

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan
Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun
Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah
dan Tahan Lama serta Otomatis**

Tim Pengusul :

Ketua :

Dr. Nanang Saiful Rizal, ST., MT.

NIDN. 0705047806

Anggota :

Agung Nilogiri, ST., M.Kom.

NIDN. 0030037701

Dr. Nurul Qomariah, MM.

NIDN. 0701086702

Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT.

NIDN. 0013086602

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER
NOVEMBER 2020

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Penelitian : Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah dan Tahan Lama serta Otomatis

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 421 / Teknik Sipil

Ketua Peneliti :
a. Nama Lengkap : Dr. Nanang Saiful Rizal, MT.
b. NIDN : 0705047806
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Nomor HP : 081339169831
f. Alamat surel (e-mail) : nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

Anggota Peneliti (1)
a. Nama Lengkap : Agung Nilogiri, ST., M.Kom .
NIDN : 0030037701
c. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Jember

Anggota Peneliti (2)
a. Nama Lengkap : Dr. Nurul Qomariah, MM.
b. NIDN : 0701086702
c. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Jember
d.

Anggota Peneliti (3)
a. Nama Lengkap : Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT
b. NIDN : 0013086602
e. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Jember

Lama Penelitian Keseluruhan : 3 tahun

Biaya Penelitian : - diusulkan ke DIKTI Rp. 242.900.000,-
- dana internal PT Rp. 15.000.000,
- dana institusi lain Rp. -
- *inkind* sebutkan..... Rp. -

Mengetahui :

Jember, 20 Nov 2020
Ketua Tim Peneliti,



Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Nanang Saiful Rizal, ST., MT.
NIDN. 0705047806

Dr. Nanang Saiful Rizal, ST., MT.
NIDN. 0705047806



Kepala LPPM,

Dr. Bagus Setya R, M.Kom
NPK 0509502

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah dan Tahan Lama serta Otomatis

2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)
1	Nanang Saiful Rizal, ST., MT.	Anggota Peneliti	Irigasi & Bangunan Air	Universitas Muhammadiyah Jember	22
2	Ir. Totok Dwi Kuryanto, MT..	Ketua Peneliti	Struktur Beton, Konstruksi Bangunan Air	Universitas Muhammadiyah Jember	20
3	Agung Nilogiri, ST., M.Kom.	Anggota Peneliti	Elektronika, Mikrokontroler	Universitas Muhammadiyah Jember	18
4	Dr. Nurul Qomariah,MM.	Anggota Peneliti	Manajemen SDM & Rekayasa social	Universitas Muhammadiyah Jember	18

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian): Pintu-pintu air di Saluran irigasi di kawasan DI Bedadung Jember – Jawa Timur
4. Masa Pelaksanaan
Mulai : bulan: Maret tahun: 2018
Berakhir : bulan: Oktober tahun: 2020
5. Usulan Biaya DRPM Ditjen Penguatan Risbang
 - a. Tahun ke-1 : Rp 114.750.000,-
 - b. Tahun ke-2 : Rp 114.750.000,-
 - c. Tahun ke-3 : Rp 114.750.000,-
6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan) : Laboratorium dan Lapangan
7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontribusinya)
Bappekab Jember, Dinas Pengairan, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember
8. Temuan yang ditargetkan (penjelasan gejala atau kaidah, metode, teori, produk atau rekayasa sosial) : Material Maju dan Produk teknologi tepat guna
9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu : Kontribusi bagi pengembangan ilmu adalah
 - a). Diperolehnya rancang bangun pintu air berbahan beton ringan dengan tulangan bambu,
 - b).Diperolehnya rancang bangun pintu air yang mampu diotomatisasi, c). Diperolehnya rancang bangun pintu air yang efektif, kuat, murah dan mampu dimanfaatkan oleh masyarakat. d). Mendukung program penyediaan sarana prasarana irigasi yang menunjang ketahanan pangan nasional.
10. Kontribusi pada pencapaian renstra perguruan tinggi : Adapun usulan riset yang diajukan oleh tim dengan judul **“Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah dan Tahan Lama serta Otomatis”** sudah sesuai dan memiliki keterkaitan dengan tema dan bidang penelitian sesuai RIP UM Jember 2016 – 2020. Dengan rincian adalah terkait dan sesuai dengan sub topik riset Pengembangan Sistem Pertanian Berlanjut pada halaman 37 dalam RIP UM Jember 2016 – 2020 dengan Topik Riset **Pengembangan system irigasi,**

bangunan air dll untuk mendukung swasembada pangan Maka dengan adanya penelitian ini sangat mendukung pencapaian RIP.

Universitas, yaitu dalam penelitian ini akan diperoleh sebuah rancang bangun pintu air berbahan beton ringan. **Maka jika rancang bangun pintu air yang diperoleh tahan lama, murah akan dapat menunjang pencapaian renstra UM Jember tentang ketahanan pangan sekaligus mendukung program ketahanan pangan nasional.**

11. Rencana luaran HKI, buku, purwarupa atau luaran lainnya yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya : Luaran HKI berupa buku ber ISBN dan produk teknologi tepat guna tahun 2019 dan diajukan hak paten tahun 2020.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM	iv
DAFTAR ISI	vi
RINGKASAN	1
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Tujuan Khusus Penelitian	3
1.3. Keutamaan Penelitian	4
BAB II RENSTRA DAN PETA JALAN PENELITIAN	8
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	
3.1. Uji Struktur Pintu Air Irigasi	10
3.2. Otomatisasi Pintu	12
3.3. Studi Pendahuluan	15
BAB IV HASIL PENELITIAN	
4.1. Pendekatan Penelitian	15
4.2. Tahapan Pengolahan Data.....	15
4.3. Target Luaran dan Indikator Keberhasilan Penelitian	18
BAB V HASIL PENELITIAN	
5.1. Umum	19
5.2. Pembuatan Sampel Penelitian.....	20
5.2. Pengujian Sampel.....	27
5.2. Uji Coba Lapangan	30
BAB VI KESIMPULAN	35
DAFTAR PUSTAKA.....	20

RINGKASAN

Biaya pemeliharaan jaringan dan sistim irigasi telah menyerap anggaran cukup besar dari APBN, yaitu sekitar 20% dari anggaran Dirjen Sumberdaya Air Kementrian PUPR terhitung sejak tahun 2000 sampai dengan tahun 2016. Anggaran biaya pemeliharaan salah satunya digunakan untuk perawatan pintu-pintu air meliputi, a).penggantian total pintu air, b).penggantian sebagian dengan pengelasan, c).pengecatan dan d).pelumasan pintu air. Akibatnya banyak sekali pintu air yang rusak dan tidak dapat dioperasikan lagi. Maka jangka panjang jika ini dibiarkan maka pengaturan tata air semakin jelek sehingga berdampak pada penurunan produktivitas pertanian yang akhirnya akan mengancam ketahanan pangan nasional. Demikian pula disatu sisi pintu- pintu air dengan konstruksi dari besi rawan juga untuk dicuri, menurut data Dina Pengairan Kabupaten Jember, setiap tahun ada puluhan pintu air yang hilang atau diambil termasuk di areal irigasi di beberapa HIPPA dan GHIPPA di Kabupaten Jember. Padahal satu pintu air dengan lebar sekitar 1 meter rata-rata harganya sekitar 3-5 juta. Melihat harga yang cukup mahal merupakan salah satu pemicu pencurian apalagi saat ini semakin banyaknya dan menjamurnya jual beli besi bekas sampai ke desa-desa yang tentunya ini adalah salah satu faktor pemicu juga terjadinya pencurian pintu-pintu air. Saat ini tercatat sekitar 25.000 hektar sawah di kawasan Kabupaten jember dengan jumlah pintu-pintu air sekitar 2000 buah. Tujuan jangka panjang dalam penelitian ini adalah memperoleh rancang bangun pintu air yang otomatis menggunakan bahan-bahan beton ringan dengan tulangan dari bambu. Metode yang dilakukan adalah pembuatan materian sesuai dimensi, uji tarik dan tekan di laboratorium, uji kinerja dilapangan, perbaikan-perbaikan dan penyempurnaan, integrasi dengan sistim otomatisasi, uji kinerja dilapangan. Target luaran dari penelitian ini adalah publikasi pada jurnal internasional, buku ajar dan teknologi tepat guna serta hak paten.

Kata kunci : pintu, air, beton, bambu, komposit

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Biaya pemeliharaan jaringan dan sistem irigasi telah menyerap anggaran cukup besar dari APBN, yaitu sekitar 20% dari anggaran Dirjen Sumberdaya Air Kementerian PUPR terhitung sejak tahun 2000 sampai dengan tahun 2016 (Sumber : Kementerian PUPR Tahun 2016). Anggaran biaya pemeliharaan salah satunya digunakan untuk perawatan bangunan-bangunan utama, bangunan pelengkap irigasi termasuk diantaranya pintu-pintu air yang banyak sekali jumlahnya (rata-rata sekitar 400 pintu dalam sistem irigasi per-10.000 hektarnya). Anggaran pemeliharaan pintu-pintu air meliputi, a).penggantian total pintu air, b).penggantian sebagian dengan pengelasan, c).pengecatan dan d).pelumasan pintu air. Sejak tahun 2015 anggaran pemeliharaan pintu air mengalami penurunan karena dialokasikan untuk pemeliharaan sektor lain. Akibatnya banyak sekali pintu air yang rusak dan tidak dapat dioperasikan lagi. Maka jangka panjang jika ini dibiarkan maka pengaturan tata air semakin jelek sehingga berdampak pada penurunan produktivitas pertanian yang akhirnya akan mengancam ketahanan pangan nasional. Demikian pula disisi pintu-pintu air dengan konstruksi dari besi rawan juga untuk dicuri, menurut data Dinas Pengairan Kabupaten Jember, setiap tahun ada puluhan pintu air yang hilang atau diambil termasuk di areal irigasi di beberapa HIPPA dan GHIPPA di Kabupaten Jember. Padahal satu pintu air dengan lebar sekitar 1 meter rata-rata harganya sekitar 3-5 juta. Melihat harga yang cukup mahal merupakan salah satu pemicu pencurian apalagi saat ini semakin banyaknya dan menjamurnya jual beli besi bekas sampai ke desa-desa yang tentunya ini adalah salah satu faktor pemicu juga terjadinya pencurian pintu-pintu air. Saat ini tercatat sekitar 25.000 hektar sawah di kawasan Kabupaten jember dengan jumlah pintu-pintu air sekitar 2000 buah, Jika hal ini terus dilakukan dan tidak ada upaya inovasi maka akan mengancam tata air irigasi sehingga pemberian air irigasi menjadi tidak optimal akhirnya akan mengancam produktivitas pertanian. Beberapa kelemahan dan kekurangan pintu air yang ada saat ini diilustrasikan dalam gambar 1.1.



a. Operasional Tenaga Manusia

b. Mudah Korosi/Berkarat

c. Pemasangan lama

d. Mudah mengalami kerusakan

Gambar 1.1. Ilustrasi Kondisi Pintu Air Irigasi Saat ini

1.2. Tujuan Khusus dari Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

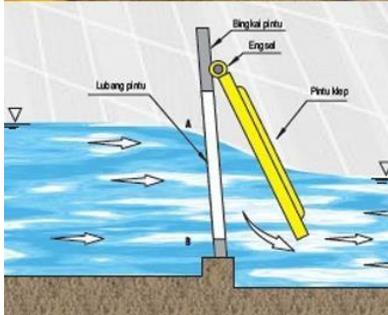
- a. Merancang sebuah pintu air yang menggunakan bahan alternatif beton ringan dengan tulangan dari bambu
- b. Merancang sebuah pintu air yang kuat, murah dan dengan cara perawatan serta biaya perawatan yang murah mampu memenuhi syarat uji tekan, tarik dan uji lainnya sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat.
- c. Merancang otomatisasi sebuah pintu air yang efektif dan efisien, hemat tenaga kerja serta memiliki akurasi bukaan pintu air yang baik.
- d. Menghasilkan teknologi tepat guna dengan inovasi yang dapat dipatenkan dan dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat.

