti Wahyuni Megasari. 2021)

Menurut Gusneli Yanti, Zainuri, Dan Shanti Wahyuni Megasari. 2021, mengatakan dari hasil penelitian nilai kuat tekan karakteristik Beton umur 28 hari menggunakan Sikacim (0,3 %, 0,5 %, 0,7 %) dari berat semen, terjadi peningkatan bila dibandingkan dengan beton normal tanpa *additive*.

2.3. Perawatan Sistem Penguapan (*Steam Curing*)

Pembuatan beton dengan perawatan sistem penguapan (*steam curing*) merupakan salah satu penyelesaian permasalahan diatas guna mempercepat waktu pembuatan dan produksi beton dilapangan. Tetapi kondisi tersebut membuat lapisan beton menjadi lebih *porous* karena pemberian tekanan pada suhu panas menyebabkan rusaknya lapisan terluar dari beton, karena semen sebagai material yang paling halus akan mudah mengalami susut-regang yang besar jika tekanan yang diberikan terlalu lama pada suhu yang tinggi (SeNITiA, 2019).



Gambar 2. Kuat Lentur Beton Reaktif Semua Perawatan.

(Sumber : SeNITiA, 2019)

2.4. Pengujian Kuat Lentur

Beban-besan yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (arah vertikal) maupun beban-besan lain, seperti beban angin (dapat berarah horizontal), beban karena susut, dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur (SNI 4154, 2014). Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan

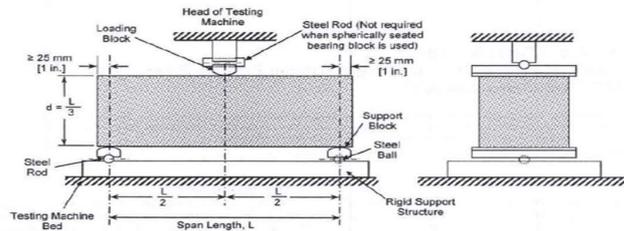
yang timbul karena adanya beban luar. Uji kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada benda uji plat ferosemen berbentuk balok dengan ukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm, akan diuji dengan satu beban terpusat.

Berdasarkan SNI 4154 : 2014, nilai kuat lentur dengan pembebanan 1 titik di tengah bentang dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

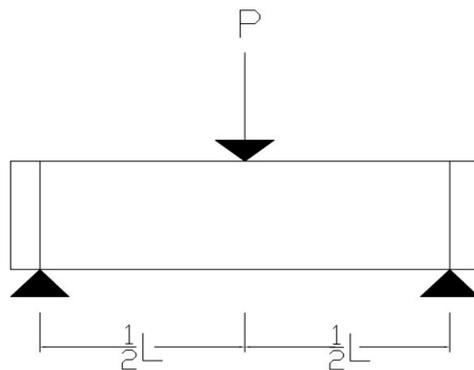
$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots(1)$$

keterangan:

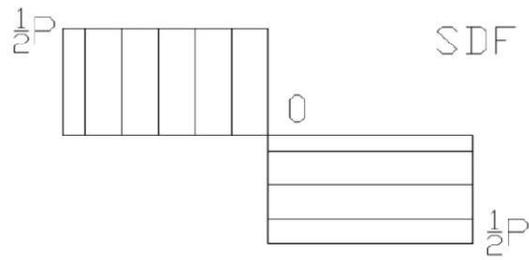
- σ = Kuat lentur (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang bentang (mm)
- b = Lebar rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)
- h = Tinggi rata-rata spesimen pada daerah runtuh (mm)



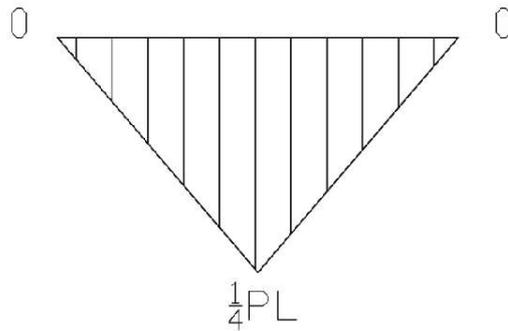
Gambar 3. Balok sederhana dengan beban terpusat ditengah bentang. (Sumber: SNI 4154 : 2014)



Gambar 4. Balok sederhana yang dibebani gaya P.



