

Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa

by iranazahirah@gmail.com 1

Submission date: 04-Feb-2022 03:40PM (UTC+0500)

Submission ID: 1754790616

File name: 2._Tata_cara_pemilihan_dan_modifikasi_gerak_tanah_compressed.pdf (6.04M)

Word count: 4777

Character count: 34779

SNI

Standar Nasional Indonesia

¹ SNI 8899:2020

Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa

ICS 91.120.25; 91.080.01

 **BADAN
STANDARDISASI
NASIONAL**

Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di www.bsn.go.id dan tidak untuk di komersialkan
SNI ini di download Oleh Marhuse Nitodino Fau Sebagai Masyarakat



Daftar isi

Daftar isi.....	i
Daftar gambar	ii
Daftar tabel.....	iv
Prakata.....	v
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Definisi dan notasi	1
3.1 Definisi	1
3.2 Notasi.....	2
4 Prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah.....	3
5 Definisi ukuran intensitas gerak tanah.....	4
6 Target respons spektrum.....	7
6.1 Metode 1: Spektrum tunggal Risiko Seragam (<i>Uniform Risk Spectrum</i> - URS) di permukaan.....	7
6.2 Metode 2: Dua atau lebih Spektrum Rata-rata Terkondisi (CMS)	8
7 Pemilihan gerak tanah.....	12
7.1 Jumlah dan komponen gerak tanah.....	12
7.2 Kriteria pemilihan gerak tanah	12
7.3 Durasi gerak tanah.....	13
8 Modifikasi gerak tanah.....	14
8.1 Rentang periode untuk modifikasi.....	14
8.2 Penskalaan amplitudo.....	14
8.2.1 Prosedur penskalaan	14
8.2.2 Batasan faktor skala.....	15
8.3 Pencocokan <i>spektral</i>	16
9 Aplikasi gerak tanah pada model analisis struktur	18
Lampiran A	19
Lampiran B	27
Lampiran C	33

Daftar gambar

Gambar 1 – Diagram alir prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah sesuai SNI 1726:2019	3
Gambar 2 - Orbit percepatan suatu sistem osilator yang memiliki satu massa terpusat dan diasosiasikan dengan periode getar dan rasio redaman tertentu untuk menentukan respons percepatan arah-maksimum (Huang dkk, 2008)	4
Gambar 3 – Diagram skematik prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (Huang dkk, 2008)	5
Gambar 4 – Prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (bagian 1) (Nick dkk, 2019).....	5
Gambar 5 – Prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (bagian 2) (Nick dkk, 2019).....	6
Gambar 6 - Parameter gerak tanah, S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%) pada kelas situs BC (S_{BC}) (SNI 1726:2019)	7
Gambar 7 -Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia spektrum respons 1 detik (redaman kritis 5%) pada kelas situs BC (S_{BC}) (SNI 1726:2019)	8
Gambar 8 - Spektrum URS tunggal dan beberapa spektra CMS (ASCE 7-16 <i>commentary</i>)...9	
Gambar 9 – Contoh hasil deagregasi PSHA yang menunjukkan nilai rata-rata magnitudo (M), jarak (R), dan epsilon (ϵ) (Baker, 2011).....	10
Gambar 10 – Spektrum rata-rata, spektrum rata-rata+ 2σ , dan spektrum individu yang terasosiasi dengan suatu nilai M dan R tertarget (Baker, 2011).....	11
Gambar 11 – Spektrum rata-rata, spektrum individu, dan spektrum CMS pada periode $T = 1,0$ det, yang terasosiasi dengan suatu nilai M dan R tertarget (Baker, 2011).....	11
Gambar 12 – Spektrum rata-rata, spektrum rata-rata+ 2σ , dan beberapa spektrum CMS yang terasosiasi dengan nilai M dan R tertarget (Baker, 2011)	12
Gambar 13 - Hasil analisis deagregasi wilayah Jakarta (2.475 tahun) pada periode $T = 2,0$ detik (kiri) dan $T = 5,0$ detik (kanan)	13
Gambar 14 - Durasi signifikan DS_{5-75} untuk komponen Timur-Barat rekaman gempa Tohoku 2011 (Chandramohan dkk, 2016)	13
Gambar 15 - Prediksi nilai durasi signifikan (DS_{5-75}) terhadap magnitudo untuk tiga persamaan model regresi(Chandramohan dkk, 2016)	14
Gambar 16 - Contoh hasil penskalaan amplitudo (kiri) dan contoh spektrum dari satu pasangan gerak tanah individu dengan dekomposisi spektrum komponen horizontal pada dua arah (kanan) (ASCE 7-16 <i>commentary</i>)	15
Gambar 17- Contoh hasil penskalaan amplitudo (kiri) dan pencocokan spektral (kanan) (ASCE 7-16 <i>commentary</i>).....	15
Gambar 18 - Contoh perbandingan hasil metode Pencocokan Spektral Ketat (kiri) dan metode Pencocokan Spektral Rata-rata (kanan) (Mazzoni dkk, 2012)	17
Gambar 19 - Contoh hasil pencocokan spektral yang benar.....	17
Gambar 20 - Ilustrasi aplikasi gerak tanah pada model analisis dengan struktur besmen (PEER TBI, 2017)	18

