ISBN:979-15399-0-1

Review Analisa Perhitungan Gempa pada Bangunan Bawah Jembatan

Fabian Johanes Manoppo
Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi , Manado

ABSTRACT: Negara Indonesia sangat berpotensi atau beresiko terhadap bahaya gempa namun sampai saat ini belum memiliki suatu standart yang baku, keseragaman serta regulasi dalam mendesain bangunan-bangunan Teknik Sipil baik Ofshore Structures ataupun Onshore Structures akibat pengaruh gempa. Dalam tulisan ini akan dianalisa perhitungan gempa pada bangunan bawah jembatan seperti yang diberikan oleh Bridge Management System mengenai peraturan perencanaan teknik jembatan yang dikeluarkan oleh departemen pekerjaan umum Indonesia yang bekerja sama dengan Australia serta beberapa catatan yang diambil dari beberapa literature yang mengulas tentang metode perhitungan gempa pada bangunan bawah seperti abutmen, oprit, pondasi, tekanan air pada pilar jembatan kemudian dikaji implementasinya dilapangan apakah dapat diterapkan dan efektif. Dari hasil review ditemui terdapat kesulitan-kesulitan serta kurangnya pemahaman dari pengguna sehingga dilakukan penyerdahanaan dalam proses perhitungannya.

Keywords: Abutmen, Gempa, Jembatan, Oprit, Pondasi, Review

1 PENDAHULUAN

1.1 *Latar Belakang*

Indonesia sebagai negara yang berpotensi atau beresiko gempa maka diperlukan upaya-upaya untuk mitigasi bahaya gempa.Disadari bahwa resiko gempa sulit dihindari namun dapat diminimalkan. Salah satu yang dapat dilakukan untuk meminimalkan resiko bahaya kerusakkan yang ditimbulkan oleh gempa pada struktur-struktur bangunan teknik sipil seperti pada bangunan bawah jembatan mulai dari abutment, oprit (tanah timbunan dibelakang abutment), pilar dan pondasi adalah dengan mencoba mereview kembali teori-teori ataupun metode perhitungan yang dijadikan standar dalam perencanaan di Indonesia selanjutnya dikaji implementasi dari teori-teori yang telah dijadikan standar perencanan tersebut apakah diterapkan dan cukup efektif atau tidak. Salah satu standar dalam mendesain bangunan bawah jembatan yang digunakan di Indonesia adalah Bridge Management System yaitu mengenai peraturan perencanaan teknik jembatan yang dikeluarkan oleh departemen Pekerjaan Umum yang bekerja sama dengan Australia.

1.2 *Review Metode Bridge Management System*

Dalam perencanaan jembatan BMS mengelompokkan jembatan menjadi empat jenis struktur sesuai dengan perilaku seismik daktailnya sbb:

1.2.1. Jembatan jenis A daktail penuh dan monolitik

1.2.2. Jembatan jenis B daktail penuh dan terpisah

1.2.3. Jembatan jenis C tidak daktail

Selain ketiga jenis tersebut diatas ada jenis jembatan yang tidak dicakup dalam panduan BMS ini seperti :

1.2.4.Jenis struktural khusus (jembatan kabel, jembatan lengkung, jembatan menggunakan energi khusus)

1.2.5.Jembatan dengan geometri khusus (jembatan pilar tinggi, jembatan kekakuan pilar berbeda dari persyaratan, jembatan

dengan kemiringan besar, jembatan lengkung horizontal besar)

1.2.6. Jembatan pada lokasi rumit (jembatan dekat patahan aktif,jembatan pada lereng tidak stabil, pondasi pasir lepas)

1.2.7. Jembatan sangat penting (jembatan dengan kepentingan ekonomis tinggi)

Untuk mendesain jembatan jenis A dan B ada beberapa tahap yang harus diikuti sbb :

Tahap 1. Tentukan jenis jembatan dan jenis pondasi yang sesuai, denah dan lokasi sendi plastis untuk mengijinkan mekanisme plastis agar berkembang.

Pemilihan jenis jembatan seperti jenis A lebih cocok untuk wilayah gempa 1, sedangkan jenis B lebih cocok untuk wilayah gempa 3, untuk jenis c atau jembatan kecil tidak tahan pada gempa jika dibandingkan dengan jenis A dan B. Pemilihan jenis pondasi untuk jembatan jenis A dan B sebaiknya didukung oleh pondasi daktail dengan menggunakan pondasi tiang vertikal atau pondasi berputar. Denah dan pendetailan seksama akan membatasi kerusakan sekunder sampai minimal gempa besar.

