

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Beton Pracetak

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03). campuran ini akan mengeras dan menjadi batu tiruan yang kekuatannya bervariasi sesuai dengan perencanaan campurannya. Pembuatan beton bertulang di Indonesia perencanaannya harus sesuai dengan SNI 2847-2013. Menurut SNI 2847:2013, beton pracetak merupakan elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Abduh,2007). Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, predictability, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, reusability, serta relocatability (Gibb,1999 dalam M. Abduh 2007).

2.1.2. Konsep Dasar Sistem Pracetak

Pada perencanaan pracetak, setiap komponen diperhitungkan terhadap beban yang akan terjadi sejak proses produksi (pre pabrikasi), pengangkutan, pengangkatan, pemasangan (ereksi) sampai pada beban pemakaian (beban *service* dan *ultimate*) selama masa pakainya (Siddiq,1995). Pada umumnya, balok untuk beton pracetak

akan dicor $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok saat pabrikan dan $\frac{1}{3}$ sisanya akan dicor di lapangan saat ereksi untuk mengikat elemen-elemen lain yang berhubungan dengan balok tersebut. Masalah utama pada setiap sistem pracetak adalah bagaimana mendesain sistem sambungannya sehingga mampu berperilaku mendekati seperti monolit (Aziz, 2014).

2.2. Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7 struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai struktur gedung beraturan dan struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung beraturan dapat digunakan prosedur analisis statis ekuivalen dan untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik. Analisis yang dapat digunakan untuk struktur gedung tidak beraturan adalah analisis ragam respons spektrum dan analisis respons dinamik riwayat waktu linier dan nonlinier. Pada tugas akhir ini digunakan perencanaan struktur gedung tidak beraturan dengan analisis yang digunakan adalah analisis respons dinamik riwayat waktu.

2.3. Analisis Time History

Menurut SNI 1726-2012 tentang analisis *time history* (analisis respons riwayat waktu) harus terdiri dari analisis model matematis linear suatu struktur untuk menentukan responsnya melalui metode integrasi numerik terhadap kumpulan riwayat waktu percepatan gerakan tanah yang kompatibel dengan spektrum respons desain untuk situs yang bersangkutan.

2.3.1. Akselogram Gempa *Time History*

Beban gempa dinamik dapat dianalisis menggunakan analisis dinamik. Dan untuk beban *time history* menggunakan analisis riwayat waktu yang dijelaskan seperti dibawah ini :

1. Analisis Dinamik

Analisis dinamik adalah analisis struktur di mana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2 (Anggen, 2014), yaitu:

- 1) Analisis ragam respons spektrum di mana total respons didapat melalui superposisi dari respons masing-masing ragam getar.
- 2) Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis di mana pada model struktur diterapkan percepatan gempa dari masukan berupa akselogram dan respons struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

2. Analisis Riwayat Waktu

Menurut Chopra (2011), Analisa Riwayat waktu digunakan untuk menganalisis respons dinamik struktur yang menerima beban yang berubah-ubah terhadap waktu. Persamaan dinamik dari struktur seperti ini dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$[M] \ddot{u}(t) + [C] \dot{u}(t) + [K]u(t) = \{p(t)\} \quad (2.1)$$

Di mana $[M]$ adalah matriks massa struktur; $[C]$ adalah matriks redaman struktur; $[K]$ adalah matriks kekakuan struktur; $u(t)$ adalah simpangan yang berubah terhadap waktu; $\dot{u}(t)$ adalah kecepatan yang berubah terhadap waktu; $\ddot{u}(t)$ adalah percepatan dari struktur yang berubah terhadap waktu; dan $p(t)$ adalah vektor gaya yang bekerja pada struktur yang berubah terhadap waktu. Analisis riwayat waktu dibagi atas dua yaitu analisis riwayat waktu linier dan analisis riwayat waktu nonlinier. Siregar (2010) mengemukakan bahwa, struktur linear adalah struktur yang tidak mengalami perubahan Massa (M), Redaman (C), dan Kekakuan (K) dalam kondisi apapun. Analisa dalam kondisi ini biasanya digunakan dengan asumsi bahwa struktur direncanakan selalu berada dalam kondisi elastis, atau sifat struktur dapat kembali ke posisi awal setelah diberikan beban tertentu. Struktur yang diberi analisis nonlinear adalah struktur yang mengalami perubahan Redaman (C), dan Kekakuan (K) pada kondisi tertentu. Analisa seperti ini membantu untuk memahami bagaimana sifat suatu struktur tersebut dapat bertahan. Nilai perbandingan titik hancur pertama kali leleh struktur disebut daktilitas (μ).