Gambar 5. Diagram lintang.



Gambar 6. Diagram momen.

2.5. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji. Uji kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada potongan hasil uji kuat lentur benda uji berbentuk balok ukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm, dengan luas tekan 40 mm x 40 mm. Menurut SNI 1974 : 2011, untuk menghitung kuat tekan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

keterangan:

- f_c = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Gaya tekan maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm^2)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat benda uji mortar berbentuk prisma berukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm menggunakan Mortar Siap Pakai lalu di tambahkan komposisi bahan semen portland sebesar presentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% serta ditambahkan zat adiktif (*admixture*) dan tanpa zat adiktif serta perlakuan perawatan dengan sistem penguapan (*steam curing*).

3.2. Bahan

Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

3.2.1. Mortar Siap Pakai

Mortar siap pakai adalah campuran bahan-bahan kering terdiri dari bahan bersifat semen dan agregat yang halus untuk mortar yang dikemas dalam kantong kedap udara sehingga aman terhadap pengaruh cuaca (Lasino dan Deddy, 2012). Dalam penelitian ini Mortar Siap Pakai (MSP) yang digunakan dari merek SIKA dengan tipe RN.



Gambar 7. Mortar Siap Pakai (MSP) merek SIKA dalam kemasan 1 sak berukuran 40 kg.

3.2.2. Semen

Semen adalah bahan ikat hidrolis yang digunakan untuk mengikat bahan-bahan menjadi satu kesatuan yang kuat. Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen PCC yang didapatkan dari toko dagang serta harus dalam kondisi baik dan tertutup rapat, dengan merek Semen Baturaja dalam kemasan (zak) berukuran 50 kg.



Gambar 8. PCC (*Portland Composite Cement*) merek Batu Raja kemasan 1 zak berukuran 50 kg.

3.2.3. Bahan Aditif

SikaCim Concrete Additive merupakan bahan kimia berbentuk cairan dengan jenis *superplasticizer* yang berfungsi untuk mempercepat pengerasan pada beton, dengan pengurangan air hingga 20% bertujuan untuk mempermudah pengecoran dan meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari. *SikaCim Concrete Additive* dapat digunakan pada batas pemakaian dosis 0,30% - 1,0% dari total berat semen tergantung pada persyaratan mengenai workability dan kekuatan (Gusneli Yanti, Zainuri, Dan Shanti Wahyuni Megasari. 2021). *SikaCim Concrete Additive* yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu merek SIKA yang mudah didapatkan di toko bangunan.



Gambar 9. *SikaCim Concrete Additive*.

3.2.4. Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Pada penelitian ini, air yang digunakan tidak mengandung lumpur, minyak, garam dan benda-benda merusak lainnya yang dapat dilihat secara visual. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan air bersih di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

3.3.1. Satu Set Saringan

Saringan digunakan untuk mengukur gradasi agregat halus, sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan dari agregat halus.

3.3.2. *Digital Compression Testing Machine (CTM)*

Merupakan alat yang digunakan pada pengujian kuat lentur dan kuat tekan. *Digital Compression Testing Machine (CTM)* yang digunakan memiliki kapasitas beban maksimum 2000 kN.



Gambar 10. *Digital Compression Testing Machine (CTM)*.

3.3.3. Oven

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengeringkan material yang akan di uji pada penelitian ini. Oven yang digunakan memiliki kapasitas suhu maksimum 110°C dengan daya sebesar 2800 Watt.



Gambar 11. Oven.

3.3.4. Timbangan

Merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur berat material yang akan digunakan pada penelitian ini. Timbangan yang digunakan berkapasitas maksimum 12 kg dengan ketelitian pembacaan 1 gram (timbangan kecil), timbangan berkapasitas maksimum 50 kg dengan ketelitian pembacaan 10 gram (timbangan sedang), dan timbangan dengan kapasitas maksimum 100 kg dengan ketelitian pembacaan 50 gram (timbangan besar).

3.3.5. Mesin Pengaduk Mortar (*Mortar Mixer*)

Merupakan alat yang digunakan untuk mengaduk campuran mortar ferosemen.