Tahap 2. Pilih ukuran unsur dan perkirakan periode alami dari getaran.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{W_{TP}}{gKp}} \qquad (1)$$

dimana W_{TP} = Berat bangunan atas; g = percepatan gravitasi (m/detik^2); Kp = kekakuan ($3EI/L^3$ untuk pilar kantilever, $12EI/L^3$ untuk pilar monolitik)

Tahap 3 Periksa simpangan seismik.

$$\Delta_h = 250\ K_h\ T^2 \qquad (2)$$

Tahap 4 Tentukan wilayah gempa, kondisi tanah, kedalaman jepit, faktor tipe bangunan dan kepentingan jembatan dan tentukan beban lateral ekivalen.

$$T^*_{EQ} = C\ I\ S\ Wt \qquad (3)$$

Dimana T^*_{EQ} =gaya inersia; C=koefisien geser dasar; I=faktor kepentingan(1.2 untuk jembatan memikul lebih dari 2000 kendaraan, 1.0 untuk semua jembatan permanent, 0.8 untuk jembatan sementara (mis bailey); S= faktor tipe bangunan (1.0 bila bagian tertanan dapat menahan bangunan, S=3 bila simpangan bagian tertanam tidak dapat menahan bangunan); Wt=berat nominal struktur yang mengalami gempa

Tahap 5 s/d tahap 15 adalah tahap analisa struktur akibat beban gempa (pembebanan lateral) yang dihitung pada tahap 1 s/d tahap 5.

Selain tahapan-tahapan diatas juga yang perlu dianalisa adalah pengaruh gempa pada tanah di Oprit (timbunan tanah dibelakang abutment) yaitu Koefisien Tekanan Tanah Dinamik

$$K^*aG = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos^2(\theta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi-\theta)}{\cos(\theta)}}\right]} \qquad (4)$$

$$\theta = \tan^{-1} K_h \qquad (5)$$

$$\Delta K^*aG = K^*aG - Ka \qquad (6)$$

dimana ΔK^*aG = Koefisien tekanan tanah dinamik; K_h=Koefisien geser dasar; k_a = Koefisien tekanan tanah normal.

Gaya lainnya adalah Gaya Air Horizontal dan untuk menghitungnya tergantung dari tipe bangunan.

Bangunan tipe dinding yang menahan air pada satu sisi,

$$Gah = 0.58\ K_h\ I\ Wo\ b\ h^2 \qquad (7)$$

Kolom dimana $b/h \leq 2$

$$Gah = 0.75\ K_h\ I\ Wo\ b^2\ h[1-b/(4h)] \qquad (8)$$

Kolom dimana $2 < b/h \leq 3$

$$Gah = 1.17\ K_h\ I\ Wo\ b\ h^2 \qquad (9)$$

2 ANALISA PERHITUNGAN GEMPA

2.1 *Review Analisa Perhitungan Gempa Bangunan Bawah Jembatan standart BMS*

Berikut ini contoh perhitungan bangunan bawah jembatan seperti yang diberikan oleh BMS.

Panjang jembatan = 3 x 20.39 m (Tipe A)

Lebar = 7.0 m

Tinggi pilar = 8.4/8.4 m

Faktor tipe bangunan tipe S = 3

Wilayah gempa = 4 maka C=0.15

Faktor kepentingan = 1 (jembatan standar)

Pondasi Sumuran

Berat bangunan atas (balok baja=109 kN, lantai beton 509 kN).

Beban mati tambahan = 167 kN

Berat balok kepala/abutmen = 740 kN

Berat pondasi sumuran = 2080 kN

Berat pilar kepala = 560 kN

Kolom = 310 kN

Balok cap tiang = 1280 kN

Tekanan tanah aktif pada pangkal/abutmen = 320 kN

Tekanan tanah aktif pada sumuran = 1870 kN

Tekanan tanah pasif pada sumuran = 3960 kN

Perhitungan Koefisien pembebanan seismik

Berat bangunan atas + setengah bangunan bawah

W_{TP} = (109+509+167) x 2 x 3 + (740+2080+560+310+1280)/2 x 2

= 9680 kN

Kekakuan pilar (Kp) = $3EI/L^3$ = 71.80 kN/m

Kekauan pangkal (Ka) = tekanan tanah aktif / 1% tinggi = 73.00 kN/m

Periode getar T = 0.5 Sec

Koefisien pembebanan seismic horisontal (Kh)

Kh = C S = 0.45

Koefisien tekanan tanah dinamik (ΔK*aG)

ΔK*aG = Ka - K*aG = 0.12

Gaya gempa memanjang dari bangunan atas kedalam pangkal atau kedalam pilar

Berat bentang pinggir = (109 + 509 + 167) x 2

= 1570 kN

Gaya seismic = Kh I W_T = 710 kN

Gaya gempa melintang dari bangunan atas = 355 kN

Gaya gempa pada balok kepala

Berat balok kepala = 740 kN

Gaya gempa = 330 kN

Gaya gempa pada sumuran (dapat diabaikan karena sumuran bergerak bersama fase tanah Artikel A.2.4. Lampiran A peraturan gempa dapat diabaikan dibawah kedalam jepit df dalam hal ini df sama dengan kedalaman balok kepala)

Tekanan tanah akibat gempa (hanya bekerja pada tembok pangkal karena pada sumuran diangap bergerak bersama fase tanah)

Tinggi tembok = 2.4 m

Panjang tembok = 9.7 m

Gaya tekanan tanah = 9.7 x 2.4^2 / 2 x Ws x ΔK*aG

= 60 kN (Distribusi tegangan adalah segitiga terbalik)

Gaya gempa pada kepala pilar

= 0.45 x 1 x 560 = 250 kN

Gaya gempa pada balok pilar hanya satu

= 0.45 x 1 x 310 = 140 kN

Gaya gempa pada balok cap tiang

= 0.45 x 1 x 1280 = 580 kN.

2.2 *Review Analisa Perhitungan Gempa Bangunan Bawah Jembatan dilapangan.*

Perhitungan beban gempa pada jembatan Diwit

Tipe jembatan kelas B Konvensional

Bentang jembatan = 25 m

Lebar plat lantai = 7.40 m

Beban mati bangunan atas Wt = 228.815 ton

Berat sendiri abutmen Wa= 110.496 ton

Koefisien gempa = 0.28 (zone III)

Beban gempa pada abutmen akibat berat gelagar

= 0.28 x Wt = 64.07 ton

Beban gempa pada abutmen akibat berat sendiri abutmen = 0.28 x Wa = 35.508 ton

Koefisien tekanan tanah aktif dengan gempa

$\Delta K^{*}aG = \cos^2(\theta - \emptyset) / [\cos^2(\emptyset) \times (1 + (\sin\theta) \times \sin(\theta - \emptyset)/\cos(\emptyset)]^{0.5} = 1.232$

Gaya tekanan tanah tampa gempa =27.841 ton

Gaya tekanan tanah dengan gempa = 155.067 ton

Dari kedua contoh perhitungan diatas maka dapat dilihat bahwa belum ada keseragaman serta belum sesuai seperti dalam perhitungan gaya seismik dalam hal penggunaan koefisien gempa, perhitungan gempa pada tekanan tanah dibelakang abutmen/oprit.

Hal lain juga yang direkomendasikan oleh BMS adalah pada perhitungan gempa pada pondasi dapat diabaikan sementara dalam teori-teori lain seperti yang terdapat dalam buku Poulus and Davis Pile Foundation Analysis and Design. 1980 yakni menurut Nair 1969 bahwa perhitungan gaya gempa pada pondasi dibawah dapat dihitung dengan 3 pendekatan yakni ekivalen beban statis dapat diambil 10% dari beban vertikal, ekivalen beban dinamik dengan asumsi sinusoidal F(t) = Fo sin wt dan sebagai beban horizontal atau percepatan gempa pada bedrock dengan mengabaikan beban vertical. Hal yang sama dalam buku The Seismic Design Handbook oleh Farzad Naeim Ph.D. P.E. dalam mendesai pondasi tiang pancang harus mengikuti standar dari SEAOC-86 (UBC-88), NEHRP-85 dan UBC-85

3 KESIMPULAN

Dalam mendesain bangunan teknik sipil khususnya bangunan bawah jembatan belum adanya suatu standar yang harus diikuti sehingga terjadi perbedaan desain khususnya dalam pengambilan koefisien gempa serta perhitungan pondasi dan tekanan tanah akibat gempa untuk itu diperlukan pengkajian kembali agar supaya dapat dibuat suatu standar tentang bagaimana mendesain bangunan bawah jembatan yang mudah dimengerti serta dapat mengakomodir semua jenis jembatan yang akan didesain di Indonesia. Hal yang penting juga bahwa standar yang dibua t tersebut harus didukung oleh aturan hukum yang baik agar tidak terjadi penyimpangan dalam desain mengingat di Indonesia umumnya berada didaerah rawan gempa untuk itu harus diperketat.

REFERENCES

Bridge Management System. 1992. Section 4 Design of Earthquake Resistant Bridge Structures by Directorate General of Highways Ministry of Public Works Republic of Indonesia, a Project Jointly Funded by Indonesia and Aurtralia

Bridge Management System. 1992. Section 2 Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan by Directorate General of Highways Ministry of Public Works Republic of Indonesia, a Project Jointly Funded by Indonesia and Australia

Bridge Management System. 1992. Desain Project by Directorate General of Highways Ministry of Public Works Republic of Indonesia, a Project Jointly Funded by Indonesia and Australia

Farzad Naeim, Ph.D.,P.E. 1989 The Seismic Design Handbook

Poulos & Davis. 1980. Pile Foundation Analysis & Design