

TINJAUAN EKONOMIS PLAT BETON DENGAN SISTEM *PRECAST* MENGGUNAKAN PERKUATAN BAMBU DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH* DAN *SUPERPLASTICIZER*

Abdul Rochman¹, Budi Setyawan², Aliem Sudjatmiko³, Muhammad Arif Fuad⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: ar126@ums.ac.id

Abstrak

Plat lantai/deck merupakan komponen struktur yang berfungsi menopang langsung beban-beban yang bekerja di bangunan gedung. Struktur plat lantai konvensional umumnya memiliki ketebalan kurang lebih 12 cm. Dengan ketebalan tersebut, berat struktur akan cukup besar sehingga beban gempa yang didukung juga besar. Penelitian ini mencoba mengembangkan plat lantai beton sistem *precast* yang dibuat dari beton mutu tinggi dengan tebal jauh lebih tipis yaitu 5 cm. Beton yang dipakai menggunakan *fas* 0,275 dengan mutu beton rencana 45 Mpa. Sebagai perkuatan tarik, digunakan tulangan dari bambu dari jenis *petung*. Sampel plat beton dibuat dengan ukuran 1200x600x50 mm dengan jumlah 5 sampel dan sampel silinder sejumlah 3 buah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Dari pengujian diperoleh, kuat tekan silinder beton rata-rata 62,65 MPa. Dari pengujian kuat lentur plat beton didapat momen retak teoritis sebesar 1,1083 kNm dan momen retak eksperimen sebesar 0,3630 kNm. Momen kapasitas teoritis diperoleh 1,3805 kNm lebih besar dari momen kapasitas eksperimen yaitu sebesar 0,7880 kNm. Dari perhitungan diperoleh ukuran modul penopang dan tempat peletakan plat *precast* dengan ukuran 1200x600 mm yang terbuat dari profil baja IWF_{100x50x5x7} dan lip *channel*_{100x50x2,3} yang sudah aman dan mampu menopang *qu* 7,5095 kN/m yang lebih besar dari *qu* teoritis 5,588 kN/m. Dari tinjauan ekonomis pembangunan plat lantai dengan ukuran plat lantai 2,4 x 3,6 m, metode *precast* lebih murah dibanding metode konvensional terpaut Rp 1.336.351,64. Keuntungan lain yaitu berat plat lantai metode *precast* lebih ringan 54,37 % dari berat plat lantai konvensional pada ukuran yang sama.

Kata kunci : kuat lentur plat, plat beton *precast*, tulangan bambu

Pendahuluan

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2018, jumlah penduduk di Indonesia sudah mencapai 262 juta jiwa. Pertumbuhan penduduk yang sedemikian pesat, menuntut pemenuhan kebutuhan perumahan yang tidak sedikit. Berbicara tentang permasalahan perumahan, tidak terlepas dari permasalahan ketersediaan lahan. Lahan untuk tempat tinggal yang tersedia di Indonesia semakin terbatas. Dampak dari semakin terbatasnya lahan tersebut mengakibatkan harga tanah semakin mahal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pengembangan perumahan dengan pola tata ruang vertikal bisa menjadi salah satu solusi, yaitu dengan membangun bangunan perumahan bertingkat.

Bangunan perumahan bertingkat memang yang menjadi solusi permasalahan terbatasnya lahan, tetapi bukan berarti solusi tersebut tidak mengakibatkan masalah pada pelaksanaannya, permasalahan yang timbul antara lain proses konstruksinya lebih lama dibandingkan dengan bangunan tidak bertingkat. Salah satunya dikarenakan proses pelaksanaan pembuatan plat lantai. Pelaksanaan pembuatan plat lantai sistem konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dan tenaga kerja yang cukup banyak, sehingga berdampak pada mahalnya biaya konstruksi. Sistem plat lantai secara *precast* bisa menjadi salah satu solusi yang dapat menekan biaya yang dikeluarkan karena waktu dan tenaga kerja menjadi lebih sedikit.

