

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

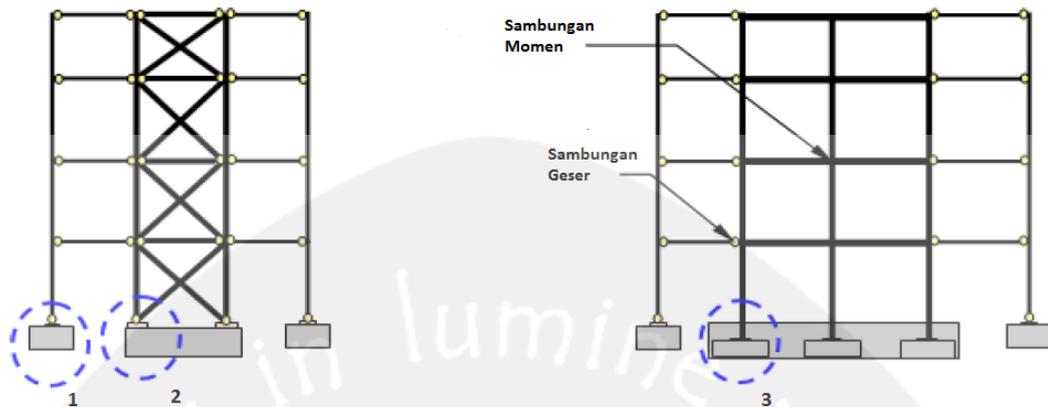
2.1 Pelat Dasar Kolom

Pelat dasar kolom mempunyai dua fungsi dasar :

1. Mentransfer beban dari kolom menuju ke fondasi. Beban – beban ini termasuk beban aksial searah gravitasi, geser, momen, dan terkadang gaya tarik.
2. Mengizinkan kolom untuk berdiri sebagai kantilever vertikal sementara, setelah pemasangan kolom selesai tanpa adanya balok yang mengikatnya. Kolom dan pelat dasar harus mampu menahan sementara beban angin dan beban bangunan dengan aman. (Honeck dan Westphal, 1999)

Ada tiga macam tipe dari sambungan pelat dasar kolom. Gambar tipe sambungan pelat dasar kolom ditunjukkan pada gambar 2.1:

1. Pelat dasar kolom diperlakukan terutama untuk beban tekan aksial searah gravitasi.
2. Pelat dasar kolom yang menjadi bagian dari rangka bresing sehingga pelat menahan beban aksial (N) dan gaya geser (V).
3. Pelat dasar kolom pada rangka pemikul momen. Sambungan pelat dasar kolom berperilaku sebagai sambungan kaku (*rigid connections*) dan mentransfer beban aksial (N), gaya geser (V), momen (M). (Astaneh, 2008).

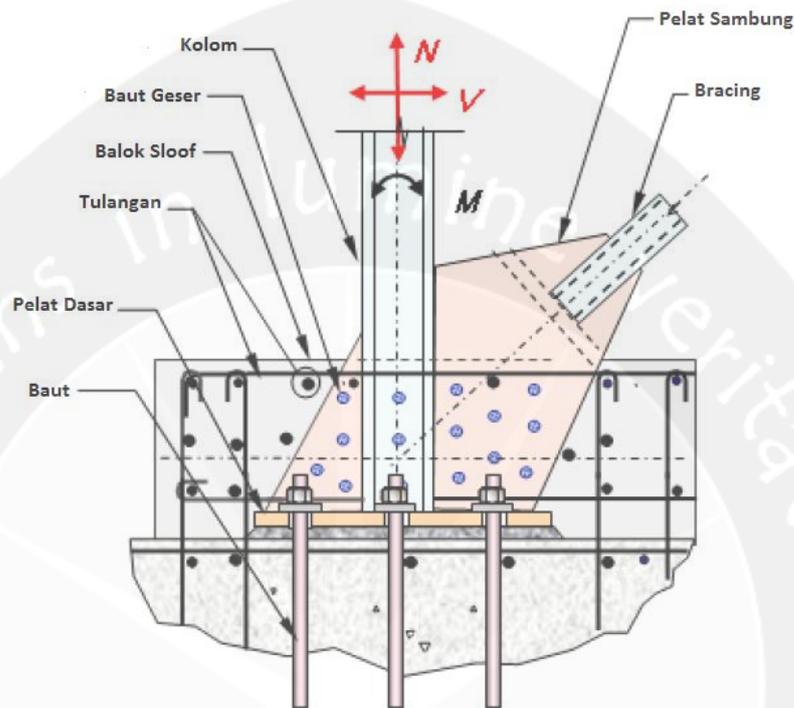


Gambar 2.1 Sambungan Pelat Dasar Kolom (Astaneh)

Diskusi desain pelat dasar kolom dari penulisan tugas akhir ini hanya terbatas pada pelat dasar kolom pada rangka bresing, pelat dasar (1) dan (2) pada gambar 2.1. Untuk tambahan, fokus dari penulisan tugas akhir ini pada pelat dasar kolom pada rangka bresing konsentrik khusus.