3. Percepatan Gempa Masukan (Akselerogram)

Sebelum menerapkan rangkaian akselerogram dalam analisis struktural, data harus diskalakan untuk mengurangi ketidakcocokan antara karakteristik dan parameter desain di suatu wilayah berdasarkan standar atau dari situs *hazard* tertentu. Hal yang perlu diingat bahwa akselerogram digunakan mewakili gerakan gempa.

Periode alami (*natural period*) dari getaran struktur selalu ditentukan dengan tingkat ketidakpastian (*degree of uncertainty*). Penggunaan hanya satu akselerogram dalam analisis struktural dapat dengan mudah diremehkan (*underestimation*). Untuk alasan ini, jumlah minimum variasi karakteristik dari suatu akselerogram lain yang mungkin dianggap akan mengurangi pengaruh fluktuasi periode ke periode dalam *spectra*. Maka dari itu analisis riwayat waktu harus dilakukan dengan tidak kurang dari tiga set data (masing-masing berisi dua komponen horizontal atau, jika gerakan vertikal dipertimbangkan, dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal) dari gerakan tanah (*ground motion*) yang harus dipilih dan skala tidak kurang dari tiga catatan gempa (FEMA 356).

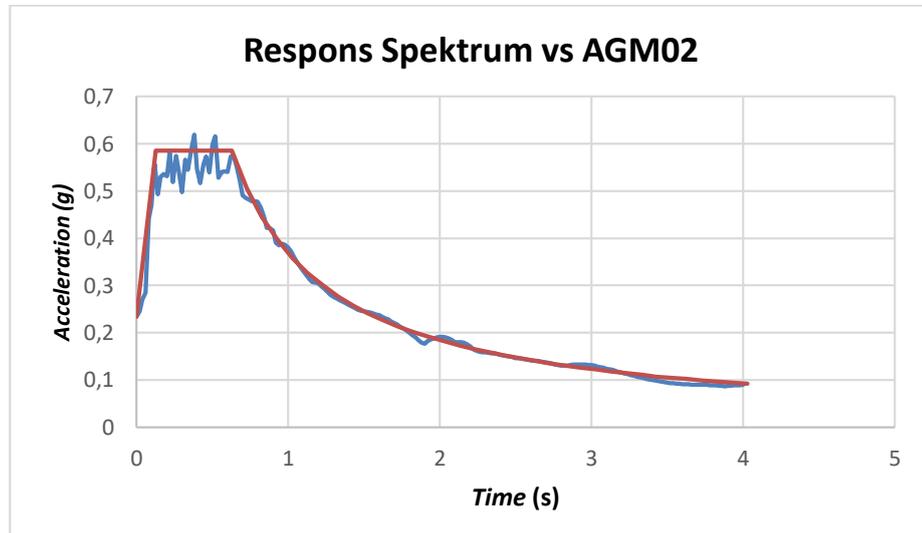
Akselerogram yang dipilih dalam analisis *time history* pada level gempa rencana harus memenuhi persyaratan seperti yang ditetapkan dalam Pasal 11.1.3.2, SNI-1726-2012 yaitu respons spektrum dari gempa aktual (redaman 5%) yang dipilih sebagai gerak tanah masukan, rata-rata nilai percepatannya harus berdekatan dengan respons spektrum dari gempa rencana (redaman 5%) pada periode $0,2T - 1,5T$.

4. Matching dan Levelling

Pada jurnal Ahmad Yudi, Bayzoni, Nugraha Bintang Wirawan, Rijuli Nadeak (2014), proses *matching* dan *levelling time history* dapat dilakukan dengan mencocokkan data rekaman gempa terlebih dahulu dikalikan dengan suatu bilangan sehingga respons spektrum dari akselerogram mendekati respons spektrum berdasarkan SNI daerah Lampung dengan kondisi tanah yang ada.

Data hasil perkalian yang merupakan data percepatan dan waktu akan dilakukan penggambaran menggunakan bantuan software *Seismosignal* dari *SeismoSoft* sehingga didapatkan hasil plot rekaman gempa. Data keluaran dari *seismosignal*

