

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan membahas dasar teori dan beberapa jurnal mengenai perencanaan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis UHAMKA Jakarta secara umum dengan menggunakan beton *precast* secara khusus.

2.2 Beton Pracetak

Beton pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan (SNI 7833:2012). Pada dasarnya beton pracetak tidaklah berbeda dengan beton biasa. Konsep pracetak (juga dikenal sebagai "prefabrikasi") adalah di mana sebagian besar komponen struktural diproduksi sesuai standar di pabrik dengan lokasi yang jauh dari bangunan, dan kemudian diangkut ke lokasi untuk perakitan. Komponen-komponen ini dibuat dengan metode industri berdasarkan produksi massal untuk membangun bangunan dalam waktu singkat. Teknologi pracetak ini membantu menghemat banyak waktu dan memberikan kualitas yang lebih baik, ini juga membantu untuk peningkatan kualitas pekerjaan akhir.

Teknologi ini juga mengurangi biaya konstruksi karena tidak ada bahan yang disimpan atau dibuang di tempat dan juga mengurangi biaya tenaga kerja karena lebih sedikit dan tenaga kerja yang lebih terampil diperlukan untuk pemasangan komponen. Namun, sistem ini rentan terhadap gempa bumi yang kuat. Kerusakan dan

kegagalan struktur beton pracetak dalam gempa bumi terutama karena kegagalan sambungan dan daktilitas yang tidak memadai, yang menyoroti pentingnya koneksi pada struktur pracetak. Selain yang disebutkan diatas terdapat beberapa kelebihan penggunaan beton pracetak, yaitu : **(Neetu, 2013)**

1. Komponen yang digunakan siap pakai, maka kebutuhan akan bekisting, penutup dan perancah menjadi berkurang
2. Waktu penyelesaian pelaksanaan konstruksi pada saat cuaca yang kurang mendukung dapat diminimalkan
3. Kontrol kualitas untuk elemen beton pracetak lebih mudah dilakukan pada saat pembuatan di pabrik daripada di lokasi proyek

Kekurangan dalam pemakaian beton pracetak adalah : **(Neetu, 2013)**

1. Diperlukan penanganan yang akurat untuk komponen prefabrikasi seperti panel beton atau baja dan panel kaca diperlukan.
2. Biaya transportasi yang lebih tinggi untuk beton pracetak dengan volume yang besar, jika dibandingkan dengan biaya transportasi material beton yang lebih mudah dalam pengemasannya.
3. Tenaga kerja yang terampil serta pengawas yang terampil diperlukan untuk menghasilkan kinerja pemasangan yang unggul.
4. Dimensi elemen pracetak yang semakin besar memerlukan sistem pengangkatan dengan alat crane dan memerlukan pengukuran pengangkatan yang presisi.

2.3 Tinjauan Elemen Pracetak

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

2.3.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada pelat beton pracetak, waktu pengangkutan atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit. Dalam *PCI Designing with Precast and Prestressed Concrete*, ada beberapa macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Hollow core slab merupakan salah satu elemen beton pracetak, yang menggunakan sistem beton pratekan. Tak hanya itu adanya celah menerus pada plat dapat digunakan untuk mengurangi berat sendiri plat dan biaya pelaksanaan konstruksi. Plat ini terbuat dari beton berkualitas tinggi yang merupakan salah satu elemen pra fabrikasi dengan proporsi rongga yang lebih besar. Dalam praktek biasanya *hollow core slab* disambungkan dengan elemen struktur lain dengan cara *grouting*. Berbeda dengan beton

konvensional, pelat *hollow core slab* memiliki banyak keuntungan, seperti menghemat bahan, kecepatan pemasangan, menurunkan biaya konstruksi bangunan, memiliki tingkat kualitas pelat yang konsisten, ketahanan api yang baik, dan sifat isolasi suara. (Simasathiem,2015)

2. Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slab*)

Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 1.5 meter hingga 10 meter. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.

Solid slab digunakan sebagai komponen dek struktural yang mirip dengan *hollow-core slab*. Ukurannya dapat bervariasi untuk memenuhi persyaratan struktural desain.

2.3.2 Balok

Pada balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan :

1. Balok berpenampang persegi (*rectangular beam*)

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah, dengan bekisting lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.