Gambar A.1 -Hasil analisis deagregasi untuk wilayah Jakarta (2.475 tahun) untuk periode 0,2 (kiri) dan 4,0 detik (kanan) (Hendriyawan & Azis, 2010)	19
Gambar A.2 -Hasil penskalaan spektrum arah-maksimum pasangan gerak tanah individu dengan nilai rata-ratanya dibandingkan terhadap target spektrum untuk penskalaan dengan rentang periode $0,2T_{1B}$ s/d $2,0T_{1A}$	21
Gambar A.3 -Hasil penskalaan spektrum arah-maksimum pasangan gerak tanah individu dengan nilai rata-ratanya dibandingkan terhadap target spektrum untuk penskalaan dengan rentang periode $0,2T_{1B}$ s/d $1,5T_{1A}$	21
Gambar A.4 -Spektrum arah-maksimum pasangan gerak tanah individu (tanpa skala) dengan nilai rata-ratanya dibandingkan terhadap target spektrum	22
Gambar A.5 -Perbandingan spektrum hasil analisis spesifik situs dengan spektrum yang didefinisikan dalam peraturan SNI untuk perioda ulang 2.475 tahun di Jakarta	22
Gambar A.6 -Rasio rata-rata respons spektrum terhadap target respons spektrum untuk penskalaan dengan rentang periode $0,2T_{1B}$ s/d $2,0T_{1A}$ [atas] dan rentang periode $0,2T_{1B}$ s/d $1,5T_{1A}$ [bawah].....	23
Gambar A.7-Akselerogram gerak tanah untuk komponen horizontal arah <i>Utara-Selatan</i> (U-S) tanpa skala (kiri) dan terskala (kanan).....	24
Gambar A.8 (lanjutan)-Akselerogram gerak tanah untuk komponen horizontal arah <i>Utara-Selatan</i> (U-S) tanpa skala (kiri) dan terskala (kanan).....	25
Gambar A.9 -Akselerogram gerak tanah untuk komponen horizontal arah <i>Timur-Barat</i> (T-B) tanpa skala (kiri) dan terskala (kanan).....	25
Gambar A.10(lanjutan) -Akselerogram gerak tanah untuk komponen horizontal arah <i>Timur-Barat</i> (T-B) tanpa skala (kiri) dan terskala (kanan).....	26
Gambar B.1 -Respons spektrum gerak tanah asli.....	28
Gambar B.2 -Respons spektrum gerak tanah dengan penskalaan amplitudo	29
Gambar B.3 -Respons spektrum gerak tanah dengan pencocokan spektral rata-rata	29
Gambar B.4 -Rasio spektrum rata-rata terhadap target spektrum	30
Gambar B.5 -Grafik percepatan, kecepatan, dan simpangan gerak tanah dari gempa Chi-Chi (komponen T-B dan U-S) untuk gerak tanah asal (biru) dan gerak tanah termodifikasi (merah)	31
Gambar B.6 -Respons spektrum gempa Chi-Chi untuk komponen T-B (atas) dan komponen U-S (bawah) untuk gerak tanah asal (biru) dan termodifikasi (merah)	32
Gambar C.1–Spektrum Target versus Spektrum Tercocokkan ($0,01 < T < 1$ detik)	34
Gambar C.2 - Gerak tanah asli versus Gerak tanah tercocokkan ($0,01 < T < 1$ detik).....	35
Gambar C.3–Spektrum Target versus Spektrum Tercocokkan ($0,01 < T < 3$ detik)	35
Gambar C.4–Gerak tanah asli versus Gerak tanah tercocokkan ($0,01 < T < 3$ detik).....	36
Gambar C.5–Spektrum target versus Spektrum tercocokkan ($0,01 < T < 7$ detik).....	36
Gambar C.6–Gerak tanah asli versus Gerak tanah tercocokkan ($0,01 < T < 7$ detik).....	37
Gambar C.7 -Intensitas Arias gerak tanah asli versus gerak tanah tercocokkan	37
Gambar C.8–Spektrum Risiko Seragam (<i>Uniform Risk Spectrum</i> - URS) pada batuan dasar untuk perioda ulang 2.475 tahun	38
Gambar C.9 - Deagregasi bahaya untuk Percepatan spektral (S_a) perioda ulang 2.475 tahun	38
Gambar C.10 -Target spektrum versus Spektrum Tercocokkan ($0,01 < T < 1$ detik).....	39
Gambar C.11–Target Spektrum versus Spektrum Tercocokkan ($0,01 < T < 4$ detik)	40

SNI 8899:2020

Gambar C.12–Gerak tanah asli versus gerak tanah tercocokkan ($0,01 < T < 4$ detik)41
Gambar C.13 - Intensitas Arias Gerak tanah asli versus gerak tanah tercocokkan42

Daftar tabel

Tabel A. 1 -Gerak tanah yang diseleksi dan diskalakan untuk mendapatkan respons spektrum rata-rata cocok dengan target respons spektrum20
Tabel B. 1 -Gerak tanah yang diseleksi dan dimodifikasi untuk mendapatkan respons spektrum rata-rata cocok dengan target respons spektrum27
Tabel C. 1 - Pemilihan Gerak tanah asli39

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan judul *Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa* merupakan standar baru yang memuat tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah untuk perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung menggunakan prosedur analisis riwayat waktu berdasarkan SNI 1726:2019. Standar ini didukung dengan pengembangan referensi dan riset oleh perumus standar yang terdiri dari pakar dan praktisi yang tergabung dari berbagai perguruan tinggi, asosiasi, lembaga penelitian, dan instansi pemerintah terkait.

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-0 Bahan dan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Struktur Bangunan pada Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan. Tata cara penulisan disusun mengikuti PKBSN Nomor 4 Tahun 2016 tentang Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang telah dibahas dalam forum Rapat Konsensus pada tanggal 2 Desember 2019 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman. Forum rapat konsensus ini dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 10 April 2020 sampai dengan 29 April 2020, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan dokumen dimaksud, disarankan bagi pengguna standar untuk menggunakan dokumen SNI yang dicetak dengan tinta berwarna.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.



Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa

1 Ruang lingkup

Standar ini memuat tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah untuk perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung menggunakan prosedur analisis riwayat waktu respons nonlinier berdasarkan SNI 1726:2019. Secara spesifik, sesuai penjelasan pada Pasal 4, dokumen ini berlaku untuk target respons spektrum gempa MCE_R (periode ulang 2.475 tahun atau 1 % probabilitas risiko keruntuhan dalam 50 tahun).

Jika dibutuhkan, prosedur yang serupa juga dapat diterapkan untuk taraf kegempaan lainnya, misalnya target respons spektrum SLE (periode ulang 43 tahun atau 50 % probabilitas terlampaui dalam 30 tahun) atau target respons spektrum dengan periode ulang kegempaan lainnya.