Sambungan pelat dasar kolom pada sistem bangunan yang menahan beban lateral akan menahan gaya tekan dan gaya tarik yang besar untuk mentransfernya ke fondasi. Ketika gaya tarik sangat besar, kolom baja mungkin perlu dibungkus di dalam fondasi, seperti pada gambar 2.2. Hal ini bertujuan untuk mentransfer gaya tarik ke dalam fondasi, dan hasilnya tergantung pada permukaan pelat dasar kolom dan bautnya. Jika dalam kasus gaya tarik yang besar, penanaman pelat dasar kolom ke dalam pondasi masih kurang kuat untuk menahan maka dapat digunakan baut ASTM F1554 Gr. 105 dengan diameter di atas 3 inchi. Kolom komposit juga bisa menjadi alternatif lain untuk memperoleh kekakuan dan kekuatan, dengan membungkus seluruh tinggi kolom semua lantai dengan beton dan tulangnya. Cara ini juga dapat membantu mengatasi masalah gaya tarik

dengan mentransfer sebagian gaya tarik kolom langsung ke fondasi melalui tulangnya. (Astaneh, 2008).

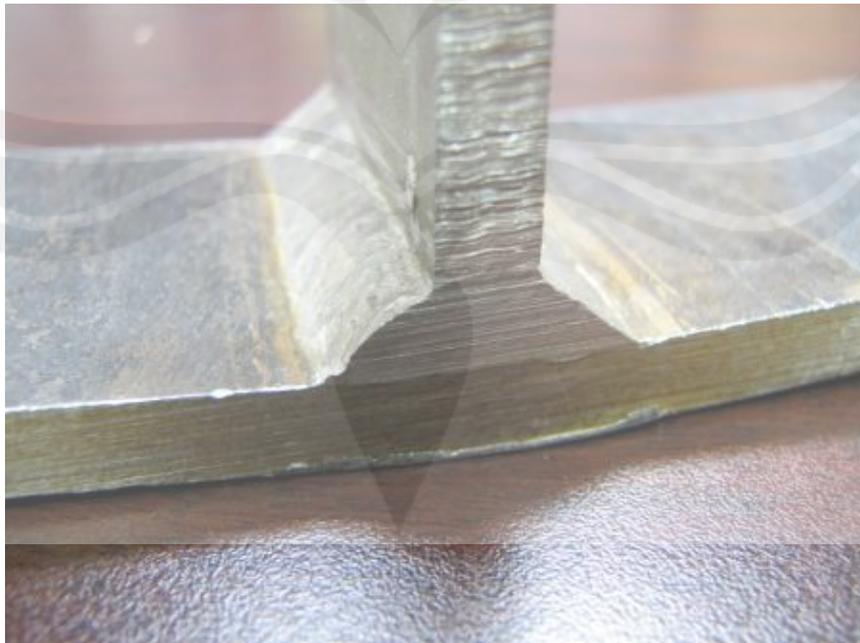


Gambar 2.2 Pelat Dasar Kolom yang Ditanam Pada Fondasi (Astaneh)

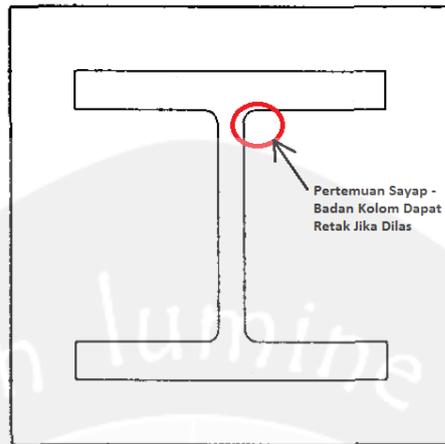
Pemberian pelat pengaku (*stiffeners*) diperlukan dalam mendesain pelat dasar kolom dalam menahan gaya tarik. Hal ini bertujuan untuk menghindari pelat dasar kolom yang terlalu tebal. Di lain sisi, harga material relatif lebih murah dibandingkan upah tenaga kerja. Sehingga pada umumnya, pelat dasar kolom dibuat tebal. Hal ini untuk menghindari adanya penambahan pelat pengaku (*stiffeners*). Tanpa adanya pelat pengaku berarti tidak ada upah tenaga kerja dalam pembuatan pelat pengaku dan desain yang lebih ekonomis. (Honeck dan Westphal, 1999).