1.3. Keutamaan Penelitian

Adapun keutamaan dari penelitian ini adalah dengan studi ini akan diperoleh rancang bangun pintu air dengan bahan beton ringan serta sistim otomatisasinya sehingga diharapkan dapat **menghasilkan pintu air yang murah, mudah, kuat yang menunjang kegiatan pengairan serta produktivitas pertanian.** Sedangkan kontribusi penelitian ini dalam pembangunan nasional, adalah memberikan inovasi tentang pemanfaatan beton ringan dalam bidang keairan **sebagai referensi guna pengembangan pemanfaatan beton ringan dalam berbagai kebutuhan dan kepentingan masyarakat.** Adapun keutamaan penelitian ini disajikan dalam bentuk perbandingan kondisi saat ini dan target dari rencana riset 2018 pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Perbandingan Pintu Air Besi dan Pintu Air Berbahan Beton Ringan

No	Parameter	Pintu Air Besi	Pintu Air Berbahan Beton Ringan (Rencana Riset Tahun 2018)
1	Prototipe	 Kompleks	 Sederhana
2	Harga (Per lebar 1 m')	Rp.3.000.000	Rp. 500.000,-
3	Tingkat keamanan	Mudah dilepas dan dicuri	Tidak bisa dilepas dan tidak bisa dijual

No	Parameter	Pintu Air Besi	Pintu Air Berbahan Beton Ringan (Rencana Riset Tahun 2018)
4	Operasional	 <p data-bbox="656 730 873 764">Tenaga Manusia</p>	 <p data-bbox="1122 730 1243 764">Otomatis</p>
5	Pemasangan	 <p data-bbox="688 1203 841 1236">Lebih lama</p>	 <p data-bbox="1101 1203 1263 1236">Lebih cepat</p>
6	Pemeliharaan	 <p data-bbox="623 1780 906 1871">Perlu Pengecatan dan pelumasan</p>	<p data-bbox="1019 1312 1349 1402">Tidak Perlu Pengecatan dan pelumasan</p>

Penelitian unggulan UM Jember bersifat multidisipliner dan interdisipliner yang berorientasi pada pemecahan masalah bangsa dengan bertumpu pada kekokohan sosial budaya, kemandirian ekonomi, ketahanan pangan dan energi menuju masyarakat sejahtera yang berkepribadian. Penelitian unggulan UM Jember tahun 2016 – 2020 meliputi 5 (lima) bidang yaitu: 1). Ketahanan Pangan, 2).Energi Terbarukan. 3). Kesehatan dan Obat-obatan, 4).Teknologi Informasi dan Komunikasi. 5).Sosial Humaniora, Seni dan Pendidikan. Adapun Topik riset **ketahanan pangan** dirumuskan berdasarkan kompetensi keilmuan yang dimiliki UM Jember dan isu-isu strategis lokal maupun nasional yang berkaitan dengan lokal dan pangan nasional yang berkaitan dengan energi (Tabel 4.1 RIP UM Jember 2016 – 2020).

Adapun usulan riset yang diajukan oleh tim dengan judul **“Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah dan Tahan Lama serta Otomatis”** sudah sesuai dan memiliki keterkaitan dengan tema dan bidang penelitian sesuai RIP UM Jember 2016 – 2020. Dengan rincian adalah terkait dan sesuai dengan sub topik riset Pengembangan Sistem Pertanian Berlanjut pada halaman 37 dalam RIP UM Jember 2016 – 2020 dengan Topik Riset **Pengembangan system irigasi, bangunan air dll untuk mendukung swasembada pangan** Maka dengan adanya penelitian ini sangat mendukung pencapaian RIP Universitas, yaitu dalam penelitian ini akan diperoleh sebuah rancang bangun pintu air berbahan beton ringan. **Maka jika rancang bangun pintu air irigasi yang diperoleh tahan lama, murah akan dapat menunjang pencapaian renstra UM Jember tentang ketahanan pangan sekaligus mendukung program ketahanan pangan nasional.**

Adapun sinergi antar kelompok penelitian telah terbentuk, ketua pengusul pada tahun 2014 telah melakukan penelitian dan kajian tentang *Pengembangan infrastruktur bangunan air dan OP Irigasi*. Adapun anggota pengusul ke dua pada tahun 2016 telah melakukan penelitian tentang *Kajian Pengembangan Dinding Bangunan Dengan beton Ringan*. Sedangkan anggota pengusul kedua telah melakukan penelitian pada tahun 2015 tentang *Otomatisasi Mesin-mesin rekayasa berbasis Mikrokontroller..*

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran		Wajib	Tambahan	Indikator Capaian		
					TS.1	TS+1	TS+2
1	Artikel Ilmiah dimuat di Jurnal	Internasional Bereputasi	v		Draft	Accepted	Published
		Nasional Bereputasi		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
2	Artikel Ilmiah dimuat di Prociding	Internasional Terindeks		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Nasional		v	Draft	Accepted	Published
3	Invinite Speaker Dalam Temu Ilmiah	Internasional		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Nasional		v	Draft	Terdaftar	Sudah Dilaksanakan
4	Visiting lecturer	Internasional		v			
5	Hak Kekayaan Intelektual	Paten		v	Tdk Ada	terdaftar	Ada
		Paten Sederhana		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Hak Cipta		v	Draft		Sudah Dilaksanakan
		Merek dagang		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Rahasia Dagang		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Desain Produk Industri		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Indikasi Geografis	v		Draft	Terdaftar	Sudah Dilaksanakan
		Perlindungan Varietas Tanaman		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
		Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu		v	Tdk Ada	Tdk Ada	Tdk Ada
6	Teknologi Tepat Guna			v	Tdk Ada	Ada	Ada
7	Model		v		Draft	Produk	Produk
8	Buku Ajar (ISBN)			v	Draft	Editing	Sudah terbit
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)			v	3	4	5

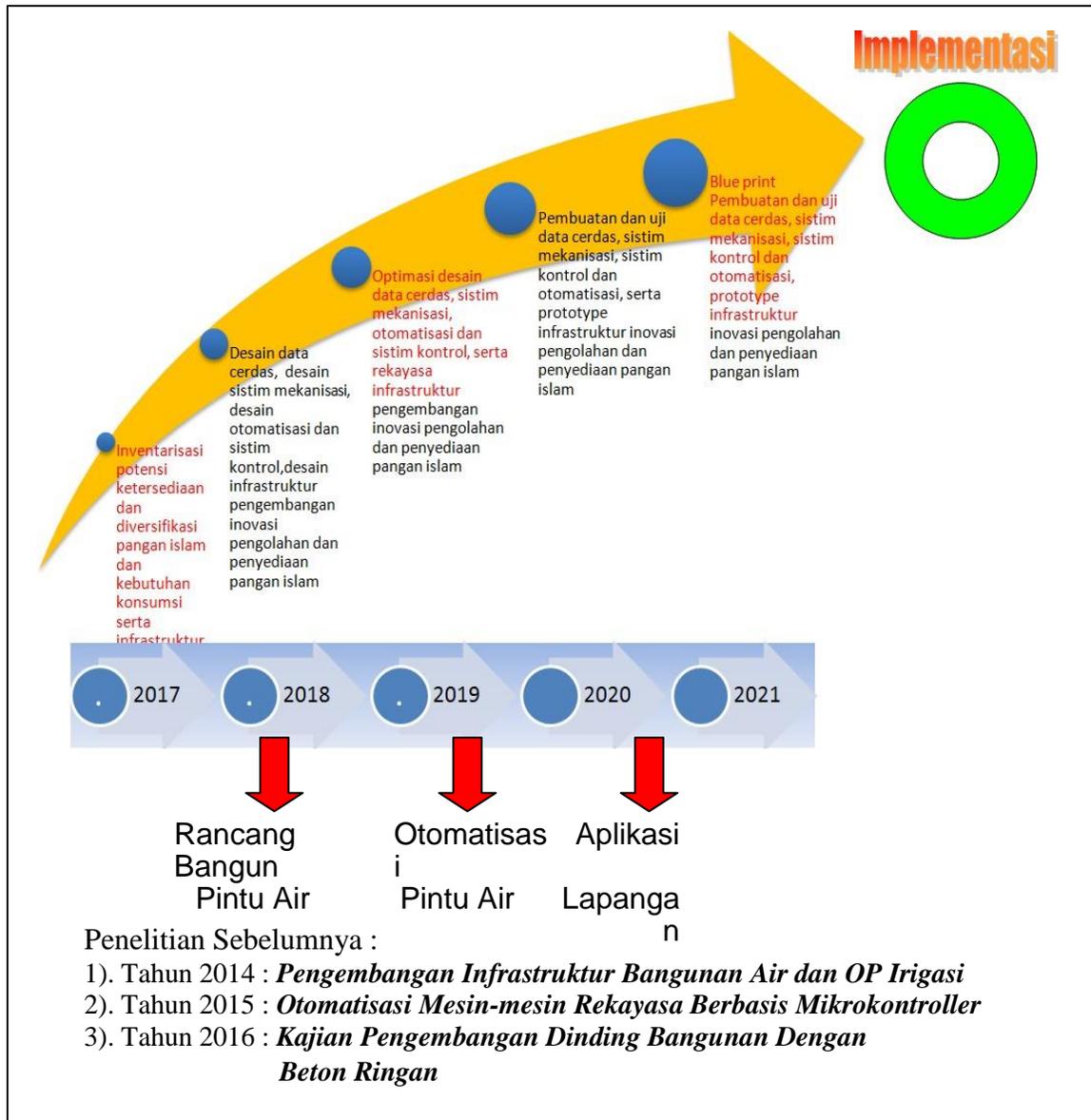
BAB II. RENSTRA DAN PETA JALAN PENELITIAN

Agenda Riset Nasional 2016 dan payung penelitian universitas yang analog dengan tema yaitu **“Pangan Islami dan Energi Terbarukan untuk Kesejahteraan dan Peradaban Umat Manusia”**. Penelitian unggulan UM Jember bersifat multidisipliner dan interdisipliner yang berorientasi pada pemecahan masalah bangsa dengan bertumpu pada kekokohan sosial budaya, kemandirian ekonomi, ketahanan pangan dan energi menuju masyarakat sejahtera yang berkepribadian. Penelitian unggulan UM Jember tahun 2016 – 2020 meliputi 5 (lima) bidang yaitu: 1). Ketahanan Pangan, 2).Energi Terbarukan. 3). Kesehatan dan Obat-obatan, 4).Teknologi Informasi dan Komunikasi. 5).Sosial Humaniora, Seni dan Pendidikan. Adapun Topik riset **ketahanan pangan** dirumuskan berdasarkan kompetensi keilmuan yang dimiliki UM Jember dan isu-isu strategis lokal maupun nasional yang berkaitan dengan lokal dan pangan nasional yang berkaitan dengan energi (Tabel 4.1 RIP UM Jember 2016 – 2020).

