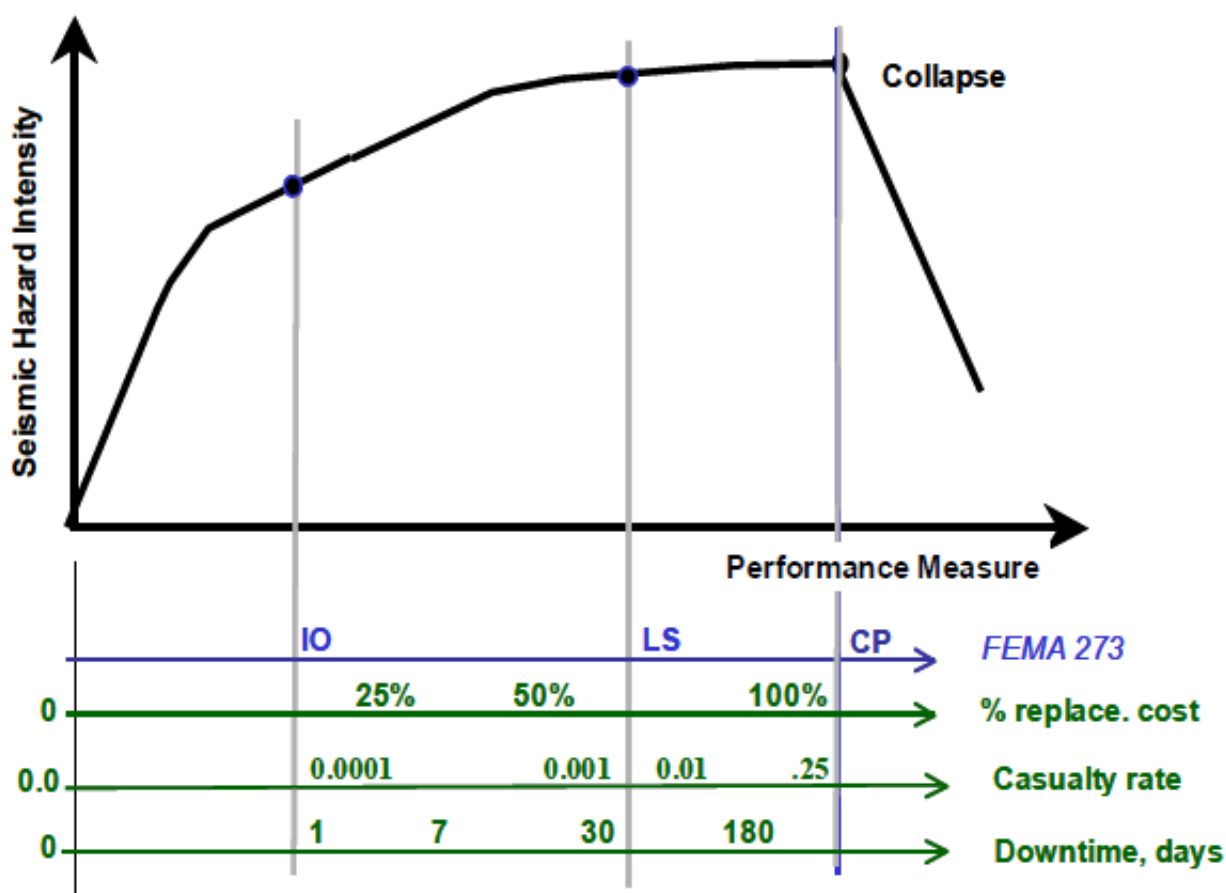


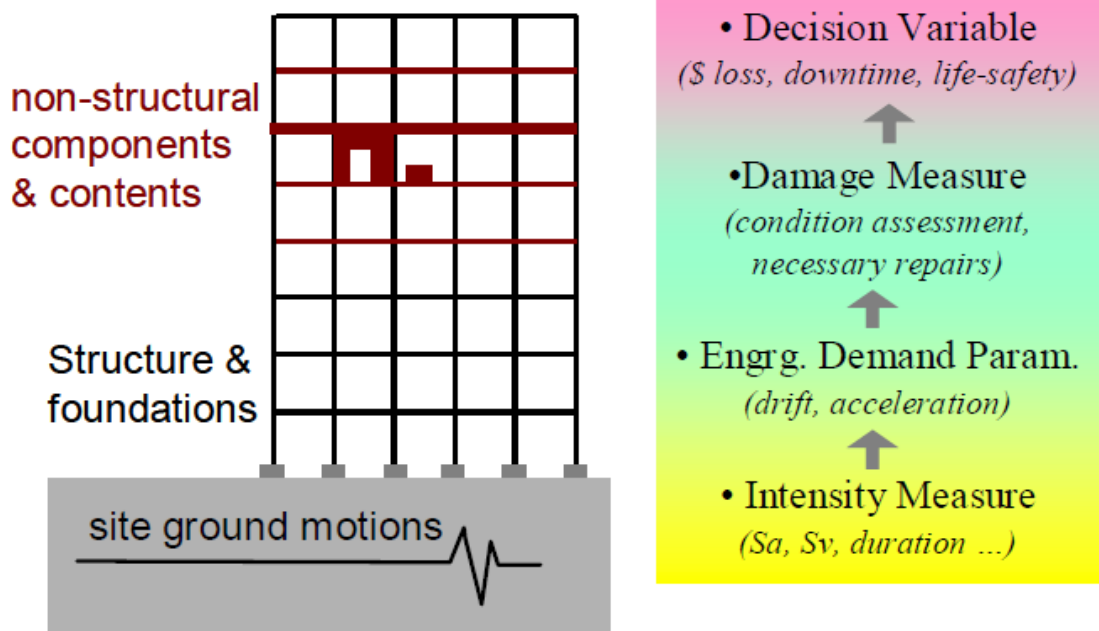
Introduction to Performance-Based Earthquake Engineering (PBEE)

Tulisan ini didedikasikan untuk Prof. Helmut Krawinkler yang meninggal dunia tanggal 16 April 2012 akibat komplikasi tumor otak. Prof. Krawinkler adalah seorang profesor Emeritus di Stanford University yang mempunyai kontribusi yang besar dalam topik *Performance-Based Earthquake Engineering (PBEE)*. *Performance-based Earthquake Engineering* atau perencanaan tahan gempa berbasis kinerja adalah sebuah metodologi yang bertujuan untuk mempermudah pengambilan keputusan melalui penilaian atau metode desain yang lebih transparan dan informatif dibandingkan dengan metode yang dipakai saat ini yang lebih preskriptif. Ciri utama PBEE adalah definisi dari kinerja (performance) yang mempengaruhi keputusan mitigasi resiko gempa. Kinerja-kinerja ini bisa merefleksikan total kerugian keuangan, kerugian 'downtime', dan resiko jatuhnya korban bencana. Biasanya insinyur struktur bangunan mendefinisikan kinerja dari sebuah struktur berdasarkan parameter-parameter teknik yang terbatas seperti deformasi struktur dan gaya. Tujuan dari PBEE adalah untuk memperluas definisi ini ke metrik-metrik kinerja yang dapat langsung diterapkan. Generasi pertama dari prosedur penilaian PBEE dapat ditemukan di FEMA 273 (1997) yang mengindeks kerusakan bangunan ke dalam tiga kategori, yakni *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)* dan *Collapse Prevention (CP)*. Namun relasi antara indeks ini dan kinerja hanyalah aproksimasi yang ditentukan berdasarkan kalibrasi ekspektasi kinerja yang ditetapkan oleh SNI. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana menghubungkan parameter teknik (seperti *story drift*) dengan metrik kinerja (seperti kerugian keuangan (*dollar loss*), jumlah korban (*casualty rate*) dan *downtime*). Seperti yang bisa dilihat dari Gambar 1, PBEE memberikan tolak ukur kinerja yang lebih konkrit dibandingkan dengan ketiga kategori yang disebut di atas.