Penelitian ini melakukan pengembangan plat beton metode *precast* menggunakan beton mutu tinggi. Menggunakan agregat dengan mutu yang baik dan menggunakan bahan tambah berupa *fly ash* dan *superplasticizer*. Kuat tekan yang tinggi pada beton mutu tinggi ini bertujuan untuk meminimaliskan ketebalan dari beton tanpa mengurangi daya dukungnya, sehingga beban struktur plat semakin kecil sehingga dimensi struktur dibawahnya juga dapat diperkecil. Untuk memberikan kekuatan tarik pada pelat beton *precast* maka dipasang tulangan bambu. Pemilihan bambu sebagai tulangan diharapkan akan menekan biaya pengeluaran dari pelat beton *precast* tersebut. Perkuatan bambu memiliki kuat tarik yang tidak kalah dengan tulangan baja menjadi faktor lain mengapa bambu dipakai sebagai tulangan dari plat sebagai penelitian ini

Dalam aplikasinya, pelat–pelat beton *precast* dibuat dengan bentuk produk–produk. Produksi *precast* yang direncanakan dibuat dengan menyesuaikan ukuran pada umumnya yaitu seukuran dengan tripleks yang berukuran 120 x 240 cm, akan tetapi dalam penelitian ini digunakan modul atau sampel uji dengan ukuran 120 x 60 x 5 cm yang berbentuk plat. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini meliputi; (a) Seberapa besar kuat lentur yang dihasilkan dari plat beton sistem *precast* yang terbuat dari beton mutu tinggi dengan penambahan *fly ash* dan *superplasticizer* dengan perkuatan tulangan bambu, (b) Seberapa besar tingkat keekonomisan pelat beton dengan metode *precast* dibandingkan dengan pelat beton konvensional (cetak ditempat).

Plat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja adalah tegak lurus pada bidang tersebut. Ketebalanbidang plat ini relative sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang maupun lebarnya. Plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, Plat berfungsi sebagai diafragma atau unsure pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal (Asroni, 2015).

Pada umum pelat digunakan sebagai lantai bangunan, lantai atap bangunan, dan lantai jembatan. Pada pembuatan pelat lantai juga harus memenuhi persyaratan yang ada yaitu mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Pelat lantai juga dituntut untuk mampu menahan momen yang terjadi, serta mencegah kebisingan yang terjadi ketika pelat terlalu tipis sehingga ketika terjadi beban di atasnya menimbulkan kebisingan yang dapat terjadi. Ukuran dan ketebalan pelat juga mempengaruhi dimensi struktur yang berada di bawahnya karena adanya beban yang lebih ketebalan pelat dan dimensi pelat yang besar begitu pula gaya gempa yang berbanding lurus dengan ukuran pelat. Beban yang bekerjapada plat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu plat juga direncanakan terhadap beban lentur.

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan selain pembebanan tetapi juga perletakan serta jenis penghubung pada tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen yang dipikul oleh pelat. Pada bangunan gedung umumnya pelat ditumpu oleh balok secara monolit (menjadi satu kesatuan) yaitu pelat dan balok di cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan atau ditumpu oleh dinding–dinding bangunan. Selain itu ada pula pelat yang didukung oleh balok–balok baja dengan sistem komposit atau didukung oleh kolom secara langsung tanpa diberi struktur balok di bawah pelat tersebut.

Beton *precast* tidak berbeda dengan beton biasa, yang menjadikannya berbeda adalah metode pabrikasinya. Pada umumnya penggunaan beton *precast* dianggap lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran di tempat dengan alasan mengurangi biaya pemasangan begisting, mereduksi biaya upah pekerja karena jumlah pekerja relatif lebih sedikit, mereduksi durasi pelaksanaan proyek sehingga *overhead* yang dikeluarkan menjadi lebih kecil. Selain itu, bekerja di permukaan tanah jauh lebih mudah dan lebih aman untuk dilakukan, seperti persiapan cetakan, pengecoran, perapian permukaan, perawatan dan penggunaan *begisting* yang dapat berulang kali.