Adapun usulan riset yang diajukan oleh tim dengan judul **“Pemanfaatan Beton Ringan Dengan Tulangan Dari Bambu Untuk Menghasilkan Rancang Bangun Pintu Air Irigasi Yang Murah, Mudah dan Tahan Lama serta Otomatis”** sudah sesuai dan memiliki keterkaitan dengan tema dan bidang penelitian sesuai RIP UM Jember 2016 – 2020. Dengan rincian adalah terkait dan sesuai dengan sub topik riset Pengembangan Sistem Pertanian Berlanjut pada halaman 37 dalam RIP UM Jember 2016 – 2020 dengan Topik Riset **Pengembangan system irigasi, bangunan air dll untuk mendukung swasembada pangan** . Maka dengan adanya penelitian ini sangat mendukung pencapaian RIP Universitas, yaitu dalam penelitian ini akan diperoleh rancang bangun pintu air untuk pengaturan air irigasi. Maka jika penyediaan air irigasi dapat dilakukan secara sempurna maka produktivitas pertanian akan meningkat sehingga menunjang program ketahanan pangan nasional.

Adapun sinergi antar kelompok penelitian telah terbentuk, ketua pengusul pada tahun 2014 telah melakukan penelitian dan kajian tentang *Pengembangan infrastruktur Bangunan air dan OP Irigasi*. Adapun anggota pengusul ke dua pada tahun 2016 telah melakukan penelitian tentang *Kajian Pengembangan Dinding Bangunan Dengan*

beton Ringan. Sedangkan anggota pengusul kedua telah melakukan penelitian pada tahun 2015 tentang *Otomatisasi Mesin-mesin rekayasa berbasis Mikrokontroller*. Maka peta jalan penelitian ini adalah pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian-kajian dan deain terkait pintu air, konstruksi beton ringan dan sistim otomasisnya oleh 3 orang yang tergabung dalam tim .



BAB III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Uji Struktur Pintu Air Irigasi

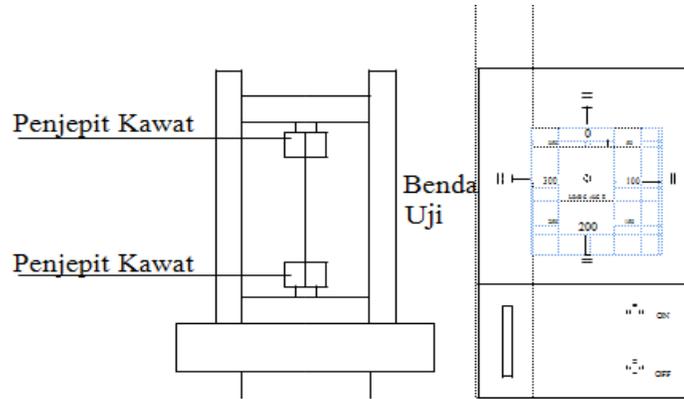
Pintu air irigasi merupakan suatu komponen penting dalam pengaturan air irigasi yang biasanya dibuat dari rangka dan plat besi, yang kemudian dirangkai menjadi sebuah pintu air yang mudah diatur buka dan tutupnya. Pada umumnya pintu air tersebut membutuhkan pengecatan dan pelumasan agar dapat dioperasikan serta tahan lama. Akan tetapi pada kondisi-kondisi tertentu terkadang perawatan diantaranya pengecatan dan pelumasan kurang optimal bahkan karena bahan sangat berharga sehingga mudah untuk diambil atau dicuri. Pintu air berbahan beton dengan tulangan dari bambu yang dibentuk menjadi lembaran dengan permukaan rata dengan penampang padat dan mempunyai berat isi kurang lebih 1850 kg/m^3 . Merupakan solusi alternative pengurangi biaya pembuatan, biaya perawatan dan aman terhadap pencurian atau kerusakan. Untuk uji kekuatan struktur pintu air, dapat dilakukan dengan uji tarik, uji berat isi, kuat tekan dan *Modulus of Rupture* (MOR). Adapun penjelasan masing-masing uji diuraikan sebagai berikut :

a). Kuat Tarik Bambu

Hitungan kekuatan tarik dan modulus elastisitas dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. Untuk skema pengujian kuat tarik bambu dapat dilihat pada Gambar 3.1.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

dengan : σ = Tegangan tarik maksimum (N/mm^2).
 P_{maks} = Beban tarik maksimum (N).
A = Luas tampang benda uji (mm^2)



Gambar 3.1. Skema uji kuat tarik

b). Pengujian Berat Isi Dinding Panel

Berat isi pintu air diperoleh dari hasil bagi berat kering dinding panel dengan volumenya, berat kering diperoleh dengan menimbang dinding panel sebelum diadakan pengujian kuat lentur dengan rumus :

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

dengan : W = Berat benda uji (Kg)
 V = Volume benda uji (cm³)

c). Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan dengan memberikan beban pada permukaan benda uji silinder beton sampai retak. Besarnya kuat tekan dinding pintu air masing-masing benda uji dihitung dengan persamaan :

$$F_c = \frac{P_{maks}}{A}$$

dengan :
 f'_c = Kuat tekan maksimum beton (N/mm²)
 P_{maks} = Beban maksimum (N)
 A = Luas permukaan benda uji (mm²)



Gambar 3.2. Ilustrasi Pengujian kuat tekan silinder beton

3.2. Otomatisasi Pintu Air

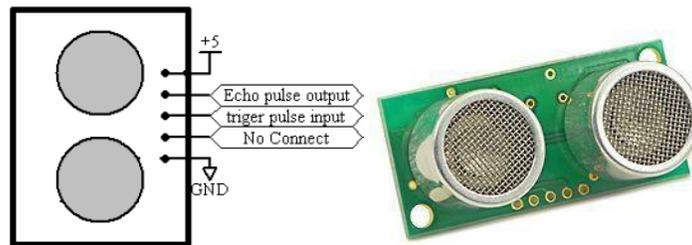
Otomatisasi pintu air dilakukan agar pintu air dapat difungsikan secara efisien tidak memerlukan tenaga manusia dengan tetap mengacu pada kebutuhan air irigasi pada setiap baku sawah. Beberapa komponen yang perlu diperhatikan diantaranya adalah Water level detector, sensor ultrasonic dan konfigurasi sistemnya.

a) Water level detector

Water level detector merupakan sebuah alat yang dirancang dengan kemampuan mengukur ketinggian permukaan air, khususnya dalam suatu sungai atau bangunan air. Untuk mengukur ketinggian air tersebut diperlukan suatu sensor yang dapat mengukur jarak dimana posisi sensor tersebut dengan permukaan air yang dideteksi. Salah satu sensor yang dapat digunakan adalah sensor ultrasonik.

b). Sensor Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang diatas (ultra) frekuensi gelombang suara (sonik). Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu diatas 20 KiloHertz. Hanya beberapa hewan, seperti lumba-lumba yang menggunakannya untuk berkomunikasi dengan sesamanya. Kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik sebagai panduan untuk bernavigasi. Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar ini adalah mudah difokuskan. Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang audio dari 40 KHz hingga 400 KHz.



Gambar 3.3.. Sensor Ultrasonik SRF 04

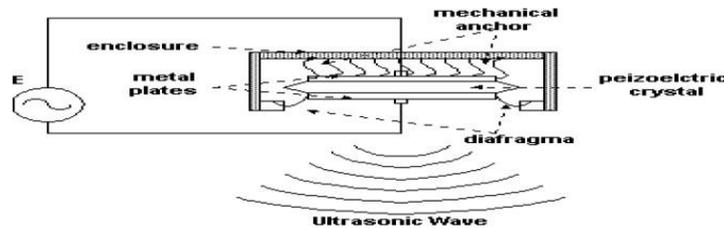
(Sumber: <http://www.parallax.com>)

Sensor ultrasonik terdiri dari dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan, dan ini disebut dengan efek *piezoelectric*.

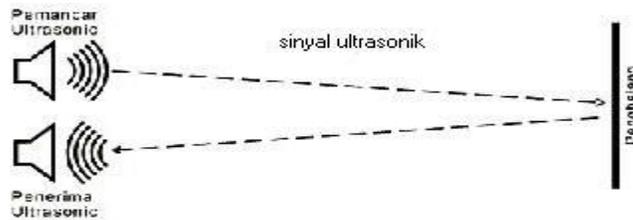
Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya), dan pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu, dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat prinsip dari sensor ultrasonic pada gambar berikut:

Gambar 3.5. Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

(Sumber: <http://priyahitajuniarfan.wordpress.com/2011/07/22/prinsip-sensor-ultrasonik/>)



Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang dideteksi serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima. Proses *sensing* yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan obyek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian Tx sampai diterima oleh rangkaian Rx, dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Prinsip pantulan dari sensor ultrasonik ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6. Prinsip Pemantulan Gelombang Ultrasonik

(Sumber: http://ikkkholis27.files.wordpress.com/2011/07/sensor_ultrasonik1.jpg)

3.3. Studi Pendahuluan

Pada tahun 2010 telah dilakukan kajian model limpasan banjir dalam kegiatan penelitian dosen pemula yang dibiayai oleh DP2M DIKTI. Adapun pada tahun 2011 dan s/d 2013 telah dilakukan studi pendahuluan oleh Tim Universitas Muhammadiyah Jember. tentang model sensor alat banjir, namun sistim otomatisasi pintu yang dibuat belum terintegrasi dengan pintu air dari konstruksi beton. Pada tahun 2014 telah dilakukan perancangan alat sensor dengan modifikasi dari stasiun hujan yang ada. Akhirnya pada tahun 2015 alat tersebut telah terintegrasi menjadi sistim informasi bencana banjir yang dibiayai oleh Ditlitabmas DIKTI. Dari hasil penelitian ini perlu diaplikasikan dalam sebuah pintu air untuk pembagian air irigasi dengan struktur bahan pintu air dari beton. Sinergi penelitian telah terbentuk, ketua pengusul pada tahun 2014 telah melakukan penelitian dan kajian tentang *Pengembangan infrastruktur Bangunan air dan OP Irigasi*. Adapun anggota pengusul ke dua pada tahun 2016 telah melakukan penelitian tentang *Kajian Pengembangan Dinding Bangunan Dengan beton Ringan*. Sedangkan anggota pengusul kedua telah melakukan penelitian pada tahun 2015 tentang *Otomatisasi Mesin-mesin rekayasa berbasis Mikrokontroller*. Maka peta jalan penelitian ini adalah pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian-kajian dan deain terkait pintu air, konstruksi beton ringan dan sistim otomasisnya oleh 3 orang yang tergabung dalam tim .