Pengelasan (*welding*) dibutuhkan untuk menyambung pelat dasar dengan kolom. Dalam proses pengelasan harus memperhitungkan tebal pelat dasar dan

tebal sayap kolom untuk mencegah pelengkungan. Menggunakan pelat dasar yang tebal untuk menghindari penggunaan pelat pengaku akan lebih ekonomis karena akan mengurangi biaya pengelasan. Mengurangi ukuran pengelasan sebisa mungkin juga akan lebih ekonomis, tetapi tetap memperhitungkan ukuran las minimum tergantung pada tebal material. Penggunaan jenis pengelasan tipis (*fillet welds*) jika memungkinkan akan lebih ekonomis dibandingkan pengelasan penetrasi penuh (*complete penetration welds*). Gambar pengelasan tipis ditunjukkan pada gambar 2.3. Pengelasan penetrasi penuh membutuhkan lebih banyak tenaga kerja karena pengerjaannya lebih kompleks dan membutuhkan inspeksi yang intensif. Pengerjaan pengelasan tidak dilakukan pada seluruh bagian kolom. Bagian pertemuan antara sayap kolom dengan badan kolom lebih baik tidak dilas, karena dapat menyebabkan retak. Lihat gambar 2.4. Pengelasan dihentikan 1.5 inci dari lokasi tersebut. (Honeck dan Westphal, 1999)



Gambar 2.3 Pengelasan Tipis (*Fillet Welds*)



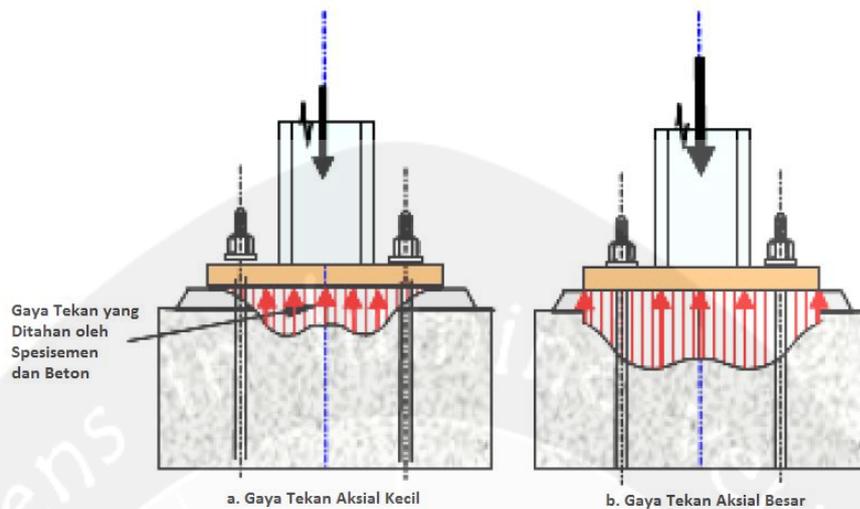
Gambar 2.4 Bagian Pertemuan Sayap dan Badan Kolom

Informasi mengenai dampak kerusakan pelat dasar kolom akibat gempa sangatlah terbatas. Hal ini memang sangat wajar karena letak pelat dasar kolom terkubur pada dasar bangunan sehingga menyebabkan sulitnya menginvestigasi kerusakan dan kegagalan pelat dasar kolom. Kurangnya informasi mengenai dampak kerusakan pelat dasar kolom bukan berarti kurangnya kerusakan yang dialami pelat dasar kolom akibat gempa. Secara umum kerusakan struktur akibat gempa yang diharapkan terjadi adalah retak spesimen di bawah pelat dasar, retak fondasi beton di bawah spesimen, retak atau patah pada baut, dan pada kasus yang ekstrim yaitu retak atau patah pada pelat dasar kolom.