2 Acuan normatif

SNI 1726:2019, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.*

ASCE 7-16, *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.*

PEER TBI v2.03-2017, *Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Buildings.*

3 Definisi dan notasi

3.1 Definisi

3.1.1

spektrum rata-rata terkondisi (*Conditional mean spectrum*)

respons spektrum yang dikondisikan pada suatu nilai percepatan spektral untuk suatu periode yang terkait

3.1.2

durasi signifikan

interval waktu suatu gerak tanah yang mencakup suatu rentang persentase (%) ukuran intensitas gempa Arias

3.1.3

respons spektrum rata-rata geometrik

respons spektrum dimana ordinat pada setiap periode merupakan rata-rata geometrik dari percepatan respons spektral kedua arah komponen horizontal

3.1.4

respons spektrum arah maksimum

respons spektrum dimana ordinat pada setiap periode dihasilkan dari komponen respons maksimum dengan orientasi sudut tertentu

3.1.5 respons spektrum komponen horizontal

respons spektrum dimana ordinat pada setiap periode dihasilkan dari masing-masing komponen horizontal saling tegak lurus/ortogonal, yaitu Utara-Selatan dan Barat-Timur

3.1.6 target respons spektrum

respons spektrum desain yang digunakan sebagai kriteria/sasaran dalam melakukan prosedur modifikasi gerak tanah

3.1.7 spektrum risiko seragam (*Uniform risk spectrum*) permukaan

respons spektrum gempa di permukaan dimana ordinat setiap periode memiliki probabilitas risiko terlampaui yang seragam di setiap periode ulang

3.1.8 spektrum bahaya seragam (*Uniform Hazard Spectrum*) permukaan

respons spektrum gempa di permukaan dimana ordinat setiap periode memiliki probabilitas bahaya terlampaui yang seragam di setiap periode ulang

3.2 Notasi

CMS = *Conditional Mean Spectrum*

Ds = Durasi signifikan

DS₅₋₇₅ = Durasi signifikan 5 % sampai dengan 75 %

DSHA = *Deterministic Seismic Hazard Analysis*

GMPE = *Ground Motion Prediction Equation*

MCE_R = Gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan risiko tertarget (*Risk-targeted Maximum Considered Earthquake*) yang didefinisikan sebagai gempa dengan periode ulang 2475 tahun dengan 1% probabilitas risiko keruntuhan terlampaui dalam 50 tahun

PSHA = *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*

SaRotD₁₀₀ = Spektrum Respons percepatan spektral dengan orientasi sudut yang menghasilkan respons maksimum

SLE = *Service-Level Earthquake* yang didefinisikan sebagai gempa dengan periode ulang 43 tahun (50 % probabilitas terlampaui dalam 30 tahun)

Sa = parameter percepatan respons spektral pada periode getar tertentu

Sa_{GM} = parameter percepatan respons spektral geomean pada periode getar tertentu, yang didefinisikan sebagai $Sa_{GM} = \sqrt{Sa_X \times Sa_Y}$

Sa_X = parameter percepatan respons spektral komponen horizontal arah X pada periode getar tertentu

Sa_Y = parameter percepatan respons spektral komponen horizontal arah Y pada periode getar tertentu

SRSS = *square root sum square* yang didefinisikan sebagai $SRSS = \sqrt{X^2 + Y^2}$

T1_A = periode getar fundamental terbesar untuk arah respons horizontal utama

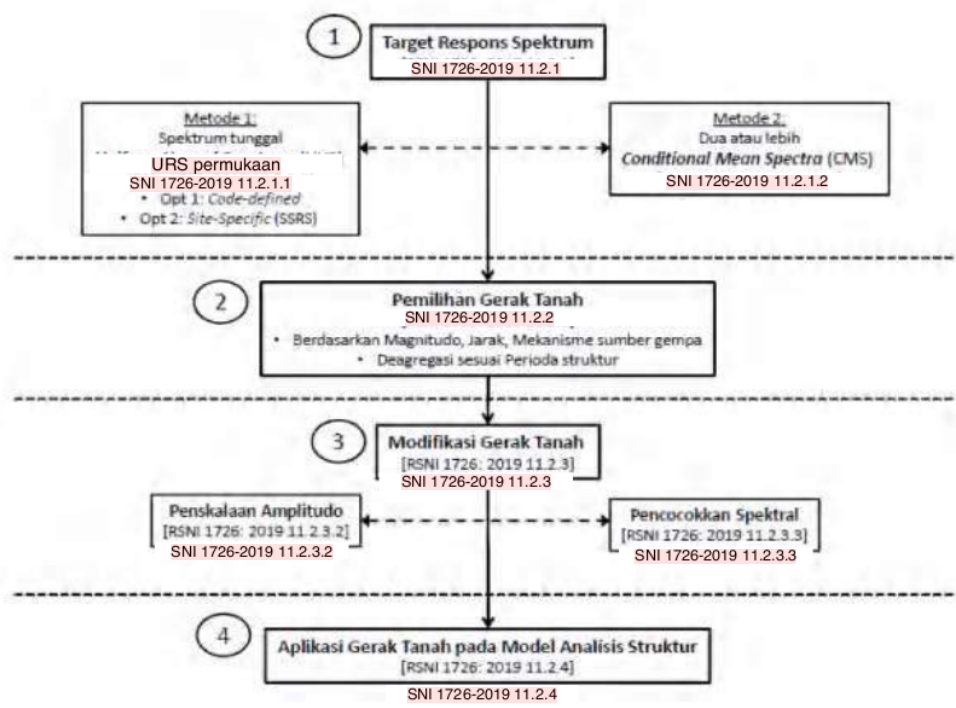
T1_B = periode getar fundamental terkecil untuk arah respons horizontal utama

- UHS = **Uniform Hazard Spectrum**
- URS = **Uniform Risk Spectrum**
- M = **magnitudo gempa**
- R = **jarak antara sumber gempa ke situs yang ditinjau**
- T* = **periode getar yang dipilih untuk perhitungan CMS**
- ϵ = **normalized residual dari suatu GMPE**
- $\mu_{ln Sa}$ = **nilai rata-rata dari logaritma percepatan spektral yang diprediksi menggunakan GMPE**
- $\sigma_{ln Sa}$ = **nilai standar deviasi dari logaritma percepatan spektral yang diprediksi menggunakan GMPE**
- ρ = **koefisien korelasi**

4 Prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah

Keseluruhan prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah dapat dibagi menjadi empat tahapan utama seperti yang diilustrasikan dalam diagram alir pada Gambar 1, yaitu mencakup:

1. Menentukan target respons spektrum [SNI 1726: 2019 Pasal 11.2.1]
2. Pemilihan gerak tanah [SNI 1726:2019 Pasal 11.2.2]
3. Modifikasi gerak tanah [SNI 1726:2019 Pasal 11.2.3]
4. Aplikasi gerak tanah pada model analisis struktur [SNI 1726:2019 Pasal 11.2.4]



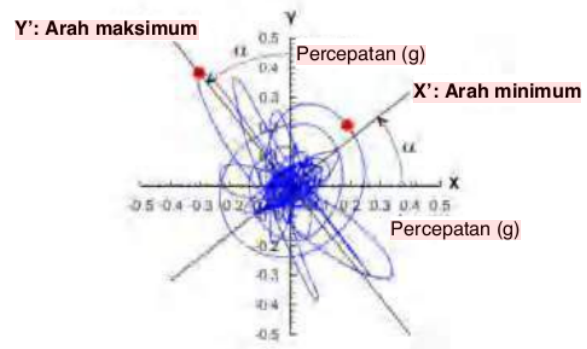
Gambar 1– Diagram alir prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah sesuai SNI 1726:2019

5 Definisi ukuran intensitas gerak tanah

Mengacu pada SNI 1726:2019 Pasal 11, gerak tanah yang digunakan dalam prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah, didefinisikan sebagai gerak tanah pada permukaan tanah dengan nilai percepatan horizontal arah maksimum digunakan sebagai ukuran intensitas. Definisi ini adalah untuk menjaga konsistensi antara gerak tanah riwayat waktu yang akan digunakan di permukaan tanah dengan definisi gerak tanah pada peta MCE_R di batuan-dasar (*bedrock*), yaitu di mana spektra percepatan pada periode 0,2 detik (S_s) dan percepatan spectral pada periode 1 detik (S_1) telah dirumuskan dan didefinisikan berdasarkan gerak tanah dengan nilai percepatan horizontal arah maksimum. Perlu diperhatikan bahwa definisi ini berlaku juga untuk level bahaya gempa pada intensitas lainnya jika diperlukan, misalnya untuk *Service Level Earthquake (SLE)* yang diperlukan dalam analisis riwayat waktu respons nonlinier.

CATATAN Sejak edisi ASCE 7-10, berdasarkan hasil studi Huang et al. 2008, diperkenalkan definisi baru ukuran intensitas gerak tanah horizontal (S_a) yang digunakan dalam perencanaan gempa. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, sepasang gerak tanah dengan 2 (dua) komponen horizontal direpresentasikan dengan respons percepatan dari suatu sistem yang memiliki satu massa terpusat dan diasosiasikan dengan periode getar dan rasio redaman tertentu. Gerak tanah horizontal arah maksimum adalah respons percepatan spektral maksimum dari sistem tersebut dengan sudut α yang menunjukkan orientasi maksimum. Jika hal serupa diberlakukan pada setiap periode getar, maka didapat respons spektrum percepatan spektral arah maksimum untuk sebuah pasangan gerak tanah dengan dua komponen horizontal. Dengan demikian, konsisten dengan definisi yang tercantum dalam ASCE 7-16, semua respons spektrum percepatan spektral yang dibahas dalam dokumen ini sudah mencakup dua arah komponen horizontal (*bidirectional*), yaitu respons spektrum percepatan spektral arah-maksimum atau sering juga disebut respons spektrum percepatan spektral $S_{aRotD_{100}}$ (respons spektrum berdasarkan sepasang gerak tanah horizontal 100th persentil (maksimum) dengan orientasi maksimum (α) yang bersifat *period-dependant*). Dalam kaitannya dengan pengembangan pasangan gerak tanah, maka 2 (dua) komponen horizontal rekaman asli gerak tanah perlu dicari orientasi respon arah maksimumnya (sebagai ganti dari SRSS yang didefinisikan sebelumnya dalam SNI 1726:2012 atau ASCE 7-10), sebelum dilakukan penskalaan ataupun pencocokan terhadap spektrum target yang direkomendasikan.

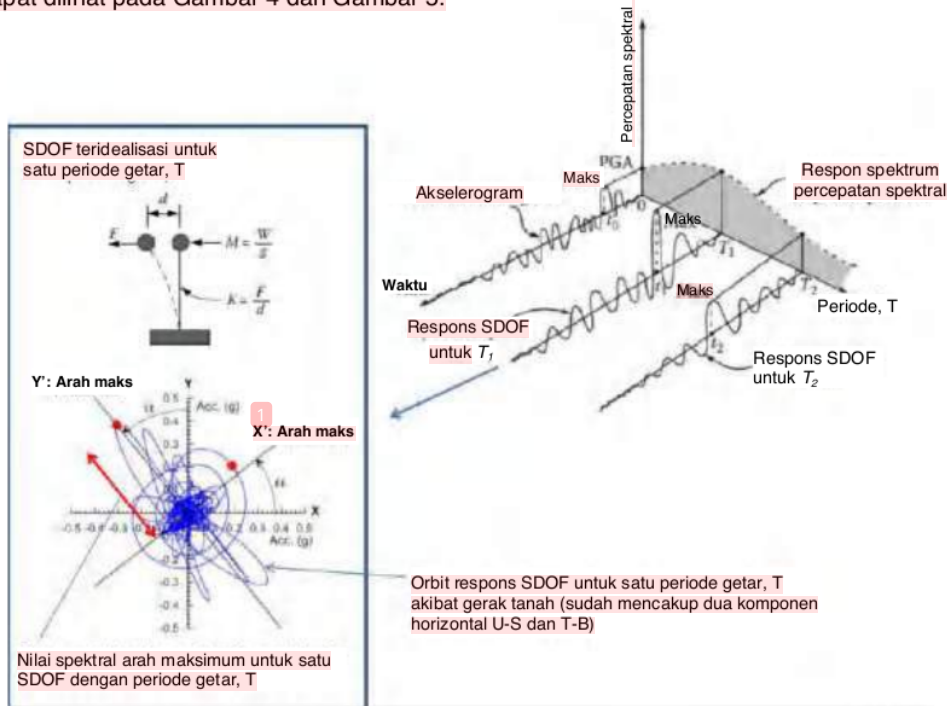
Sebagai catatan, definisi tersebut berbeda dengan definisi yang diterapkan dalam edisi ASCE 7 sebelumnya (termasuk ASCE 7-05), di mana ukuran intensitas gerak tanah diambil berdasarkan rata-rata geometrik, S_{aGM} , yang didapat dengan menggunakan persamaan: $S_{aGM} = \sqrt{S_{aX} \times S_{aY}}$, di mana S_{aX} dan S_{aY} , merupakan nilai percepatan spektral untuk masing-masing arah horizontal komponen gerak tanah.



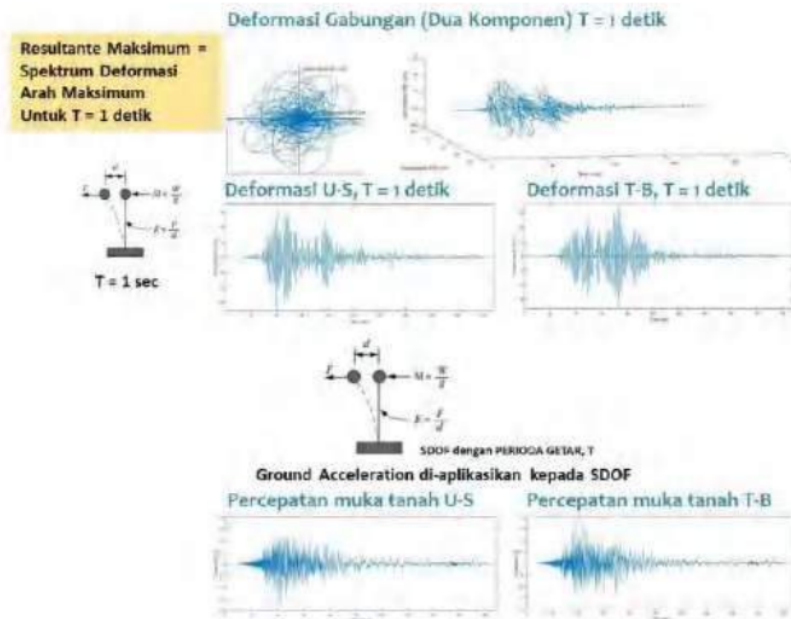
Gambar 2 - Orbit percepatan suatu sistem osilator yang memiliki satu massa terpusat dan diasosiasikan dengan periode getar dan rasio redaman tertentu untuk menentukan respons percepatan arah-maksimum (Huang dkk, 2008)

Spektrum arah maksimum suatu pasang komponen gerak tanah horizontal dapat dibuat konsisten dengan definisi ukuran intensitas gerak tanah yang dijelaskan dalam Pasal 3.2.

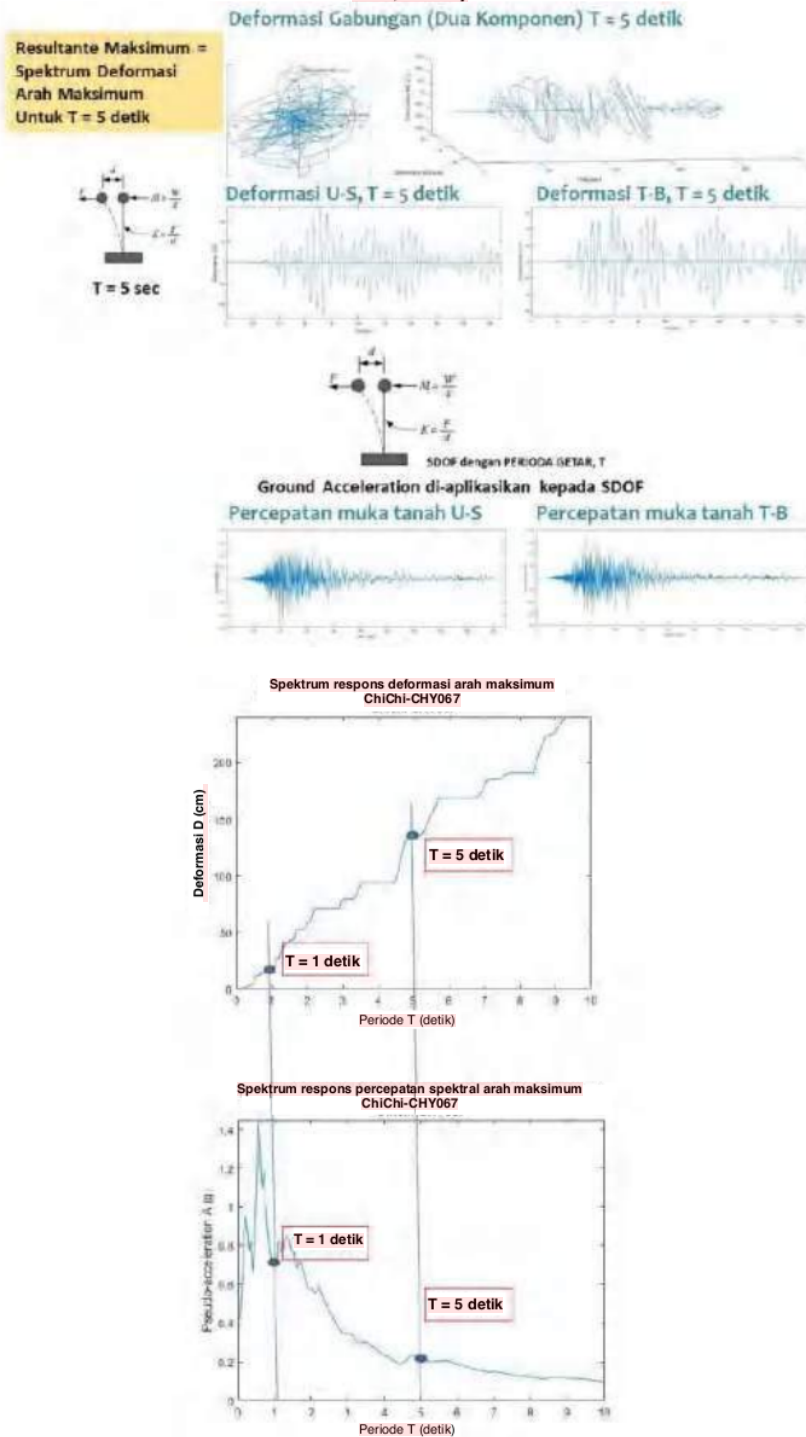
Diagram skematik prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum dapat dilihat pada Gambar 3. Contoh aplikasi penerapan prosedur tersebut dengan tahapan-tahapan yang rinci dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3 – Diagram skematik prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (Huang dkk, 2008)



Gambar 4 – Prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (bagian 1) (Nick dkk, 2019)



Gambar 5 – Prosedur pembuatan respons spektrum arah maksimum (bagian 2) (Nick dkk, 2019)

