

Seminar dan Pameran HAKI 2018

28 - 29 Agustus 2018, Hotel Borobudur, Jakarta

Analisis Kekuatan Batas Perancah Baja dengan *Direct Analysis Method* (DAM)

Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT.

Dosen, Universitas Pelita Harapan, Tangerang
Anggota, Komite Keselamatan Konstruksi, Kementerian PUPR

Ir. Wawan Chendrawan, MT.

Direktur, PT. GISTAMA INTISEMESTA, Jakarta





Analisis Kekuatan Batas Perancah Baja dengan **Direct Analysis Method** (DAM)

ABSTRAK

- **Analisis beban maksimum struktur**, penting untuk tahu **beban kerja aman**. Caranya : 1. Uji beban **empiris**; dan 2. Simulasi **numerik** komputer.
- Simulasi numerik perlu **program komputer inelastis non-linier**, yang rumit. **Alternatif lain yang baru dan sederhana** adalah **Direct Analysis Method (DAM)**. Metode perencanaan struktur baja baru di **SNI 1729-2015**.
- Strateginya, **pembebanan bertahap**, tiap tahap dievaluasi khusus. Pada presentasi ini terbukti bahwa **cara DAM terkalibrasi** dapat dipakai untuk melacak beban maksimum (ultimate) suatu struktur dengan baik.
- **Cara baru** ini dapat **mengevaluasi efektivitas penempatan bracing** atau pertambahan lateral. Ini cocok untuk struktur baja **jenis portal bergoyang** yang kekuatannya sangat dipengaruhi oleh permasalahan stabilitas.
- **Kata kunci**: Perancah Baja, DAM, analisis orde ke-2, beban ultimate



Pemakaian Istilah Asing

ANSI/AISC 360-10

Direct Analysis Method of Design

Alternative Methods of Design

SNI 1729:2015

Metode Analisis Langsung Desain

Metode Alternatif Desain

ACI 318M-11

Direct design method

SNI 2847:2013

Metode desain langsung



Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

- ❑ AISC. (**2010**). “*Spec. for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*”
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2011**). “Era Baru Perancangan Struktur Baja berbasis Komputer pakai DAM– AISC 2010”, Seminar HAKI, Juli 2011, Jakarta
- ❑ **Dewobroto**, W. dan Eddiek Ruser (**2013**). “Pengaruh Kelangsingan Portal Baja thd Efektivitas DAM vs Metode KL/r”, Konteks ke-7, UNS, Okt. 2013
- ❑ **Dewobroto**, W., dan H. Marianto .(**2015**). “Analisis Stabilitas Perancah Bertingkat dengan Advance Analysis & DAM”, SNSRT UPH, Tangerang
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2015**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Penerbit JTS-UPH, Tangerang
- ❑ SNI 1729: **2015**. “*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*”
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2016**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.
- ❑ **Dewobroto**, W. & W. **Chendrawan** (07-26-**2018**) : Manuscript #: SCENG-607R1 (*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the DAM*). **ASCE** - Practice Periodical on Structural Design and Construction



Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

■ AISC. (2010). “*Spec. for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*”

■ Dewobroto, W. (2011). “Era Baru Perencanaan Struktur Baja berbasis Komputer pakai DAM– AISC 2010”, Seminar HAKI, Juli 2011, Jakarta

■ Dewobroto, W. dan Eddick Bruce (2013). “Dampak Kelengkapan Portal Baja terhadap Perencanaan Struktur Baja”, 2013

■ Dewobroto, W. (2013). “Perencanaan Struktur Baja Berbasis Bertingkat”, 2013

■ Dewobroto, W. (2010). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010”, Penerbit JTS-UPH, Tangerang

■ SNI 1729: 2015. “*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*”

■ Dewobroto, W. (2016). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010”, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.

■ Dewobroto, W. & W. Chendrawan (07-26-2018) : Manuscript #: SCENG-607R1 (*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the DAM*). ASCE - Practice Periodical on Structural Design and Construction

DAM resmi jadi metoda utama perencanaan struktur baja di **Amerika**. setelah sebelumnya hanya dimuat di **Appendix 7** di **AISC 360-05**



Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

- ❑ AISC. (**2010**). “*Spec. for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*”
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2011**). “Era Baru Perancangan Struktur Baja berbasis Komputer pakai DAM– AISC 2010”, Seminar HAKI, Juli 2011, Jakarta
- Dewobroto, W. dan Eddiek Ruser (2013). “Pengaruh Kelangsingan Portal Baja thd Efektivitas DAM vs Metode Lain”, Konteks ke-7, UNS, Okt. 2013
- Dewobroto, W. dan H. Marianto (2015). “Analisis Stabilitas Perancah Bertingkat”, JTS UPH, Tangerang
- Dewobroto, W. (2016). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010”, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.
- SNI 1726:2015 “Beban – AISC 2010”
- Dewobroto, W. & W. Chendrawan (07-26-2018) : Manuscript #: SCENG-607R1 (*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the DAM*). ASCE - Practice Periodical on Structural Design and Construction

Pertama kali presentasi di Seminar HAKI di Jakarta, juga dibuktikan **SAP2000 ver 7.40** yang kuno bisa dipakai mendukungnya