Precast dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur bangunan pada suatu tempat yang berbeda dengan tempat dimana elemen struktur tersebut akan digunakan. Teknologi *precast* ini dapat diterapkan pada berbagai jenis material, yang salah satunya adalah material beton. Beton *precast* sebenarnya tidak berbeda dengan beton yang sering dijumpai dalam bangunan pada umumnya. Yang membedakan hanyalah proses produksinya. Beton *precast* dihasilkan dari proses produksi dimana lokasi pembuatannya berbeda dengan lokasi dimana elemen akan digunakan. Lawan dari *precast* adalah beton cor di tempat (*cast in place*), dimana proses produksinya berlangsung di tempat elemen akan di tempatkan. (Candy, 2016)

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan beton normal biasa. Menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan (PD T-04-2004-C) tentang tatacara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40-80 MPa. Beton mutu tinggi bermanfaat pada beton pracetak dan pratekan. Beton mutu tinggi biasanya memiliki faktor air semen yang relatif kecil bahkan ada beton tanpa fas. Berbanding lurus dengan fas semakin kecil fas maka akan mengakibatkan sulitnya pelaksanaan pengecoran dilapangan, dikarenakan fas yang kecil mengandung air yang sangat sedikit. Mengantisipasi kelemahan tersebut biasanya digunakan bahan tambah pada beton mutu tinggi. (Mulyono, 2005)

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan saat pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan. *Superplasticizer* yang merupakan bahan tambah kimia dan *fly ash* yang merupakan bahan tambah *additive* sering kali digunakan dalam beton mutu tinggi.

Bambu adalah rumput berkayu berbentuk pohon yang termasuk ordo *Graminaea*, familia *bambuseae*. Bambu merupakan tumbuhan berumpun, berakar serabut yang batangnya berbentuk silinder dengan diameter bervariasi mengecil mulai dari ujung bawah sampai ujung atas, berongga, keras dan mempunyai pertumbuhan primer yang sangat cepat tanpa diikuti pertumbuhan sekunder, sehingga tingginya dapat mencapai 40 meter. Silinder batang bambu tersebut dipisahkan oleh nodia/ruas (Prawirohatmodjo, 1990).

Bambu mempunyai kekuatan cukup tinggi, kuat tariknya dapat dipersaingkan dengan baja. Sekalipun demikian kekuatan bambu yang tinggi ini belum dimanfaatkan dengan baik karena biasanya batang-batang struktur bambu dirangkaikan dengan pasak atau tali yang kekuatannya rendah. Bambu berbentuk pipa sehingga momen kelembamannya tinggi, oleh karena itu bambu cukup baik untuk memikul momen lentur. Selain itu bambu mempunyai kelenturan yang tinggi. Ditambah dengan sifat bambu yang elastis, struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap angin maupun gempa (Morisco, 1994)

Kuat tarik bambu yaitu suatu ukuran kekuatan bambu dalam hal kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang cenderung mengakibatkan bambu itu terlepas satu sama lain. Kekuatan tarik dibedakan menjadi dua macam yaitu kekuatan tarik tegak lurus serat dan sejajar serat. Kekuatan tarik sejajar arah serat merupakan kekuatan tarik yang terbesar pada bambu. Kekuatan tarik bambu untuk menahan gaya-gaya tarik berbeda-beda pada bagian batang dalam ataupun luar, garis tengah batang (batang yang langsing memiliki ketahanan terhadap gaya tarik yang lebih tinggi), serta pada bagian batang mana yang digunakan karena bagian kepala atau ujung memiliki kekuatan terhadap gaya tarik yang lebih rendah 12 % dibanding bagian pangkal (Morisco, 1996).

Morisco (1999) melakukan penelitian tentang kuat tarik bambu, ada 4 jenis bambu yang diteliti dengan keadaan masing-masing yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kuat tarik bambu kering oven tanpa nodia dan dengan nodia (Morisco, 1999)

Jenis Bambu	Tegangan tarik (MPa)	
	Tanpa nodia	Dengan nodia
Ori	291	128
Petung	190	116
Wulung	166	147
Tutul	216	74

Pada penelitian kuat lekat bambu terhadap beton bambu jenis petung memiliki kuat lekat tertinggi dibanding dengan jenis bambu yang lainnya. Pada penggunaan perkuatan pada beton sering dijumpai penggunaan bambu petung karena karakteristik yang dimilikinya. Serta nilai kuat tarik bambu yang tidak terpaut jauh dari baja juga menjadi solusi ekonomis dari pembuatan beton bertulang.

Dalam penelitian ini tinjauan momen lentur plat beton dilakukan berdasarkan hasil pengujian benda uji dan analisa secara teoritis.