2. Balok berpenampang L (*Ledger Beam*).

Pada penelitian sebelumnya, telah dikatakan bahwa masih perlu adanya kebutuhan untuk mempelajari perilaku beton berbentuk L pracetak saat diberikan berbagai kombinasi beban torsional, lentur, dan geser. Metode industri dan prosedur yang dipublikasikan bervariasi secara signifikan sehubungan dengan beberapa aspek mendasar dari desain dan detail dari elemen tersebut. Ketentuan U.S. dan Canadian saat ini telah memberikan kemudahan untuk merencanakan elemen tersebut. **(Hassan, T., Ph.D., dkk, 2013)**

3. Balok berpenampang T (*Inverted Tee Beam*).

Bagian sayap dari *T-beam inverted* harus diperkuat, karena ujung *slab* bergantung pada bagian sayap. Sehingga, perlu adanya penulangan dengan kualitas tinggi seperti *fiber reinforced concrete* pada bagian sayap, apabila dibandingkan dengan metode penulangan konvensional. **(Lanu, 1995)**

2.3.3 Dinding Geser

Dinding struktural pada bangunan berbentuk rangka (*frame building*) harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang memadai yang

diperlukan untuk mengurangi simpangan antar lantai yang disebabkan oleh gempa. Dinding seperti itu disebut dinding geser. Fungsi lainnya adalah untuk mengurangi kemungkinan kehancuran komponen nonstruktural yang ada pada gedung pada umumnya. (Nawy, 2005: 741). Kategori dinding geser berdasarkan geometrinya, yaitu: (Imran, 2008)

1. *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser dengan rasio $h_w/l_w \geq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser dengan rasio $h_w/l_w \leq 2$, di mana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), di mana momen guling terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

2.4 Perencanaan Sambungan

Dalam struktur pracetak atau bangunan struktural, koneksi antar komponen menjadi hal yang penting dari sistem struktural. Respon struktural akan tergantung pada perilaku dan karakteristik sambungan. Komponen struktur digabung bersama dengan menggunakan baut, las, baja tulangan, dan *grouting* pada sambungan namun, menghubungkan elemen bersama-sama tidak hanya tentang menyatukan elemen satu sama lain, tetapi untuk memastikan keutuhan struktural dari keseluruhan struktur.

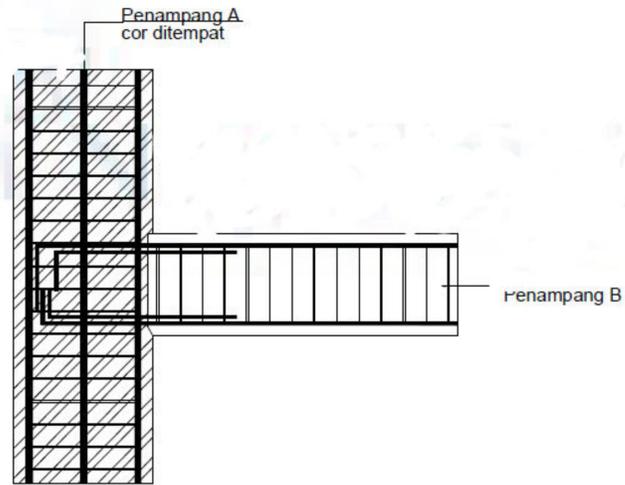
Untuk mencapai desain yang diinginkan, perencana harus memahami bagaimana sambungan mempengaruhi transfer kekuatan melalui struktur baik beban arah vertikal maupun horizontal. Tujuan utama dari sambungan struktural adalah untuk mentransfer kekuatan antara elemen pracetak dengan tujuan memberikan interaksi antar elemen struktur ketika elemen tersebut diberikan beban.

Dalam teknologi beton pracetak, sambungan dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu :

1. *Wet Connection* (Sambungan Basah).

Sambungan ini merupakan sambungan dengan cara *grouting* atau penyaluran tulangan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit.