BAB IV. METODE PENELITIAN

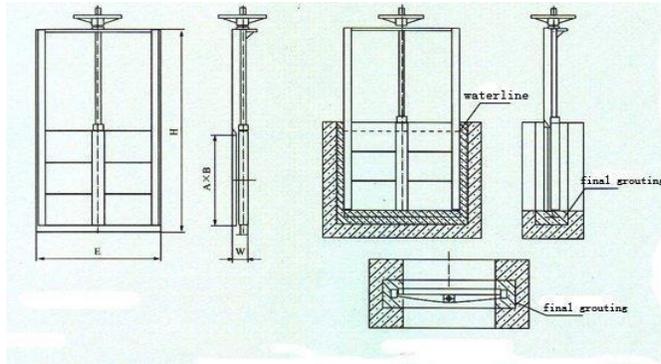
4.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian dilakukan dengan pendekatan uji laboratorium dan uji lapangan. Uji laboratorium berupa berupa uji tekan, uji tarik, berat isi dan MOR, sedangkan uji lapangan dilakukan uji material di lokasi saluran irigasi dengan berbagai variasi aliran air.

4.2 Tahapan Pengolahan Data

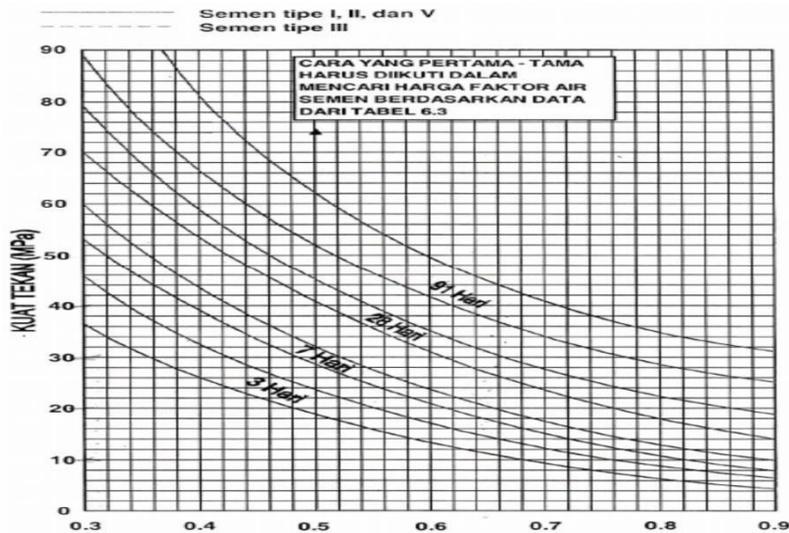
Untuk melaksanakan kegiatan penelitian ini dilakukan metode penelitian yang disajikan pada gambar 4.4. Sedangkan prosedur pelaksanaan ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Cek kesesuaian dimensi pintu air dengan 3 tipe pintu air, Tipe A, Tipe B dan Tipe C.



Gambar 4.1. Penentuan type A, B, C berdasarkan lebar-X

- b. Pembuatan mix desain bahan beton ringan untuk mendapat desain minimum ideal untuk beton ringan.



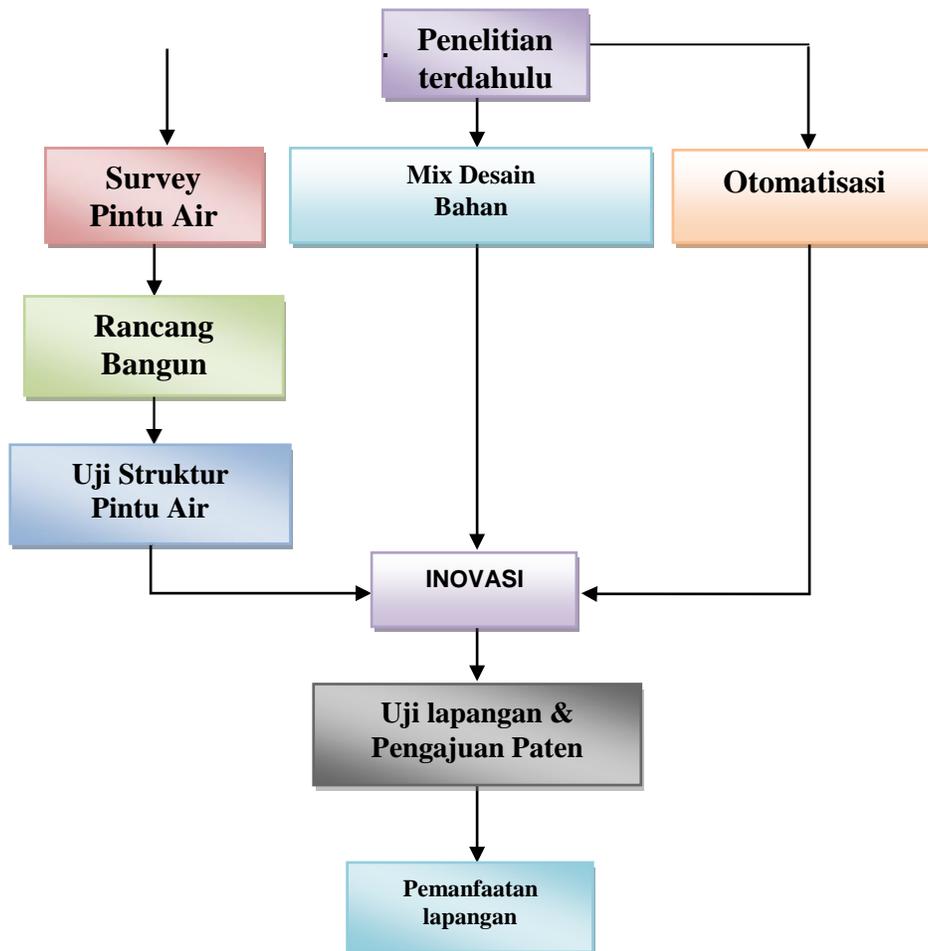
Gambar 4.2. Grafik acuan penentuan factor air dan kuat tekan pada mix desain

- c. Pembuatan 3 tipe pintu air dengan melakukan mix desain mengacu pada hasil mix desain yang telah dibuat.
- d. Dilakukan curing atau perawatan struktur di laboratorium.



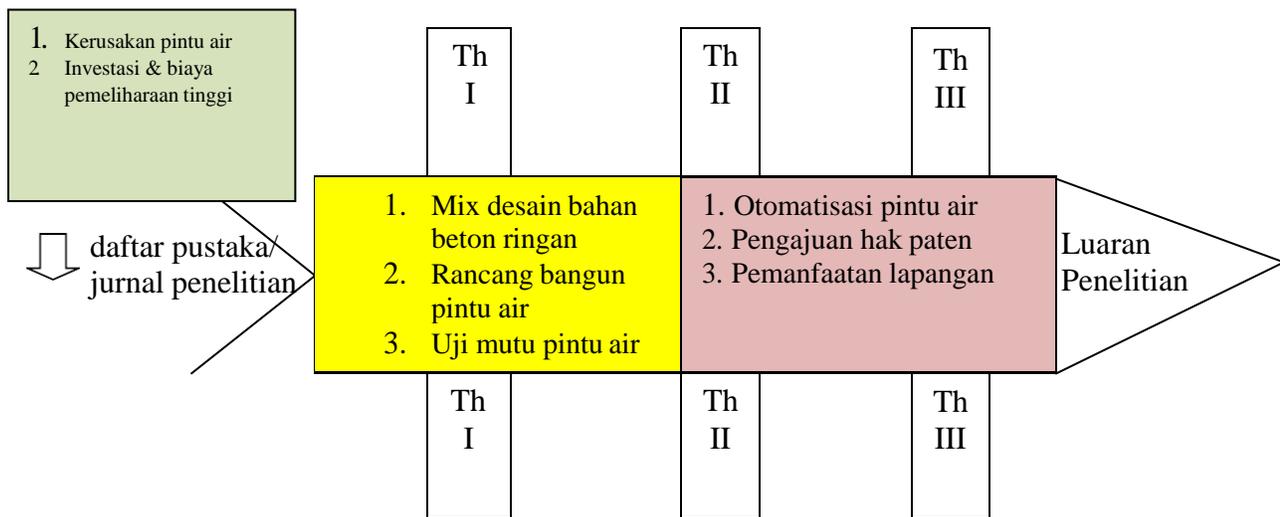
Gambar 4.3. Curing dan perawatan beton ringan di Laboratorium

- e. Dilakukan uji tekan, uji tarik, MOR dan berat isi setiap tipe pintu air.
- f. Dilakukan uji lapangan 3 tipe pintu air pada saluran irigasi dengan lebar sesuai dengan lebar setiap pintu air.



Gambar 4.4 Diagram alir penelitian

Fishbone diagram penelitian ini dijelaskan sebagai berikut :



4.3. Target luaran dan Indikator Keberhasilan Penelitian

Adapun target luaran tahunannya, indikator capaiannya keberhasilan dalam melaksanakan penelitian disajikan pada tabel berikut :

Tahun	Target luaran	Indikator capaian
I	<ol style="list-style-type: none"> Diperolehnya rancang bangun pintu air dari bahan beton ringan Diperolehnya rancang bangun pintu air yang memenuhi uji struktur Diperolehnya rancang bangun pintu air sesuai dengan kondisi lapangan 	<ol style="list-style-type: none"> Rancang bangun pintu air berhasil dibuat dari bahan beton ringan. Rancang bangun pintu air dapat memenuhi uji struktur Rancang bangun pintu air dapat diaplikasikan dilapangan
Th II	<ol style="list-style-type: none"> Diperolehnya otomatisasi rancang bangun pintu air untuk irigasi Diperolehnya otomatisasi rancang bangun pintu air sesuai dengan kondisi lapangan 	<ol style="list-style-type: none"> Otomatisasi rancang bangun pintu air dapat dioperasikan Otomatisasi rancang bangun pintu air dapat diaplikasikan dilapangan
Th III	<ul style="list-style-type: none"> Diperolehnya rancangan pintu air yang lebih fleksibel Diperolehnya rancangan pintu air yang dapat diajukan hak paten dan dapat diproduksi oleh Industry 	<ul style="list-style-type: none"> Rancangan pintu air yang efisien dan fleksibel Rancangan pintu air mendapatkan hak paten dan mampu dijual oleh industry.

BAB V. HASIL PENELITIAN

5.1. Umum

Seiring dengan perkembangan zaman dan ilmu pengetahuan dan teknologi, tumbuhlah ide-ide baru dalam teknologi konstruksi bangunan yang bertujuan dapat membuat bangunan menjadi ringan, kokoh, ekonomis dan mudah dalam proses pembuatannya. Namun, aspek keberlanjutan adalah salah satu topik penting yang dibahas dalam membuat konstruksi bangunan dunia di masa mendatang. Keberlanjutan diartikan sebagai pengembangan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengganggu kemampuan generasi mendatang memenuhi kebutuhan mereka sendiri [1]. Plat merupakan struktur utama bangunan yang dimana semua bangunan bertingkat pasti menggunakan plat. Plat lantai beton bertulang umumnya dicor ditempat, bersama – sama balok penumpu dan kolom pendukungnya. Ada juga plat yang dimanfaatkan sebagai dinding bahkan inovasi dinding penahan air atau sekaligus untuk pintu air yang dapat dioperasikan buka tutup. Dengan demikian akan diperoleh hubungan kuat yang menjadi satu kesatuan. Dalam pembuatan plat, tentu diperhatikan kuat tarik dan tekan. Beton yang memiliki kekuatan yang tinggi pada tekan tidak dapat menahan tarik dengan baik, sehingga kelemahan beton akan tarik diatasi dengan pemasangan tulangan sebagai penahan tarik pada plat beton, menahan momen tarik dan lenturan. Kekuatan bambu meningkat seiring bertambahnya usia dan mencapai kekuatan maksimum pada 3-4 tahun dan kemudian mulai menurun kekuatan [2]. Bambu juga merupakan tanaman yang ramah lingkungan karena menyerap banyak nitrogen dan karbon dioksida di dalam udara [3].