1. Tinjauan momen lentur berdasarkan hasil pengujian

Pada pengujian kuat lentur diperhitungkan 2 jenis beban, yaitu beban terpusat P dan beban merata q. Berdasarkan kuat lentur plat beton bertulang dapat dihitung momen lentur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{\text{lentur max}} = 1/8 \cdot q \cdot L^2 + 1/4 \cdot P \cdot L \quad (1)$$

dengan, $M_{\text{lentur max}}$ = Momen lentur maksimal plat beton, Nmm

q = Berat sendiri balok, N/mm

L = Panjang benda uji, mm

P = Beban maksimum, N

2. Tinjauan momen lentur berdasarkan hasil analisa teoritis

Momen lentur secara teoritis dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{A_{\text{bambu}} \cdot f_{\text{bambu}}}{0,8 \cdot f'_{\text{c}} \cdot b} \quad (2)$$

$$M_n = A_{\text{bambu}} \cdot f_{\text{bambu}} \cdot (d - a/2) \quad (3)$$

$$M_d = \emptyset \cdot M_n \quad (4)$$

Dengan, A_{bambu} = luas tulangan bambu, mm²

f_{bambu} = kuat tarik bambu, MPa

f'_{c} = kuat tekan beton 28 hari, MPa

b = lebar penampang plat, mm

d = jarak antara pusat berat tulangan tarik ke tepi serat beton tekan, mm

M_n = momen nominal aktual penampang plat, Nmm

\emptyset = faktor reduksi, 0,90

Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: (a) *Portland cement*, digunakan semen jenis I dengan merk Gresik, (b) Agregat halus, digunakan pasir yang diperoleh dari salah satu toko bangunan di Kartasura yang bersumber di sungai Merapi, (c) Agregat kasar, digunakan kerikil ukuran maksimum 10 mm yang diambil dari Boyolali, (d) Bambu, digunakan bambu jenis petung yang digunakan bagian luarnya (kulit bambu), (e) *Fly ash*, digunakan *fly ash* kelas F dari produk CV. Lestari dengan merk Mentari, (f) *Superplasticizer*, digunakan

superplastisizer merupakan produk dari sica dengan merk *viscocrete* 1003, (g) Air, digunakan air dari laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sedang peralatan yang digunakan antara lain; (a) *Mixer* beton (molen), untuk mengaduk beton segar yang dibuat, (b) *Picnometer*, digunakan untuk pengujian berat jenis agregat halus, (c) Kerucut *slump test*, digunakan untuk pengujian *slump*, (d) *Hellige tester*, digunakan untuk pengujian kandungan bahan organik, (e) Tabung dan gelas ukur, digunakan untuk pengujian kandungan bahan organik, (f) *Vicat apparatus*, digunakan dalam pengujian ikatan awal semen, (g) Kerucut *Abram's*, digunakan dalam pengujian SSD agregat halus, (h) *Universal Tension Machine*, digunakan untuk pengujian kuat tekan beton, (i) *Mesin Los Angeles*, digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar.

Tahapan proses penelitian meliputi;

(i) *Tahap I. Persiapan alat dan penyediaan bahan.* Pada tahapan ini merupakan tahapan untuk mempersiapkan alat dan menyediakan yang akan digunakan untuk penelitian. Alat yang akan digunakan disediakan dengan baik di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini di ambil dari tempat yang memiliki kualitas agregat yang memiliki mutu yang baik serta bahan tambah dibeli dari salah satu toko khusus penyedia bahan tambah beton di daerah Jogja untuk mendapatkan hasil yang baik serta sesuai rencana.

(ii) *Tahap II. Pemeriksaan bahan.* Sebelum dilakukan produksi beton segar untuk pembuatan benda uji bahan atau material dilakukan pengujian mutu. Mutu material yang dipakai memenuhi persyaratan maka hasil dari beton yang diproduksi juga memiliki mutu yang bagus. Pengujian material yang dilakukan sebagai berikut : pengujian semen meliputi pengujian visualisasi semen dan pengujian ikatan awal semen, pengujian visualisasi air, pengujian agregat halus meliputi pengujian kandungan bahan organik, pengujian kandungan lumpur, pengujian berat jenis, pengujian gradasi agregat halus, pengujian agregat kasar meliputi pengujian berat jenis, pengujian keausan, pengujian gradasi agregat kasar, dan pengujian kuat tarik bambu.