Gambar 12. Mesin Pengaduk Mortar (*Mortar Mixer*).

3.3.6. Cetakan Benda Uji

Cetakan Benda Uji dengan dimensi 160 mm x 40 mm x 40 mm, menggunakan cetakan yang sudah ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung.



Gambar 13. Cetakan Benda Uji

3.3.7. Palu Karet

Merupakan alat penggetar yang digunakan untuk menggetarkan adukan ferosemen yang baru diproses. Tujuan dari alat ini ialah agar adukan ferosemen dapat tercampur dengan merata dan padat, sehingga mencegah terjadinya segregasi.



Gambar 14. Palu karet.

3.3.8. *Curing Tank*

Untuk perawatan beton menggunakan uap air panas berupa kotak dilapisi aluminium di bagian dalamnya yang dihubungkan dengan sumber uap air panas atau biasa disebut *Curing Tank*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Dandang yang biasa digunakan untuk memasak nasi dan mudah didapatkan di pasar terdekat.



Gambar 15. Dandang.

3.3.9. Alat Bantu Tambahan

Digunakan beberapa alat untuk membantu pelaksanaan penelitian, antara lain kompor gas, dudukan pengujian, thermometer, sendok semen, ember, kontainer, *stopwatch*, gelas ukur, dan alat tulis.

3.4. Benda Uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan berbentuk prisma dengan dimensi 160 mm x 40 mm x 40 mm. Benda uji akan digunakan pada pengujian kuat lentur. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan, menggunakan potongan hasil kuat lentur dengan dimensi tekan 40 mm x 40 mm.

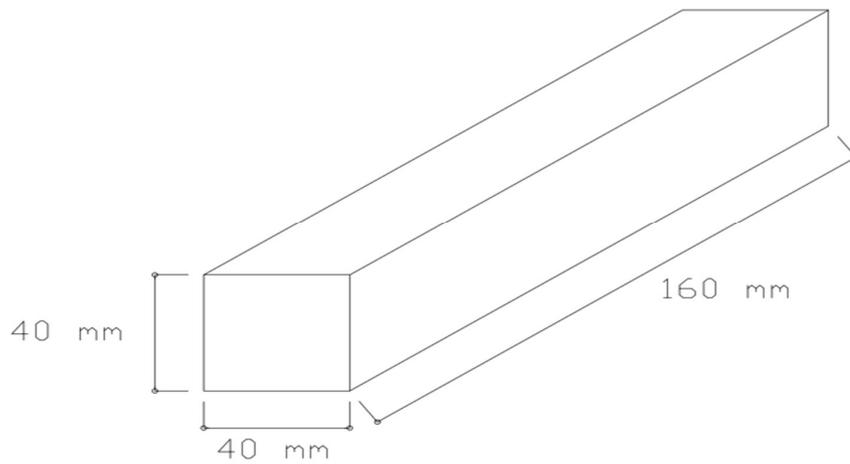
Berikut merupakan variasi benda uji yang akan dilakukan dalam penelitian:

Tabel 3. Variasi benda uji kuat tekan dan kuat lentur berdasarkan umur tanpa penambahan semen serta bahan adiktif.

Umur Benda Uji	Kode	Benda Uji Kuat Lentur	Benda Uji Kuat Tekan
1 Hari	PRS.0.B.1	3	6
3 Hari	PRS.0.B.3	3	6
7 Hari	PRS.0.B.7	3	6
14 Hari	PRS.0.B.14	3	6
21 Hari	PRS.0.B.21	3	6
28 Hari	PRS.0.B.28	3	6
JUMLAH BENDA UJI		18	36

Tabel 4. Variasi benda uji untuk kuat tekan dan kuat lentur dengan penambahan semen umur 28 hari.

Penambahan Semen	Bahan Aditif	Kode	Benda Uji	Benda Uji
			Kuat Lentur	Kuat Tekan
0%	Menggunakan bahan aditif	PRS.0.A	3	6
	Tanpa bahan aditif	PRS.0.B	3	6
10%	Menggunakan bahan aditif	PRS.10.A	3	6
	Tanpa bahan aditif	PRS.10.B	3	6
20%	Menggunakan bahan aditif	PRS.20.A	3	6
	Tanpa bahan aditif	PRS.20.B	3	6
30%	Menggunakan bahan aditif	PRS.20.A	3	6
	Tanpa bahan aditif	PRS.20.B	3	6
40%	Menggunakan bahan aditif	PRS.30.A	3	6
	Tanpa bahan aditif	PRS.30.B	3	6
JUMLAH BENDA UJI			30	60



Gambar 16. Benda uji prisma ukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm.