Karakteristik kekuatan tekan bambu kurang dari kekuatan tariknya [4], sedangkan kinerja uji tarik dengan bambu hampir sama dengan batang baja biasa [5]. Pada beberapa penelitian sebelumnya telah digunakan Bambu Semantan dipilih karena merupakan jenis bambu yang paling banyak dimanfaatkan secara komersial dan saat ini sedang dipelajari mengenai sifat-sifat fungsional, fisik, dan mekaniknya untuk kontribusi menuju perluasan industri bambu [6]. Tulangan bambu yang digunakan adalah bambu petung yang disusun menyerupai rangkaian tulangan baja, sehingga fungsinya akan bekerja sesuai dengan fungsi tulangan baja. Untuk mengetahui pengaruh *variasi jarak* tulangan bambu terhadap lentur pada plat dua arah, maka dilakukan perbandingan nilai kuat lentur plat bertulangan bambu dari 4 variasi tersebut yang masing-masing terdiri dari 3 sampel sehingga total ada 12 variasi. Ada beberapa rekomendasi untuk pemilihan bambu yang akan digunakan [10]:

a) Hanya bambu yang menunjukkan warna coklat yang harus digunakan untuk memastikan tanaman sudah matang dan matang setidaknya berumur tiga tahun.

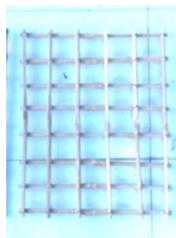
b) Bambu tidak ditebang dalam kondisi basah karena batangnya lebih lemah karena bertambah kadar air serat.

c) Spesies bambu dengan jumlah simpul terbanyak dipilih karena akan menambah ikatan. Dalam keadaan kering, kekuatan karakteristik bambu, paling tidak sebanding dengan kayu keras bermutu tinggi antara 30 MPa (Oak) dan 50 MPa (American White Oak) [8]. Bambu biasanya berongga, anisotropik, bahan alami dengan variabilitas sifat fisik dan mekanik yang tinggi melintasi bagian dan sepanjang batang. Kepadatan bambu bervariasi melalui penampang (dari dinding batang dalam ke luar) dengan nilai-nilai khas mulai dari 500 hingga 800 kg / m³. Secara longitudinal mode kegagalan yang didominasi ketegangan, bambu biasanya menunjukkan perilaku yang rapuh. Variabilitas sifat mekanik longitudinal bambu mirip dengan mereka yang dari kayu, memiliki koefisien varian antara 10 dan 30% [9-11].

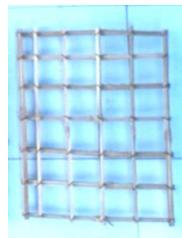
5.2. Pembuatan Benda Uji

a). Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

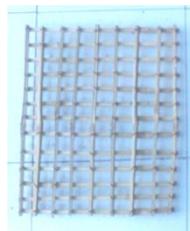
Dalam penelitian ini dibuat 12 buah benda uji yang berukuran panjang 500 mm, lebar 400 mm dan tebalnya 30 mm. Dari 12 sampel tersebut dibuat 4 variasi (A,B,C dan D) dengan jarak tulangan vertikal dan horizontal sama.



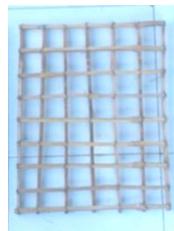
a. Sampel A



b. Sampel B



c. Sampel C



d. Sampel D

Gambar 1. Jarak tulangan bambu pada sampel A,B,C dan D

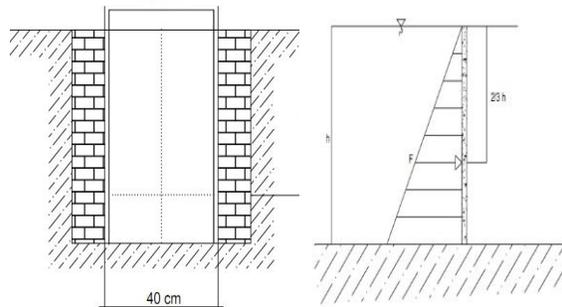
Sampel A jarak tulangan 45 mm, sampel B jarak tulangan 50 mm, sampel C jarak tulangan 60 mm dan sampel D jarak tulangnya 80 mm. Plat beton yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan campuran perbandingan 1:4 (semen : pasir), dimana komposisi agregat kasar tidak ada. Agregat kasar tidak digunakan dengan tujuan agar beton lebih ringan. Sebelum membuat plat beton, terlebih dahulu dilakukan uji tekan dengan membuat sampel pengujian 3 buah yaitu S₁, S₂ dan S₃ menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 80 mm dan tingginya 160 mm.

a) Beban Hidrostatik Pintu Air

Perhitungan tekanan hidrostatik pada pintu air dihitung dalam kondisi air penuh setinggi saluran sehingga mendapatkan nilai tekanan hidrostatik maksimum, dengan perhitungan sebagai berikut:

- Lebar teoritis = 40 cm
- Tinggi pintu air (H) = 60 cm
- γ air = 10 kN/m³
- Ketebalan pintu air (d) = 3 cm

Ukuran pintu air dan diagram gaya yang bekerja pada pintu air disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi gaya yang bekerja pada pintu air

Dalam menentukan tekanan hidrostatik yang bekerja pada bagian panel adalah:

$$F = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot b$$

$$F = 1/2 \cdot 10 \cdot 0.6^2 \cdot 0.35$$

$$= 0,72 \text{ kN}$$

Faktor keamanan

$$1.4 F = 1.4 \cdot 0,72$$

$$= 1,008 \text{ kN}$$

$$\approx 100,8 \text{ kg}$$

Dalam menentukan titik tangkap tekanan hidrostatik dihitung sebagai berikut:

$$h_p = \frac{2}{3} h$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 0,6$$

$$= 0,4 \text{ m dari permukaan air}$$

Dari perhitungan di atas, tekanan hidrostatik panel beton adalah 100,8 kg dan terjadi pada kedalaman 0,4 m dari permukaan air.

5.3. Pengujian di Laboratorium

Untuk menguji nilai kuat tekan beton maka dibuat 3 buah sampel yaitu S₁, S₂ dan S₃ dengan komposisi campuran 1: 4 (semen : pasir). Setelah melakukan pengujian kuat tekan beton, diperoleh hasil seperti yang disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton S₁, S₂ dan S₃

No	Sampel	Massa	Luas Bidang (mm ²)	Gaya tekan (N)	Kuat Tekan/ Fc (Mpa)	Tegangan Hancur (kg/cm ²)
1	S1	9.597	18.133	230,000	12.7	152.8
2	S2	9.984	18.133	230,000	16.5	199.3
3	S3	9.864	18.133	230,000	16	192.7
					Rata-rata	181.6

Adapun nilai kuat tekan beton pada sampel S₂ dan S₃ nilainya hampir sama (199,3 kg dan 192,7 kg), maka setelah dirata-rata dengan kuat tekan sampel S₁ diperoleh kekuatan runtuh rata-rata pada saat beton hancur sebesar 181,6 kg/cm². Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton sampel S₁, S₂ dan S₃, walaupun tidak menggunakan agregat kasar ternyata beton memiliki nilai kuat tekan yang cukup untuk keperluan pembuatan pintu air dari beton. Adapun alasan tidak digunakan agregat kasar karena kegiatan pembuatan pintu air kecil merupakan tugas petani pemakai air. Rata-rata dalam membuat konstruksi butuh yang cepat dan praktis, apalagi yang melimpah di kawasan studi adalah pasir, kalo agregat kasar gradasinya tidak seragam dan jumlahnya sedikit.

c). Tulangan Bambu

Tulangan yang digunakan adalah bambu petung, dengan dimensi $10 \times 10 \text{ mm}^2$. Tulangan dibuat dengan panjang yang menyesuaikan dimensi pada plat. Untuk tulangan vertikal panjangnya 46 cm dan untuk tulangan horizontal panjangnya adalah 36 cm. Setelah bambu benar-benar kering dan halus, kemudian bambu dilapisi dengan cat dan pasir. Karena nantinya bambu akan dikombinasikan dengan beton, dimana pada beton sendiri terdapat air maka bambu yang dilapisi dengan cat setidaknya dapat mengurai bambu untuk meresap air pada beton. Setelah bambu dilapisi dengan cat, bambu dilumuri dengan pasir. Bambu yang telah dilapisi cat dan pasir agar dapat memperkasar bidang kontak bambu dengan beton ketika bambu sudah dipasang sebagai tulangan, sehingga bambu dan beton dapat menyatu secara sempurna.



Gambar 3. Proses pengeringan tulangan dan persiapan pengecoran

Pengujian *pull-out* menggunakan sampel beton silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Beton silinder diberikan tulangan bambu. Kemudian sampel diuji tarik untuk mengetahui kekuatan lekatan bambu, dan diperoleh hasilnya sebesar 1,5 kN. Tulangan bambu tidak sama dengan tulangan baja, pada beton bertulang baja. Adapun pada keruntuhan beton terjadi karena tulangan baja telah mencapai titik leleh. Namun, pada beton bertulang bambu, keruntuhan pada beton terjadi karena lepasnya lekatan antara beton dan bambu.

Sebelum dilakukan pengujian, maka 12 sampel yang akan diuji diberi kode-kode sebagai berikut

A : Jarak tulangan 45 mm (A1, A2, A3)

B : Jarak tulangan 50 mm (B1, B2, B3)

C : Jarak tulangan 60 mm (C1, C2, C3)

D : Jarak tulangan 80 mm (D1, D2, D3)

Setelah dilakukan pengkodean, semua plat pintu air ditimbang terlebih dahulu. Secara umum semakin rapat jarak antar tulangan, maka berat plat beton semakin berkurang. Hasil

perhitungan berat plat beton dari berbagai variasi jarak tulangan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan berat plat beton dari berbagai variasi jarak tulangan

Benda Uji	Variasi	Sampel	Berat Plat (Kg)	Rata-rata (Kg)
1	A	A1	11.40	11.26
2		A2	11.35	
3		A3	11.03	
4	B	B1	11.60	11.63
5		B2	11.80	
6		B3	11.50	
7	C	C1	12.05	11.98
8		C2	11.85	
9		C3	12.05	
10	D	D1	12.10	12.17
11		D2	12.15	
12		D3	12.25	

Pada sampel C dan sampel D berat rata-rata plat beton hampir sama. Hal ini dimungkinkan karena rasio luas tulangan hampir sama. Adapun pada sampel A memiliki berat yang paling ringan dengan selisih hampir 1 kg atau 10% terhadap sampel D dengan berat rata-rata sekitar 11,26 kg, maka sampel menjadi alternatif konstruksi yang dapat dipilih pada pembuatan pintu air dari plat beton, namun perlu dipertimbangkan juga bagaimana kekuatannya saat menerima tekanan hidrostatis air serta bagaimana grafik pengaruh pembebanan dengan lendutan yang terjadi.

Pada pengujian kuat lentur dilakukan dengan dua metode, pembacaan pertama menggunakan metode load kontrol dimana pembacaan berdasarkan beban yang diterima oleh plat. Metode kedua menggunakan metode displacement kontrol, dimana metode ini pembacaannya berdasarkan lendutan yang terjadi setelah beban maksimum tercapai. Untuk load kontrol menggunakan penambahan beban secara konstan dengan interval setiap 50 kg. Sementara displacement control setelah mencapai beban maksimum dan beban mengalami penurunan hingga mencapai plat runtuh.



Gambar 4. Pembebanan Pada Plat Beton

LVDT diletakkan di tengah bentang untuk pembacaan lendutan yang terjadi pada plat. Karena menggunakan tumpuan bebas, maka perlu diperhatikan kondisi plat saat diletakkan pada tumpuan. Hasil pengujian kuat lentur disajikan pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3 Plat Variasi D maksimum yang dapat dipikul sebesar 738 kg, sementara variasi B maksimum yang dapat dipikul sebesar 560 kg.

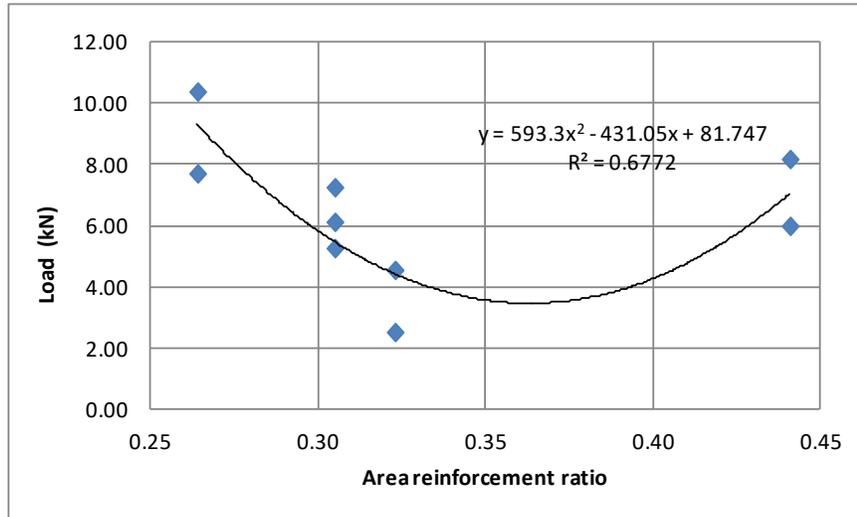
Namun apabila dicermati sesungguhnya setiap variasi perlakuan memperlihatkan hasil yang berbeda-beda sehingga sulit diambil kesimpulan bagaimana pengaruh jarak tulangan terhadap kuat lentur plat beton. Sebagai contoh pada plat B, nilai kuat lentur B1 hampir sama dengan B2 sementara nilai B3 menyimpang cukup jauh. Demikian pula pada Plat D, nilai D1 sangat berbeda jauh dengan nilai D1 dengan kenaikan 3x lipat.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat lentur plat pada berbagai variasi jarak tulangan bambu

Benda Uji	Variasi	Sampel	Beban Plat (Kg)	Rata-rata (Kg)
1	A	A1	374.00	605.67
2		A2	610.00	
3		A3	833.00	
4	B	B1	256.00	560.33
5		B2	463.00	
6		B3	962.00	
7	C	C1	536.00	632.83
8		C2	623.50	
9		C3	739.00	
10	D	D1	373.00	738.67
11		D2	785.00	
12		D3	1058.00	

Maka berdasarkan hasil pengujian ini akan dicoba dihubungkan beberapa nilai sehingga dapat dibuat pola hubungan yang lebih dekat antara jarak dengan kuat lentur. Agar dapat mendapatkan kesimpulan yang lebih tepat maka setiap jarak dihitung adalah betuk rasio luas tulangan bambu

terhadap nilai kuat lentur dengan mengabaikan nilai ekstrim seperti pada nilai A3, B3 dan D1, maka diperoleh hubungan yang signifikan antara rasio luas tulangan bambu terhadap kuat lentur plat sebagaimana yang disajikan pada gambar 4.



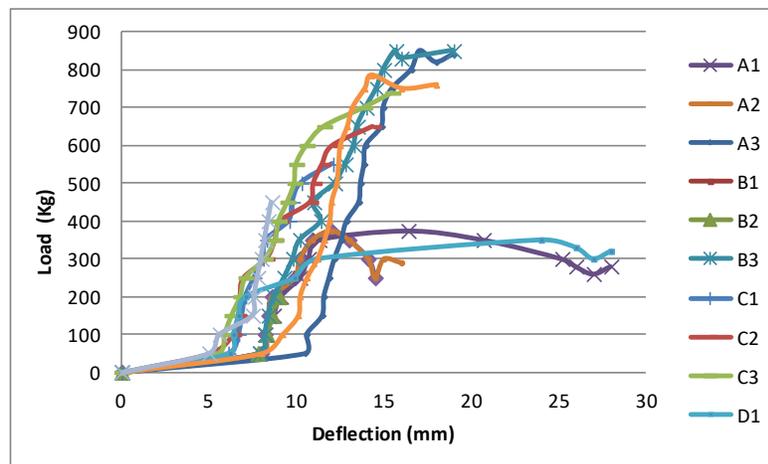
Gambar 4. Hubungan rasio luas tulangan terhadap kuat lentur plat beton.

Berdasarkan grafik 4. Terlihat bahwa kuat lentur cenderung menurun saat rasio luas tulangan mengalami kenaikan sampai dengan 0,36 dan pada rasio luas tulangan bambu sekitar 0,37 maka kuat lentur plat mencapai batas terendah sampai dengan 230 kg, sedangkan berikutnya semakin naik nilai rasio luas tulangan bambu maka nilai kuat sentur semakin naik pula. Prilaku ini mengikuti grafik polinomial dengan persamaan $y = 50051x^2 - 37876x + 7457.5$ dengan koefisien korelasi mendekati 0,70. Berdasarkan hasil pengujian yang dibandingkan dengan perhitungan teoritis, beban yang mampu dipikul plat untuk pintu air sebesar 100 kg. Sehingga secara umum semua variasi mampu menahan beban hidrostatis air sebagaimana yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Kontrol kemampuan menahan beban hidrostatis air

Benda Uji	Variasi	Beban Plat (Kg)	Tekanan Hidrostatis air (Kg)	Prosen Keamanan (%)
1	A	374.00	100.80	26.95
2		610.00	100.80	16.52
3		833.00	100.80	12.10
4	B	256.00	100.80	39.38
5		463.00	100.80	21.77
6		962.00	100.80	10.48
7	C	536.00	100.80	18.81
8		623.50	100.80	16.17
9		739.00	100.80	13.64
10	D	373.00	100.80	27.02
11		785.00	100.80	12.84
12		1058.00	100.80	9.53

Berdasarkan tabel 3, semua pintu air dengan berbagai variasi jarak tulangan cukup mampu menahan beban hidrostatis air dengan angka keamanan terendah pada pintu air B1 sebesar 39,38% sedangkan tertinggi pada pintu air D3 sebesar 9,53%. Diketahui bahwa dengan menggunakan 4 variasi plat beton dapat menahan beban hidrostatis air. Sehingga untuk keperluan pintu air penggunaan jarak 4 cm dapat digunakan dan lebih ringan dibanding plat-plat yang lainnya. Penurunan berat yang terjadi sebesar 10%, sedangkan untuk penurunan kekuatan plat sebesar 13 %.



Gambar 5. Grafik Gabungan Hubungan Beban dan Lendutan Plat

Dari hasil pengujian 12 variasi plat beton terlihat hampir memiliki pola yang sama. Pada

beban 0–300 kg grafik masih linier, diatas 300-1000 kg sebgain ada yang linier hal ini dikarenakan belum terjadi retakan. Ketika beban mencapai 1050 kg, barulah terjadi retakan pertama hingga beban ditambahkan, retakan lainnya juga bertambah. Pada tahap ini, penambahan nilai beban akan meningkatkan juga nilai lendutan secara seimbang. Ketika tahap retak awal telah dilewati, dengan penambahan beban maka akan tetap diikuti penambahan nilai lendutan secara seimbang.

Ketika sudah mencapai beban maksimum, secara drastis beban yang mampu bekerja pada plat turun. Kemudian retakan yang terjadi pada plat juga terus bertambah. Terlihat pada beban mencapai 629,4 kg, terjadi keretakan. Setelah itu pada beban 1129,4 kg juga terjadi keretakan 5,6 dan 7 tetapi memunculkan keretakan-keretakan yang baru.

Tabel 5. Perbandingan Lendutan

Benda Uji	Variasi	Beban Plat (Kg)	Lendutan (mm)
1	A	374.00	27.0
2		610.00	15.0
3		833.00	17.1
4	B	256.00	9.0
5		463.00	11.8
6		962.00	16.0
7	C	536.00	12.1
8		623.50	14.4
9		739.00	15.5
10	D	373.00	25.5
11		785.00	14.3
12		1058.00	8.6

Berdasarkan hasil uji laboratorium, lendutan maksimum sebesar 27 mm sedangkan minimum sebesar 8,6 mm.

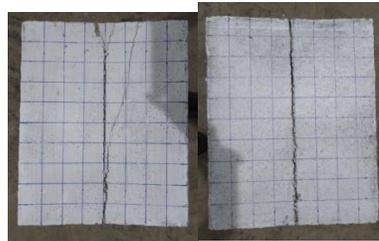
Pola Keruntuhan Plat Beton

Retakan awal terjadi di bawah plat, dimana merupakan bagian tarik dari plat. Kemudian retakan merambat ke bagian atas plat sedikit demi sedikit. Sebelum terjadi retak, plat masih bertindak sebagai plat elastis.



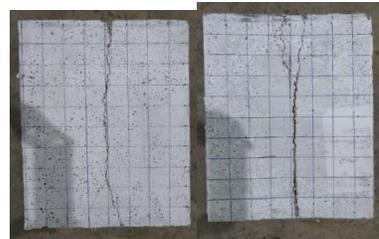
Gambar 6. Proses pengujian dan retakan yang terjadi saat pengujian

Akibat beban luar yang bekerja padanya, plat akan melendut dan bagian pojoknya akan terangkat bila tidak dicor secara monolit dengan tumpuannya, hal ini juga berlaku pada plat dengan tumpuan bebas seperti pada penelitian. Retakan yang terjadi lebih dominan pada bagian tengah, pada bentang pendek.