2.2 Perilaku Pelat Dasar Kolom Saat Menerima Gaya Aksial

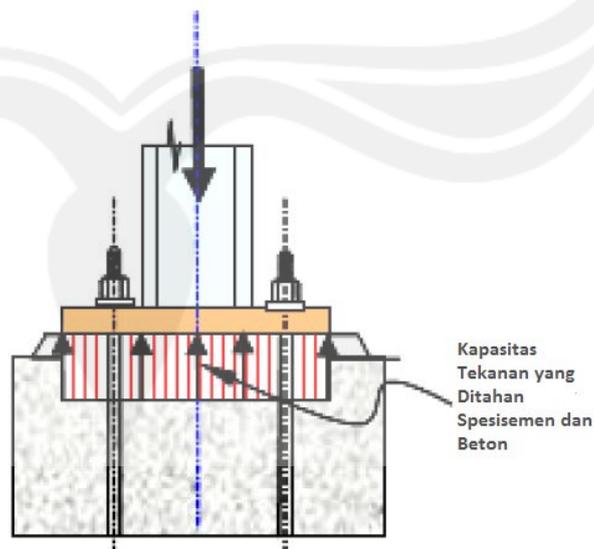
2.2.1 Perilaku Pelat Dasar Kolom Saat Menerima Gaya Tekan Aksial

Perilaku pelat dasar kolom dengan mur baut tunggal di atas pelat saat menerima gaya tekan aksial saja, tanpa ada gaya geser dan momen, akan menyebabkan distribusi tekanan yang tidak seragam di bawah pelat. Distribusi tekanan berbeda – beda tergantung pada besarnya gaya tekan aksial. Gambar distribusi ditunjukkan pada gambar 2.4.



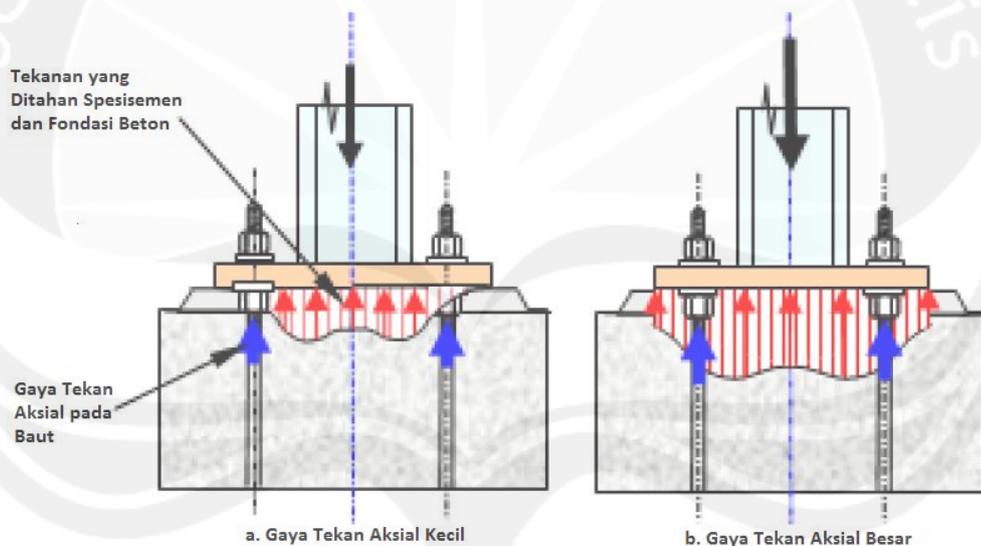
Gambar 2.5 Distribusi Tekanan Berdasarkan Besarnya Gaya Tekan Aksial

Bagian beton dan spesimen yang lebih besar menahan gaya tekan aksial adalah bagian di bawah letak sayap kolom. Jika pelat dasar kolom semakin tebal dan kaku maka distribusi beban akan semakin seragam. Dalam perencanaan desain, distribusi tekanan dibuat seragam. Lihat gambar 2.5. Dalam kasus ini, mur baut tunggal di atas pelat tidak berpartisipasi dalam menahan gaya tekan aksial.



Gambar 2.6 Asumsi Desain pada Distribusi Tekanan (*Astaneh*)

Pelat dasar kolom dengan mur baut ganda di atas dan di bawah pelat akan memberikan perilaku tekanan yang lebih kompleks dibandingkan dengan mur tunggal di atas pelat. Berdasarkan prinsip mekanisme dari perilaku material dan kesetimbangan gaya, maka diharapkan gaya tekan aksial yang ditahan pelat dasar dengan mur baut ganda juga akan didistribusikan ke baut dan spesimen serta fondasi beton. Baut baja akan luluh dan berdeformasi menjadi pendek saat menerima tekanan, sehingga bagian terbesar yang akan menerima gaya tekan aksial adalah spesimen dan fondasi beton di bawah pelat. Lihat gambar 2.6. (Astaneh, 2008).