3.5. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan, yaitu: persiapan bahan dan peralatan, pemeriksaan bahan dan peralatan, pembuatan pabrikan ferosemen, perencanaan campuran ferosemen, pembuatan benda uji ferosemen, perawatan ferosemen, pengujian benda uji, dan analisa hasil pengujian benda uji.

3.5.1. Persiapan Bahan dan Peralatan

Bahan dan semua material,serta peralatan yang dibutuhkan harus terlebih dahulu dipersiapkan. Persiapan ini dilakukan agar penelitian dapat berjalan dengan baik.

3.5.2. Pemeriksaan Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian harus dalam kondisi baik dan sesuai standar yang telah ditentukan. Pemeriksaan bahan yang dilakukan antara lain semen, mortar siap pakai, air, serta peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

3.5.3. Pembuatan Pabrikan Benda Uji

Pembuatan pabrikan dilakukan sesuai dengan dimensi benda uji yang direncanakan. Benda uji prisma dimensi 160 mm x 40 mm x 40 mm,

menggunakan cetakan yang sudah ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.5.4. Perencanaan Campuran Mortar

Perencanaan campuran mortar berupa mortar siap pakai, air, dan *sikacim*. Perencanaan ini sangat penting untuk menghasilkan mutu beton yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan komposisi campuran semen presentase sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% Sikacim sebesar 0,7% dari berat semen dan faktor air semen (W/C) sebesar 0,35.

3.5.5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji ferosemen berdasarkan variasi benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4. Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji ferosemen adalah sebagai berikut:

3.5.5.1. Penimbangan bahan-bahan

Menimbang bahan-bahan untuk pembuatan ferosemen sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan direncanakan. Penimbangan bahan dapat ditentukan menurut perbandingan berat atau perbandingan volume. Proses ini harus dilakukan dengan cermat.



Gambar 17. Menimbang bahan-bahan

3.5.5.2. Pencampuran bahan

Proses pencampuran antara bahan-bahan dasar pembentuk ferosemen yang biasa disebut dengan mortar harus dilakukan

sedemikian rupa sampai mortar benar-benar homogen, warnanya tampak rata, tidak terlalu cair dan tidak terlalu kental, dan tidak tampak secara visual adanya pemisah butir. Campuran mortar yang homogen dapat menghasilkan fero semen dengan kualitas baik sesuai dengan yang telah direncanakan.



Gambar 18. Pencampuran bahan

3.5.5.3. Menambahkan semen PCC

Tahapan ini harus dilakukan dengan hat-hati dan diusahakan semen ditambahkan secara merata sehingga tidak terjadi pengumpulan serat (*balling effect*) yang dapat mempengaruhi kekuatan. semen ditambahkan sebelum benda uji di beri air (dalam kondisi kering).

3.5.5.4. Pencetakan benda uji fero semen

- Menyiapkan pabrikan benda uji yang telah dibuat sebelumnya.
- Memasukkan campuran mortar kedalam pabrikan hingga penuh. Setelah itu, dilakukan pemadatan dengan tujuan agar tidak terjadi segregasi dan fero semen tidak berongga
- Setelah cetakan penuh dan padat, selanjutnya permukaan benda uji diratakan

- Setelah permukaan benda uji diratakan, benda uji dibiarkan selama ± 2 jam, setelah itu benda uji berikut cetakannya dimasukan ke *curing tank*.
- Setelah benda uji selesai *curing*, benda uji siap untuk dilepas dari cetakannya.
- Memberikan masing-masing nomor atau kode pada benda uji atau sampel.

3.5.6. Perawatan Ferosemen

Pembuatan beton dengan perawatan sistem penguapan (*steam curing*) merupakan salah satu penyelesaian permasalahan guna mempercepat waktu pembuatan dan produksi dilapangan. Tetapi kondisi tersebut membuat lapisan beton menjadi lebih *porous* karena pemberian tekanan pada suhu panas menyebabkan rusaknya lapisan terluar dari beton, karena semen sebagai material yang paling halus akan mudah mengalami susut-regang yang besar jika tekanan yang diberikan terlalu lama pada suhu yang tinggi.