A1

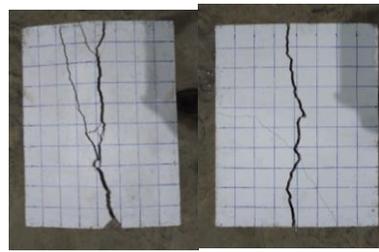
B1



C1

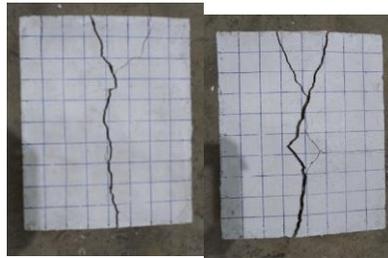
D1

Gambar 7. Pola Keruntuhan Pintu Air Pada Bagian Tekan



A1

B1



C1

D1

Gambar 8. Pola Keruntuhan Pintu Air Pada Bagian Tarik

5.4. Pengujian di Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan di beberapa lokasi HIPPA yang ada di Kecamatan Balung Kabupaten Jember, dengan melibatkan pengurus HIPPA dan Gabungan HIPPA serta pengamat pengairan setempat. Rincian kegiatan sebagai berikut Wilayah Kecamatan Balung Kabupaten Jember memiliki luas areal irigasi seluas 4.200 ha, yang merupakan salah satu penopang produksi beras nasional. Debit air yang masuk ke areal irigasi cukup banyak sehingga sangat mendukung untuk pengembangan irigasi. Kawasan Kecamatan Balung ditunjang dengan topografi tanah yang datar dan kondisi tanah yang subur, sehingga produktivitas pertaniannya sangat tinggi, rata-rata produksi padinya sebesar 6,5 ton/ha. Namun kondisi sarana dan prasarana untuk melakukan operasi irigasi menjadi kendala dalam peningkatan produktivitas pertanian, seperti : kerusakan pasangan batu kali, kerusakan pintu air irigasi dan sedimentasi pada beberapa ruas saluran irigasi. Adapun profil kondisi mitra disajikan pada tabel 4.7. Kerusakan pintu air irigasi terdapat pada hampir setiap saluran, diantaranya karena faktor usia, mengalami korosi dan beberapa hilang karena dicuri sebagaimana diilustrasikan pada gambar 9.

Tabel 6. Profil mitra pada saat ini

No	Uraian	HIPPA Tirto Asri	HIPPA Tirto Manunggal
1	Luas baku sawah	2000 Ha	1550 Ha
2	Panjang saluran irigasi	21 Km	16 Km
3	Kebutuhan debit air irigasi	2,4 m ³ /det	1,8 m ³ /det
4	Produktivitas	6,5 ton/hari	6,4 ton/hari
5	Sistim irigasi	Giliran & rotasi	Giliran & rotasi
6	Total pintu air irigasi	46 buah	52 buah
7	Jumlah pintu air irigasi yang hilang	13 buah	14 buah
8	Jumlah pintu air irigasi yang rusak	24 buah	21 buah

Sumber : UPTD Pengairan Kab. Jember, 2020

Dengan baku sawah yang cukup luas maka jika tidak ditangani dengan baik akan berdampak pada penurunan produktivitas pertanian. Masalah kerusakan pasangan batu kali terdapat rata-rata sekira 20%, yang akan berdampak pada terjadinya kebocoran air irigasi. Sebagai contoh pada saluran milik HIPPA Tirto Asri kerusakannya sepanjang 4 Km artinya akan terjadi kehilangan air irigasi sebanyak 480 liter/detik. Demikian pula jika kerusakan pasangan tidak ditangani akan merambat kebagian hilir karena selama air mengalir gerusan akan terjadi, hal ini terbukti dalam 1 tahun terjadi penambahan kerusakan hampir 300 meter. Demikian pula pintu air, dari total 120 pintu air maka 50% sudah hilang dan rusak. Hal ini apabila dibiarkan akan menghambat teknik pembagian air irigasi. Pembagian air irigasi tidak dapat dilakukan merata, sehingga beberapa areal irigasi kesulitan mendapatkan air irigasi terutama pada saat musim kemarau. Disamping itu, ada lahan yang tidak mendapatkan air irigasi juga dapat menimbulkan konflik sosial, terutama bagi beberapa petani karena berebut mendapatkan air irigasi yang banyak padahal pintu yang digunakan untuk membagi telah rusak dan hilang.



a. kerusakan saluran irigasi



c. Kerusakan pintu air



b. Sedimentasi saluran irigasi



d. Sadap liar

Gambar 9. Kondisi pintu air irigasi saat ini

Masalah lainnya yang dihadapi oleh mitra adalah terjadinya sedimentasi pada saluran irigasi. Sedimentasi berasal dari air sungai yang masuk, namun karena DAS sudah kritis sedimennya cukup banyak dan masuk ke saluran irigasi. Sedimen rata-rata yang masuk ke areal irigasi sebanyak 3,5 m³/tahun. Sedimen yang banyak disamping menghambat aliran juga mengurangi kapasitas angkut saluran irigasi sehingga air irigasi yang akan dibawah ke saluran primer, sekunder, tersier bahkan kuarter semakin sedikit. Kalo sedimen rata-rata yang masuk sekitar 3,5 m³ maka kapasitas saluran irigasi mengalami pengurangan sebesar 10% setiap tahunnya. Selain masalah sedimen, terdapat masalah sadap liar. Sadap liar adalah pengambilan air yang dilakukan secara illegal tanpa koordinasi sehingga mengurangi suply air pada bagian hilir. Menurut catatan staff pengairan Kabupaten jember, rata-rata terdapat 100 an titik sadap liar setiap tahunnya. Sadap liar sulit terdeteksi karena pengambilan airnya pada waktu tertentu saja dan tidak permanen menggunakan pompa air, sehingga tindakan hukum selama ini sulit ditegakkan karena berganti-ganti waktu, berganti orang dan berganti lokasi sadap liar.

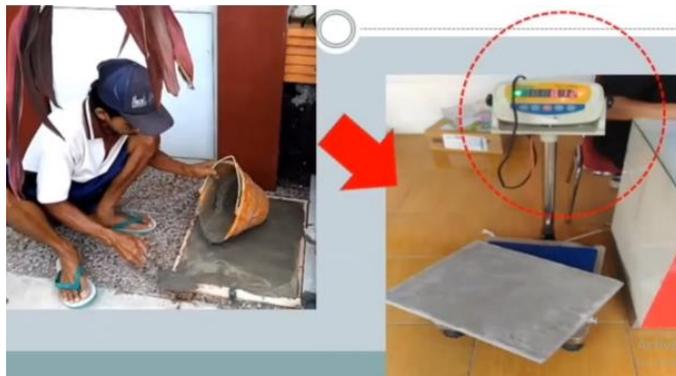
Berdasarkan uraian pada tabel 4.6, terlihat bahwa masalah kerusakan pintu air paling berdampak terhadap penurunan produktivitas pertanian sekitar 20%. Adapun sedimentasi juga masalah besar namun penanganannya membutuhkan biaya yang besar dan memerlukan alat berat untuk melakukan pengerukan sedimentasi. Sedangkan masalah kerusakan saluran irigasi cukup panjang sampai dengan 40 km, dampak penuruan produktivitas juga besar namun dalam melakukan tindakan disamping membutuhkan biaya besar juga perlu koordinasi dengan Dinas Pengairan propinsi Jatim dan Kabupaten Jember.



Gambar 10. Kondisi pintu air irigasi saat ini

Untuk menangani masalah kerusakan pintu air, perlu identifikasi secara detail terlebih dahulu kenapa rusak dan kenapa pula hilang. Kerusakan lebih sering terjadi pada daun pintu air karena bahannya terbuat dari plat besi yang mudah mengalami korosi karena kurang rutinnya dalam melakukan pengecatan. Sebagian kasus pintu air adalah hilang karena plat besi mudah diambil dan dijual lagi. Namun dari kedua faktor diatas paling banyak disebabkan karena mnegalami korosi. Korosi terjadi karena pengecatan yang idealnya dilakukan setahun sekali, namun hanya dilaksanakan 2 tahun seklai karena keterbatasan dana pemeliharaan rutin. Maka masalah prioritas yang perlu ditangani adalah membuat teknologi tepat guna dengan mengganti 34 pintu air yang telah rusak sehingga produktivitas pertanian dapat ditingkatkan dan masalah yang dihadapi oleh mitra dapat diselesaikan.

Untuk masalah daun pintu air irigasi, solusi yang diberikan adalah merancang plat pintu air dari bahan selain kayu dan plat besi, diantaranya menggunakan bahan dari plat beton ringan. Plat beton dibuat ringan dengan campuran bahan dari semen dan pasir saja tidak perlu diberi koral, sedangkan agar lebih ringan lagi di bagian dalamnya dibuat berongga dengan diberi tulangan dari hollow galvalum 20/40. Agar semakin ringan maka ketebalan plat pintu air dari beton ringan dibuat tidak terlalu tebal, maksimal ketebalan hanya $t = 3$ cm. Setelah dilakukan ujicoba lapangan di peroleh plat yang sangat ringan hanya beratnya 8,16 kg dan lebih ringan 60 % dari beton struktur lainnya. Hasil ini kami ilustrasikan pada gambar 11.



Gambar 11. Desain plat pintu yang ringan

Masalah lain yang terkait dengan kerusakan pintu air adalah pada bagian frame atau rangka pintu air. Rangka pintu air dibuat dari profil besi WF, keuntungannya frame cukup kuat dan tahan lama, namun kelemahannya bahannya relatif mahal dan rawan diambil dan kemudian dijual. Maka apabila semakin banyak yang diambil, maka investasi kembali frame pintu air membutuhkan biaya yang sangat mahal. Perkiraan harga sebuah frame pintu air dengan lebar pintu 1 m dan tinggi 2 m harganya sekitar 5 juta rupiah, maka apabila pintu air irigasi yang rusak sebanyak 200 buah butuh investasi sekitar 1 milyar hanya untuk frame pintu air saja, belum lagi biaya rutin pengecatan setiap tahun serta pelumasan yang perlu dilakukan secara rutin 6 bulan sekali agar daun pintu mudah digerakkan secara mudah bergeseran dengan frame pintu air.

Maka solusi yang ditawarkan adalah merancang frame pintu air dari bahan alternatif selain dari profil WF besi, diantaranya menggunakan bahan galvalum. Keuntungannya adalah lebih ringan, tidak mudah berkarat dan harganya lebih murah dibandingkan frame dari profil WF besi. Selain hal diatas, proses pemasangan pintu air tidak perlu melibatkan bengkel serta pembuatan dan pemasangannya

dapat dilakukan dengan cepat di lokasi. Galvalum yang digunakan adalah tipe Canal (C) dengan ukuran profil C.7,7.4. 0,7 (memiliki tinggi 7,5 cm, lebar 4 cm dan ketebalan plat 0,7 mm) dengan total panjang perlonjor adalah 6 m. Profil Galvalum kemudian dipotong-potong sesuai dengan kebutuhan di lapangan kemudian disambung dengan menggunakan baut pada beberapa titik sehingga terbentuk profil frame pintu air yang sebagaimana disajikan pada gambar 12.