Gambar 2.7 Distribusi Tekanan Gaya Tekan Aksial Pada Pelat Dasar Kolom Dengan Mur Baut Ganda (Astaneh)

Penggunaan mur baut ganda pada pelat dasar kolom dapat memberikan tambahan ketahanan dan daktilitas kepada pelat dasar tanpa menyebabkan efek yang merugikan. Hal yang perlu diperhatikan jika mur baut ganda digunakan adalah sebelum pembuatan spesimen dilakukan maka mur baut yang berada di

bawah pelat harus diputar sebanyak mungkin hingga mereka dapat memberikan dukungan terhadap pelat dasar. Jika mur baut hanya digunakan sebagai pengatur level atau elevasi dari pelat dasar maka setelah pelat dasar berada dalam elevasi yang benar, mur baut diputar keluar hingga meninggalkan jarak antara pelat dasar dan mur baut. (Astaneh, 2008).

Gaya tekan aksial yang terus menerus akan menyebabkan spesisemen dan fondasi beton mencapai batas hancurnya. Perbaikan kerusakan yang demikian akan membutuhkan biaya yang mahal dan proses yang sulit karena membutuhkan tumpuan sementara untuk kolom dan pemindahan gaya tekan aksial tersebut. Jika pelat dasar mengalami kegagalan dalam menahan gaya tekan aksial maka perilakunya akan lebih daktail. Setelah itu distribusi tekanan pada pelat dasar kolom akan lebih besar di bawah letak kolom, dan akhirnya kehancuran tekan pada spesisemen dan fondasi beton. (Astaneh, 2008).

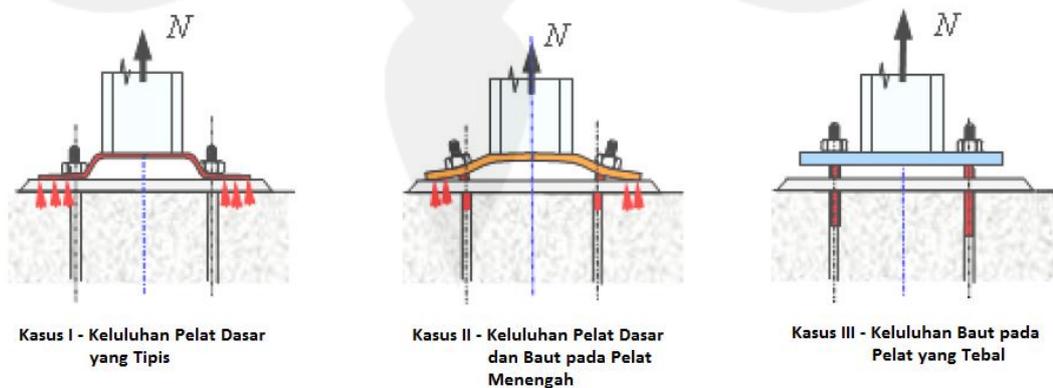
Secara umum, spesisemen memiliki ketahanan gaya tekan yang lebih besar dibandingkan beton pada fondasi. Penelitian terhadap pelat dasar kolom saat menerima beban gempa menunjukkan kegagalan pada spesisemen. Hal ini disebabkan karena spesisemen relatif tebal dan tidak memiliki penguatan di dalam. Gempa Northridge tahun 1994 yang menimpa Perpustakaan Oviatt di Universitas California merupakan salah satu contoh serius kerusakan pada spesisemen. Penyebab kegagalan pada bangunan tersebut adalah tebal spesisemen yang di bawah normal dari tebal relatif dan kekakuan pelat dasar. Batas kira – kira dari tebal spesisemen adalah dua inchi, dan untuk tebal spesisemen yang lebih dari itu akan lebih baik jika menggunakan penguatan di dalam spesisemen.

Kegagalan pelat dasar kolom dalam menerima gaya tekan aksial adalah:

- a. Kegagalan luluh pada pelat dasar kolom sehingga bengkok.
- b. Kegagalan tekan pada baut jika menggunakan mur baut ganda.
- c. Kegagalan tekan pada fondasi beton.
- d. Kegagalan pada spesimen di bawah pelat.
- e. Kegagalan geser pada baut, jika gaya geser diperhitungkan. (Astaneh, 2008).

2.2.2 Perilaku Pelat Dasar Kolom Saat Menerima Gaya Tarik Aksial

Perilaku pelat dasar kolom saat menerima gaya tarik bergantung pada kekakuan dan kekuatan pelat itu sendiri. Ada tiga perilaku yang terjadi pada pelat saat menerima gaya tarik. Kasus I yaitu jika kekakuan dan kekuatan dari pelat dasar kecil maka pelat dasar kolom akan bengkok pada sendi plastisnya. Kasus II jika pelat dasar tidak terlalu kaku dan kuat maka pelat dasar akan mengalami sedikit pembengkokan dan diikuti oleh pemanjangan atau penguluran dari bautnya. Kasus III jika pelat dasar sangat kaku dan kuat, berlaku seperti pelat pengaku maka gaya tarik akan langsung disalurkan ke bautnya. Lihat gambar 2.7.