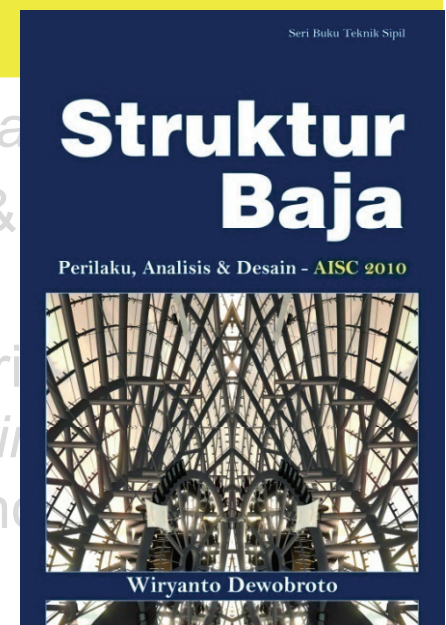
Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

- ❑ AISC. (**2010**). “*Spec. for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*”
- ❑ Dewobroto, W. (**2011**). “Era Baru Perancangan Struktur Baja berbasis Komputer pakai DAM– AISC 2010”, Seminar HAKI, Juli 2011, Jakarta
- ❑ **Dewobroto**, W. dan Eddiek Ruser (**2013**). “Pengaruh Kelangsingan Portal Baja thd Efektivitas DAM vs Metode KL/r”, Konteks ke-7, UNS, Okt. 2013
- ❑ **Dewobroto**, W., dan H. Marianto .(**2015**). “Analisis Stabilitas Perancah Bertingkat dengan Advance Analysis & DAM”, SNSRT UPH, Tangerang
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2015**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Penerbit JTS-UPH, Tangerang

■ SNI 1729: 2015. “*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja*”

■ Dewobroto. W.(2016). “Struktur Baja – Perilaku. Analisis & Desain”

Buku **berbahasa Indonesia pertama** yang membahas DAM dan contoh aplikasinya.





Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

- ❑ AISC. (**2010**). “*Spec. for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*”
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2011**). “Era Baru Perancangan Struktur Baja berbasis Komputer pakai DAM– AISC 2010”, Seminar HAKI, Juli 2011, Jakarta
- ❑ **Dewobroto**, W. dan Eddiek Ruser (**2013**). “Pengaruh Kelangsingan Portal Baja thd Efektivitas DAM vs Metode KL/r”, Konteks ke-7, UNS, Okt. 2013
- ❑ **Dewobroto**, W., dan H. Marianto .(**2015**). “Analisis Stabilitas Perancah Bertingkat dengan Advance Analysis & DAM”, SNSRT UPH, Tangerang
- ❑ **Dewobroto**, W. (**2015**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Penerbit JTS-UPH, Tangerang
- ❑ **SNI 1729: 2015**. “*Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*”
- Dewobroto, W.(**2016**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.
- Dewobroto, W. (**2016**). “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.

SNI perencanaan struktur baja terbaru
adopsi penuh *code* Amerika (AISC 2010)



Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia



■ **Dewobroto, W.(2016).** “Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010“, Edisi ke-2, Penerbit JTS UPH, Tangerang.

■ Dewobroto, W. & W. Chendrawan (07-26-2018) : Manuscript #: SCENG-607R1 (*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the DAM*). A

Buku berbahasa Indonesia kedua yang membahas DAM dan contoh aplikasinya.



Kronologi Perkembangan Teori **Direct Analysis Method** (AISC 2010) di Indonesia

- Diterima terbit di **Jurnal International Bereputasi - Q3** (www.scimagojr.com) adalah petunjuk jika isinya mengandung unsur **orisinilitas** atau **kebaruan** di tingkat dunia.
- 
- **Dewobroto**, W. & W. **Chendrawan** (07-26-**2018**) : Manuscript #: SCENG-607R1 (*Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings using the DAM*). **ASCE** - Practice Periodical on Structural Design and Construction

Ultimate Load Capacity Analysis of Steel Scaffoldings Using Direct-Analysis Method

Wiryanto Dewobroto¹ and Wawan Chendrawan²

Abstract: For ensuring the safe load capacity of steel scaffoldings, the ultimate load capacity analysis is performed including an experimental test and numerical modeling. The test is relatively costly; therefore, it is used specifically for small configurations. Then, the parametric methods based on the calibrated numerical modeling are used. The ultimate strength analysis of steel structure requires a sophisticated nonlinear inelastic computer analysis and cumbersome procedure. As an alternative, elastic second-order computer analysis and the direct analysis method (DAM) are tried. The loading is given incrementally, and at each stage the available strengths and required strengths are evaluated. The ultimate limit load is considered achieved when the available capacity in the critical member equals that required. It has been proven that the calibrated DAM can be used to trace the ultimate load well. It can even be used to evaluate the effectiveness of bracing or lateral support placements. It is important especially for multistory steel scaffoldings that belong to sway frames because their strengths are significantly influenced by the stability issues. DOI: [10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000392](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000392). © 2018 American Society of Civil Engineers.