(iii) *Tahap III. Perencanaan campuran dan pembuatan benda uji.* Tahapan ini diawali dengan perencanaan campuran beton beton yang disesuaikan dengan persyaratan dan langkah-langkah sesuai dengan SNI-03-6468-2000. Selanjutnya dilakukan pembuatan beton segar untuk pembuatan benda uji, pembuatan beton segar dilakukan dengan proporsi agregat sesuai dengan hasil dari perencanaan campuran beton sebelumnya. Material pembentuk beton ditimbang secara teliti dan dijaga mutunya sesuai dengan perencanaan campuran beton. Pembuatan benda uji dilakukan setelah beton segar sudah siap. Benda uji yang dibuat pada penelitian ini terdiri dari benda uji silinder sebanyak 3 buah dengan ukuran benda uji diameter 15 cm, tinggi 30 cm serta benda uji berbentuk plat persegi panjang sebanyak 5 buah dengan ukuran 120 x 60 x 5 cm. Setelah pelaksanaan pembuatan benda uji dilakukan *curing* atau perawatan benda uji dengan cara melakukan perendaman benda uji dalam air selama 28 hari. Perawatan benda uji ditujukan untuk mengontrol terjadi panas hidrasi yang disebabkan penggunaan semen serta mencegah terjadinya retak pada benda uji.

(iv) *Tahap IV. Pengujian benda uji.* Tahap ini dilakukan pengujian baik benda uji silinder maupun benda uji plat beton bertulang. Pengujian pada benda uji silinder dilakukan pengujian kuat tekan dan pengujian plat beton bertulang bambu dilakukan pengujian kuat lentur. Pengujian dilakukan setelah dilakukan perawatan beton selama 28 hari, set-up pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.

(v) *Tahap V. Analisis dan pembahasan.* Dari hasil pengujian yang dilakukan pada Tahap IV, kemudian dilakukan analisis data. Nilai kuat tekan dan lentur diambil dari kuat rata-rata sampelbenda uji. Analisis dilakukan untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini untuk membuktikan bahwa penelitian ini memenuhi persyaratan apabila diaplikasikan menjadi sebuah beton untuk struktur.



Penulangan plat benda uji



Benda uji plat beton



Set-up pengujian

Gambar 2. Foto benda uji dan *set-up* pengujian

Hasil Penelitian

Kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton

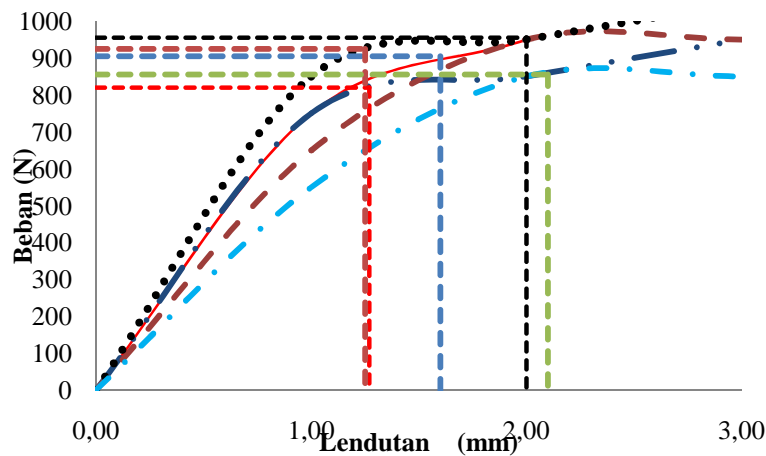
Benda uji	beban P		Luas (mm ²)	f _c (N/mm ²)	f _c rata-rata (N/mm ²)
	kN	N			
1	1100	1100000	17663	62.28	62.65
2	1120	1120000	17663	63.41	
3	1100	1100000	17663	62.28	

Dari hasil perhitungan kuat tekan silinder beton diatas menunjukkan bahwa beton yang dibuat termasuk didalam beton mutu tinggi karena memiliki kuat tekan yang lebih dari 40 MPa.