Gambar 2.8 Tiga Perilaku Pelat Dasar saat Menerima Gaya Tarik

Jika mur baut ganda digunakan pada pelat dasar kolom maka perilaku gaya tarik tidak akan terlalu memberikan pengaruh pada pelat karena adanya mur baut di bawah pelat. Keuntungan dari penggunaan mur baut ganda adalah pada akhir dari siklus gaya tarik aksial, sewaktu gaya tarik berakhir dan kolom akan turun maka jatuhnya kolom ke spesimen tidak akan jatuh bebas memberikan tumbukan ke spesimen tetapi akan jatuh secara lembut dan tidak akan memberikan tumbukan pada spesimen. (Astaneh, 2008).

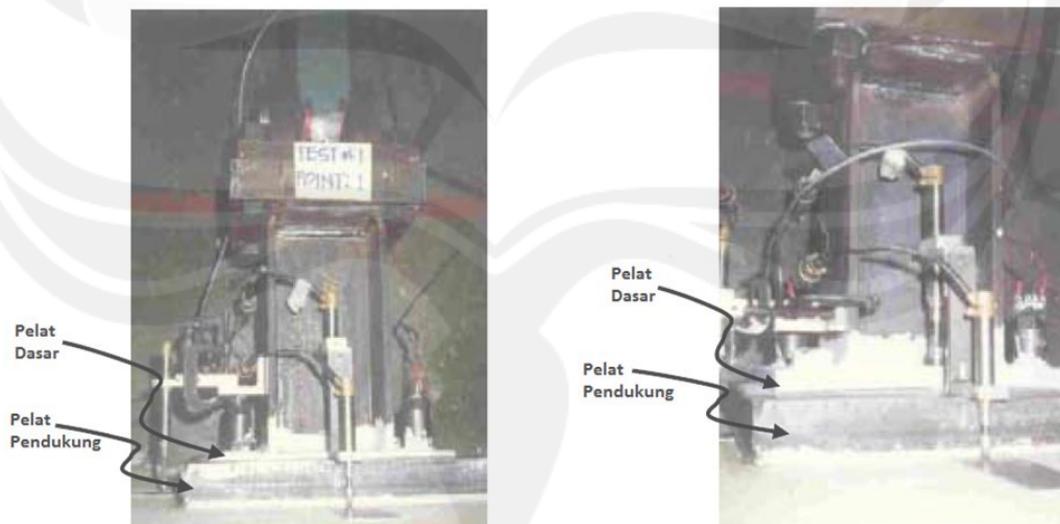
Kegagalan pelat dasar kolom dalam menerima gaya tarik aksial adalah:

- a. Kegagalan luluh pada pelat dasar kolom sehingga bengkok.
- b. Kegagalan baut dalam tegangan.
- c. Baut tertarik keluar.
- d. Kegagalan beton dan spesimen di bawah pelat terhadap tekanan yang tercipta saat gaya tekan tambahan (*prying action*).
- e. Kegagalan beton saat menahan baut selama adanya gaya tarik.
- f. Kegagalan geser pada baut, jika gaya geser diperhitungkan. (Astaneh, 2008).

Penelitian tentang pelat dasar kolom saat menerima beban aksial pernah dilakukan oleh Astaneh-Asl, Kelly, dan Trousdale pada tahun 1990. Penelitian dilakukan terhadap tiga macam pelat dasar kolom yang berbeda. Parameter utama dari tes ini adalah efek dari tebal pelat dasar terhadap gaya tarik aksial. Ukuran dan detail dari ketiga pelat dasar penelitian tersebut sama, kecuali tebal pelatnya, yaitu $\frac{1}{4}$ inchi, $\frac{1}{2}$ inchi, dan $\frac{3}{4}$ inchi. Ketiga bahan percobaan ini mewakili tiga kasus dari perilaku pelat dasar yang fleksibel, semi-kaku, dan kaku yang

ditunjukkan pada gambar 2.7 pada diskusi sebelumnya. Semua instrumen penelitian dan susunan tes akan sama untuk ketiga bahan percobaan, termasuk pembebanan aksialnya.