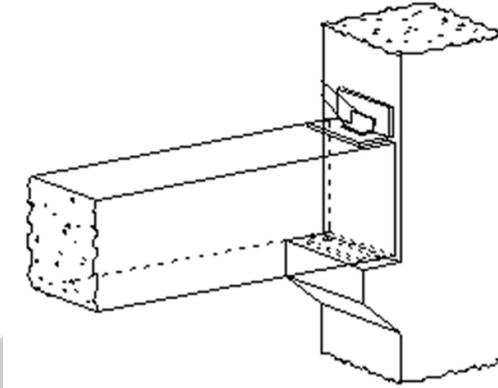
Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Menurut sudut pandang praktisi, sambungan basah dapat menghemat biaya dan cara pemasangannya yang lebih mudah dibandingkan dengan sambungan kering akan tetapi, memerlukan *setting time* yang cukup lama (Taher, 2007). Dalam perancangan ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



Gambar 2.1 Sambungan *Cast in-situ* Balok dan Kolom

2. *Dry Connection* (Sambungan Kering).

Sambungan ini menggunakan koneksi mekanis las dan baut. Alat sambung jenis las menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar dibawah. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.



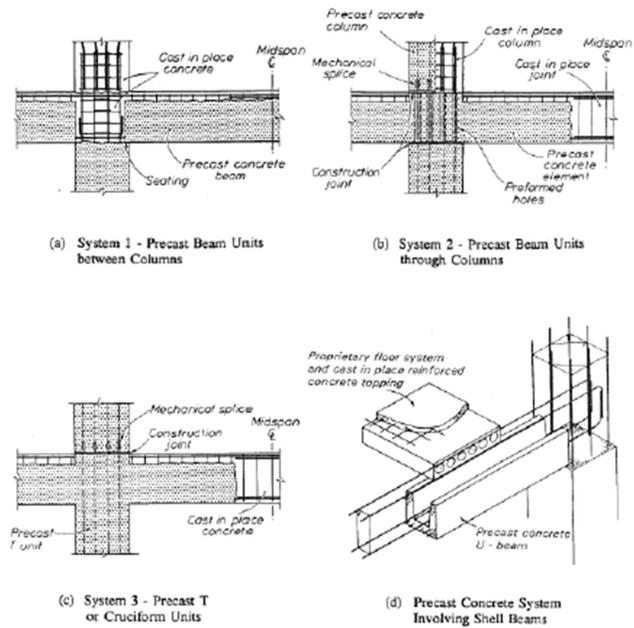
Gambar 2.2 Sambungan Kering dengan Las

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh *corbels* atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom. Kekurangan dari sambungan jenis ini yaitu pelaksanaannya yang tidak mudah sehingga membutuhkan tenaga ahli dan biaya pengerjaannya lebih mahal dibandingkan sambungan basah. Retak yang tersembunyi pada bagian plat baja yang tertanam di dalam beton juga menjadi salah satu faktor dari kekurangan sambungan ini.

2.4.1 Sambungan Balok-Kolom

Efisiensi kerangka beton pracetak dalam menahan gravitasi dan beban lateral bergantung pada perilaku koneksi balok-kolom. Sambungan balok-kolom harus dirancang untuk mentransfer semua gaya. Dalam sistem bangunan pracetak, sambungan antara elemen pracetak biasanya dirancang untuk berusaha menyamai

konstruksi monolit sehingga seluruh struktur menunjukkan perilaku monolit yang setara selama gempa bumi. Terdapat empat cara untuk mencapai perilaku monolit yang setara dalam kerangka pracetak, yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



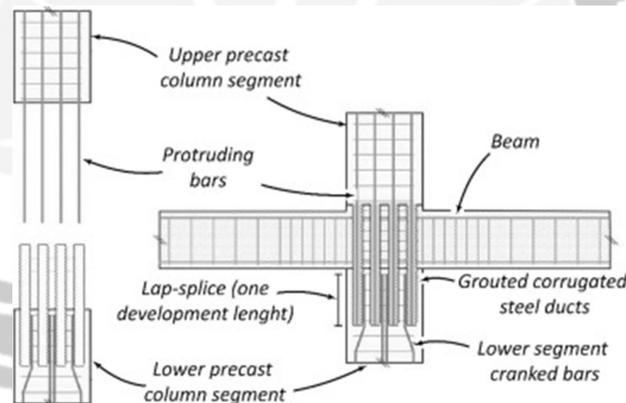
Gambar 2.3 Konstruksi Sambungan yang umum dilakukan pada sistem
Pracetak