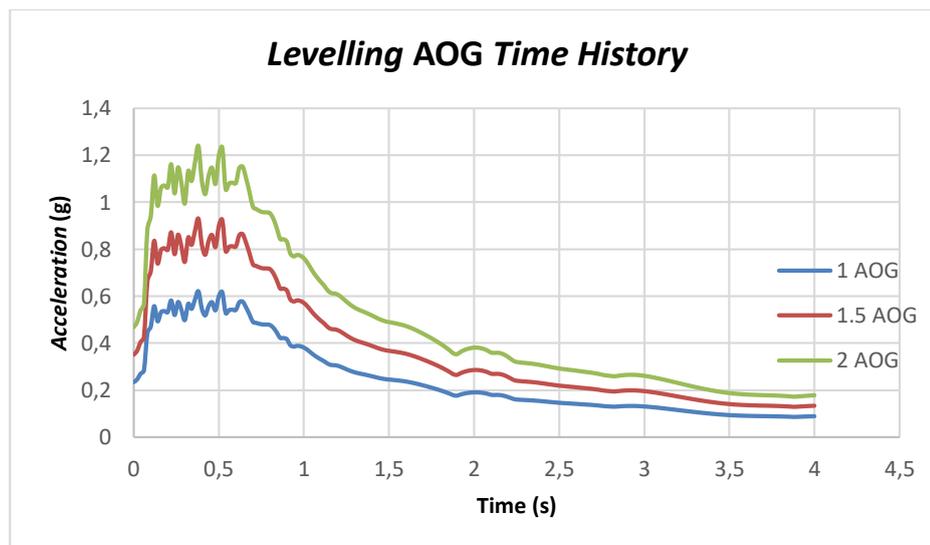
tersebut merupakan data percepatan terhadap waktu yang sudah disesuaikan dengan respons spektrum lokasi gedung berada. Perbandingan antara kurva respons spektrum berdasarkan SNI dan *time history* akan dicocokkan (*Matching*) seperti pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. *Matching time history* dengan respon spektra

Sumber : Jurnal Ahmad Yudi Bayzoni , Nugraha Bintang Wirawan , Rijuli Nadeak (2014),

Pada analisis menggunakan Software struktur (SAP2000) rekaman gempa yang sudah dicocokkan (*Matching*) dengan respons spektrum akan dilakukan peningkatan Aog (percepatan gempa) beberapa kali dan contohnya dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Peningkatan percepatan awal gempa bertujuan untuk melihat performa (perilaku struktur) beton pracetak di setiap peningkatan Aog.



Gambar 2.2. Tahapan *Levelling Aog Time History*

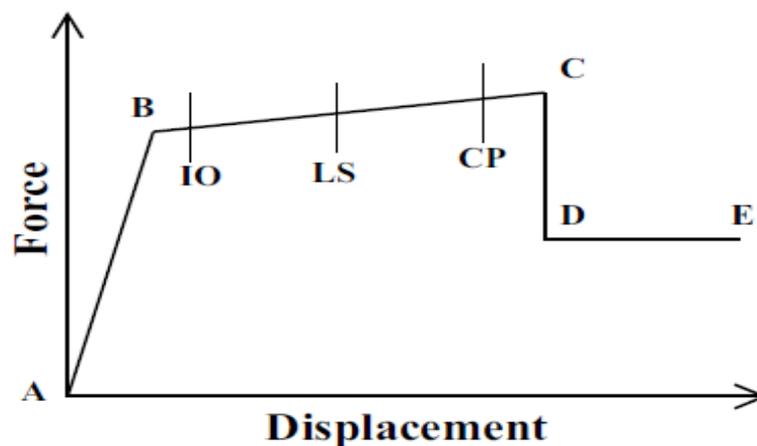
Sumber : Jurnal Ahmad Yudi Bayzoni , Nugraha Bintang Wirawan , Rijuli Nadeak (2014)

2.4. Sendi Plastis

Mekanisme sendi plastis terbentuk di ujung-ujung dan di dasar kolom bawah menghasilkan perilaku histeresis yang stabil, pembentukan sendi plastis haruslah didominasi oleh perilaku lentur. Sendi plastis dapat terjadi pada suatu portal berderajat kebebasan banyak (MDOF). Gedung saat dilanda gempa yang cukup besar akan timbul momen-momen pada balok atau kolomnya, apabila besar dari momen-momen tersebut melampaui besar momen kapasitas balok atau kolom portal maka terjadi sendi plastis pada balok atau kolom ditandai dengan melelehnya tulangan baja pada beton bertulang. Sendi plastis terjadi secara bertahap sampai bangunan gedung tersebut runtuh (Ulfah, 2011).

Struktur didesain untuk mengalami kerusakan atau berperilaku inelastik melalui pembentukan sendi-sendi plastis pada elemen-elemen strukturnya, pada saat menahan beban gempa rencana. Perilaku inelastik atau plastis tersebut pada dasarnya memberikan mekanisme disipasi energi pada struktur sehingga dapat membatasi gaya gempa yang masuk ke struktur bangunan. Walaupun struktur bangunan berperilaku inelastik, struktur bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan pada saat menerima beban gempa rencana atau bahkan beban gempa yang lebih besar (Imran dan Hendrik, 2010:35).