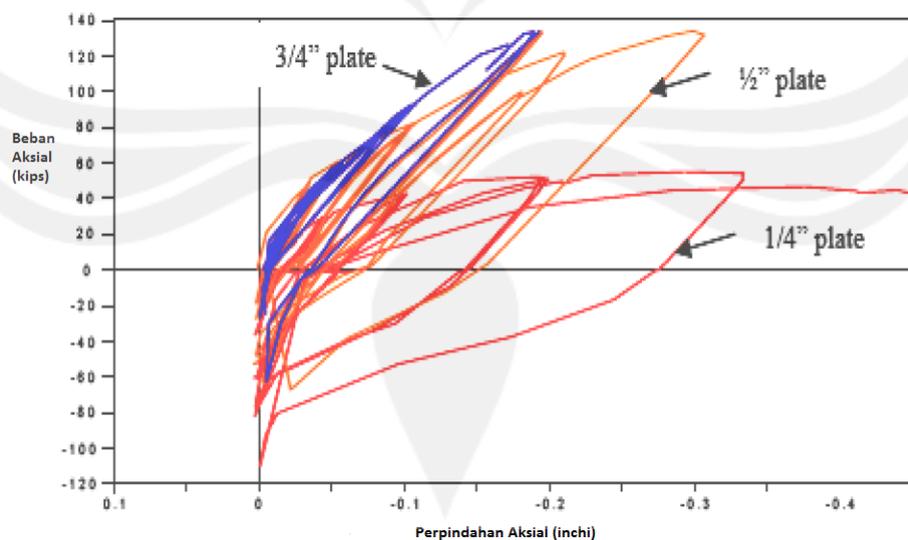
Pada gambar 2.8 akan ditunjukkan dua bahan percobaan. Gambar sebelah kiri menunjukkan spesimen I yaitu dengan $\frac{1}{4}$ inchi tebal pelat, mewakili pelat yang fleksibel, sedangkan pada gambar sebelah kanan menunjukkan spesimen III yaitu dengan $\frac{3}{4}$ inchi tebal pelat, mewakili pelat yang tebal dan kaku. Specimen II tidak ditunjukkan, dengan tebal pelat $\frac{1}{2}$ inchi, mewakili pelat yang semi-kaku. Untuk memisahkan perilaku pelat dasar dari perilaku spesimen dan beton, maka pelat pendukung yang relatif tebal diletakkan di bawah masing – masing pelat dasar. Sehingga efek dari kerusakan spesimen dan beton tidak diperhitungkan dalam tes ini.



Gambar 2.9 Spesimen Pelat Dasar Tipis (Fleksibel) dan Tebal (Kaku)

Pada gambar 2.9 menunjukkan perbandingan antara deformasi aksial dengan gaya tekan dan tarik aksial. Tes pertama menunjukkan kasus I pada

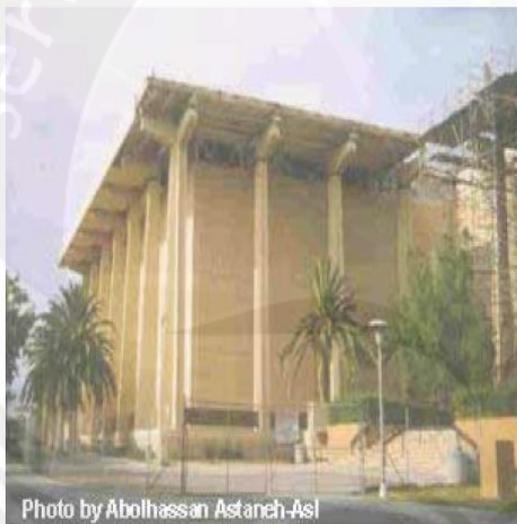
gambar 2.7. Tes pertama ini memberikan sendi plastis pada tepi sayap kolom dan sekitar baut dan menunjukkan kemampuan menahan beban aksial yang relatif kecil dibandingkan dua spesimen lainnya. Spesimen ini menunjukkan daktilitas yang paling besar dari ketiga tes. Spesimen yang memiliki pelat yang tebal, tes ketiga, mewakili kasus III pada gambar 2.7, memberikan kemampuan menahan beban aksial yang besar dan daktilitas yang lebih kecil dibandingkan kedua spesimen lainnya. Tes kedua mewakili kasus II pada gambar 2.7 memberikan kekuatan yang hampir sama dengan spesimen dengan pelat yang tebal dan lebih daktil. Dengan kata lain, spesimen kedua dengan tebal pelat sedang memberikan hasil kekuatan yang besar seperti pelat yang tebal dan daktilitas yang tinggi seperti pelat yang tipis. Berdasarkan ketiga tes di atas, tidak bisa digeneralisasi jika tebal pelat sedang yang paling baik. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui interaksi antara spesimen dengan pelat dasar.