Gambar 1 – Kurva *pushover* dengan representasi penilaian kinerja gempa

Gambar 2 menunjukkan keempat parameter yang membentuk basis dari sebuah kerangka penilaian PBEE. Proses ini dimulai dengan definisi *Intensity measure (IM)* gerakan tanah yang menetapkan secara probabilistik fitur-fitur gerakan tanah yang mempengaruhi tanggapan struktur. *Intensity Measure* ini umumnya meliputi parameter seperti percepatan/kecepatan puncak tanah, atau percepatan/kecepatan spektral. Istilah berikutnya, *Engineering Demand Parameter (EDP)*, menguraikan tanggapan struktur dalam bentuk deformasi, percepatan atau kuantitas lainnya yang diperoleh dari simulasi bangunan yang terancam gempa. Contoh parameter yang termasuk dalam *EDP* adalah *story drift*, deformasi inelastis komponen, percepatan dan kecepatan lantai, dan juga tolak ukur kerusakan kumulatif seperti disipasi



Gambar 2 - Komponen-komponen dari metodologi penilaian berbasis kinerja Aspek yang paling menonjol dari kerangka PBEE dibandingkan dengan metode desain tradisional adalah perhitungan eksplisit *Damage Measures* dan *Decision Variables*. *Damage Measures (DM)* adalah kondisi fisik dari struktur dan komponennya sebagai fungsi *EDP* yang dikenakan. Tingkat kerusakan *DM* ditulis dalam bentuk konsekuensi kerusakan seperti: (1) perbaikan yang diperlukan terhadap komponen-komponen struktur dan nonstruktur sebagai fungsi deformasi (2) Degradasi kinerja yang diharapkan pada saat gempa-gempa mendatang (3) Implikasi keselamatan hidup sebagai akibat dari kebakaran, pintu darurat yang terblokir atau benda-benda yang berjatuh (4) dan lain sebagainya Setelah *DM* ditentukan, langkah terakhir adalah perhitungan *Decision Variables (DV)* yang menerjemahkan tolak ukur kerusakan menjadi kuantitas yang memungkinkan keputusan manajemen resiko yang menyangkut kerugian keuangan dan kerugian hidup. Keempat parameter (*IM*, *EDP*, *DM*, dan *DV*) dari kerangka penilaian PBEE menghasilkan sebuah persamaan yang menyatakan akibat dari gempa secara probabilistik:

$$\lambda(DV) = \iiint G(DV|DM) dG(DM|EDP) dG(EDP|IM) d\lambda(IM)$$

Persamaan ini

berasal dari teori probabilitas total, dimana ketidakpastian setiap aspek dari solusi ditulis dalam bentuk probabilitas kondisional independen. Kuantitas di sebelah kiri persamaan adalah deskripsi secara probabilistik dari *Decision Variable* seperti frekuensi tahunan rata-rata *DV* tersebut melampaui sebuah nilai tertentu. Contohnya, frekuensi tahunan rata-rata kerugian keuangan melampaui 50% ongkos penggantian fasilitas. Kerangka PBEE ini masih berada dalam tahap awal integrasi ke dalam standar nasional Amerika, namun konsep ini sudah semakin populer di kalangan insinyur struktur karena komunikasi dengan pihak pemilik bangunan, pemerintah dan orang awam dapat diperlancar dengan menggunakan parameter kinerja yang lebih mudah dimengerti masyarakat non-teknis. Referensi: 1. Deierlein, G.G., Krawinkler, H., Cornell, C.A. *A Framework for Performance-Based Earthquake Engineering*. 2003 Pacific Conference on Earthquake Engineering.