

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Indonesia merupakan daerah rawan gempa, maka bangunan perlu didesain agar mampu menahan beban gempa. Selain itu, kebutuhan bangunan saat ini lebih kompleks seiring perkembangan zaman. Dalam perencanaan tugas akhir ini Apartemen 10 Lantai agar struktur kuat dalam menahan beban yang terjadi dan tepat guna dengan kebutuhan daerah di Kota Surabaya, Jawa Timur. Pada bab ini akan dibahas mengenai acuan yang digunakan saat proses perancangan dan perhitungan. Pembahasan mengenai sistem struktur gedung, pembebanan, sistem pracetak untuk bangunan gedung, dan analisa waktu perbandingan antara metode konvensional dan metode pracetak.

2.2 Bangunan Gedung

Pengertian bangunan gedung menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung, yaitu wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan keselamatan dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan gedung. Persyaratan keselamatan bangunan gedung yang dimaksud yaitu kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan agar stabil dan kukuh. Kemampuan struktur bangunan gedung yang stabil dan kukuh dapat menahan beban sampai kondisi pembebanan maksimum dalam mendukung beban muatan hidup dan beban muatan mati, serta untuk daerah atau zona tertentu kemampuan untuk mendukung beban muatan yang timbul akibat perilaku alam.

2.3 Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini menggunakan Sistem Ganda dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan *Corewall* yang berdasar pada perencanaan beton bertulang SNI 2847:2013 yaitu:

2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial (Iswandi, 2014). Dalam perencanaan bangunan gedung tahan gempa, telah ditetapkan dalam Standard Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Indonesia bangunan gedung, sistem rangka pemikul momen dibagi menjadi tiga jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.3.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 2847:2013 pasal 21.5.

Integritas struktur dalam rentang waktu perilaku in-elastik harus dipertahankan mengingat beban gempa nominal yang ditentukan oleh SNI 1726:2012 hanya merupakan sebagian dari beban gempa rencana. Karena itu, selisih energi beban gempa itu harus mampu disebar dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam membentuk kemampuan berdefomasi secara in-elastik. Kemampuan ini yang disebut sebagai daktilitas, diwujudkan dengan syarat detail yang diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 21.5.

2.4 Corewall

Corewall merupakan sistem dinding pendukung linier yang cukup sesuai untuk bangunan tinggi yang kebutuhan fungsi dan utilitasnya tetap dan berfungsi untuk memenuhi kekakuan lateral yang diperlukan oleh struktur bangunan. Dan dalam aplikasi konstruksi dilapangan penggunaan struktur *corewall* ini sebagai struktur dari ruang *lift* dan ditempatkan memanjang searah tinggi bangunan (Kustanrika, 2016).

Struktur *corewall* yang biasa dijumpai dalam aplikasi konstruksi bangunan tinggi terdapat berbagai macam bentuk, seperti segiempat, segitiga, lingkaran atau *corewall* dua cell dengan pengaku di tengahnya. Dari masing-masing bentuk *corewall* ini, memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam memberikan fleksibilitas dan efektivitas pada struktur bangunan. Bangunan tinggi yang mempunyai struktur *corewall*, dibuat dengan salah satu pertimbangan adalah fleksibilitas untuk pengaturan posisi (tata letak) yang akan memberikan penghematan dan efisiensi maksimum pada bangunan secara keseluruhan.

Penempatan struktur *corewall* dalam aplikasi konstruksi bangunan dapat ditempatkan pada posisi tengah bangunan dan dipinggir bangunan atau bahkan diluar bangunan yang direncanakan, sebagai bagian struktur bangunan yang berguna untuk mendukung fungsi utilitas bangunan (ruang *lift*, ruang *shaft*, dan tangga).

Penggunaan material beton bertulang dalam pembuatan *corewall* akan memberikan keuntungan berupa kekakuan lateral yang diperoleh cukup tinggi, karena karakteristik kuat tekan yang tinggi. Oleh sebab itu, *corewall* dengan konstruksi beton bertulangan digunakan dalam modifikasi ini.

2.5 Pembebanan

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan perhitungan pembebanan secara baik dan matang agar bangunan yang didesain nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan sesuai fungsinya.

2.5.1 Beban Mati atau *Dead Load (DL)*

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, cladding gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013). Beban mati dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

1. Beban mati akibat berat sendiri (*DL*)

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan seperti balok, kolom dan pelat lantai. Beban ini akan diperhitungkan berdasarkan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987 yang dijabarkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Material Konstruksi^{*)}

No	Nama Material	Berat Volume	Satuan
1	Air	10	kN/m ³
2	Adukan semen atau spesi	22	kN/m ³
3	Beton	22	kN/m ³
4	Beton bertulang	24	kN/m ³
5	Dinding bata (pasangan 1/2 bata)	2.5	kN/m ²
6	Plafond atau langit-langit	0.11	kN/m ²
7	Pasir	16	kN/m ³
8	Keramik per cm tebal	0.24	kN/m ²
9	Penggantung langit-langit	0.07	kN/m ²
10	Plumbing dan ME	0.25	kN/m ²
11	Pelapis kedap air	0.14	kN/m ³

*) PPURG,1987

2. Beban mati tambahan (*SIDL*)

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat elemen tambahan yang bersifat permanen. Beban mati tambahan terdiri dari:

- Beban mati tambahan pada pelat lantai: beban spesi lantai, beban keramik, beban plafon dan penggantung, dan beban mekanikal elektrikal.
- Beban mati tambahan pada pelat atap: beban plafon dan penggantung dan beban mekanikal elektrikal.
- Beban tambahan dinding dan plesteran.