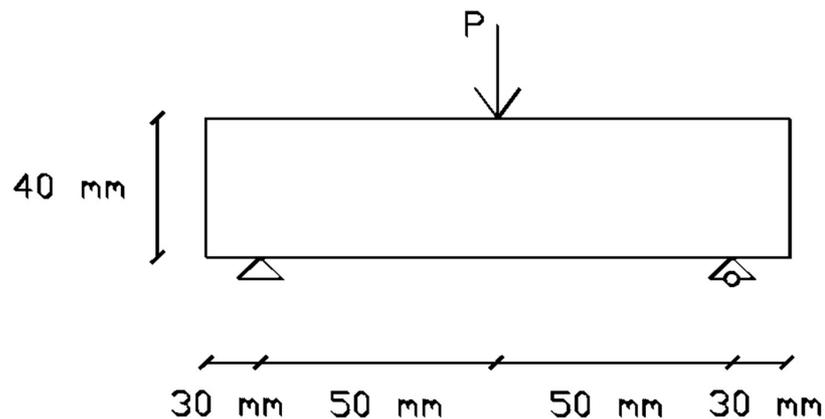
Perawatan benda uji dengan *steam curing* dilakukan dengan memasukkan kubus beton berikut cetakannya ke dalam *steam curing tank* setelah 2 jam pembuatan benda uji. Tahapan pemberian steam adalah sebagai berikut ; 2 jam pemberian steam awal, 0,5 jam pertama untuk peningkatan suhu mencapai 100°C - 120°C , pemberian *steam* pada suhu konstan 120°C selama 2 jam, dan penurunan suhu selama 0,5 jam, sehingga total lamanya steam sebesar 5 jam.



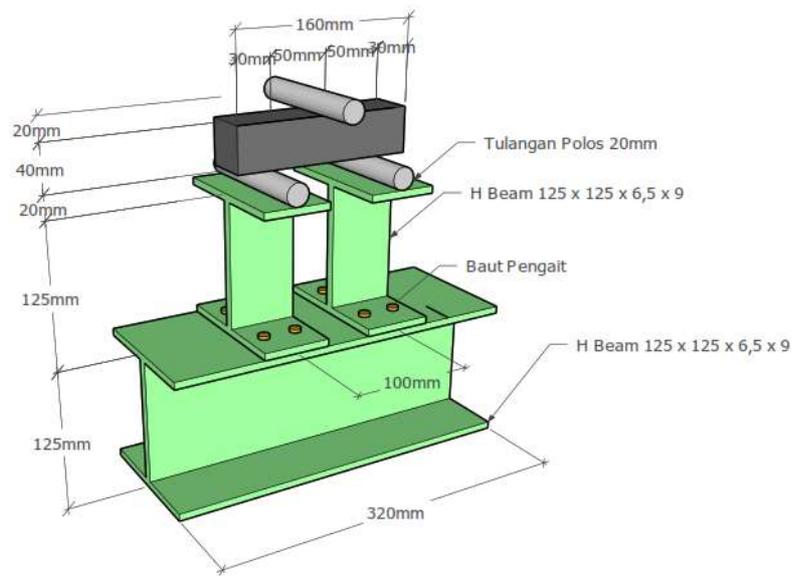
3.5.7. Pengujian Benda Uji

3.5.7.1. Pengujian kuat lentur

- Uji kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada benda uji berbentuk prisma dengan ukuran 160 mm x 40 mm x 40 mm pada umur 28 hari untuk variasi penambahan semen.
- Pengujian kuat lentur dilakukan dengan menggunakan alat alat *Digital Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap balok di atas dua perletakkan, serta dibebani dengan beban terpusat. Mengatur pembebanan menjadi pembebanan 1 titik di tengah bentang.
- Menghidupkan *Digital Compression Testing Machine* (CTM) dengan penambahan beban yang konstan. Pembebanan dilakukan sampai benda uji mengalami retak dan patah, serta kondisi benda uji tidak sanggup lagi menahan beban (mengalami kegagalan).
- Melakukan pencatatan hasil pengujian benda uji. Hasil yang didapatkan berupa: beban maksimum yang menyebabkan benda uji runtuh (*collaps*).