Pengujian lentur plat lantai *precast*

(i) Hubungan antara beban dengan lendutan

Hubungan antara beban yang bekerja dan lendutan benda uji plat dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan beban dan lendutan benda uji

(ii) Kekakuan (*stiffness*)

Dari Gambar 2, dapat diperoleh nilai kekakuan benda uji plat *precast* yang dihitung dengan persamaan membagi P_{retak-awal} dengan lendutan pada retak awal. Hasil perhitungan kekakuan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Nilai kekakuan benda uji plat beton *precast*

Benda uji	P _{retak awal} (N)	lendutan (mm)	kekakuan/ <i>stiffness</i> (N/mm)	Rata-rata <i>stiffness</i> (N/mm)
Benda uji 1	950	38	25.000	28.079
Benda uji 2	1150	41	28.049	
Benda uji 3	1150	35	32.857	
Benda uji 4	1150	39	29.487	
Benda uji 5	1050	42	25.000	

Dari hasil pengujian benda uji plat beton bertulang metode *precast* dengan tulangan bambu didapat nilai kekakuan (*stiffness*) rata-rata sebesar 28,079N/mm. Nilai kekakuan (*stiffness*) didapat dari pembagian nilai beban maksimal yang dialami benda uji dengan lendutan yang terjadi pada pengujian.

(iii) Momen retak

Dari nilai P_{retak awal} seperti pada Tabel 3 di atas, dapat diperoleh momen retak awal uji yang dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Dari perhitungan yang berdasarkan pada diagram tegangan-regangan penampang, dapat diperoleh momen retak awal secara teoritis, yang hasil selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4 di bawah. Dari Tabel 4 didapat hasil bahwa nilai momen retak pengujian sebesar 0,3630 dan momen retak teoritis 1,1083 atau 67 % lebih besar momen retak teoritis..

Tabel 4. Nilai momen retak uji dan momen retak teori

Benda uji	L (m)	P _{retak} (kN)	beban merata q (kN/m)	Momen retak uji ($1/4PL+1/8qL^2$) (kNm)	Rata-Rata momen retak uji (kNm)	Momen retak teori (kNm)
benda uji 1	1	0.95	0.7239	0.3279875	0.3630	1,1083
benda uji 2	1	1.15	0.7239	0.3779875		
benda uji 3	1	1.15	0.7239	0.3779875		
benda uji 4	1	1.15	0.7239	0.3779875		
benda uji 5	1	1.05	0.7239	0.3529875		

(iv) Momen kapasitas

Hasil pengujian didapat data yang akan diolah untuk mendapatkan nilai momen kapasitas uji dan momen kapasitas teori. Momen kapasitas teori diperoleh dengan menggunakan persamaan (2), persamaan (3) dan persamaan (4). Momen kapasitas uji diperoleh dengan menggunakan persamaan (1). Perbandingan momen kapasitas teoritis dan uji laboratorium, dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah.

Tabel 5. Nilai momen kapasitas uji dan momen kapasitas teori

Benda uji	L (m)	Beban maks (kN)	beban merata q (kN/m)	Momen kapasitas uji ($1/4PL+1/8qL^2$) (kNm)	Rata-Rata momen kapasitas uji (kNm)	Momen kapasitas teori (kNm)
benda uji 1	1	2.45	0.7239	0.7029875	0.7880	1,305
benda uji 2	1	2.55	0.7239	0.7279875		
benda uji 3	1	2.75	0.7239	0.7779875		
benda uji 4	1	3.25	0.7239	0.9029875		
benda uji 5	1	2.95	0.7239	0.8279875		

