

Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat

Redha Sadhu Leksono, Data Iranata, dan Heppy Kristijanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: data@ce.its.ac.id, heppy@ce.its.ac.id

Abstrak— Dalam mendesain suatu struktur seperti portal, para perencana umumnya tidak memperhitungkan komponen dinding pengisi seperti batu bata sebagai komponen struktural (dianggap sebagai komponen non structural/beban terbagi rata). Pada kenyataannya, dinding pengisi tersusun atas batu bata dengan mortar yang memiliki kekuatan dan kekakuan tertentu. Dinding pengisi, batu bata, ini juga memiliki kecenderungan untuk berinteraksi bersama portal yang ditempatinya, terutama bila terkena gaya lateral (akibat gempa) yang cukup besar. Dalam studi ini akan dianalisa sampai pada tingkat berapakah kekuatan dan kekakuan dinding bata berpengaruh cukup signifikan terhadap suatu struktur gedung bertingkat. Dinding bata dianggap sebagai bracing tekan dan akan dimodelkan dengan batang diagonal, lalu akan dibandingkan dengan dinding bata yang dianggap sebagai beban mati terbagi rata (open frame). Untuk analisa strukturnya akan digunakan metode Analisa Statik Non-Linier (Pushover) dengan program bantu SAP 2000. Hasil studi ini menunjukkan bahwa struktur open frame memiliki perilaku struktur yang lebih baik daripada struktur dengan bracing tekan. Hal ini ditunjukkan pada nilai target perpindahan saat performance point, struktur open frame memiliki nilai yang lebih besar. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dinding bata dapat mengganggu kinerja struktur utama untuk berdeformasi secara maksimal. Semakin tinggi tingkat lantai suatu gedung, maka tingkat pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata semakin besar terhadap kinerja struktur utama. Oleh karena itu, perencanaan suatu desain bangunan harus memperhatikan kekuatan dan kekakuan dinding bata.

Kata Kunci— *dinding pengisi (batu bata), komponen non struktural, Analisa Statik Non-Linier (Pushover), gedung bertingkat*

I. PENDAHULUAN

SECARA geografis, Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng utama dunia. Pertemuan lempeng lempeng ini mengakibatkan aktifitas gunung api dan gempa bumi dengan intensitas yang cukup tinggi. Gempa bumi dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan bahkan keruntuhan pada bangunan. Hal ini tentu menimbulkan kerugian materi dan korban jiwa yang tidak sedikit. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur memerlukan perencanaan yang baik untuk mengurangi resiko kerugian akibat kejadian gempa.

Kerusakan terbanyak akibat gempa di Indonesia terjadi pada bangunan sederhana, mengingat bangunan sipil yang ada di Indonesia sebagian besar adalah bangunan bertingkat rendah seperti rumah sederhana 1 tingkat dan 2 tingkat. Rumah sederhana di Indonesia pada umumnya dibangun tanpa bantuan seorang ahli bangunan dan struktur, sehingga rumah

tersebut tidak memiliki kinerja yang memadai dalam menahan beban gempa atau disebut *non engineering building*. Namun tidak sedikit pula kerusakan terjadi pada bangunan bertingkat tinggi yang pada perencanaannya sudah memperhitungkan beban gempa yang akan diterima bangunan jika terkena gempa bumi.

Dari segi struktur, bangunan bertingkat rendah atau *non engineering building* umumnya terdiri dari kolom praktis, balok, dan dinding bata. Namun, fungsi dinding bata hanya sebagai komponen non struktural (SNI 03-2847 2002) yang mengakibatkan pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan, sama halnya pada bangunan bertingkat tinggi yang umumnya terdiri dari kolom utama, kolom praktis, balok induk, balok anak, serta dinding bata. Penggunaan asumsi bangunan sebagai struktur *open frame* dengan dinding bata non struktural hanya sebagai beban gravitasi yang bekerja pada balok lebih sering digunakan dalam perencanaan. Pada kenyataannya, dinding bata tersusun oleh material batu bata dan mortar yang memiliki nilai kekuatan dan kekakuan tertentu meskipun kualitas batu bata bervariasi tergantung kualitas bahan yang tersedia di suatu daerah, dan ketrampilan pengerjaannya. Hal ini dapat dilihat pada kenyataan dalam berbagai kasus gedung dengan pengaruh gempa, ternyata dinding bata ikut memikul beban lateral. Keretakan yang terjadi pada dinding bata menunjukkan terjadi transfer beban dari portal ke dinding bata.

Pada bangunan bertingkat rendah, dimensi balok dan kolom yang tidak begitu besar. Ini mengakibatkan selisih kekuatan dan kekakuan portal tidak berbeda jauh dengan dinding bata. Sehingga kekuatan dan kekakuan dinding bata memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada kinerja bangunan bertingkat rendah. Berbeda dengan bangunan bertingkat tinggi yang memiliki dimensi balok dan kolom yang besar, sehingga pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata tidak begitu signifikan terhadap kinerja struktur bangunan bertingkat tinggi.

Meskipun telah dipahami oleh banyak orang bahwa perilaku suatu rangka dengan dinding akan sangat berbeda kalau digoncang gempa dibandingkan dengan perilaku rangka saja [1], kekuatan dinding bata masih saja diabaikan. Hal ini dikarenakan masih belum ada peraturan yang mengatur tentang hal ini. Namun perilaku portal dengan dinding bata terhadap pembebanan lateral telah lama diselidiki. Dari

beberapa penelitian yang ada, pemodelan dinding bata sebagai *bracing* tekan dinilai paling sederhana. Untuk lebih mudah menganalisa perilaku non liniernya, beberapa peneliti mengusulkan penggunaan Analisa Beban Dorong Statik (*static pushover analysis*). Karena beberapa program komputer seperti SAP 2000 telah mempunyai kemampuan untuk melakukan analisa *static pushover* tersebut. [2].

Dari latar belakang tersebut, tugas akhir ini akan menganalisa sampai pada tingkat berapakah pengaruh kekakuan dan kekuatan dinding bata cukup signifikan pada bangunan bertingkat. Akan dianalisa pula perbedaan perilaku dinding bata sebagai beban mati tebagi rata dan sebagai komponen struktural yang ikut menerima beban bersama portal. Studi dilakukan dengan mengasumsikan bangunan terletak pada zona gempa 4 dan 6, dan juga dengan beberapa variasi tingkat bangunan, mulai dari 2 tingkat, 3 tingkat, 4 tingkat, 6 tingkat, 8 tingkat, dan 10 tingkat. *Software* bantu analisis menggunakan SAP2000.

II. METODE DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Tahap Konsultasi dan Menentukan Metodologi Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data data dari jurnal yang mendukung penelitian ini dan berkonsultasi pada dosen pembimbing untuk menentukan metodologi mana yang pas dan yang dapat merepresentasikan pemodelan yang diinginkan dalam penelitian ini.

Setelah metode penelitian sudah ditentukan, tahap selanjutnya adalah mencari data data *real* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Salah satunya adalah mencari modulus elastisitas dan kuat tekan mortar dan dinding bata yang dilakukan melalui tes kuat tekan pada lab beton dan bahan bangunan jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.

B. Tahap Perhitungan dan Pemodelan Struktur

Setelah semua data yang diperlukan dalam penelitian sudah didapatkan, maka tahap selanjutnya adalah membuat pemodelan yang diinginkan oleh penulis.

Didalam tugas akhir ini pemodelan dinding bata menggunakan metode *Diagonal Compression Strut*, dinding bata akan dianggap sebagai *bracing* diagonal tekan. *Diagonal Compression Strut* memodelkan kekakuan ekuivalen non linier dinding pengisi bata dengan menggunakan batang tekan diagonal sehingga dengan metode seperti ini akan mempermudah analisa perhitungan. Kekakuan dan kekuatan dari *Diagonal Compression Strut* didapat dengan mengikuti nilai yang disarankan oleh FEMA 356.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Tes Laboratorium

Metode pengujian kuat tekan mortar tidak jauh berbeda dengan beton. Dipersiapkan 3 benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dibuat dari bahan yang sama dengan benda uji untuk tes modulus elastisitas yaitu perbandingan air dan semen 1:5. Dari ketiga benda uji yang telah di uji kuat tekannya, tercatat kuat tekan maksimum

mortar adalah 18.000 kg, bila dibagi dengan luas permukaan, maka $f_{mc} = 10$ Mpa.

Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas mortar dapat diketahui dengan menggunakan alat kompresometer, yaitu alat pengukur deformasi longitudinal benda uji yg terdiri dari 2 buah elemen lingkaran, batang pengunci, batang indikator, dan alat ukur (*dialgauge*). Alat tersebut akan menunjukkan deformasi longitudinal yang dialami benda uji pada saat kuat tekan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum. Perlu dicatat juga kuat tekan yang terjadi ketika deformasi longitudinal mencapai 50 per juta mm. Hasil pengujian akan dimasukkan dalam perhitungan modulus elastisitas menurut rumus

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,000050}$$

dimana :

E = modulus elastisitas, dalam Mpa

S_2 = kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum (Mpa)

S_1 = kuat tekan pada saat regangan mencapai 50/juta (Mpa)

ε_2 = regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

Pada rumus tersebut, dibutuhkan nilai kuat tekan yang terjadi ketika regangan mencapai 50 perjuta, sedangkan pada alat kompresometer yang tersedia, bacaan dial adalah sebesar 0,01 mm. Dengan benda uji setinggi 300 mm, maka regangan yang dapat terbaca pada dial adalah sebesar 30 perjuta, jadi untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada regangan sebesar 50 perjuta perlu dilakukan interpolasi. Berikut disajikan contoh perhitungan mencari nilai modulus elastisitas, dari pengujian yang telah dilakukan.

Dimensi benda uji :

D = 150 mm

H = 300 mm

$$A = \frac{1}{2} \pi D^2 = \frac{1}{2} 3,14 15^2 = 176,625 \text{ cm}^2$$

Dari hasil uji kuat tekan diketahui kuat tekan maksimum sebesar 18.000 kg, maka 40% dari kuat tekan maksimum adalah 7.200 kg. Tercatat terjadi deformasi sebesar 0,16 mm pada saat beban 40%.

$$\varepsilon_2 = \frac{\text{deformasi}}{H} = \frac{0,16}{300} = 0,00053$$

$$S_2 = \frac{P}{A} = \frac{7200}{176,625} = 40,76 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 4,076 \text{ Mpa}$$

Benda uji mengalami deformasi sebesar 30 perjuta mm, ketika beban mencapai 560 kg, maka pada saat deformasi sebesar 50 perjuta bebannya sebesar 840 kg.

$$S_1 = \frac{P}{A} = \frac{840}{176,625} = 4,756 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 0,476 \text{ Mpa}$$

Maka dapat dicari nilai modulus elastisitas mortar dengan rumus

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,000050} = \frac{4,076 - 0,476}{0,00053 - 0,00005} = 7450 \text{ Mpa}$$

Dari hasil ketiga benda uji tersebut, diambil rata – rata nilai modulus elastisitasnya, maka didapatkan nilai modulus elastisitas mortar adalah sebesar 7500 Mpa.



Gambar. 1. Tes Modulus Elastisitas Mortar.

Pengujian kuat tekan pada batu bata juga tidak jauh berbeda dengan metode pengujian kuat tekan pada beton. Batu bata yang digunakan pada perencanaan adalah merupakan batu bata setempat. Terdapat 2 jenis batu bata yang akan diuji kuat tekannya, yaitu batu bata produksi pabrik dan batu bata konvensional. Dimensi kedua jenis batu bata tersebut adalah 230 x 110 x 50. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan batu bata harus melalui pengujian di laboratorium. Sebelumnya diperlukan benda uji yang harus dibuat sesuai dengan peraturan. Batu bata yang akan diuji, dipotong melintang menjadi 2. Dua bagian tersebut lalu disambung menggunakan mortar setebal 1,5 cm yang akan digunakan juga dalam perencanaan, yaitu mortar dengan perbandingan 1:5. Permukaan atas dan bawah juga harus diberi mortar untuk memberikan permukaan yang rata, sebagai ganti capping belerang seperti pada beton. Benda uji dibuat sebanyak 10 buah, untuk masing – masing jenis. Setelah semua benda uji siap, uji kuat tekan pun dapat dilakukan. Batu bata ditekan sampai mengalami kehancuran (Gambar 2) kemudian dicatat kuat tekan maksimum yang tercapai.



Gambar. 2. Batu Bata Setelah Dites Kuat Tekan.

Setelah semua benda uji dites kuat tekan, tercatat beban maksimum untuk batu bata produksi pabrik adalah sebesar 7900 kg, sedangkan untuk batu bata konvensional adalah sebesar 3100 kg. Bila dibagi dengan luas permukaan, maka didapatkan $f_{bc} = 7$ Mpa (batu bata produksi pabrik) dan $f_{bc} = 3$ Mpa (batu bata konvensional). Batu bata yang akan digunakan

pada perencanaan adalah batu bata buatan pabrik dengan nilai $f_{bc} = 7$ Mpa.

Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas batu bata tidak bisa diketahui dengan uji eksperimen dikarenakan keterbatasan alat uji yang tersedia di laboratorium. Oleh karena itu, nilai modulus elastisitas batu bata untuk perencanaan mengacu pada penelitian di Indonesia (Laboratorium Bahan Universitas Indonesia) yaitu sebesar 2237 Mpa [3].

Tabel 1.
Modulus Elastisitas Pasangan Bata Merah Berdasarkan Penelitian di Indonesia

No.	Jenis Pasangan	E (Mpa)
1	Tanpa Plesteran	2237,5
2	Dengan Plesteran	3201,86
3	Dengan Komprot + Plesteran	2135,8

B. Hasil Penelitian

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan kinerja antara struktur dengan *bracing* tekan dan struktur *open frame*. Manakah dari kedua struktur tersebut yang memiliki kinerja lebih baik. Kinerja struktur dapat dilihat melalui kurva kapasitas spektrum dari tiap – tiap model. Jumlah pembatas mempengaruhi kinerja struktur. Dari hasil analisa *pushover* dapat ditarik beberapa ringkasan sebagai berikut :

- 1) Hasil kinerja struktur pada saat *performance point*, baik struktur dengan *bracing* tekan maupun struktur *open frame*, tidak ada yang melebihi range *Immediate Occupancy – Life Safety*.
- 2) Sampai pada bangunan 8 tingkat, nilai daktilitas struktur pada struktur dengan *bracing* tekan memiliki nilai yang lebih kecil daripada struktur *open frame*. Tetapi pada bangunan 10 tingkat, nilai daktilitas struktur pada struktur dengan *bracing* tekan memiliki nilai yang lebih besar daripada struktur *open frame*.
- 3) Pada hasil *performance point*, *base shear* struktur dengan *bracing* tekan memiliki nilai yang lebih besar daripada struktur *open frame*.
- 4) Pada hasil *performance point*, target perpindahan (δt) struktur *open frame*, memiliki nilai yang lebih besar daripada struktur dengan *bracing* tekan.
- 5) Pada saat mencapai *performance point*, target perpindahan (δt) yang dihasilkan struktur *open frame* nilainya lebih besar dari struktur dengan *bracing* tekan. Hal ini menunjukkan bahwa struktur *open frame* dapat berdeformasi lebih baik daripada struktur dengan *bracing* tekan, sehingga kinerja keseluruhan struktur *open frame* lebih baik.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil studi menunjukkan bahwa pemodelan bangunan gedung *open frame* memiliki perilaku struktur yang lebih baik daripada pemodelan bangunan gedung dengan *bracing* tekan. Hal ini ditunjukkan pada nilai target perpindahan saat *performance point*, pemodelan bangunan gedung dengan *open frame* memiliki nilai yang lebih besar.
2. Hasil studi menunjukkan bahwa *base shear* yang dihasilkan oleh pemodelan bangunan gedung dengan *bracing* tekan memiliki nilai yang lebih besar daripada *base shear* yang dihasilkan oleh pemodelan bangunan gedung dengan *bracing* tekan.
3. Dari hasil studi, dapat ditarik kesimpulan bahwa dinding bata dapat mengganggu kinerja struktur utama untuk berdeformasi secara maksimal. Semakin tinggi tingkat lantai suatu gedung, maka tingkat pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata semakin besar terhadap kinerja struktur utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boen, T. . 2007 . Engineering Non-Engineered Buildings, from Non-Engineered to 3D Non-Linear Analysis, Performance Based Design . Seminar dan Pameran HAKI.
- [2] Lumantarna, Benjamin. . 2008 . Perkembangan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa . 40 th Teknik Sipil Untar, Construction and Global Warming Issues. Jakarta, 17 Oktober.
- [3] Arijoeni, Essy, 2001. Report for Confirmation of Candidature: Performance Characteristic of Cikarang (Indonesia) Clay Brick Masonry Wall Panels Under Lateral Loading .