Gambar 20. Skema pengujian kuat lentur balok.



Gambar 21. Skema modifikasi perletakan pada pengujian kuat lentur pembebanan 1 titik di tengah bentang.



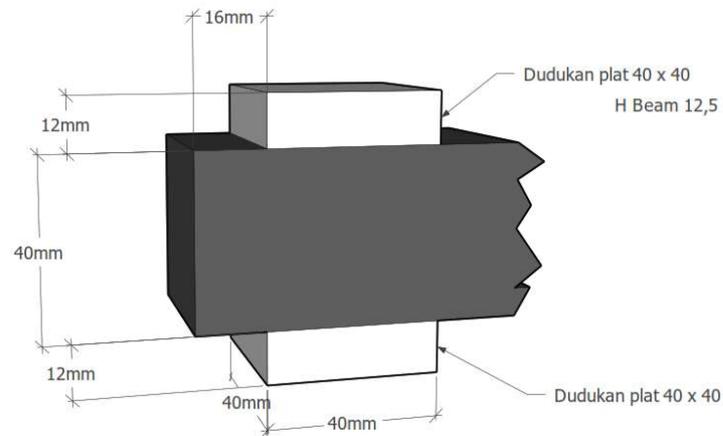
Gambar 22. Pengujian kuat lentur.

3.5.7.2. Pengujian kuat tekan

Uji kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada potongan hasil kuat lentur benda uji prisma dimensi 160 mm x 40 mm x 40 mm, dengan luas tekan 40 mm x 40 mm pada umur 28 hari untuk variasi benda uji penambahan semen. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat *Digital*

Compression Testing Machine (CTM). Berikut merupakan langkah-langkah pengujian kuat tekan:

- Diawali dengan menimbang benda uji.
- Kemudian, meletakkan benda uji secara sentris pada alat *Digital Compression Testing Machine (CTM)*
- Lalu menghidupkan mesin uji dengan kecepatan penambahan beban yang konstan.
- Melakukan pembacaan pembebanan benda uji.



Gambar 23. Skema pengujian kuat tekan hasil kuat lentur dengan luas tekan 40 mm x 40 mm.



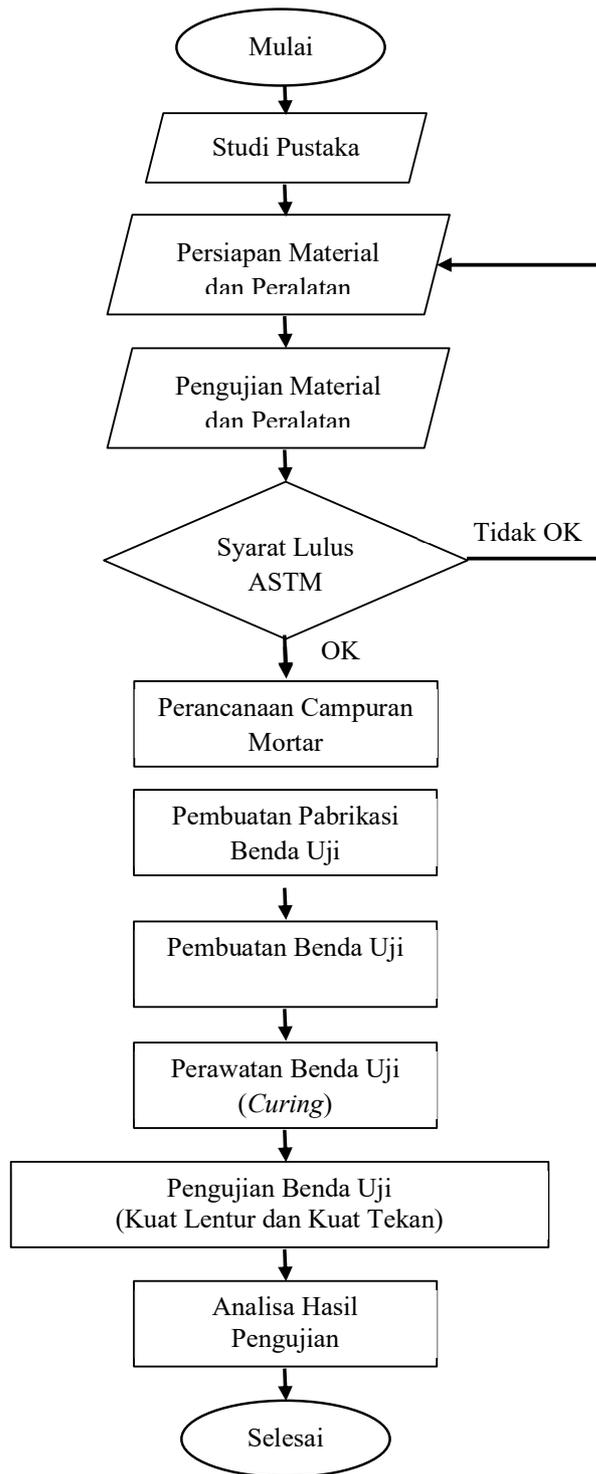
Gambar 24. Pengujian kuat tekan.