6 Target respons spektrum

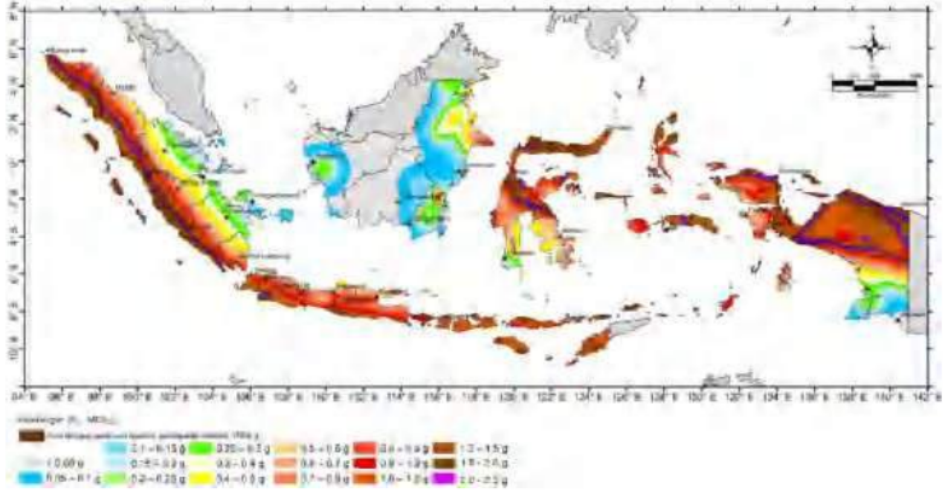
Dalam SNI 1726:2019 Pasal 11.2.1, target respons spektrum gempa yang dipakai adalah spektrum MCE_R pada permukaan tanah dengan redaman 5%. Dua metode dapat digunakan dalam membuat target respons spektrum, yaitu:

6.1 Metode 1: Spektrum tunggal Risiko Seragam (*Uniform Risk Spectrum - URS*) di permukaan

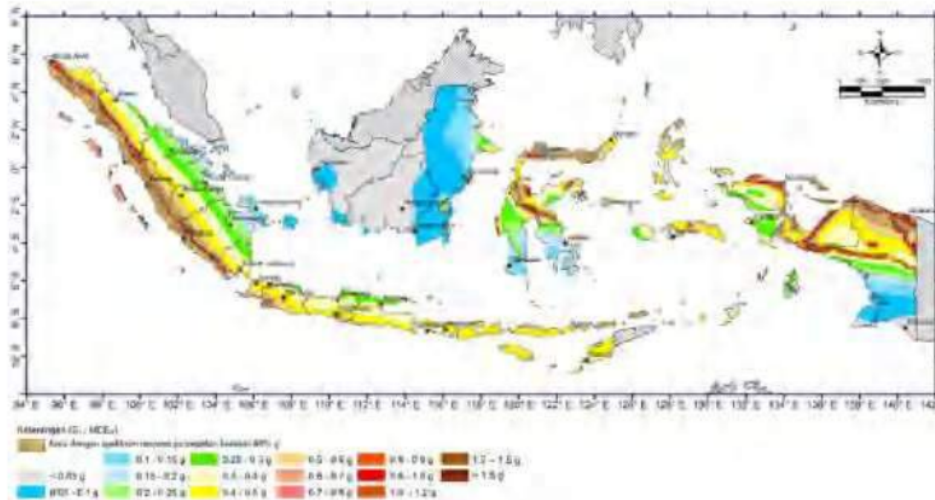
Sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 6.8, untuk struktur pada semua kelas situs SA, SB, SC, SD, dan SE, target respons spektrum MCE_R dapat dibuat dengan mengalikan respons spektrum desain (*Design-Based Earthquake - DBE*) dengan faktor 1,5, di mana spektrum desain tersebut dapat langsung dibuat sesuai SNI 1726:2019 Pasal 6.4 menggunakan nilai-nilai parameter percepatan dan koefisien situs spesifik yang sudah tersedia dalam peraturan SNI 1726:2019 (Gambar 7). Sebagai alternatif, untuk kelas situs SA, SB, SC, SD, dan SE, diijinkan menggunakan analisis respons spektrum spesifik situs sesuai prosedur yang tercantum dalam SNI 1726:2019 Pasal 6.10.

Untuk kelas situs SF, SNI 1726:2019 Pasal 6.9 mengharuskan penggunaan analisis respons spektrum spesifik situs dalam membuat target respons spektrum mengikuti prosedur yang tercantum dalam SNI 1726:2019 Pasal 6.10.

CATATAN Penggunaan spektrum tunggal risiko seragam di permukaan sebagai target respons spektrum untuk basis seleksi dan modifikasi gerak tanah merupakan pendekatan yang cukup konservatif karena secara prinsip, spektrum dibuat dengan mengambil *envelope* dari hasil analisis *hazard* gempa (PSHA dan DSHA) di setiap periode. Dalam kondisi riil, tentunya nilai respons percepatan pada kurva spektrum tunggal risiko seragam di permukaan untuk rentang periode struktur yang dikaji, bisa saja disebabkan hanya dari sepasang gerak tanah individu.



Gambar 6 - Parameter gerak tanah, S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%) pada kelas situs BC (S_{BC}) (SNI 1726:2019)



Gambar 7 -Parameter gerak tanah, S₁, gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_r) wilayah Indonesia spektrum respons 1 detik (redaman kritis 5%) pada kelas situs BC (S_{BC}) (SNI 1726:2019)

6.2 Metode 2: Dua atau lebih Spektrum Rata-rata Terkondisi (CMS)

Dua spektrum respons target spesifik situs, atau lebih, harus dibuat. Apabila metode ini digunakan, ketentuan-ketentuan berikut harus dipenuhi, selain juga ketentuan-ketentuan lain dalam Pasal ini:

1. Dua periode, atau lebih, harus dipilih, sesuai dengan ragam-ragam getar yang memberikan kontribusi signifikan terhadap respons dinamik inelastis gedung pada dua arah ortogonal. Dalam pemilihan periode, perpanjangan dari periode elastis harus ikut dipertimbangkan,
2. Untuk setiap periode yang dipilih, suatu spektrum target harus dibuat sehingga cocok atau melebihi nilai MCE_r pada periode tersebut. Saat membuat spektrum target (1) deagregasi situs spesifik hasil PSHA harus dilakukan untuk mengidentifikasi peristiwa-peristiwa gempa yang memberikan kontribusi terbesar kepada gerak tanah MCE_r pada periode yang dipilih dan (2) spektrum target tersebut harus dibuat agar mencakup suatu bentuk spektral untuk kombinasi magnitudo dan jarak dominan yang terasosiasi dengan satu sumber gempa paling dominan berdasarkan hasil deagregasi,
3. Nilai selubung dari kombinasi spektrum-spektrum target tidak boleh kurang dari 75% nilai spektral yang dihitung menggunakan metode 1, untuk semua rentang periode yang berlaku,
4. Untuk setiap spektrum respons target, satu rangkaian gerak tanah untuk analisis respons riwayat waktu harus dibuat menggunakan prosedur pemilihan dan modifikasi gerak tanah. Ketentuan-ketentuan kriteria penerimaan struktur (baik secara global maupun untuk komponen individu) harus dievaluasi secara independen untuk setiap rangkaian gerak tanah,
5. Target spektrum harus dikondisikan pada periode yang dipilih, T*, dimana nilai rata-rata magnitudo (M), jarak (R), dan epsilon (ε) ditentukan dari hasil deagregasi PSHA yang terasosiasi dengan Sa(T*). Epsilon (ε) didefinisikan sebagai nilai kelipatan standar deviasi untuk mengukur besarnya perbedaan nilai ln(Sa) terhadap nilai rata-rata ln(Sa),
6. Target spektrum harus dibuat secara deterministik yang terasosiasi dengan nilai M dan R tertarget berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi respons spektrum ($\mu_{ln Sa}(M,R,T)$ dan $\sigma_{ln Sa}(T)$) pada semua periode, menggunakan fungsi atenuasi (*Ground Motion*