(Sumber : Aninthaneni dan Dhakal, 2016)

Dalam sistem-1, elemen balok pracetak ditempatkan di antara kolom dan ditempatkan pada selimut beton atau dari kolom yang sebelumnya cor ditempat atau kolom pracetak di bawahnya atau disangga dengan korbel kolom. Sistem lantai pada beton pracetak, ditempatkan di atas elemen balok pracetak dan membentang di antara balok. Penulangan kemudian ditempatkan di bagian atas balok, di atas lantai

pracetak dan di inti balok dengan kolom. Bagian atas pada lantai pracetak dan pada inti balok dengan kolom kemudian dicor ditempat.

Pada sistem-2, balok pracetak ditempatkan pada pelat baja pada sambungan antar kolom setebal 10 sampai 25mm. Tulangan longitudinal kolom yang menonjol melewati lubang vertikal balok pracetak dan muncul di atas permukaan balok seperti pada Gambar 2.4. Saluran vertikal dan sambungan konstruksi horizontal di bagian bawah balok pracetak disatukan dalam sekali pengerjaan. Kolom pracetak kemudian diposisikan di atas balok pracetak menggunakan penyaluran tulangan atau dengan proses *grouting* untuk menghubungkan batang kolom vertikal.



Gambar 2.4 Sambungan Balok – Kolom pada sistem 2

Dalam sistem-3, elemen beton pracetak berbentuk T, banyak digunakan pada bangunan tipikal. Dalam sambungan ini batang kolom vertikal pada unit pracetak dihubungkan menggunakan *grouting*. Sambungan *cast-in-place* balok untuk sistem ini identik dengan yang digunakan untuk Sistem 2.

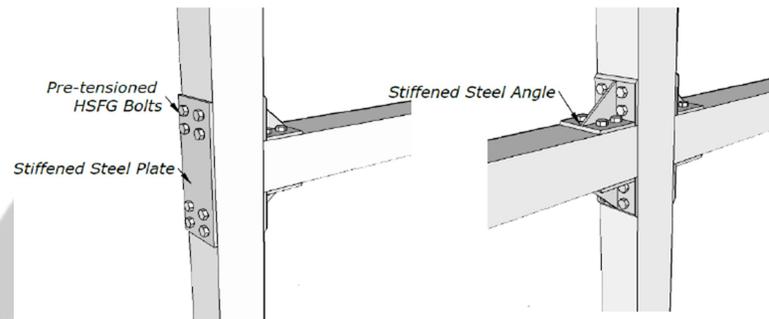
Dalam sistem-4, balok beton pracetak pra-tegang digunakan. Balok U pracetak mendukung beban berat dan konstruksi dan bertindak secara komposit dengan beton bertulang ketika mengalami pembebanan lain dalam struktur yang telah selesai.

Untuk menahan beban gempa, sambungan direncanakan menggunakan sambungan basah (*wet joint*). Sehingga sambungan balok dan kolom akan berperilaku seperti balok kolom monolit pada umumnya. Sehingga, sambungan akan dirasa cukup kuat dalam menahan beban lateral. Keuntungan sambungan basah antara lain : **(Breccoloti, 2017)**

- a. Dapat dikerjakan dengan cepat dan aman
- b. Tidak menggunakan konektor sehingga memungkinkan toleransi seperti konstruksi beton biasa
- c. Tidak memerlukan tenaga ahli dalam pelaksanaanya