3.5.8. Analisa hasil pengujian benda uji

Analisa hasil pengujian dilakukan sebagai berikut:

- a) Menghitung kuat lentur pada benda uji ferosemen dan disajikan dalam bentuk tabel, dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 1.
- b) Menghitung kuat tekan pada benda uji ferosemen dan disajikan dalam bentuk tabel, dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 2.
- c) Setelah dilakukan analisa, didapatkan hasil dan komposisi optimum untuk masing masing variasi pengujian yang dilakukan pada benda uji ferosemen.

3.6. Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi sifat mekanik Mortar Siap Pakai (MSP) yang diolah dengan *steam curing* dan berkorelasi dengan penambahan semen dan *admixture*. Sehingga penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Steam Curing* kurang mempengaruhi kekuatan lentur Mortar Siap Pakai (MSP) terhadap umur sampel, tetapi sedikit mempengaruhi kuat tekan pada umur awal dan secara signifikan pada umur 28 hari.
2. Penambahan semen mempengaruhi kekuatan lentur dan tekan secara bertahap sesuai dengan persentase jumlah semen.
3. Penambahan *admixture* tidak berpengaruh baik pada kuat tekan maupun kuat lentur mortar yang telah dicampur sebelumnya.
4. Mortar Siap Pakai (MSP) dapat memenuhi persyaratan ferrosemen dengan penambahan semen 40%, tetapi harganya lebih mahal daripada komposisi mortar biasa untuk ferrosemen.
5. Berdasarkan diagram korelasi yang terjadi antara kuat tekan dan kuat lentur menggunakan Persamaan (3) tidak dapat digunakan. Hal ini terjadi karena hasil (*Result*) tidak Ekuivalen dengan Persamaan (3).
6. Penggunaan Sikacim (adiktif) tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan pada kuat tekan dan kuat lentur, bahkan pada uji kuat tekan pada penambahan semen 10% dan 30% mengalami penurunan. Sehingga dapat disimpulkan penambahan Sikacim dalam benda uji ferrosemen tidak diperlukan.