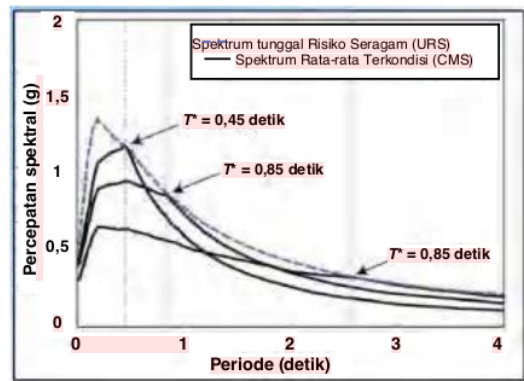
Prediction Equation – GMPE) yang konsisten dengan persamaan GMPE untuk pengembangan peta bahaya gempa Indonesia 2017 (Irsyam et al, 2017),

7. Ordinat spektral target spektrum CMS pada semua periode harus dibuat menggunakan koefisien korelasi epsilon (ρ) antar periode yang dirumuskan oleh Baker dan Jayaram (2008).

Variasi terhadap prosedur yang dibahas dalam Pasal ini diijinkan untuk digunakan apabila disetujui oleh penelaah desain.

CATATAN Dalam SNI 1726:2019, diijinkan penggunaan metode alternatif dalam membuat target respons spektrum, yaitu dengan menggunakan spektra CMS sebanyak dua atau lebih. Meskipun CMS dapat menghasilkan estimasi respons struktur yang memadai untuk satu periode struktur akibat satu skenario gempa, namun spektrum ini tidak dapat menangkap respons struktur dalam rentan periode lain akibat skenario gempa yang berbeda. Oleh karena itu, CMS harus diaplikasikan dengan penggunaan lebih dari satu spektrum, agar dapat menangkap respons struktur mempertimbangkan berbagai skenario gempa secara menyeluruh (Gambar 8). Gambar tersebut juga menunjukkan perbandingan antara respons spektrum URS dan CMS. Sesuai pasal, kriteria penerimaan struktur harus dilakukan secara independen untuk setiap target respons spektrum CMS sehingga akan meningkatkan upaya dan waktu komputasi serta evaluasi secara signifikan.

Gambar 9 sampai dengan Gambar 12 menunjukkan gambaran prosedur pembuatan spektra CMS.



Gambar 8 - Spektrum URS tunggal dan beberapa spektra CMS (ASCE 7-16 commentary)

8.3 Pencocokan spektral

Dalam prosedur ini, setiap pasang gerak tanah harus dimodifikasi agar rata-rata dari respons spektra arah maksimum tidak kurang dari 110% target respons spektrum pada rentang periode yang berlaku. Untuk memenuhi persyaratan, dapat digunakan dua jenis metode, yaitu metode Pencocokan Spektral Ketat (*Tight Spectral Matching*) dan metode Pencocokan Spektral Rata-rata (*Mean Spectrum Matching*). Dalam metode Pencocokan Spektral Ketat, nilai ordinat spektral setiap respons spektrum individu dicocokkan terhadap 110% dari nilai target respons spektrum. Dalam metode Pencocokan Spektral Rata-rata, nilai ordinat spektral rata-rata dicocokkan terhadap 110% dari nilai target respons spektrum. Hasil pencocokan spektral dianggap dapat diterima jika:

1. Spektrum hasil pencocokan bentuknya mirip dengan spektrum target,
2. Karakteristik nonstasioner dari gerakan tanah asli (*seed motion*) harus tetap dipertahankan, agar tidak terjadi perbedaan fase antara gerakan riwayat waktu tanah asli dengan riwayat waktu termodifikasi,
3. Intensitas Arias dari riwayat waktu gerakan tanah asli dan gerakan termodifikasi harus mirip.

CATATAN Prosedur alternatif pencocokan spektral sudah dibakukan pada edisi ASCE 7-16. Persyaratan yang lebih berat diterapkan untuk prosedur ini dibandingkan prosedur penskalaan amplitudo karena prosedur pencocokan spektral, berpotensi menghilangkan variasi dalam spektra gerak tanah dan menurunkan nilai rata-rata respons spektra. Beberapa teknik untuk melakukan modifikasi gerak tanah berbasis pencocokan spektral tersedia pada laporan NIST GCR 11-917-15 (NIST 2011). Metode pencocokan spektral dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu Pencocokan Spektral Ketat dan Pencocokan Spektral Rata-rata.

Gambar 17 menunjukkan gambaran perbandingan antara metode penskalaan amplitudo dan metode pencocokan spektral ketat, dimana terlihat variasi spektra gerak tanah tetap dipertahankan jika modifikasi dilakukan dengan metode penskalaan amplitudo. Sebaliknya, variasi tersebut hampir tidak terlihat jika modifikasi dilakukan dengan metode pencocokan spektral ketat.

Gambar 18 menunjukkan gambaran perbandingan antara dua jenis metode pencocokan spektral yang menunjukkan beberapa keunggulan metode Pencocokan Spektral rata-rata dibandingkan metode pencocokan spektral ketat, yaitu:

1. Metode Pencocokan Spektral Rata-rata dapat mempertahankan variabilitas antar-rekaman dengan sangat baik,
2. Metode Pencocokan Spektral Rata-rata meminimalisir taraf modifikasi yang diterapkan pada gerak tanah asal sehingga dapat mempertahankan karakteristik dinamik dari rekaman gerak tanah asli.