2.5.2 Beban Hidup atau *Live Load (LL)*

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang data dipindah, kendaraan dan barang-barang lain (Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD). Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727:2013). Semua beban hidup yang memungkinkan dalam proses konstruksi perlu dipertimbangkan untuk memperoleh hasil perhitungan yang maksimal. Beban-beban yang perlu diketahui beratnya, harus berdasarkan aturan-aturan yang berlaku seperti yang disebutkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum^{*)}

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (sama dengan rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2.4)	2000 (8.9)
Ruang komputer	100 (4.79)	2000 (8.9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7.18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4.79)	
Lobi	100 (4.79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4.79)	
Panggung pertemuan	100 (4.79)	
Lantai podium	150 (7.18)	
Balkon dan dek	1.5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani tidak perlu melebihi 100 psf	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1.92)	300 (1.33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4.79)	
Lantai lain	sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4.79)	

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 500 mm x 50 mm)		300 (1.33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 25 mm x 25 mm)		200 (0.89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran saja	100 (4.79)	
Hunian satu keluarga	40 (1.92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi atau parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1.92)	
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2.87) tidak boleh direduksi	
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2.87)	1000 (4.45)
Ruang pasien	40 (1.92)	1000 (4.45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3.83)	1000 (4.45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2.87)	1000 (4.45)
Ruang penyimpanan	150 (7.18)	1000 (4.45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3.83)	1000 (4.45)
Pabrik		
Ringan	125 (6.00)	3000
Berat	250 (11.97)	13.4
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4.79)	2000 (8.90)
Kantor	50 (2.40)	2000 (8.90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3.83)	2000 (8.90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1.92)	
Koridor	100 (4.79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3.59)	
Bangsai dansa dan ruang dansa	100 (4.79)	
Gimnasium	100 (4.79)	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4.79)	

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap	60 (2.87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0.48)	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0.96)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1.44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1.92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	400 (1.92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4.79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0.96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4.79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0.24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0.24) tidak boleh direduksi	200 (0.89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0.96)	2000 (8.9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah ranga atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang dan perbaikan garasi		300 (1.33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1.33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1.92)	1000 (4.5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3.83)	1000 (4.5)
Koridor lantai pertama	100 (4.79)	1000 (4.5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0.89)

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11.97)	8000 (35.6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4.79)	300
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1.92)	300
Gudang di atas langit-langit	20 (0.96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer		
Ringan	125 (6.00)	
Berat	250 (11.97)	
Toko		
Eceran		1000 (4.45)
Lantai pertama	100 (4.79)	1000 (4.45)
Lantai di atasnya	75 (3.59)	1000
Grosir, disemua lantai	125 (6.00)	4.45
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan	60 (2.87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4.79)	

*) SNI 1727:2013.

2.5.3 Beban Hujan

Beban hujan adalah beban hidup berupa hujan yang terdapat pada atap sebuah konstruksi. Berdasarkan PPURG 1987, beban hujan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q = (40 - 0.8 \times a) m^2 \quad (2.1)$$

Dimana,

q : beban hujan (m²)

a : sudut kemiringan permukaan atap (°)

Tinjauan beban tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau apabila kemiringan atapnya lebih besar dari 50°.

2.5.4 Beban Gempa

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang berkaitan dengan kejutan pada kerak bumi yang mengakibatkan beban kejut yang menjalar dalam bentuk gelombang. Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa.

(PPURG, 1987). Suatu bangunan gedung harus direncanakan tahan terhadap gempa sesuai dengan peraturan yang ada yaitu SNI 1726:2012. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan gempa yaitu wilayah gempa, kategori gedung, jenis sistem struktur gedung dan daktilitas.

2.5.5 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara (SNI 1723:2013). Perhitungan beban angin didasarkan pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

2.5.6 Kuat Perlu

Perancangan struktur gedung mempertimbangkan beban hidup, beban mati, beban gempa dan beban angin. Dalam perancangan, ditentukan kuat perlu sebagai kombinasi-kombinasi beban tersebut. Kombinasi yang perlu ditinjau adalah kombinasi pembebanan tetap dan kombinasi pembebanan sementara. Kombinasi pembebanan tetap dianggap beban bekerja secara kontinu selama umur rencana. Pada kombinasi pembebanan tetap, beban yang bekerja adalah beban mati dan beban hidup. Sedangkan kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus-menerus pada struktur, namun pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisis struktur dimana beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa (Peraturan Pembebanan Indonesia Rumah dan Gedung, 1983).

Faktor beban dan kombinasi pembebanan memberikan nilai kuat perlu (U) bagi perencanaan pembebanan struktur. Sesuai dengan Standar Nasional tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, nilai U didapatkan dari kombinasi dasar yang terdiri dari struktur, komponen, dan pondasi yang harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi yang terdapat pada SNI 1727:2013 subpasal 2.3.2 sebagai berikut:

$$1. \quad U = 1.4D \quad (2.2)$$

$$2. \quad U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r / S / R) \quad (2.3)$$

$$3. \quad U = 1.2D + 1.6(L_r / S / R) + (L / 0.5W) \quad (2.4)$$

$$4. \quad U = 1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r / S / R) \quad (2.5)$$

$$5. \quad U = 1.2D + 1.0E + L + 0.2S \quad (2.6)$$

$$6. \quad U = 0.9D + 1.0W \quad (2.7)$$

$$7. \quad U = 0.9D + 1.0E \quad (2.8)$$

Dimana,

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

2.5.7 Kuat Desain

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser dan torsi harus diambil sebesar kekuatan nominal dihiung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar yang dikalikan dengan factor reduksi kekuatan (ϕ), untuk berbagai jenis besaran gaya dalam perhitungan struktur terlampir pada Tabel 2.3 (SNI 2847:2013).

Tabel 2.3 Faktor Reduksi (ϕ) Kekuatan Desain^{*)}

No	Kombinasi Pembebanan	Faktor Reduksi (ϕ)	
		Desain	Evaluasi
1	Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0.9	1
2	Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur		
	a. Dengan tulangan spiral	0.75	0.9
	b. Dengan tulangan biasa	0.65	0.8
3	Geser dan torsi	0.75	
4	Tumpuan pada beton		
	a. Umum	0.65	0.8
	b. Pasca tarik	0.8	-

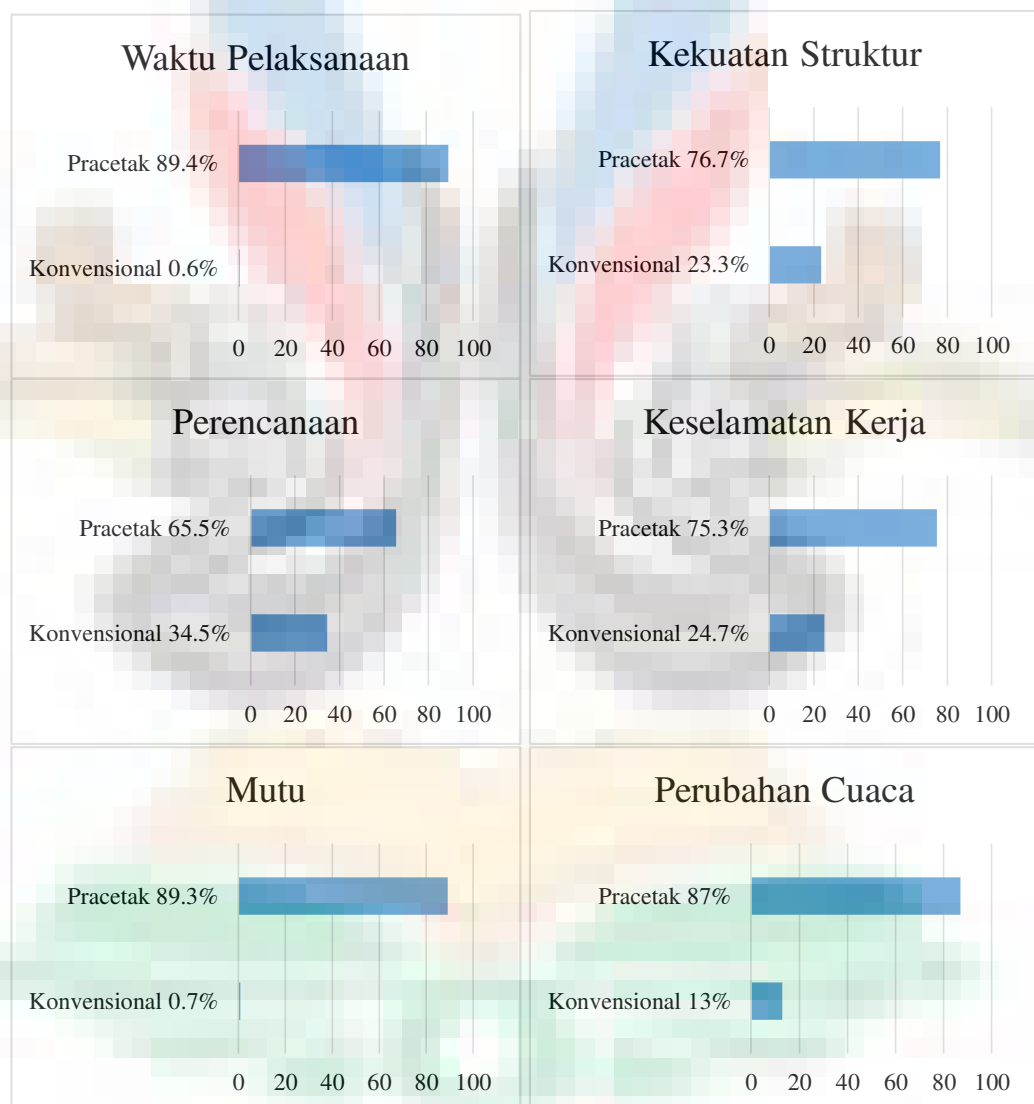
*) SNI 2847:2013

2.6 Beton Pracetak

Sistem pracetak adalah melakukan pengecoran komponen ditempat khusus dipermukaan tanah (fabrikasi), lalu dibawa ke lokasi (transportasi) untuk disusun menjadi suatu struktur untuk (ereksi) (Rahman, 2008). Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), biasanya komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu dan

selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan begitu sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh pelaksanaan dari fabrikasi, pemasangan dan penyatuannya ditentukan oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Budianto, 2010).

Sistem beton pracetak di Indonesia telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam dekade terakhir ini. Hal ini disebabkan karena sistem ini memiliki banyak keunggulan. Keunggulan tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perbandingan Tingkat Keunggulan Kontraktor Menggunakan Metode Pracetak dengan Cor Setempat (Khakim, Anwar, dan Hasyim, 2011)

2.6.1 Elemen Pracetak Yang Direncanakan

Pembuatan beton pracetak dilakukan dilokasi proyek ataupun diluar lokasi proyek seperti pabrik. Agar elemen beton pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur pracetak pada umumnya.

A. Balok

Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Pada tugas akhir ini balok pracetak (*precast beam*) yang digunakan adalah:

1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*) :

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan. Ilustrasi balok jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*) (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

B. Pelat

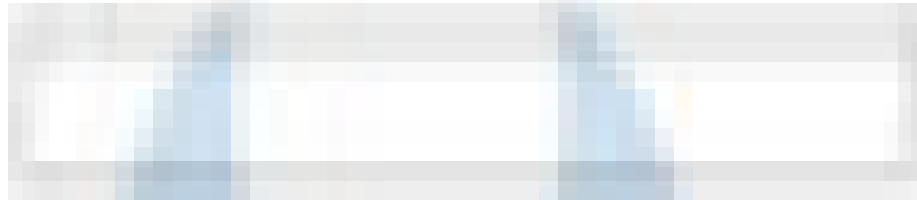
Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut, serta dianggap sebagai diafragma yang sangat kaku untuk mendistribusikan gempa. Pada waktu pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit.

Dalam perencanaan tugas akhir ini digunakan pelat pracetak tanpa lubang berdasarkan *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*, pelat pracetak (*precast slab*) yang digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1. Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

Pelat ini memiliki tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungannya adalah mudah dalam penumpukan karena tidak

memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi, dengan bentang antara 5 sampai 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah *solid flat slab*, ilustrasi pelat ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Flat Slab*) (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

2.7 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Karena adanya beban gempa daerah pertemuan ini merupakan daerah potensial untuk terjadinya keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser diagonal yang terjadi akibat gempa. Sehingga pertemuan balok kolom harus direncanakan sedemikian rupa agar memenuhi persyaratan SNI 2847:2013. Selain berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja, sambungan juga harus berfungsi untuk menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu-kesatuan yang monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya (Syarif, 2011).

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat tiga macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut ialah sambungan dengan cor di tempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las, dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan masing-masing yang disajikan dalam Tabel 2.4 (Ervianto, 2006).

Tabel 2.4 Perbedaan Metode Penyambungan*)

Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las atau baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi

Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las atau baut
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu pengaturan waktu	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

*) Ervianto, 2006.

2.7.1 Jenis Sambungan

Jenis sambungan pada komponen struktur beton pracetak dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Sambungan basah adalah sambungan dengan metode cor di tempat (*in situ concrete joint*). Sedangkan sambungan kering terdiri dari sambungan las atau sambungan baut. Untuk sambungan basah, struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih besar bila dibandingkan dengan sambungan kering, tetapi membutuhkan *setting time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Pada sambungan kering, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan waktu yang dibutuhkan lebih cepat, kelemahannya yaitu toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana, 2001). Dalam perencanaan ini penulis menggunakan jenis sambungan basah (*wet connection*) pada bagian balok dan pelat lantai.

1. Sambungan Basah (Cor Setempat)

Sambungan basah adalah metode penyambungan komponen modul pracetak dimana sambungan tersebut baru dapat berfungsi secara efektif setelah dalam jangka waktu tertentu. Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor setempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding

menggunakan sambungan jenis lain. Dalam modifikasi ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



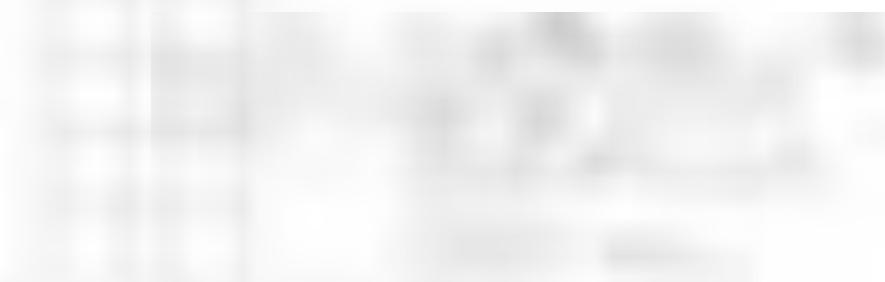
Gambar 2.4 Sambungan dengan Cor Setempat Balok - Kolom (Febrianto, 2016)