5.2. Saran

Untuk menindaklanjuti penelitian ini maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi dan merupakan pengembangan dari tema penelitian ini. Saran-saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian dengan volume penambahan semen, jenis semen dan jenis Mortar Siap Pakai (MSP) yang lebih beragam sehingga dapat menghasilkan kuat tekan, dan lentur maksimal.
2. Perencanaan campuran benda uji serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas mortar yang dihasilkan.
3. Pemilihan bahan adiktif yang lebih efektif dan efisien guna mendapatkan kuat tekan dan lentur yang lebih optimal.
4. Perlu dilakukan uji coba komposisi (*trial*) sebelum dilaksanakan penelitian agar diperoleh hasil pengujian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2018. *Pengembangan Beton Ringan Mutu Tinggi dengan dan Tanpa Serat*. Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- ACI Committee 549. 1999. *Guide For The Design, Construction and Repair of Ferrocement*. Detroit, USA: American Concrete Institute.
- A. Elsanosi, A. Khogali, and N. Elhaleim. 2019. *Low Cost Ferrocement Composite Roof/Floor System*. Sudan: Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Khartoum
- A.M. Zeyad, B. A. Tayeh, A. Adesina, A.R.G. de Azevedo, M. Amin, M. H. Nyarko and I. S. Agwa. 2022. Review on effect of steam curing on behavior of concrete. *Cleaner Materials* 3 (2022) 100042, pp. 1-17
- A.N. Surian dan J. Sekarsari . 2018. Analisis Faktor – Faktor Eksternal Yang Memengaruhi Kinerja Mutu Dalam PelaksanaanM Konstruksi Pada Bangunan Tinggi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* Vol. 1, No. 1, Agustus 2018 hlm: 9-18.
- Djausal, Anshori. 2004. *Pengantar Ferosemen*. Bandar Lampung: Pusat Pengembangan Ferosemen Indonesia.
- Gusneli Y, Zainuri, dan S. Wahyuni Megasari. 2021. Variasi Penambahan Sikacim Pada Beton Porous. *Jurnal Paduraksa: Volume 10 Nomor 1, Juni 2021*
- Han, X., Fu, H., Li, G., Tian, L., Pan, C., Chen, C., Wang, P. 2021. Volume Deformation of Steam-Cured Concrete with Slag during and after Steam Curing. *Materials* **2021**, *14*, 1647. <https://doi.org/10.3390/ma14071647>
- Heinz dan Ch. Koesmartadi. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Helmi dan Alami. 2010. *Sifat Mekanika Dinding Panel Ferosemen Untuk Rumah Pracetak Akibat Gaya Tekan Dan Gaya Lentur*. Bandar Lampung.

- Helmi , Ratna , Laksmi , Dan Mufiah A. Annisa. 2019. Sifat Mekanik Sifat Mekanik Beton Reaktif yang Menggunakan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Perlakuan Perawatan Panas (*Heat Curing*). Jurnal SeNITiA: ISBN 978-602-5830-11-2, Oktober 2019
- Kantius W, Safrin Z dan Budi H . 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*. Vol. 1, Nomor 1, Maret 2018.
- K. Wenda, S. Zuridah and B. Hastono. 2018. Effect of Variations in Mortar Mixture Composition on Compressive Strength. *Journal of Planning and Civil Engineering*. Vol. 1, Number 1, pp. 8-13. (in Indonesia).
- Lasino dan D. Rachman. 2012. *Kajian Penggunaan Produk Mortar Siap Pakai (MSP) Pada Industri Konstruksi*. Bandung : Pusat Litbang Permukiman.
- Malau, B.F. 2014. Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan Membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Baturaja Dengan Tambahan Foaming Agent dan Silica Fume. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2 No. 2, Juni 2014.
- Mulyono. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- M. Boukendakdji , M. Touahmia, B. Achour, G. Albaqawy, Abdelhafez, K. Elkhatat, E. Noaime. 2021. The effects of Steam-Curing on the Properties of Concrete Engineering. *Technology & Applied Science Research* Vol. 11, No. 2, 2021, 6974-6978.
- Nasrul, 2015. Manajemen Risiko Dalam Proyek Konstruksi ditinjau dari Sisi Manajemen Waktu. *Jurnal Momentum*. Vol. 17. No. 1 (Februari 2015) : 50 – 54.
- S. Arief, C.D. Mungok, dan E. Samsurizal. 2014. Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Menggunakan Semen PPC dengan Tambahan Sikament Ln . *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*. Desember 2014.
- SNI 4154 : 2014. 2014. *Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 4431 : 2011. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Syarief R. 2011. Sistem Pabrikasi Pada Pelaksanaan Struktur Ferosemen. *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung*.
- Tjokrodinuljo K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMST FT.

- W.A. Putra, Monita O , Dan Edy S. 2020. Ketahanan Beton Semen *Portland Composite Cement* (PCC) Di Lingkungan Gambut Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Teknik* - Volume 14, Nomor 1, April 2020.
- Y. Simanulang, Dian. 2014. Kajian Kuat Tekan Mortar Menggunakan Pasir Sungai dan Pasir Apung dengan Bahan Tambah Fly Ash dan Conplast dengan Perawatan (Curing). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2, No. 4, Desember 2014.