Secara definisi, pencocokan spektral adalah proses di mana gerakan tanah asli dimodifikasi sampai respons akselerasi spektral yang dihasilkan sesuai dengan suatu spektrum respons yang ditargetkan. Tujuan dari pencocokan spektral adalah untuk mengurangi tinggi dan rendahnya puncak spektral dari gerakan tanah asli, sementara tetap menjaga karakteristik nonstasioner dari riwayat waktu gerakan tanah asli (Atik dan Abrahamson, 2010). Beberapa iterasi biasanya diperlukan untuk mendapatkan konvergensi yang bisa diterima antara spektra respons percepatan dari riwayat waktu gempa dengan spektra respons desain. Jika terjadi *offset* permanen pada riwayat waktu perpindahan (*displacement time history*), koreksi dasar (*baseline correction*) diperlukan. Kebutuhan menerapkan koreksi dasar bergantung pada persamaan gelombang yang digunakan dalam *algoritme* pencocokan spektral. Contoh dari pencocokan spektral yang dapat diterima ditunjukkan pada Gambar 19.

BIBLIOGRAFI

- [1] Alexander, N., Sukamta, D., Irsyam, M. (2019). Pemilihan Dan Modifikasi Ground Motion Sesuai SNI 1726: 2019 Untuk Perancangan Gedung Tahan Gempa Indonesia. Prosiding PIT XXIII, KOGEI XI. Jakarta.
- [2] Arup. San Francisco (personal communication, August 2019).
- [3] ASCE 7 (2016). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-16), American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- [4] Atik L, and Abrahamson, N. (2010) An Improved Method for Nonstationary Spectral Matching. Earthquake Spectra, Vol 26, No.3, pages 601-617, August 2010.
- [5] Baker, J.W. (2011). Conditional Mean Spectrum: Tool for Ground-Motion Selection. Journal of Structural Engineering 137(3):322-3311943.
- [6] Chandramohan R, Baker J., and Deierlein, G. (2016) Impact of Hazard-consistent Ground Motion Duration in Structural Collapse Risk Assessment. Earthquake Engineering & Structural Dynamics. 2016; 45: 1357-1379
- [7] Huang, Y. N., Whittaker, A. S., and Luco, N. (2008). Maximum Spectral Demands in the Near-Fault Region. Earthquake Spectra. 2008, Vol 24, 319-341
- [8] Irsyam, M., Hendriyawan, Natawijaya, D.H., Widiyantoro, S., Asrurifak, M., Meilano, I., Triyoso, W., Hidayati, S., Rudiyanto, A., Sabaruddin, A., Faisal, L. (2017). Development of New Seismic Hazard Maps of Indonesia 2017. Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Seoul, South Korea.
- [9] Pusat Studi Gempa Nasional (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Bandung, Indonesia: Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. ISBN: 978-602-5489-01-3.
- [10] Magnusson Klemencic & Associates (personal communication, July 2019).
- [11] Mazzoni, S., Hachem, M., and Sinclair, M (2012). An Improved Approach for Ground Motion Suite Selection and Modification for Use in Response History Analysis. Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering. Lisboa.
- [12] NIST (2011). Selecting and Scaling Earthquake Ground Motions for Performing Response-History Analysis (NIST GCR 11-917-15), National Institute of Standards and Technology, USA
- [13] PEER (2017). Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Buildings version 2.03, (Report No. 2017/06), Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA
- [14] SNI 1726:2019. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Standar Nasional Indonesia
- [15] Sukamta D, Alexander N. (2012). State of Practice of Performance-Based Seismic Design in Indonesia. International Journal of High-Rise Buildings. 2012, Vol 1, No. 3, 211-220
- [16] Watson-Lamprey J, Abrahamson N. (2006) Selection of Ground Motion Time Series and Limits on Scaling. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2006, Vol 26, 477-482
- [17] Zareian, F. and Zhong, P (2010) Ground Motion Selection and Scaling for the Analysis of the Tall Building Case Studies. PEER, 2010.



Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Ketua : Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES
Wakil Ketua : Ir. Lutfi Faizal
Sekretaris : Dany Cahyadi, S.T., M.T.
Anggota : 1. Ir. RG Eko Djuli Sasongko, M.M.
2. Prof. Dr. Ir. Suprpto, M.Sc., FPE., IPM.
3. Dr. Ir. Johannes Adhijoso Tjondro, M.Eng
4. Ir. Asriwiyanti Desiani, M.T.
5. Ir. Felisia Simarmata
6. Ir. Suradjin Sutjipto, MS
7. Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman
8. Prof. Bambang Suryoatmono

[3] Konseptor Penyusun SNI

NO.	NAMA	INSTANSI	KEANGGOTAAN
1	Ir. Lutfi Faizal	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR	Koordinator
2	Ir. Davy Sukamta, IP-U	DSP, HAKI, HATTI	Ketua
3	Prof. Ir. Masyhur Irsyam, MSE., Ph.D	ITB, HATTI, AIPI	Wakil Ketua
4	Nick Alexander, M.Sc	DSP, HAKI	Sekretaris
5	Hendriyawan, ST, MT, Ph.D	ITB, HATTI	Sekretaris
6	Ir. Sindhu Rudianto, MSCE	HATTI, GP	Anggota
7	Daniel Hutabarat, ST, MSCE	UC Berkeley College of Engineering California, HATTI	Anggota
8	Dr. Ir. M. Asrurifak, MT	ISTN Jakarta, HATTI	Anggota
9	Prof. Ir. I Wayan Sengara, MSCE, Ph.D	ITB, AARGI, HATTI	Anggota
10	Fahmi Aldiamar, ST, MT	Puslitbang Jalan dan Jembatan, Kementerian PUPR, HATTI	Anggota
11	Ir. Hendra Jitno, MASc, Ph.D	HATTI	Anggota
12	Dr. Ir. Mohamad Ridwan	Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR	Anggota

[4] Sekretariat pengelola Komite Teknis/Subkomite Teknis perumus SNI

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa

ORIGINALITY REPORT

96%

SIMILARITY INDEX

96%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.upi-yai.ac.id

Internet Source

96%

2

[Submitted to Syiah Kuala University](#)

Student Paper

<1%

3

herbycalvinpascal.files.wordpress.com

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Tata cara pemilihan dan modifikasi gerak tanah permukaan untuk perencanaan gedung tahan gempa

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21