2.7.2 Tipe Sambungan

Tipe sambungan yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini untuk beton pracetak terdiri dari dua yaitu:

1. Sambungan antar Balok Pracetak dan Pelat Pracetak

Sambungan ini berfungsi untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus diketahui pasti mengenai gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak yang tersalurkan pada komponen balok. Sambungan antara balok pracetak dan pelat pracetak dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sambungan antar Balok Pracetak dan Pelat Pracetak (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

2. Sambungan antar Balok Pracetak dan Kolom

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Karena pertemuan balok dan kolom merupakan daerah terjadinya interaksi tegangan yang sangat tinggi, dan adanya beban gempa pada daerah ini merupakan daerah potensial untuk terjadinya keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser diagonal yang terjadi akibat gempa. Oleh karena itu, pada sambungan ini harus direncanakan sedemikian rupa agar memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor ditempat. Sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor ditempat dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Gambar 2.6 Sambungan Antar Balok Pracetak Dan Kolom (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

3. Sambungan antar Balok Induk dan Balok Anak

Sambungan pada balok induk dengan balok anak yang digunakan pada Tugas Akhir ini yaitu sambungan *dapped end beam*. *Dapped end beam* adalah balok beton bertulang atau prategang dengan tarikan di bagian ujung. Pada standar PCI, prosedur desain *dapped end beam* diatur pada pasal 5.6.3 dimana prosedur tersebut ditentukan Berdasarkan lima pola kegagalan yang berpotensi terjadi pada *dapped end beam*. Pola keruntuhan *dapped end beam* yang pertama adalah kegagalan akibat lentur dan kegagalan tarik aksial akibat retak lentur seperti yang diperlihatkan pada nomor 1. Pola keruntuhan kedua adalah retak geser akibat gaya geser langsung yang terjadi pada daerah tarikan *dapped end beam* dengan pola retak diperlihatkan pada nomor 2. Pola yang ketiga adalah retak tarik pada daerah sudut tarikan *dapped end beam* dengan pola kegagalan diperlihatkan pada nomor 3. Pola kegagalan yang keempat adalah retak miring di daerah ujung dekat tumpuan dan pola kegagalan kelima adalah retak diagonal di daerah penganguran bawah seperti yang diperlihatkan pada nomor 5. (*PCI Design Handbook, 1998*)



Gambar 2.7 Pola Keruntuhan Potensial *Dapped End Beam* (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

4. Sambungan Lentur antar Profil IWF Balok Lift dan Balok Pracetak

Gaya geser yang terjadi antara balok pracetak dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini digunakan sambungan lentur. Sambungan lentur adalah sambungan yang berfungsi untuk menahan geser dan momen. Keluaran dari hasil Perencanaan ini yaitu berupa diameter baut, jumlah baut yang digunakan, dan dimensi pelat sambung. Sambungan ini juga digunakan untuk sambungan antar profil baja balok lift dengan *corewall*.

2.7.3 Pengangkatan Elemen Pracetak

Untuk menjamin agar elemen pracetak tidak mengalami kerusakan atau keretakan, elemen pracetak harus diperhatikan dengan baik saat proses pengangkatan maupun penyimpanan. Setelah dilakukan perencanaan struktur sekunder perlu dilakukan kontrol pengangkatan, dimana dalam pelaksanaan pekerjaan beton pracetak perlu *erection* atau pengangkatan elemen pracetak dari *site* ke tempat pemasangan beton pracetak harus diperhatikan dengan baik dan teliti. Berikut adalah beberapa tata cara pengangkatan elemen beton pracetak sesuai dengan *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*:

1. Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat

pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

a) Empat titik angkat

Pada jenis titik angkat ini terdapat maksimum momen (pendekatan) yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan dengan persamaan sebagai berikut:

$$+ M_x = -M_y = 0.017.w.a^2.b \quad (2.9)$$

$$+ M_y = -M_x = 0.017.w.a.b^2 \quad (2.10)$$

Dimana,

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$

Gambar 2.8 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat) (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

b) Delapan titik angkat

Pada jenis titik angkat ini terdapat maksimum momen (pendekatan) yang dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan dengan persamaan sebagai berikut:

$$+ M_x = -M_y = 0.0054.w.a^2.b \quad (2.11)$$

$$+ M_y = -M_x = 0.0027.w.a.b^2 \quad (2.12)$$

Dimana,

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2.9 Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat) (*PCI Design Handbook 6th Edition*, 2004)

2. Pengangkatan Balok Pracetak

Pengangkatan balok pracetak dipasang pada tumpuannya yang dapat dilihat pada Gambar 2.10. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angker pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan seperti pada Gambar 2.11. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu pada kekuatan angker pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 2.10 Pengangkatan Balok Pracetak (Febrianto, 2016)



Gambar 2.11 Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pengangkatan (Febrianto, 2016)

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada saat proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus

menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 2.12 serta angka pengali pada Tabel 2.5.