Dari Tabel 5, diperoleh rata-rata momen kapasitas pelat lantai *precast* pada penelitian ini didapat nilai rata-rata sebesar 0,7880 kNm sedangkan perhitungan momen kapasitas secara teoritis lebih tinggi yaitu sebesar 1,305 kNm atau 39,6 % lebih besar momen lentur teoritis.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan hasil pengujian kuat lentur beton sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,275 dan dengan penambahan bahantambahfly ash, superplasticizer didapat nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 62,65 MPa, dengan demikian beton yang dibuat termasuk beton mutu tinggi. Berat jenis silinder beton rata-rata didapat 2413 kg/m³.
2. Dari pengujian kuat lentur plat beton bertulang diperoleh beban retak awal rata-rata 1,09 N, sedang kekakuan rata-rata 28,079 N/mm.
3. Dari pengujian kuat lentur diperoleh nilai rata-rata momen retak awal sebesar 0,3630 kNm , sedangkan dari perhitungan teoritis momen retak awal beton diperoleh 1,1083 kNm. Terdapat selisih nilai momen retak pengujian dan nilai momen retak teoritis sebesar 0,7453 kNm yaitu 67 % lebih besar nilai momen retak teori.
4. Dari pengujian kuat lentur plat beton bertulang diperoleh nilai momen kapasitas rata-rata pengujian sebesar 0,7880 kNm , sedangkan dari perhitungan teoritis diperoleh nilai momen kapasitas teoritis sebesar 1,305 kNm. Momen kapasitas teori lebih besar dari momen kapasitas pengujian berselisih sebesar 0,517 kNm atau 39,6 % lebih besar momen kapasitas teoritis.
5. Dari analisis tinjauan ekonomis yang membandingkan nilai estimasi pembangunan plat lantai dengan ukuran yang sama dengan perbedaan metode pembangunan konvensional dengan metode pembangunan dengan beton *precast*. Didapat hasil perhitungan pembangunan plat lantai metode *precast* yaitu sebesar Rp 3.395.088 dibanding dengan metode konvensional yaitu sebesar Rp 4.731.439 berselisih Rp 1.336.351 lebih mahal pembangunan plat lantai metode konvensional. Keuntungan lain yaitu dari segi berat struktur pembangunan plat lantai metode *precast* lebih ringan 54,37 % dibanding metode konvensional.

Daftar Notasi

- A_{bambu} = luas tulangan bambu, mm²
b = lebar penampang plat, mm
d = jarak antara pusat berat tulangan tarik ke tepi serat beton tekan, mm
f_{bambu} = kuat tarik bambu, MPa

f'_c	= kuat tekan beton 28 hari, MPa
L	= Panjang benda uji, mm
M_n	= momen nominal aktual penampang plat, Nmm
P	= Beban maksimum, N
q	= Berat sendiri balok, N/mm
\emptyset	= faktor reduksi, 0,90

Daftar Pustaka

- Anonim.1992. *Metode Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton SNI 03-2816-1992*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim.1994. *Metode Pengujian Kuat Tarik Kayu di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim. 2000. *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland sengan Abu Terbang SNI 03-6468-2000*. Badan Nasional: Jakarta.
- Anonim.2001. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan SNI 4431:2001*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim.2008. *Cara Uji Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus SNI 1970:2008*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim.2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles SNI 2417:2008*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim.2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder SNI 1974:2011*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Anonim., 2011. *Cara Uji Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan SNI 4431:2011*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- As'at, P. 2010. *Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Fly Ash*. Yogyakarta: Program Study Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asroni, A. 2015. *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Happy, C.N. et.al. 2016. *Analisis Metode Pelaksanaan Plat Precast dengan Plat Konvensional Ditinjau dari Waktu dan Biaya (Studi Kasus : MAKODAM Manado)*. Jurnal Sipil Statik. Vol 4 No 5 Mei 2016 (319-327) ISSN 2337-6732.
- Pereira, A.M. 2017. *Pengaruh Variasi Ketebalan Pelat Panel Komposit Bambu Spesi Terhadap Kuat Lentur Beton dengan Tulangan Bambu Ori*. Malang: Universitas Tribuwana Tunggaladewi Malang.
- Mitrareadymix. 2014. "Beton Indonesia Ready Mix Concrete" (online). (<http://www.mitrareadymix.com>). Diakses tanggal 8 Juni 2018.
- Morisco. 1994. "Bambu Indonesia" (online). (<http://www.moriscobamboo.com>). Diakses tanggal 28 Januari 2018.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Nurlina, S. dkk. 2014. *Pengaruh Jarak Tulangan Bambu pada Struktur Cangkang Beton Bambu Komposit*. Malang: Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Setiawan, K. 2015. "Pemanfaatan Tulangan Bilah Bambu yang Dianyam dan Diperkuat Kawat Galvanis Menyilang Pada Plat Beton Pracetak Sebagai Solusi Lantai Rumah". Skripsi. Surakarta : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Suwardani, A. 2012. *Tinjauan efisiensi Pemakaian Tulangan Bambu pada Pelat Beton dengan Penambahan Tinggi di Tengah Bentang*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta.