P-43

REVIEW STANDAR BANGUNAN GEDUNG JEPANG DAN AMERIKA SERIKAT TERKAIT TSUNAMI DAN PERBANDINGANNYA DENGAN INDONESIA

REVIEW OF JAPANESE-US BUILDING CODE FOR TSUNAMI AND COMPARISON WITH INDONESIA

Dimas Hastama Nugraha
Research and Development Working Group Office for Human Settlements Technology,
Research and Development Agency, Ministry of Public Works and Housing
Laksda Adisucipto St. 165 Yogyakarta Indonesia 55281

Email: dimashastamanugraha@gmail.com

Diterima: 07-10-2020	Diperbaiki: 02-11-2020	Disetujui: 7-12-2020

ABSTRAK

Indonesia berpotensi tsunami. Tercatat beberapa kali tsunami dalam 15 tahun terakhir, antara lain tsunami terjadi di Aceh dan Nias pada tahun 2004, Pangandaran pada tahun 2006, Palu pada tahun 2018, dan yang terbaru - meskipun bukan disebabkan oleh gempa - tsunami terjadi di Anyer, Pandeglang, Banten tahun 2018. Aturan / standar yang mengatur tentang perencanaan infrastruktur khususnya bangunan gedung di Indonesia belum ada, paling banyak terbatas pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 6 / PRT / 2009. Studi ini ingin melihat tinjauan singkat gedung tersebut. kode negara lain, standar di Indonesia, dan proyeksi penerapannya di Indonesia. Analisis yang digunakan adalah analisis tinjauan pustaka. Telaah pustaka dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan standar tersebut, menginterpretasikannya untuk membuat kesimpulan. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan dan proyeksi penerapannya di Indonesia

Kata Kunci: review, perbandingan, bangunan gedung, tsunami.

ABSTRACT

Indonesia has a potential tsunami. There have been several tsunamis recorded in the past 15 years, among others tsunami happened in Aceh and Nias in 2004, Pangandaran in 2006, Palu in 2018, and the latest- although it was not caused by the earthquake- the tsunami happened in Anyer, Pandeglang, Banten in 2018. The rules / standards governing on infrastructure planning in particular Building in Indonesia does not yet exist, at most limited to Minister of Public Works Regulation 6 / PRT / 2009. This study wants to see a brief review of the building codes in the other countries, the standards in Indonesia, and the projection of its application in Indonesia. The analysis used is literature review analysis. Literature review in this study carried out by comparing those standards, interpret them to make the conclutions. The results of this study are the comparison and projection of its application in Indonesia

Keywords: review comparison, building, tsunami.

PENDAHULUAN

Kejadian gempa disertai tsunami di Indonesia dalam kurun 15 tahun terakhir banyak, mulai dari Aceh dan Nias (2004), Pangandaran (2006), Palu (2018) dan yang terakhir, meskipun bukan karena gempa bumi, tsunami Anyer Pandegelang Banten (2018) dan Palu (2018). Korban jiwa akibat tsunami inipun tak sedikit. Rata- rata korban meninggal karena tenggelam ataupun tertimpa bangunan rumah yang runtuh akibat tsunami. Besar kecepatan dari gelombang tsunami tergantung dari kedalaman laut yang dilaluinya. Semakin dalam laut, maka gelombang tsunami yang dihasilkan semakin besar dan kecepatannya semakin cepat. Efek dari tsunami akan diperparah apabila bangunan- bangunan

berdiri di kawasan yang rentan, misalnya terletak di pinggir pantai.

Indonesia juga mempunyai potensi megathrust dan tsunami. Widiyantoro dari Institut Teknologi Bandung mengatakan bahwa berdasarkan hasil simulasi selama 5 jam didapatkan pada skenario pertama di wilayah sebelah barat Pulau Jawa, diprediksi tinggi tsunami khususnya pantai selatan Jawa maksimum 20 meter dimana semakin ke timur akan semakin kecil karena sumbernya berada di sebelah barat. Skenario kedua dikondisikan pusat gempa berada di sebelah timur, maka tinggi tsunami di sebelah timur akan lebih tinggi dari wilayah barat. Selanjutnya skenario ketiga atau skenario paling buruk dimana gempa terjadi secara bersamaan di barat dan timur, maka diprediksi tinggi tsunami maksimum 20 meter di sebelah barat, 12 meter di sebelah timur, dan di antara wilayah tersebut tinggi rata-ratanya mencapai 4,5-5 meter.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.6/PRT/2009 telah mengatur mengenai perencanaan infrastruktur di kawasan dekat dengan pantai yang berpotensi terkena tsunami. Gambaran mengenai bentuk bangunan maupun struktur dijelaskan secara umum di dalam Peraturan Menteri tersebut. Akan tetapi, dalam kenyataan di lapangan, dengan berbagai kasus tsunami yang ada, mulai dari Aceh, Pangandaran, sampai dengan Anyer dan Palu, terlihat bahwa bangunan-bangunan yang runtuh diterjang tsunami di Indonesia, maupun yang rawan tsunami dan di dekat pantai, belum memiliki *building code* yang dapat mengantisipasi kasus tsunami. Bentuk kolom maupun bentuk bangunan, pembagian massa bangunan belum dibangun sesuai dengan *building code* yang ada karena Indonesia belum mempunyai *building code* yang dapat mengantisipasi adanya tsunami.



Gambar 1. Perbandingan Palu sebelum dan sesudah Tsunami (sumber: NASA, 2018)

Di negara lain seperti Jepang pasca Kejadian Gempa Bumi dan Tsunami di Tahun 2011, pemerintahnya mulai menyusun panduan maupun *building code/* standar bangunan gedung yang dapat mengantisipasi datangnya tsunami. Pada waktu itu di Jepang, terjadi gempa bumi 9 Skala Richter dan Tsunami yang memberikan efek sampai sejauh 650 km dari Samudera Pasific yang ada di Timur Laut Jepang. Luasan genangan yang ada di 2011 tersebut mencapai 500 km2 di dekat garis pantai dan menimbulkan kerusakan serius di infrastruktur bangunan penting seperti sekolah, rumah sakit dll. Selain itu, kejadian gempa dan tsunami Jepang ini memicu krisis nuklir di Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Fukushima. Selain Jepang, Amerika Serikat juga perhatian terhadap isu keselamatan bangunan akibat adanya tsunami. Ini berkaca di kejadian tsunami di sekitar Hawai di medio 1970an.

Melihat pengalaman Jepang, Amerika Serikat tersebut dan kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan, yang rentan akan gempa dan tsunami, studi ini ingin melihat review secara singkat, bagaimana *building code* yang ada di negara tersebut, standard yang ada di Indonesia, dan proyeksi penerapannya di Indonesia. Ruang lingkup dari studi ini adalah memperbandingkan standar bangunan gedung terkait tsunami di Jepang dan Amerika Serikat dan perbandingannya dengan Indonesia. Batasan penelitian ini yaitu studi hanya mempergunakan perbandingan aturan standar bangunan gedung saja terkait tsunami serta karya tulis ilmiah terkait, selain itu sifat studi hanya berupa desk studi. Batasan lainnya adalah tidak adanya uji laboratorium.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam studi ini yaitu analisis komparatif literatur/ *literature review.* Penelitian komparatif merupakan jenis penelitian deskriptif yang berusaha mencari jawaban secara mendasar mengenai sebab-akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya maupun munculnya suatu fenomena atau kejadian tertentu. Penelitian komparatif merupakan penelitian yang sifatnya membandingkan, yang dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan 2 atau lebih sifat-sifat dan fakta-fakta objek yang diteliti berdasarkan suatu kerangka pemikiran tertentuLiteratur review dilakukan dan dikomparasikan / dibandingkan antara satu dengan

yang lain, dan diintrepretasikan lalu disimpulkan. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mereview berbagai jurnal, pedoman/ standard dan karya ilmiah lainnya. Waktu pengerjaan dilakukan bulan Oktober 2019 sampai dengan Januari 2019.

.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fraser (2012) yang membahas mengenai terminology tsunami memberikan gambaran Tsunami terdiri dari *direction of incident wave*, *serta inundation event* yang terdiri dari *inundation depth dan inundation height* [1].

Beban- beban yang bekerja pada waktu tsunami meliputi aya hidrostatik, gaya apung, dan beban gravitasi fluida tambahan dari air yang tertahan, gaya hidrodinamik dan gaya angkat hidrodinamik, gaya benturan puing dan gaya pembendungan puing, gerusan pondasi dan efek pelunakan tekanan pori pada tanah

Merujuk pada Macabuag et all (2018), Jepang telah memperbaharui pedoman desain bangunan terhadap Tsunami yang ada pasca gempa bumi di tahun 2011. MLIT 2570 (MLIT,2011) telah disediakan dengan tajuk *Tsunami Evacuation Building Guidelines*. MLIT yang diciptakan mempunyai target desain struktur. Kerusakan yang ada di gempa bumi Jepang di Tahun 2011 meliputi kerusakan non-struktural, kerusakan struktur lokal, global kerusakan di *superstructure*, dan kerusakan fondasi

Ref. [2] telah membuat perbandingan antara Japanese Guidance: MLIT. 2570,2011 maupun US Guidance yang diterbitkan oleh ASCE 7-16 di Tahun 2016. Adapun perbandingannya antara MLIT sebagai standar Jepang dan ASCE sebagai standar Amerika Serikat berikut

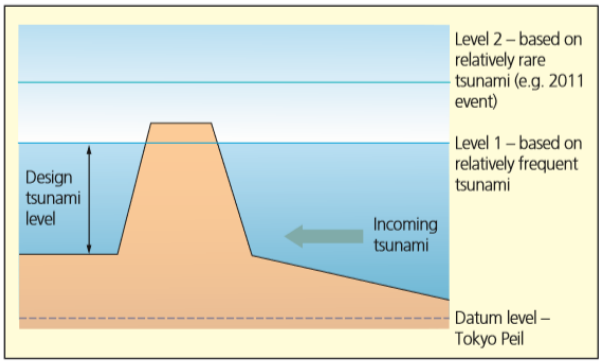
Tabel 1. Perbandingan MLIT dan ASCE

Aspek	Japanese Guidance: MLIT. 2570,2011	US Guidance ASCE 7-16 2016
Tsunami hazard asessment	Peta genangan tsunami didasarkan pada deterministic penilaian bahaya tsunami, dengan 2 periode perkiraan, level 1 : 100 tahunan dan level 2 : 1000 tahunan	Diukur dari peta amplitude gelombang tsunami lepas pantai dan tersedia pada kontur batimetri kedalaman 100 meter dan hanya diukur di 5 negara bagian US States
Penahan laut (*sea defence*)	Dikembangkan untuk level 1 dan level 2	Tidak ada panduan code untuk *sea defence* di US
Prosedur desain bangunan	Bangunan dibuat dengan mempertimbangkan inundation *cooresponding* sampai dengan level 2, dimana level 1 sudah ditahan oleh sea defence. Bagian bangunan dan struktur perlu memperhitungkan load fluida lateral, apung, untuk efek sekunder seperti debris impact dab scour sedikit panduan perhitungannya	Tidak mengenal level 1 dan level 2. *Performance based design menggunakan tsunami risk categories.*
Load assessment of building	*Load lateral fluid* dihitung sebagai gaya hidrostatis yang setara beban diterapkan ke satu sisi struktur. Tinggi profil beban hidrostatik diambil sebagai genangan kedalaman dikalikan jarak dari pantai	Load lateral fluid dihitung untuk komponen gaya hidrostatik dan hidrodinamik, dan dihitung dengan kedalaman genangan dan kecepatan

Dari tabel di atas terlihat bahwa perbandingan standar bangunan gedung Jepang dan amerika serikat. Aspek yang berbeda meliputi *assessment* serta kala ulang, wilayah yang diperhitungkan dalam standar bangunan gedung dimana Jepang memiliki luasan area yang lengkap, berbeda dengan Amerika Serikat yang hanya untuk 5 (lima) negara bagian saja. Ini semua terkait dengan faktor pencetus yang beresiko. Selain itu Jepang juga memiliki penahan laut/ *sea defense*, serta di Amerika serikat tidak ada.

Faktor yang berbeda lainnya adalah prosedur desain bangunan dimana di Jepang mengenal level 1 dan level 2. Dalam penentuan gaya yang bekerja, antara Jepang dan Amerika Serikat hamper sama, yaitu dalam aspek gaya lateral yang bekerja.

Untuk penentuan parameter genangan, Jepang di tahun 2013 mengembangkan tingkat bahaya tsunami baru [3]. Level 1 dilakukan untuk tingkat bahaya tsunami yang relative cukup sering (sampai dengan 160 tahun) dengan tingkat genangan relatif rendah (< 10 meter). Sedangkan level 2 merujuk kepada kala ulang 1000 tahunan dengan kedalaman genangan yang relatif lebih luas (lebih dari 10 meter). Keterangan ini diperjelas dengan Gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan Level 1 and Level 2 (Ruby, 2015 di Macabuag 2018)

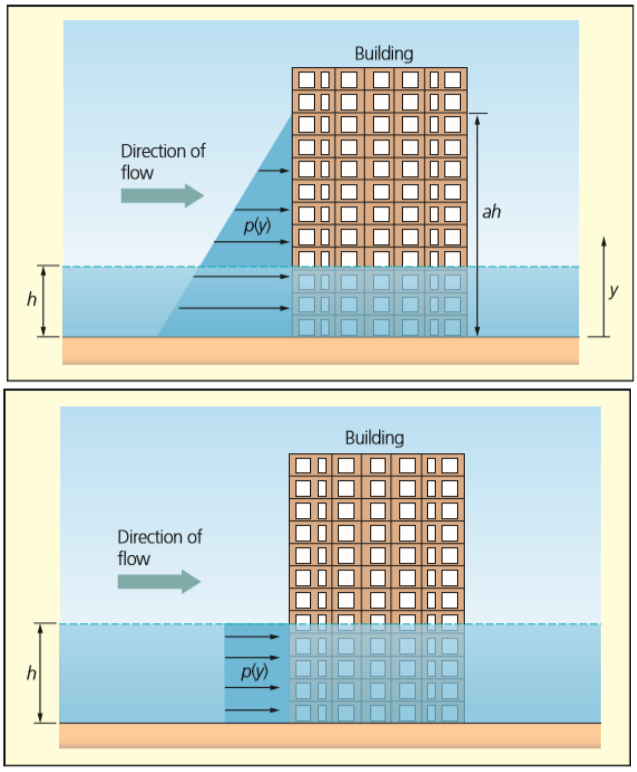
Untuk level 1, penahan/ *defense* harus dibangun untuk mencegah genangan air. Penahan harus mampu menahan tsunami tingkat 2. Meskipun demikian tindakan non-struktural mesti diambil seperti pembuatan area evakuasi, kesiapsiagaan, dan perencanaan. Meskipun demikian pendekatan level 2, mesti diambil juga dengan mempersiapkan model genangan dari pemerintah Kota dapat diperoleh., meski kecepatan dari tsunami ini belum dapat diperoleh. Sebagai catatan, setiap Pemerintah Prefektur/ Kota di Jepang selalu mempunyai model genangan apabila terjadi tsunami. Model genangan perfektur masing-masing mempunyai tipikal khas.

Perbandingan Beban Lateral Fluida

Masih menurut Ref. [2], untuk Amerika Serikat, prosedur desain bangunan didasarkan pada ASCE 7-16 bab 6 dan Tabel 1. Desain struktur dan komponen- komponen dari bangunan adalah untuk memperhitungkan beban fluida lateral, daya apung dan air yang tertahan, efek sekunder dari dampak serpihan dan gerusan. Desain anggota adalah untuk memperhitungkan global beban lateral dan tekanan fluida lokal diterapkan langsung ke anggota. Kepadatan air ditingkatkan untuk memperhitungkan puing-puing kecil dan sedimen yang terperangkap dalam aliran genangan. Perhitungan dilakukan untuk 3 (tiga) tahap proses aliran genangan a) kondisi terbalik maksimum dari kombinasi gaya hidrodinamik dan apung b) dua pertiga dari kedalaman genangan maksimum (di mana kecepatan diasumsikan paling tinggi) untuk aliran masuk dan aliran keluar c) kedalaman air maksimum (dengan asumsi kecepatan sama dengan sepertiga dari maksimum di setiap arah).

Dalam ASCE 7-16 bab 6 (ASCE, 2016) yang baru, peta amplitudo tsunami lepas pantai dan peta zona desain tsunami disediakan pada kontur batimetri kedalaman 100 m, yang ditentukan dari penilaian bahaya tsunami probabilistik (Geist dan Parsons, 2006; Thio et al., 2012; Wei et al., 2014) untuk lima negara bagian AS: California, Oregon, Washington, Hawaii, Alaska. Tsunami yang dianggap maksimum sesuai dengan peristiwa 1 dalam 2475 tahun, dipilih untuk konsistensi dengan periode kembali yang digunakan untuk penilaian bahaya seismik probabilistik di bawah ASCE 7.

Untuk gaya lateral di standard bangunan Jepang dan Amerika Serikat, gambaran ekuivalen loading statis masing- masing dapat dilihat di Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 3. Japanese (MILT) and American Standard (FEMA) untuk Gaya Lateral (sumber: Macabuag 2018)

Pada dasarnya standar Panduan AS mengacu pada kinerja / return performansi setiap 2500 tahun. Dan bedanya dengan Jepang, jika standar MILT ini berlaku di setiap wilayah di Jepang, namun ASCE 7 Beban/ Gaya tsunami dan pengaruhnya hanya berlaku di beberapa negara bagian seperti Alaska, Washington, Oregon, California, Hawaii, dan wilayah seperti Guam, Samoa Amerika, dan Puerto Rico. Pernyataan ini didukung oleh studi yang dilakukan oleh

Chock [4]. Ref. [4] Jelaskan dalam MILT, tidak ada faktor tingkat risiko, tetapi di US Guidance ASCE ada 4 kategori risiko. Kategori risiko tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Kategori Resiko dan Deskripsi

No	Risk Category	Description
1.	I	Bangunan dan struktur lain yang mewakili risiko rendah bagi manusia
2.	II	Semua bangunan dan struktur lainnya kecuali yang terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV
3.	III	Bangunan dan bangunan lain yang berpotensi menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan / atau gangguan massal terhadap kehidupan sipil sehari-hari jika terjadi kegagalan
4.	IV.	Bangunan dan bangunan lain yang ditetapkan sebagai fasilitas penting

Biasanya untuk kategori- kategori di atas, perhatian design difokuskan kepada kategori risk III dan IV. Menurut ASCE 7 *per-section* 2.5 kombinasi pembebanan dirumuskan sebagai berikut

Kombinasi Gaya I: 1,2D+-1,0 Ftsu+0,25 L=0,2 S
Kombinasi Gaya II :0,9+-1,0 Ftsu
Kombinasi II: *0,9 + -1,0 Ftsu*
Kombinasi I: *1,2D + -1,0 Ftsu + 0,25 L =0,2S*

Keterangan:
D= beban mati
Tsu= gaya tsunami
L= beban hidup
S= efek gerusan

Selain ASCE, *Homeland Department United States of Amerika* juga sudah mempunyai panduan mengenai aturan yaitu FEMA P-646 mengenai *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis* (5).

Dalam memuat Tsunami, Ref. [5] menyebutkan bahwa efek beban tsunami berikut harus dipertimbangkan untuk desain struktur evakuasi vertikal: (a) gaya hidrostatis; (b) gaya apung; (c) gaya hidrodinamik; (d) gaya impulsif; (e) kekuatan dampak puing-puing; (f) kekuatan pembendungan puing-puing; (g) gaya angkat; dan (h) beban gravitasi tambahan dari air yang tertahan di lantai yang ditinggikan. Dalam dokumen ini, gaya pemecah gelombang tidak dipertimbangkan dalam desain struktur evakuasi vertikal. Secara umum, tsunami pecah di lepas pantai, dan bangunan evakuasi vertikal harus ditempatkan agak jauh ke pedalaman dari garis pantai. Istilah 'pemecah gelombang' di sini didefinisikan sebagai pemecah gelombang di mana seluruh bagian depan gelombang terbalik. Ketika gelombang pecah dalam mode terjun, bagian depan gelombang menjadi hampir vertikal, menghasilkan tekanan yang sangat tinggi dalam durasi yang sangat singkat. Begitu gelombang tsunami pecah, itu bisa dianggap sebagai lubang karena panjang gelombangnya yang sangat panjang. Pembenaran lebih lanjut untuk tidak mempertimbangkan gaya pemecah gelombang dapat ditemukan di Referensi [6]. Gaya pemecah gelombang bisa jadi sangat penting untuk struktur evakuasi vertikal yang terletak di zona pemecah gelombang, yang berada di luar cakupan dokumen ini. Jika ditentukan bahwa struktur harus ditempatkan di zona pemecah gelombang, ASCE / SEI 7-10 Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan Struktur Lainnya dan Manual Teknik Pesisir, EM 1110-2-1100, harus dikonsultasikan untuk panduan tambahan pada gaya pemecah gelombang [7].

Cara menghitung asumsi beban tsunami di FEMA yang mengalir tsunami terdiri dari campuran sedimen dan air laut. Kebanyakan aliran transpor sedimen tersuspensi tidak melebihi (2konsentrasi sedimen 5%. Berdasarkan asumsi (1konsentrasi volume sedimen rata-rata vertikal sebesar 5% dalam air laut, densitas fluida aliran tsunami harus diambil 1,1 kali massa jenis air tawar, atau ρs = 1.100 kg / m3 = 2.13 siput / ft3.

Kedalaman aliran tsunami sangat bervariasi tergantung pada tiga dimensi batimetri dan topografi di lokasi yang dipertimbangkan. Tiga skenario yang mungkin di mana topografi dapat mempengaruhi hubungan antara Elevasi Tsunami maksimum (TE) di lokasi tertentu dan elevasi run up daratan (R) akhir. Untuk ekspresi pemuatan yang disajikan dalam bab ini, diasumsikan bahwa TE = R. Ekspresi ini dapat disesuaikan jika simulasi numerik genangan tsunami memberikan perkiraan TE yang lebih tepat di lokasi yang dipertimbangkan sebagai simulasi.

Ada variabilitas yang signifikan dalam ketinggian gelombang tsunami lokal, berdasarkan batimetri lokal dan efek topografi, dan

ketidakpastian dalam simulasi numerik genangan tsunami. Berdasarkan penilaian empiris dari data survei tsunami yang lalu, direkomendasikan bahwa elevasi *run up* (R) desain diambil 1,3 kali elevasi run up maksimum (R) yang diprediksi untuk menutupi potensi variabilitas dalam estimasi pemodelan. Elevasi genangan dari titik run up kembali ke garis pantai kemudian akan diskalakan dengan faktor yang sama. Secara umum, kriteria desain ASCE yang dibuat oleh *Association of Civil Engineering Engineers* di Amerika mirip dengan FEMA.

Indonesia sudah mengatur Standard mengenai perencanaan bahaya tsunami melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.6/PRT/2009 telah mengatur mengenai perencanaan infrastruktur di kawasan dekat dengan pantai yang berpotensi terkena tsunami. Untuk Standard Nasional Indonesia yang mengatur mengenai beban tsunami terhadap bangunan belum ada.

Untuk standard yang diacu oleh Peraturan Menteri ini, masih mengacu kepada National Tsunami Mitigation Hazard Program (NTMHP), March 2001, Guideline designing for tsunami, dan ini belum diperbaharui terhadap Japan Guidance MILT maupun ASCE.

Secara umum, zonasi daerah kawasan Tsunami sudah dijelaskan di dalam Peraturan Menteri PU ini. Didalam Lampirannya Pasal 5 yang menyebutkan bahwa "Penentuan penggunaan zonasi rawan tsunami untuk kawasan terbuka seperti untuk pertanian, tempat parkir dan rekreasi, atau daerah rawan bencana alam, disarankan untuk dipertimbangkan sebagai strategi perencanaan tata guna lahan utama. Strategi ini didesain untuk menjaga agar pembangunan di kawasan rawan bencana dilakukan seminimum mungkin", dimana bila daerahnya sudah padat, maka dapat diberikan skema TDR atau Transferable Development Rights.

Dalam hal strategi mitigasi setempat, Strategi mitigasi dengan jenis-jenis pengembangan pembangunan a) Selama ini proses perencanaan pengembangan pembangunan setempat telah banyak dilakukan dengan tenaga bantuan proyek sebagai pendekatan mitigasi. Hal tersebut dilakukan dengan desain bangunan dan rekayasa cara penanganan gaya tsunami secara aktif ataupun pasif, yang pada umumnya meliputi solusi di lapangan untuk mencegah, memeprlambat, mengedalikan atau membatasi (merintangi) genangan. b) Pendekatan mitigasi dapat dilakukan secara tunggal atau hybrid bergantung pada penggunaan lahan dan karakteristik setempat yang dihadapi. Ada empat teknik dasar perencanaan setempat yang dapat diterapkan pada proyek-proyek untuk mengurangi risiko tsunami, yaitu: mencegah daerah dari genangan, memperlambat aliran air, mengendalikan gaya-gaya air, dan membatasi/merintangi gaya-gaya air.

Dalam hal strategi mitigasi lokal, berdasarkan Ref. [8] strategi mitigasi dengan jenis pembangunan selama ini proses perencanaan pembangunan daerah telah dilakukan dengan tenaga pendamping proyek sebagai pendekatan mitigasi. Hal ini dilakukan dengan cara rancang bangun bangunan dan teknik penanganan gaya tsunami secara aktif atau pasif, yang umumnya mencakup solusi di lapangan untuk mencegah, memperlambat, mengendalikan atau membatasi (menghalangi) genangan. (b) Pendekatan mitigasi dapat dilakukan sendiri-sendiri atau hibrida tergantung pada penggunaan lahan dan karakteristik lokal yang dihadapi. Ada empat teknik dasar perencanaan lokal yang dapat diterapkan pada proyek-proyek untuk mengurangi risiko tsunami, yaitu: mencegah daerah tergenang, memperlambat aliran air, mengendalikan kekuatan air, dan membatasi / menghalangi kekuatan air.

Terkait dengan desain bangunan, di dalam Pasal 7 sudah dijelaskan bagaimana Perencanaan dan konstruksi bangunan baru untuk mengurangi dampak tsunami.

Salah satu subbab pasal yang ada disebutkan bahwa, "semua peraturan, standar dan pedoman desain dan konstruksi yang ada di Indonesia, harus digunakan secara optimal untuk memperoleh tingkat keamanan minimum di lokasi bencana, dengan ketentuan sebagai berikut: a) Peraturan/standar bangunan (gedung) telah menetapkan persyaratan minimum yang harus dipenuhi untuk melindungi mahluk hidup, kerusakan harta benda, dan melayani keselamatan, keamanan dan kesehatan umum dalam lingkungan pembangunan. Peraturan ini dapat diterapkan baik pada konstruksi bangunan baru maupun yang sedang dibangun kembali, diperbaiki, direhabilitasi atau diganti, atau jika sifat penggunaanya diubah pada posisi baru untuk meningkatkan risiko bencana. b) Peraturan bangunan sebaiknya telah mempertimbangkan pula persyaratan desain dan standar kebakaran, angin, banjir, dan gempa, yang belum termasuk persyaratan desain bangunan

(gedung) di kawasan rawan banjir dan rawan bencana tinggi. c) Di samping itu, peraturan itu mencakup juga untuk desain struktur gedung dan bangunan yang mengalami banjir pantai khususnya akibat beban dorong (impulsive), beban tanah, dan beban tsunami. Beban-beban tsunami terdiri atas gaya apung (buoyant), gaya gelombang (surge), gaya tarik atau seret (drag), gaya dorong (impulse), dan gaya hidrostatik".

Dalam kenyataannya, gaya-gaya yang disebutkan di dalam Lampiran Peraturan ini tidak secara spesifik bagaimana cara menghitungnya. Dengan kedalaman laut yang berbeda- beda, tentunya karakteristik tsunami di Indonesia akan berbeda- beda. Di dalam lampiran Peraturan ini, hanya disebutkan mengambil kasus di Hilo Hawai Amerika Serikat dimana setelah kejadian tsunami tahun 1970-an, maka struktur bangunan gedung ditata ulang. Semua pembangunan ulang dalam keamanan wilayah ditujukan untuk desain permukiman dan standar desain bangunan gedung. Bangunan dibawah elevasi garis kontur 6,00 m dapat menyediakan tempat parkir bagi perdagangan di perkotaan dan berfungsi sebagai penghalang untuk melindungi bangunan di daratan terhadap serangan tsunami. Akan tetapi, secara kontekstual bagaimana penerapannya di Indonesia belum dilakukan.

Terkait dengan struktur, Mengenai pembebanan yang ada, dan standard seperti SNI 03-2847 2002 mengenai Tatacara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung maupun SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung disebutkan beban bangunan yang ada di Indonesia mencakup beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa, beban air (statis), beban hujan dan beban atap. Untuk beban yang ada di tsunami belum ada.

Peraturan Negara Kita belum mencantumkan gaya- gaya yang berpotensi terjadi ketika terjadi tsunami. Hal ini berbeda dengan peraturan di MILT maupun ASCE yang sudah secara lengkap menyebutkan. Untuk peta zonasi Tsunami, di setiap pemerintah Kota/ perfectur di Jepang sudah mempunyai, di aturan Amerika Serikat-pun, di ASCE 7-16 bab 6 (ASCE, 2016) yang baru, peta amplitudo tsunami lepas pantai dan peta zona desain tsunami disediakan pada kontur batimetri kedalaman 100 m, yang ditentukan dari penilaian bahaya tsunami probabilistik

Kondisi di Indonesia dan Proyeksi Penerapan *Building Code Tsunami* di Indonesia.

Untuk kondisi saat ini, perhitungan beban tsunami di Indonesia masih sebatas kajian- kajian akademis di universitas, belum sepenuhnya diterapkan di lapangan. Sebagai contoh acuan yang digunakan PerMent PU No.6 Tahun 2009 dimana bentuk bangunan juga mesti mempertimbangkan ruang lolosnya air, akan tetapi kenyataan di lapangan tidak demikian. Bangunan- bangunan yang terkena gempa bumi seperti di Palu, dan tsunami Anyer tidak memiliki kondisi seperti yang dipersyaratkan dalam guidance Jepang maupun Amerika Serikat

Proyeksi penerapan standard yang ada dapat diadopsi penuh maupun sebagian. Indonesia dapat mengadopsi salah satu aturan maupun menggabungkan standard yang ada. Adopsi yang dapat dilakukan misalnya dengan membuat peta zonasi modelling tsunami di daerah- daerah yang rawan tsunami, membuat pembaharuan SNI perencanaan bangunan gedung dan non- gedung, membuat jenis pembebanan baru serta melaksanakan secara penuh PerMent PU No 6 tahun 2009

KESIMPULAN

Perbandingan standar bangunan gedung untuk Jepang dan Amerika Serikat sebagai berikut. Untuk aspek *tsunami hazard assessment*, Japanese Guidance menggunakan peta genangan tsunami didasarkan pada deterministic penilaian bahaya tsunami, dengan 2 periode perkiraan, level 1: 100 tahunan dan level 2: 1000 tahunan, sedangkan untuk US Guidance menggunakan pengukuran dari peta amplitude gelombang tsunami lepas pantai dan tersedia pada kontur batimetri kedalaman 100 meter dan hanya diukur di 5 negara bagian US States. Untuk aspek penahan laut (*sea defence*), di Japan dibuat 2 level, dan di US tidak ada panduan untuk sea defence.

Untuk Prosedur desain bangunan, di Jepang Bangunan dibuat dengan mempertimbangkan *inundation cooresponding* sampai dengan level 2, dimana level 1 sudah ditahan oleh *sea defence.* Bagian bangunan dan struktur perlu memperhitungkan load fluida lateral, apung, untuk efek sekunder seperti debris impact dab scour sedikit panduan perhitungannya. Untuk US Guidance tidak mengenal level 1 dan level 2.

Performance based design menggunakan tsunami risk categories.

Pada *Load assessment of building*, untuk Japan *Load lateral fluid dihitung sebagai load hydrostatic* yang setara beban diterapkan ke satu sisi struktur. Tinggi profil beban hidrostatik diambil sebagai genangan kedalaman dikalikan jarak dari pantai. Untuk US, *Load lateral fluid* / gaya lateral dihitung untuk komponen gaya hidrostatik dan hidrodinamik, dan dihitung dengan kedalaman genangan dan kecepatan.

Indonesia telah menetapkan Standar Perencanaan Bencana Tsunami melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 6 / PRT / 2009 yang mengatur tentang perencanaan infrastruktur di wilayah dekat pantai yang berpotensi tsunami. Namun regulasi ini tidak spesifik. Sampai saat ini belum ada Standar Nasional Indonesia yang mengatur beban tsunami pada bangunan.

Peraturan tersebut mencakup rancangan bangunan dan struktur bangunan yang mengalami banjir pesisir terutama akibat beban impulsif, beban tanah, dan beban tsunami. Beban tsunami terdiri dari gaya apung, gaya lonjakan, gaya drag atau drag, gaya impuls, dan gaya hidrostatis. Akan tetapi, dalam Lampiran Peraturan, tidak dijelaskan bagaimana cara menghitungnya. l. Proyeksi dapat diterapkan, standar yang ada dapat diadopsi sepenuhnya atau diadopsi sebagian. Indonesia dapat mengadopsi salah satu aturan atau memasukkan standar yang ada. Adopsi dapat dilakukan misalnya dengan membuat peta zonasi pemodelan tsunami di daerah rawan tsunami, membuat reformasi SNI untuk perencanaan gedung dan bukan gedung, membuat jenis bongkar muat baru dan menerapkan sepenuhnya regulasi dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

SARAN

Kedepannya, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat bersama dengan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, bersama para akademisi dari perguruan tinggi terkait dapat membuat / merumuskan standard bangunan gedung terkait tsunami/ yang mengakomodir gaya-gaya terkait tsunami. Selain itu penataan wilayah rawan tsunami juga perlu dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten/ Kota/ Provinsi dengan merujuk standar yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Bapak Mochamad Mulya Permana selaku Kepala Satuan Kerja Balai Litbang Penerapan Teknologi Permukiman sekaligus sebagai Kepala Balai Pelaksana Penyediaan Perumahan Jawa III, beserta seluruh kolega kantor.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fraser. S, Raby A Pomonis et al, *Tsunami damage to Coastal Defense and Buildings in the March 11th 2011 M W 9.0 Great East Japan Earthquake and Tsunami*. Bulletin of Earthquake Engineering, (2012) :131.

[2] Macabuag, Raby, Pomonis et al, *Tsunami Design Procedures for Enginnered building: a critical review.* Proceedings of the Institution of Civil Engineer- Civil Engineering ICE Publishing. (2018): 203-210.

[3] Shibayama, Esteban M, Nistor.et al, *Classification of Tsunami and Evacuation areas. Natural Hazards*, (2013) : 223-257.

[4] Chock, Gary, *ASCE 7 and the Development of a Tsunami Building Code for the US*, unpublished: 150-165.

[5] FEMA, *The Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis*, US: Home Land Department, (2012): 135-140.

[6] Yeh (2008), Robertson I and Preus J, *Development of Design Guidelines for Structures that Serve as Tsunami Vertical Evacuation Sites*, Washington: Division of Geology and Earth Resources, (2005): 200-205.

[7] US Army Coastal Engineering Research Center, 2008.

[8] Minister of Public Works Regulation 6/PRT/2009.