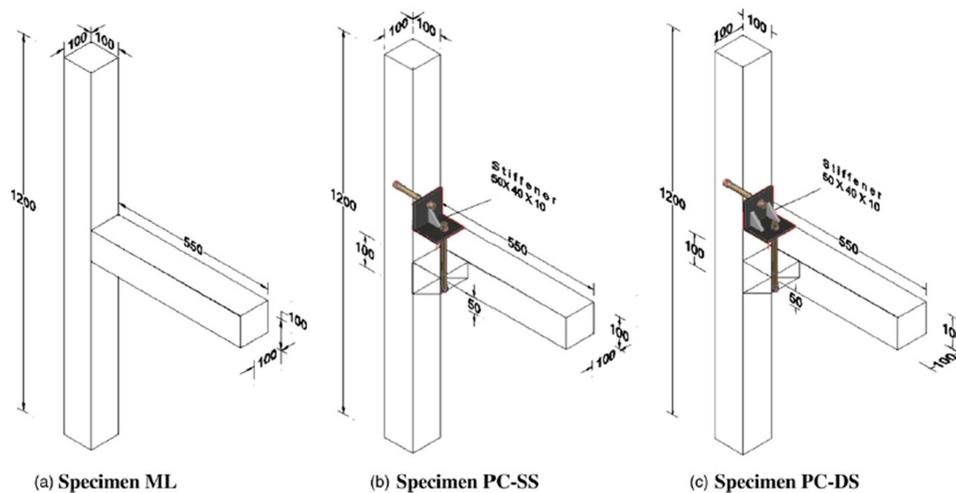
Beberapa koneksi yang menggunakan perangkat mekanis hanya dapat mentransfer gaya geser dan aksial, sistem koneksi ini disebut koneksi geser. Contoh koneksi geser adalah koneksi korbil, dan koneksi *insert* baja. **(Elliott, 2003)** menyelidiki empat jenis konektor balok-ke-kolom semi kaku; yaitu pelat yang dilas, koneksi billet baja, koneksi cleat tunggal, dan koneksi cleat ganda. Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 menunjukkan sambungan kering balok-kolom yang diusulkan dengan menggunakan profil L plat baja atau tabung baja dan baut HSFG (*High Strength Friction Grip*). Baut pra-tegang, sehingga kekuatan lentur awal tergantung pada tahanan gesekan yang berkembang diantara permukaan baja dan

permukaan beton. Sambungan semacam itu menawarkan kekuatan lentur tinggi dan kekakuan rotasi untuk memastikan sambungan tetap dalam keadaan elastis sementara balok (elemen terlemah) mencapai kapasitasnya.



Gambar 2.5 Sambungan Balok – Kolom menggunakan profil baja, plat baja, dan baut HSFG

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Vidjeapriya dan Jaya pada sambungan balok kolom menggunakan pelat baja, disimpulkan bahwa, dibandingkan dengan beton *cast in situ*, sambungan PC-DS (*Cleat Angle with Double Stiffner*) menunjukkan kapasitas dalam menahan beban yang lebih sedikit. Sementara daktilitas pada sambungan PC-DS lebih baik dibandingkan dengan sambungan monolit. Sambungan PC-DS menunjukkan perilaku yang lebih mendekati perilaku monolit dibandingkan dengan sambungan PC-SS (*Cleat Angle with Single Stiffner*).



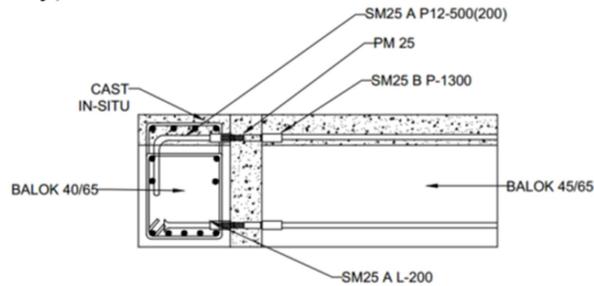
Gambar 2.6 Jenis Sambungan Kering Sederhana
(Sumber : Vidjeapriya dan Jaya, 2013)

2.4.2 Sambungan Antar Balok

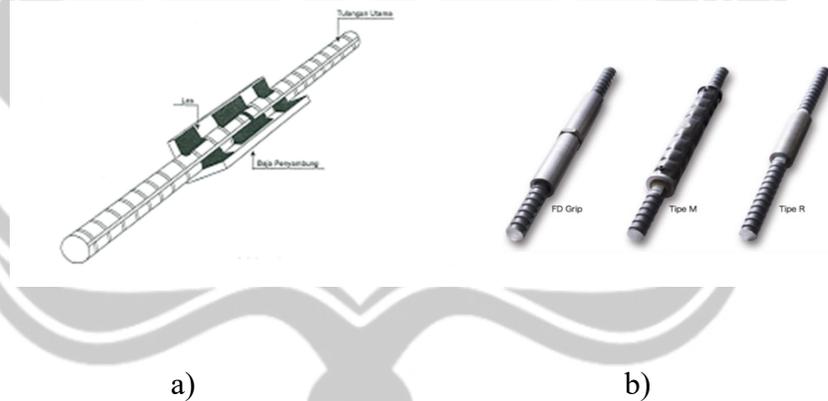
Untuk mendapatkan struktur yang menerus dan monolit, seringkali beton pracetak menggunakan sambungan cor ditempat. Hal ini dapat dilakukan dengan memakai salah satu dari dua cara berikut:

- a. Adukan semen dituangkan pada dua balok yang jaraknya berdekatan. Tulangan yang berada diatas perletakan disambung supaya dapat membentuk kontinuitas dengan bentang yang berdekatan. Dalam Gambar 2.7 sambungan tersebut dilakukan dengan cara melakukan sambungan pada tulangan yang menonjol dari balok yang berdekatan dengan baja siku penyambung atau menggunakan *coupler*.
- b. Pada tipe balok *double tee*, kontinuitas dari balok pracetak yang berdekatan diperoleh dengan menempatkan tulangan negatif di dalam

beton yang dicor ditempat, yang terletak diatas perletakan diantara balok yang berdekatan.



Gambar 2.7 Sambungan Balok Induk – Balok Anak dengan Menggunakan Coupler



Gambar 2.8 a) Contoh Sambungan Siku Baja, b) Contoh Sambungan Coupler

Panjang lekatan setidaknya tiga puluh kali diameter tulangan. Kait digunakan kalau panjang penyaluran yang diperlukan terlalu panjang. Panjang pengankuran yang didapat dari eksperimen adalah antara 8 kali diameter sampai 15 kali diameter pada sisi yang tidak mengalami

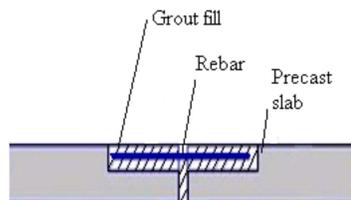
retak. Guna mengatasi kondisi terburuk sebaiknya digunakan tiga puluh kali diameter tulangan (Elliott, 2002).

2.4.3 Sambungan Pelat

Sambungan antara elemen lantai pracetak yang berdekatan biasanya tidak dibebani beban yang sangat berat. Namun koneksi harus memerlukan kapasitas untuk menahan defleksi dan juga mencapai kapasitas untuk menahan gaya yang bekerja di lantai dalam horizontal. Koneksi antara pelat lantai dapat dicapai melalui berbagai jenis koneksi dan koneksi yang paling populer telah diidentifikasi sebagai berikut:

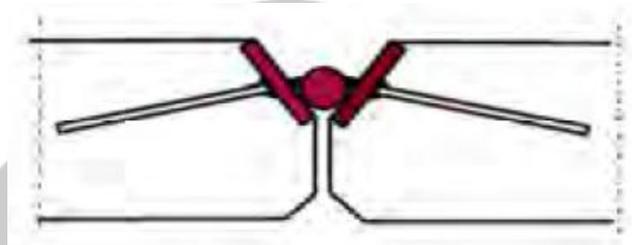
- a.) Sambungan cor ditempat atau *grouting*
- b.) Sambungan yang dilas atau dibaut
- c.) Perkuatan dengan penulangan bagian atas pelat
- d.) Sambungan loop

Dibawah ini adalah gambaran sambungan *grouting* atau cor ditempat antara pelat *solid slab*. Dalam hal ini pemilihan memiliki beberapa tambahan tulangan yang dimasukkan untuk menambah kekuatan tambahan pada sambungan.