Gambar 2.12 Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat) (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

Tabel 2.5 Angka Pengali Pengangkatan Balok Pracetak^{*)}

Fase	Angka Pengali
Pengangkatan dari bekisting	1.7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1.2
Transportasi	1.5
Pemasangan	1.2

*) *PCI Design Handbook 4th Edition, 1992*

2.8 Metode Konstruksi Sistem Pracetak

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membangun suatu konstruksi beton pracetak adalah sebagai berikut (Permana, 2017):

1. Rangkaian kegiatan produksi yang dilakukan pada proses produksi:
 - a) Pembangunan rangka tulangan
 - b) Pembuatan cetakan
 - c) Pembuatan campuran beton
 - d) Pengecoran beton
 - e) Perawatan beton (*curing*)
 - f) Penyempurnaan akhir
 - g) Penyimpanan

2. Transportasi dan alat angkat

Transportasi merupakan kegiatan pengangkatan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi ini sangat berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya. Yang harus diperhatikan dalam sistem transportasi ini adalah:

- a) Spesifikasi alat transportasi
- b) Rute transportasi
- c) Perijinan

Alat angkat adalah alat untuk memindahkan elemen beton pracetak dari tempat penumpukan ke posisi perakitan. Alat angkat dikategorikan sebagai berikut:

- a) *Mobile Crane*
- b) *Telescopic crane*
- c) *Tower crane*
- d) *Portal crane*

3. Pelaksanaan konstruksi (*erection*)

Metode dan jenis ereksi yang terjadi pada pelaksanaan konstruksi pracetak yaitu:

- a) Dirakit per elemen
- b) *Lift – Slab System*

Pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolis.

- c) *Slip – Form System*

Sistem ini beton dituangkan di atas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan.

- d) *Push – Up / Jack – Block System*

Sistem ini lantai teratas atap dicor terlebih dahulu kemudian diangkat dengan *hydraulic – jack* yang dipasang dibawah elemen pendukung vertikal.

- e) *Box System*

Sistem ini menggunakan dimensional berupa modul-modul kubus beton.

2.9 Perencanaan Waktu Pelaksanaan dan Penggunaan Tenaga Kerja

Sebelum proyek konstruksi dilaksanakan, perlu direncanakan waktu dan jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Perencanaan penggunaan jumlah tenaga baik serta waktu pelaksanaan yang tepat dapat meminimalisir penggunaan biaya sehingga dapat menghasilkan keuntungan bagi seorang kontraktor. Dalam suatu perencanaan waktu dan penggunaan jumlah tenaga kerja pada Tugas Akhir ini diperlukan Analisa Harga Satuan untuk Beton Pracetak dan Beton Konvensional sebagai pedoman dalam perencanaan ini.

Menurut Iman Soeharto, perencanaan waktu pelaksanaan dan jumlah tenaga kerja dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{k \times V}{T} \quad (2.13)$$

Dimana,

N : jumlah tenaga kerja

k : koefisien tenaga kerja dalam analisa harga satuan

V : kuantitas pekerjaan

T : lama pekerjaan

Dan untuk menghitung jumlah tenaga kerja yang diperlukan persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$T = \frac{k \times V}{N} \quad (2.14)$$

Dimana,

N : jumlah tenaga kerja

k : koefisien tenaga kerja dalam analisa harga satuan

V : kuantitas pekerjaan

T : lama pekerjaan

2.10 Faktor Waktu

Pengendalian jadwal kegiatan dalam proyek konstruksi merupakan salah satu aspek untuk mencapai keberhasilan sesuai dengan tujuan proyek. Berhubungan dengan biaya maka semakin kecil durasi yang dicapai maka biaya konstruksi

proyek akan semakin kecil pula, oleh karena itu dalam melakukan optimalisasi biaya proyek perlu dibahas mengenai pengendalian waktu pula.

Pada kondisi tertentu, hubungan antara waktu dan biaya pelaksanaan kegiatan adalah bila pelaksanaan kegiatan dapat dipercepat maka sangat dimungkinkan untuk mengurangi biaya pelaksanaan. Namun bila waktunya semakin singkat melewati batas optimum maka biaya yang dibutuhkan menjadi semakin besar. Jadwal kegiatan proyek dengan terapan teknologi pracetak berbeda dengan sistem konvensional. Hal ini karena adanya perbedaan model ketergantungan antar pihak.

Dari segi waktu pelaksanaan konstruksi, penggunaan metode beton pracetak ini lebih singkat daripada pembangunan dengan metode konvensional. Gambaran tahapan penggunaan teknologi beton pracetak dibandingkan dengan proses konstruksi konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.13. Pada gambar tersebut terlihat selisih waktu yang didapatkan dari penggunaan beton pracetak. Meskipun demikian perlu diperhatikan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan kolom, balok dan pelat lantai.

Gambar 2.13 Perbandingan Tahapan Konstruksi antara Metode Konvensional dengan Metode Beton Pracetak (Diasantoso, 2008)

2.11 Penelitian Terdahulu

Dalam penulisan tinjauan pustaka di dalam BAB II ini, penulis melakukan pembelajaran dan mengambil referensi di beberapa literatur dan penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.6:

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu*)

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Azis Mudzakir, Dimas Kurniawan, Jati Utomo, dan Tanto Djoko. 2012	<p>Judul: Evaluasi Penggunaan Beton <i>Precast</i> di Proyek Konstruksi</p> <p>Metode Penelitian: Studi pustaka, <i>interview</i> kepada pada pelaku konstruksi (kontraktor, konsultan, pemborong, dan pengawas), dan observasi lapangan.</p> <p>Hasil: Secara keseluruhan penggunaan metode pelat pracetak <i>flyslab</i> lebih murah, lebih cepat, pekerja sedikit, dan lebih ramah terhadap lingkungan bila dibandingkan dengan pelat konvensional cor di tempat</p>
2.	Candy Happy, Jermisa, dan Pingkan Pratasis. 2016	<p>Judul: Analisis Metode Pelaksanaan Pelat <i>Precast</i> dengan Pelat Konvensional Ditinjau dari Waktu dan Biaya (Studi Kasus: Markas Komando Daerah Militer Manado)</p> <p>Metode Penelitian: Studi pustaka, wawancara, dan observasi.</p> <p>Hasil: Pekerjaan menggunakan sistem precast membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan sistem konvensional akan tetapi dengan waktu pengerjaan yang lebih singkat. Semakin besar volume pekerjaan dengan menggunakan sistem precast, semakin murah pula harganya dibandingkan dengan metode konvensional dan waktu pelaksanaannya juga lebih cepat, apalagi dengan menggunakan sistem Precast cast in situ.</p>
3.	Adimas Bagus, Mudji Irawan, dan Faimun. 2013	<p>Judul: Analisis Desain Sambungan Balok Kolom Sistem Pracetak Untuk Ruko Tiga Lantai</p> <p>Metode Penelitian: Menggunakan beton pracetak dengan sistem gedung yaitu SRPMK.</p> <p>Hasil: Dimensi balok T 30 cm x 47 cm dengan penulangan 8D16, kolom 45 cm x 45 cm dengan penulangan 12D16, dan pelat 4 m x 4 m dengan tebal 12 cm dengan tulangan tarik Ø10- 100, tulangan tekan Ø8-100. Dalam sambungan balok kolom digunakan sambungan basah dengan panjang penyaluran 231 mm dalam kolom dengan panjang kait 192 mm, lalu pada sambungan kolom kolom digunakan panjang penyaluran 359,42 mm.</p>
4.	Aji Dicky P. 2017	<p>Judul: Perencanaan Modifikasi Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon Bekasi Dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak.</p> <p>Metode Penelitian: Perancangan menggunakan metode beton pracetak dan memiliki sistem gedung yaitu sistem ganda (<i>dual system</i>). Perencanaan dengan komponen pracetak diaplikasikan pada seluruh komponen struktur primer dan sekunder kecuali struktur dinding geser.</p> <p>Hasil: Analisis perhitungan sambungan berdasarkan kekuatan gaya aksial sambungan yang dibandingkan dengan kekuatan tulangan setelah leleh (1.25fy) dan panjang penyaluran yang sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.</p>

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		Selanjutnya perencanaan tersebut dituangkan dalam bentuk gambar perencanaan
5.	Dwinritya Asya H. 2017	<p>Judul: Desain Modifikasi Struktur Gedung Harper Pasteur Hotel Bandung Menggunakan Sistem Ganda Dengan Metode Pracetak Pada Balok dan Pelat</p> <p>Metode Penelitian: Gedung Harper Pasteur Hotel Bandung dirancang menggunakan metode beton bertulang konvensional dengan ketinggian sebelas lantai. Beton pracetak digunakan pada elemen balok dan pelat sedangkan pada kolom, dinding geser dan tangga menggunakan beton dengan cor ditempat. Gedung ini juga akan dirancang menggunakan Sistem Ganda dengan SRPMK dan Dinding Geser Khusus.</p> <p>Hasil: Ukuran balok induk 40/60, ukuran balok anak 40/60 dan 2 macam ukuran kolom yaitu lantai 1-4 900 x 500 cm, lantai 5-10 800 x 400 cm dan dinding geser tebal 30 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.</p>
6.	Indra Jati Prakoso. 2017	<p>Judul: Modifikasi Gedung Laboratorium Teknik Industri ITS Surabaya Menggunakan Beton Pracetak</p> <p>Metode Penelitian: Gedung ini dirancang ulang menggunakan metode beton pracetak pada bagian balok dan pelat. Perencanaan gedung ini menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).</p> <p>Hasil: Ukuran balok induk 40/60, ukuran balok anak 20/30, dan 3 macam ukuran kolom yaitu lantai 1-4 90x90 cm, lantai 1-5 80x80 cm dan lantai 8-10 70x70 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.</p>
7.	M. Febrianto Ramadhan. 2016	<p>Judul: Perancangan Modifikasi Gedung One East Residence Di Balikpapan Dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak</p> <p>Metode Penelitian: Modifikasi pada Gedung One East Residence dilakukan setinggi dua puluh tujuh lantai dan satu <i>basement</i> dengan menggunakan metode pracetak yang sebelumnya seluruh elemen struktur menggunakan metode cor di lokasi. Perencanaan ini menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah dan dinding geser beton bertulang biasa yang dibangun di Kota Balikpapan.</p> <p>Hasil: Ukuran balok induk 60/80, ukuran balok anak 40/60, ukuran kolom 140/140, dan dinding geser dengan ketebalan 30 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.</p>
8.	Dimas Harya W. 2017	<p>Judul: Perbandingan Sistem Pelat Konvensional Dan Precast Half Slab Ditinjau Dari Segi Waktu dan Biaya Pada Proyek My Tower Apartemen Surabaya</p> <p>Metode Penelitian: Pada tugas akhir ini direncanakan alternatif berupa precast half slab. Perencanaan waktu menggunakan sistem penjadwalan PDM. Sedangkan untuk</p>

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		<p>perencanaan biaya menggunakan perhitungan analisa dari data lapangan observasi, maupun AHS Surabaya 2017.</p> <p>Hasil: Untuk sistem precast half slab membutuhkan waktu pelaksanaan 153,97 hari dengan biaya sebesar Rp 30,621,904,060 sedangkan pelat konvensional membutuhkan waktu pelaksanaan 185,18 hari dengan biaya sebesar Rp 34,638,069,101</p>
9.	M. Toddy Diasantoso. 2008	<p>Judul: Perbandingan Biaya Struktur Atas Antara Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode Precast Yang Menggunakan Sambungan</p> <p>Metode Penelitian: Dalam penulisan tugas akhir ini penyusun mencoba meninjau tentang perbandingan struktur atas antara pembuatan rusunwa dengan menggunakan metode precast dengan sambungan, dan metode konvensional dari segi biaya, sehingga dapat diketahui variabel-variabel yang berpengaruh agar biaya dapat lebih dioptimalkan.</p> <p>Hasil: Penggunaan metode precast dapat mereduksi kebutuhan biaya hingga mencapai 12% durasi dibandingkan dengan metode konvensional. Sedangkan metode precast dengan menggunakan <i>sequence</i> modul <i>precast</i> dapat mereduksi biaya hingga mencapai 4% biaya dengan menggunakan metode <i>precast</i>.</p>
10.	Alya Risdiyanti dan Siswoyo. 2018	<p>Judul: Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Antara Metode Konvensional Dan Pracetak</p> <p>Metode Penelitian: Metode penelitian analisis dengan pendekatan data secara kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang dinyatakan dalam bentuk angka. Data didapat dari konsultan/kontraktor yaitu data RAB, Kurva S, gambar dan lain-lain.</p> <p>Hasil: Dengan perbandingan metode pracetak dan cast in situ didapatkan hasil metode cast in situ membutuhkan waktu pelaksanaan selama 64 minggu dengan biaya Rp 74,800,000,000,- dan metode pracetak membutuhkan waktu pelaksanaan selama 57 minggu dengan biaya Rp 74,830,000,000,-</p>

*) Penulis, 2019

Penelitian ini menggabungkan tiga kriteria berdasarkan penelitian terdahulu yaitu perhitungan kekuatan struktur, perencanaan sambungan, dan analisa durasi waktu. Secara umum model penelitian dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Posisi Penelitian terhadap Penelitian Terdahulu*)

Sumber	Perkuatan Struktur	Perencanaan Sambungan	Durasi Waktu	Model Penelitian
Azis dkk. 2012	-	-	√	Analisa perbandingan waktu, biaya, dan jumlah pekerja

Sumber	Perkuatan Struktur	Perencanaan Sambungan	Durasi Waktu	Model Penelitian
Candy dkk. 2016	-	-	√	Analisa dari segi biaya dan waktu
Adimas dkk. 2013	√	√	-	Analisa elemen struktur utama dengan ETABS
Aji Dicky. 2017	√	√	-	Analisa elemen struktur utama dengan ETABS
Dwinritya. 2017	√	√	-	Analisa elemen struktur utama dengan SAP2000
Indra Jati. 2017	√	√	-	Analisa elemen struktur utama dengan SAP2000
Febrianto. 2016	√	√	-	Analisa elemen struktur utama dengan ETABS
Dimas. 2017	-	-	√	Analisa dari segi biaya dan waktu
Diasantoso. 2008	-	-	√	Analisa dari segi biaya dan waktu
Risdiyanti dkk. 2018	-	-	√	Analisa dari segi biaya dan waktu
Letak Penelitian	√	√	√	Analisa dari aspek perkuatan struktur, perencanaan sambungan, dan durasi waktu

*) Penulis, 2019

Berdasarkan referensi sebelumnya, penelitian ini akan mengambil irisan dari aspek perkuatan struktur, perencanaan sambungan, dan analisa durasi waktu. Letak penelitian akan disajikan menggunakan diagram letak penelitian terhadap penelitian terdahulu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14 dengan simbol X sebagai berikut:

Gambar 2.14 Posisi Penelitian terhadap Penelitian Terdahulu (Penulis, 2020)