Gambar 12. Desain frame pintu air dari galvalum

Adapun luaran dari kegiatan ini adalah telah dilakukan uji lapangan dari hasil penelitian dengan dihasilkan beberapa buah, yaitu : teknologi tepat guna (TTG) berupa pintu air irigasi yang terdiri dari frame pintu air lengkap dengan daun pintunya. Adapun luaran secara detail disajikan pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 7. Solusi dan Diskripsi Luaran kegiatan

No	Masalah	Solusi	Uji Lapangan	Jumlah Uji
1	Daun pintu air rusak	Daun pintu dari beton ringan	Beton ringan dengan komposisi semen dan pasir, tulangan galvalum hollow dengan ukuran lebar 90 cm dan tinggi 180 cm tebal 3 cm	9 Buah Daun Pintu
2	Frame pintu air rusak	Frame pintu air dari galvalum canal	Frame dari galvalum canal ukuran C.7,5. 4. 0,7 dengan ukuran lebar 1 m tingginya 2 m dengan sistim sambungan menggunakan baut.	9 Set Frame
3	Kait pengangkat	Kait pengangkat dibuat dari profil alumunium hollow	Kait Tipe T dengan lebar 20 cm dan tinginya 50 cm dengan sambungan baut	18 buah kait T

Dalam kegiatan ini melibatkan 3 pihak yaitu pihak pengusul, pihak penerima kegiatan dan pihak Dinas Pengairan Kabupaten Jember. Pihak pengusul dalam hal ini tim pengusul dari Lembaga Penelitian dan pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Jember yang terdiri dari 4 orang yang berasal dari berbagai disiplin ilmu dan telah melakukan inventarisasi permasalahan dari mitra dan solusi teknologi yang ditawarkan. Adapun mitra terdiri dari 2 (dua) buah himpunan petani pemakai air irigasi HIPPA Tirto Asri dan Tirto Manunggal yang mengalami penurunan produktivitas pertanian. Adapun pihak yang ketiga adalah Dinas Pengairan Kabupaten Jember dalam hal ini adalah Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) di Kecamatan Balung Kabupaten Jember, yang bertugas mengarahkan dan membimbing kegiatan mulai dari tahapan identifikasi masalah dan sumbangsih pemikiran terhadap solusi dari masalah yang dihadapi oleh mitra. Ketiga pihak tersebut telah bersinergi sebelumnya dalam membuat usulan dan berdiskusi bersama mencari solusi permasalahan dari mitra. Maka jika kegiatan ini dilaksanakan ketiga pihak akan bekerjasama mewujudkan dan merealisasikannya. Adapun bentuk keterlibatan dari ketiga pihak tersebut disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Jenis keterlibatan beberapa pihak

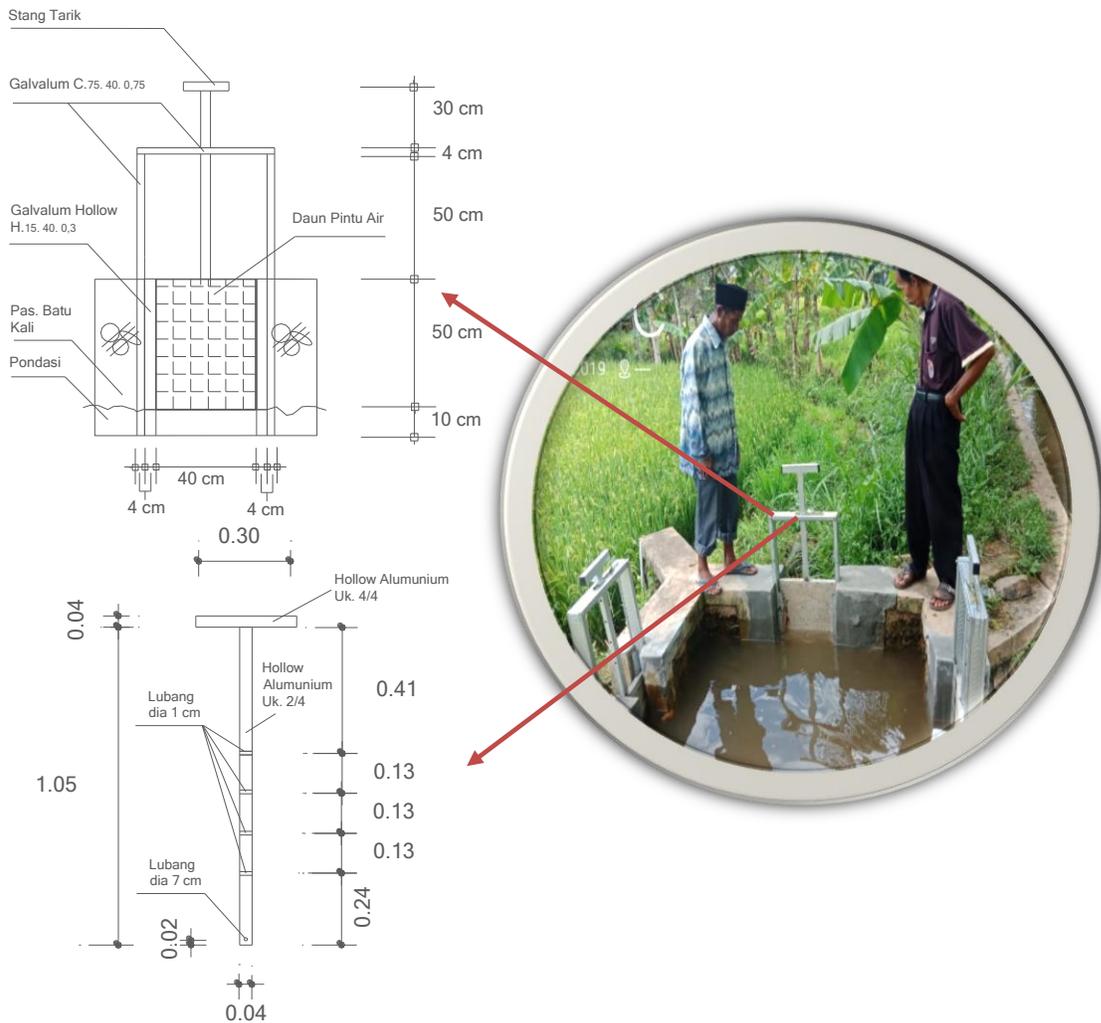
Pihak	Nama	Jumlah	Jenis keterlibatan
1	Tim pelaksana	4 orang	Memberikan desiminansi teknologi tepat guna, melakukan pelatihan, pendampingan selama pelaksanaan kegiatan
2	HIPPA Tirto Asri dan HIPPA Tirto Manunggal	2 buah & 100 Petani	Memberikan informasi lokasi, inventarisasi jenis kerusakan dan skala prioritas, menyediakan tempat pelaksanaan kegiatan dan mengkoordinasikan dengan petani dan instansi terkait.
3	UPTD Pengairan Jember	2 Buah	Melakukan pendampingan, pengarahannya selama kegiatan dan mengkoordinasikan dengan berbagai pihak

Sumber : Hasil koordinasi, 2020

Teknologi tepat guna yang didesiminasikan kepada 2 buah mitra adalah seperangkat pintu air lengkap dengan frame pintu air, daun pintu air dan stik pengangkat pintu air. Kemudian pintu air tersebut dipasang sepanjang saluran irigasi yang paling parah mengalami kerusakan dengan sistim pemasangan permanen. Adapun desain gambaran teknologi TTG disajikan dalam gambar 13, sedangkan spesifikasinya disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Spesifikasi Teknologi Tepat Guna

No	Jenis perangkat	Bahan	Ukuran
1	Daun pintu air	Beton ringan dengan komposisi semen dan pasir dan tulangan galvalum hollow	Lebar 90 cm Tinggi 180 cm Tebal plat 3 cm
2	Frame pintu air rusak	Galvalum Canal C.7,5. 4. 0,7	Lebar 1 m Tingginya 2 m 1 pasang Sambungan baut
3	Kait pengangkat	Alummunium Hollow H. 40. 40. 1	Kait Tipe T dengan lebar 20 cm tinginya 50 cm sambungan baut



Gambar 13. Spesifikasi detail konstruksi pintu air irigasi

BAB VI KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil penelitian serta analisa yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian di laboratorium diperoleh beban maksimum dari empat jenis plat tersebut, dimana beban maksimum sebesar 1058 kg dan minimum sebesar 256 kg. Adapun lendutan maksimum sebesar 27 mm sedangkan minimum sebesar 8,6 mm. Keruntuhan yang dihasilkan oleh keempat variasi panel merupakan jenis keruntuhan lentur.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur cenderung menurun saat rasio luas tulangan mengalami kenaikan sampai dengan 0,36 dan pada rasio luas tulangan bambu sekitar 0,37 maka kuat lentur plat mencapai batas terendah sampai dengan 230 kg, sedangkan berikutnya semakin naik nilai rasio luas tulangan bambu maka nilai kuat sentur semakin naik pula.
3. Semua pintu air dengan berbagai variasi jarak cukup mampu menahan beban hidrostatis air dengan faktor angka keamanan antara 3% sampai dengan 14%.
4. Pintu air telah diujicobakan dilapangan dengan terlebih dahulu mendesain frame pintu airnya dari bahan-bahan galvalum dengan hasil cukup baik. Pintu air dapat dioperasikan baik dalam kondisi normal maupun debit yang maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. van der Hel and F. Biermann, "The authority of science in sustainability governance: A structured comparison of six science institutions engaged with the Sustainable Development Goals," *Environ. Sci. Policy*, vol. 77, no. July 2016, pp. 211–220, 2017.
- [2] Amada, S. and Untao, S. 2001. "Fracture Properties of Bamboo," *Composites Part B*, Vol. 32, pp 451-459.
- [3] Steinfeld, C. 2001. "A Bamboo Future," *Environmental Design and Construction*, Available:http://www.edcmag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Items/, pp 1-5.
- [4] S. Nathan, W. Pang, and M. Gu, "Application of Bamboo for Flexural and Shear Reinforcement in Concrete Beams," *Struct. Congr. 2014* © ASCE 2014, vol. 156, no. 2, pp. 1025–1035, 2014.
- [5] F. M. Assaminew, "Investigation Of The Flexural And Bond Strengths Of Bamboo Using Different Splits (Forms) In Concrete Members," *Addis Ababa Univ. Sch. Grad. Stud.*, 2010.
- [6] K. Terai, Masakazu & Minami, "Research and Development on Bamboo Reinforced Concrete Structure," *World Conf. Earthq. Eng.*, pp. 1–10, 2012.
- [7] S. SALIM, "Production and properties of 'buluh semantan'(Gigantochloa scortechinii Gamble) hardboard compared to commercially produced pine hardboard," *Universiti Putra Malaysia*, 2007.
- [8] Kaminski S, Lawrence A, Trujillo D, King C (2016b) Structural use of bamboo Part 3: design values. *Struct Eng* 94(12):42–45
- [9] Bodig J, Jayne BA (1982) *Mechanics of wood and wood composites*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- [10] FPL (2010) *Wood handbook—Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190: U.S. Department of Agriculture, Madison, WI, USA
- [11] Wood LW (1960) *Variation of strength properties in woods used for structural purposes*. Wood, Madison.
- [12] M. A. Salau, "Characteristic Strength of Concrete Column Reinforced with Bamboo Strips," *J. Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 133–143, 2012.