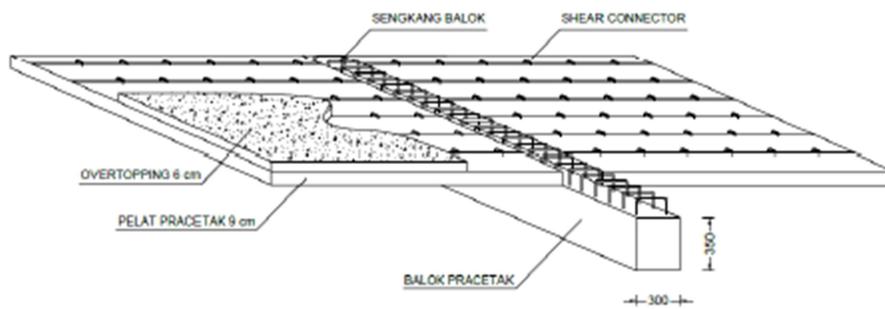
Gambar 2.9 Ilustrasi Sambungan *Grouting* dan *Cast in Situ*

Gambar ini menyajikan gambar sambungan yang dilas atau dibaut antara dua pelat lantai pracetak. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Sambungan ini dapat digunakan untuk pelat lantai jenis *hollow core slab*.



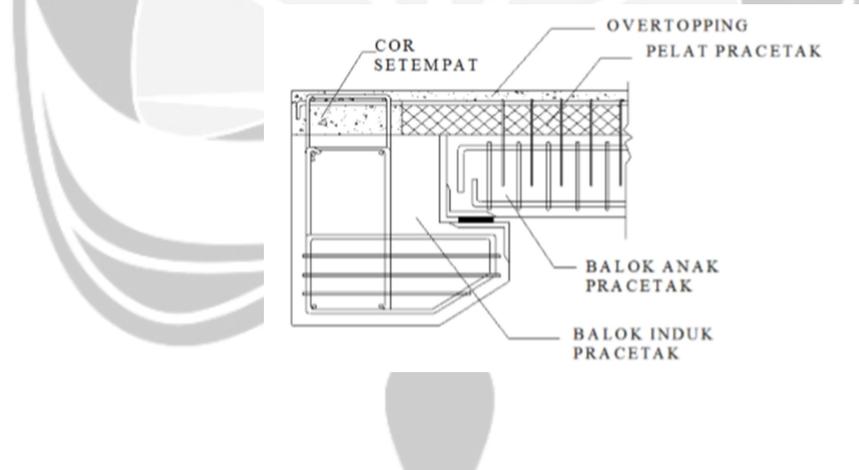
Gambar 2.10 Ilustrasi Sambungan dengan *Hollow Core Slab*

Gambar 2.11 menunjukkan detail atap atau pelat lantai yang terbuat dari elemen pracetak yang saling terhubung oleh pelat cor ditempat (*overtopping*). Sisi atas dari pelat pracetak dilengkapi dengan perkuatan tulangan, memberikan kontinuitas monolit ke balok jika dilakukan dengan benar.



Gambar 2.11 *Half Slab*

Sambungan pelat juga meninjau sambungan antara pelat dengan balok. Sambungan balok-ke-pelat dapat dibagi menjadi dua jenis, termasuk sambungan di tepi struktur dan sambungan yang terletak di bagian interior bangunan. Sambungan antara pelat dan balok struktur umumnya dilakukan dengan memanfaatkan kait. Ini memastikan bahwa beban yang ditransfer cukup memastikan kontinuitas struktural. Untuk sambungan balok - pelat di tepi struktur dapat dijelaskan ketika lantai tersambung dengan kuat ke dalam balok dan balok dianggap sebagai bagian dari lantai. Sambungan ini biasanya dibuat dengan kait dan perkuatan tulangan antara dua elemen.



Gambar 2.12 Sambungan Menggunakan Kait Pelat – Balok

2.5 Sistem Rangka Gedung

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung yang tercantum pada SNI 1726:2012. Sistem tersebut yaitu Sistem dinding penumpu, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka

Pemikul Momen, Sistem Ganda dengan rangka pemikul momen khusus maupun menengah, sistem interaktif dinding geser-rangka, dan sistem kolom kantilever.

Sistem struktur yang digunakan dalam modifikasi struktur gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis UHAMKA adalah sistem ganda. Menurut SNI 1726:2012, sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser. Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus dapat memikul beban lateral yang dapat diakibatkan oleh gempa sekurang-kurangnya adalah 25% gaya gempa desain. Hal ini dijelaskan pada pasal 7.2.5.1 SNI 1726:2012. Oleh karena itu, sistem penahan gempa pada sistem ganda ialah sistem rangka pemikul momen maupun dinding geser. **(Tavio dan Faizah, 2017)**