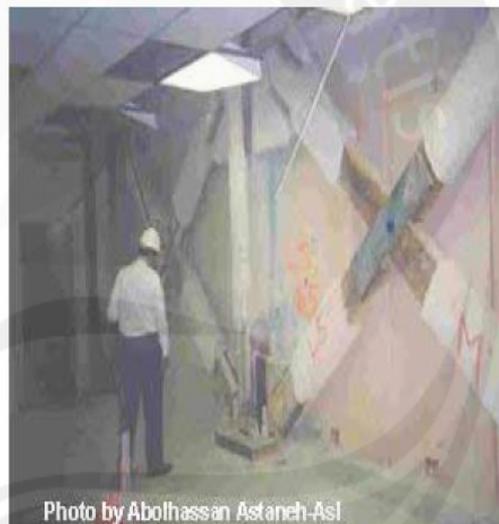
Gambar 2.10 Perbandingan Beban Aksial Kolom Dengan Perpindahan Aksial Pelat Pada Ketiga Spesimen (Astaneh-Asl, Kelly, dan Trousdale 1990)

2.3 Perilaku Pelat Dasar Saat Menerima Beban Aksial Sewaktu Gempa

Sampai Gempa Northridge tahun 1994, hampir tidak ada laporan mengenai kerusakan struktur khususnya pelat dasar kolom. Sewaktu Gempa Northridge tahun 1994, bangunan perpustakaan modern, seperti pada gambar 2.11, berlokasi dekat dengan pusat gempa dan mengalami kerusakan yang cukup serius pada pelat dasar kolomnya. Beban lateral membebani sistem struktur yang terdiri dari rangka bresing konsentrik, ditunjukkan pada gambar 2.12. (Astaneh, 2008).



Gambar 2.11 Bangunan Perpustakaan



Gambar 2.12 Rangka Bresing

Pelat dasar kolom pada bangunan perpustakaan ini mengalami kerusakan struktur yang cukup parah. Kerusakan ditunjukkan pada gambar 2.13 sampai dengan 2.15, retak di daerah pengelasan “*heat-affected zones*” antara kolom dan pelat dasar, retak pada pelat dasar dekat ujung sayap kolom, retak pada spesimen yang relatif tebal di bawah pelat dasar, pemanjangan pada baut, dan mur baut yang di atas pelat terbelah menjadi dua. (Astaneh, 2008).



**Gambar 2.13 Retak Pelat Dasar
Pada Daerah Pengelasan**



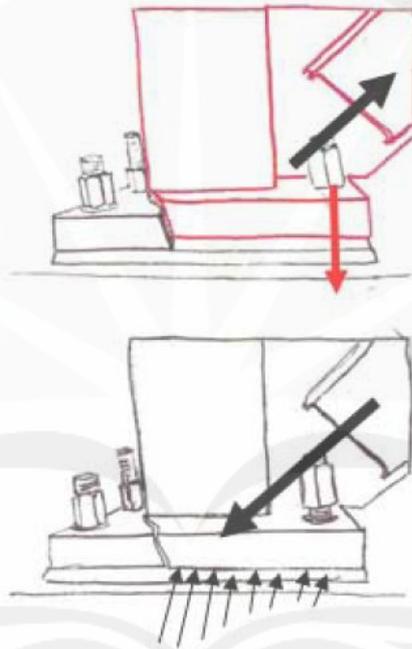
Gambar 2.14 Retak Pelat Dasar



Gambar 2.15 Kerusakan Pada Pelat Dasar, Spesisemen, dan Tumpuan

Pemanjangan baut menjadi indikasi bahwa selama gempa berlangsung, pelat dasar menerima gaya tarik aksial yang relatif besar. Hancurnya spesisemen di bawah pelat dasar menjadi indikasi bahwa pelat dasar menerima gaya tekan aksial yang relatif besar. Kerusakan ini terjadi karena pelat yang tebal menyebabkan daktilitas menjadi kecil sehingga sewaktu pelat dasar menerima gaya tarik aksial, retak kecil yang sudah ada pada daerah “*heat-affected zones*” di

pelat dasar, bisa menjadi awal kerusakan dan berakhir pada terbelahnya pelat dasar menjadi dua bagian atau pemisahan kolom dengan pelat dasar. Pada kasus lain, kolom menjadi lepas dari fondasi karena adanya gaya tarik aksial. Gaya tarik aksial yang tidak terkontrol dapat menyebabkan rangka bresing yang tidak stabil, simpangan antar lantai yang besar, dan balok yang menggeser dari kedudukannya sehingga runtuh. Lihat gambar 2.16. (Astaneh, 2008).



Gambar 2.16 Gaya Tarik dan Jatuhnya Pelat Dasar Sewaktu Gempa