Berdasarkan FEMA 356 hubungan gaya dan perpindahan dapat dikategorikan ke dalam beberapa kriteria yang menunjukkan perilaku sendi plastis. Hubungan gaya dan perpindahan dalam bentuk grafik adalah seperti pada **Gambar 2.3.**:



Gambar 2.3. Tahapan Performa Struktur

Sumber : CSI 2014

Structural performance level dikategorikan menjadi 3 rentang yaitu :

IO : *Immediate Occupancy*

LS : *Life Safety*

CP : *Collapse Prevention*

Immediate Occupancy berarti kondisi ketika tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur di mana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. *Life Safety* berarti kondisi ketika terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan, komponen nonstruktur masih ada tetapi tidak berfungsi dan dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan. *Collapse Prevention* berarti kondisi di mana kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan nonstruktur, kekuatan struktur berkurang banyak dan hampir mengalami keruntuhan.

2.4.1. Simpangan

Berdasarkan FEMA 356 rasio batasan simpangan untuk ketiga kategori *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, dan *Collapse Prevention* seperti yang terdapat pada **Tabel 2.1** :

Tabel 2.1. Kriteria Simpangan (*displacement*)

Sistem Struktur	IO	LS	CP
Beton	1 %	2 %	4 %
Baja	0,7 %	2,5 %	5 %

Sumber : FEMA 356

2.4.2. Rotasi

Berdasarkan FEMA 356 batasan rotasi pada struktur beton yang diizinkan untuk kondisi *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, dan *Collapse Prevention* adalah seperti yang terdapat pada **Tabel 2.2** :

Table 2.2. Rotasi Diizinkan pada Struktur Beton(dalam radian)

Sistem Struktur	IO		LS		CP	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
Balok	0,01	-0,01	0,02	-0,02	0,025	-0,025

Sumber : FEMA 356

2.5. Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi merupakan jalur yang diperuntukkan khusus menghubungkan semua area ke area yang aman sebagai Titik Kumpul. Dalam keadaan darurat, jalur evakuasi menjadi sangat penting dan mutlak untuk diletakkan sebagai penunjuk arah atau rambu jalur evakuasi untuk gedung bertingkat, rumah sakit, pabrik dan segala bencana seperti kebakaran, gempa bumi dan banjir.

Jalur Evakuasi adalah jalur khusus yang menghubungkan semua area ke area yang aman (Titik Kumpul). Dalam sebuah proyek konstruksi, jalur evakuasi sangatlah penting untuk mengevakuasi para pekerja ke tempat aman apabila di dalam sebuah proyek terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Oleh sebab itu, rambu-rambu jalur evakuasi harus dipasang di semua area proyek. Jalur Evakuasi di proyek gedung bertingkat terdiri dari jalur menuju Tangga Darurat, Tangga Darurat, dan jalur menuju Titik Kumpul di luar gedung.

Peraturan yang menjadi dasar kewajiban pengadaan rambu jalur evakuasi tertuang pada Undang-Undang No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dan juga Peraturan Pemerintah No. 36 tahun 2005 tentang Bangunan Gedung. PP No. 36 tahun 2005 tentang bangunan gedung menyatakan bahwa “Setiap bangunan gedung, kecuali rumah tinggal tunggal dan rumah deret sederhana, harus menyediakan sarana evakuasi yang meliputi sistem peringatan bahaya bagi pengguna, pintu keluar darurat, dan jalur evakuasi yang dapat menjamin kemudahan pengguna bangunan gedung untuk melakukan evakuasi dari dalam bangunan gedung secara aman apabila terjadi bencana atau keadaan darurat”. Adapun kriteria atau syarat jalur evakuasi yang memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Jalur Evakuasi harus memiliki akses langsung ke jalan atau ruang terbuka yang aman, dilengkapi Penanda yang jelas dan mudah terlihat.
- b. Jalur Evakuasi dilengkapi penerangan yang cukup.
- c. Jalur Evakuasi bebas dari benda yang mudah terbakar atau benda yang dapat membahayakan.

d. Jalur Evakuasi bersih dari orang atau barang yang dapat menghalangi gerak, tidak melewati ruang yang dapat dikunci.

Jalur evakuasi harus mengarah ke titik kumpul atau titik aman yang telah ditentukan oleh instansi terkait. Penandaan tanda jalur evakuasi juga harus diperhatikan, penandaan jalur evakuasi harus memenuhi syarat seperti berwarna hijau dan bertulisan warna putih dengan ukuran tinggi huruf 10cm dan tebal huruf 1cm, dapat terlihat jelas dari jarak 20 meter, dan penandaan harus disertai dengan penerangan, Dalam kasus ini penentuan jalur evakuasi ditentukan dengan melihat pola keruntuhan gedung Asrama berdasarkan sendi plastis.