Author keywords: Direct analysis method (DAM); Ultimate load capacity analysis; Steel scaffoldings.

Proof Corrections Stage
The last process before it can be published

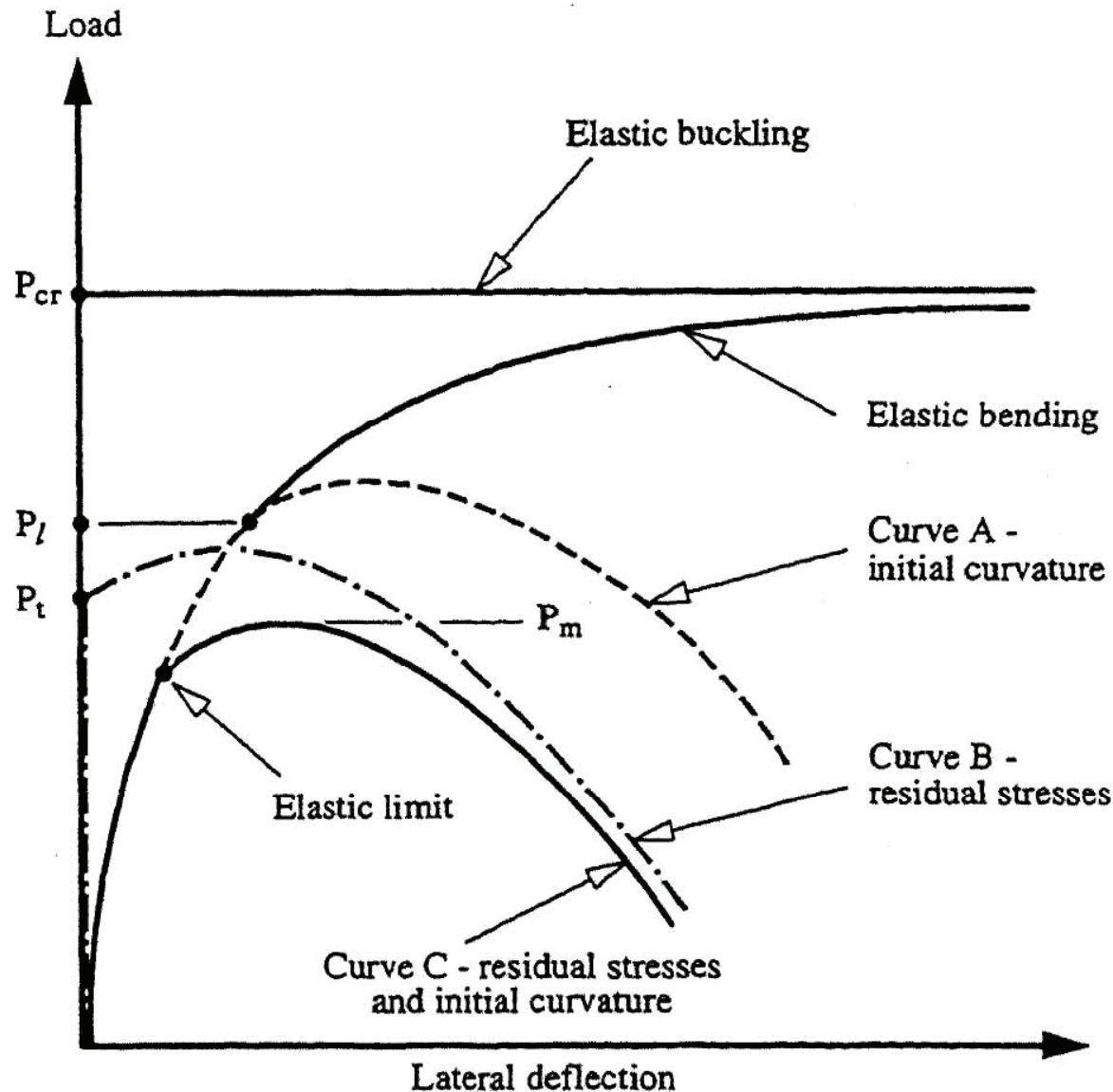
The successful use of the ring-lock scaffolding system in various construction projects cannot be denied. This system is selected because it has been proven in the field (Valerii 2011). To ensure the serviceability load capacity for the steel scaffoldings, an ultimate limit state analysis must be performed; thus, the relatively safe maximum workload of the steel scaffoldings can be determined. The strengths and reliability of the steel scaffolding system used are extremely important because missing the safety margin can become the cause of construction failure (Hadipriono and Wang 1987; Andresen 2012).

requires only an elastic second-order computer analysis. DAM is the latest method for designing a steel structure. It is thought to be capable of accurately predicting the ultimate strengths of a structure under an experimental load test compared with the older design method, i.e., the effective length method (ELM) (AISC 2010). As a result, the strategy of steel structural collapse analysis with DAM is starting to be the preferred solution (East and Rutz 2016).

This paper presents an alternative numerical analysis strategy that is relatively simple using DAM based on the structural model,



Analisis Kekuatan Batas Perancah Baja Dengan **Direct Analysis Method** (DAM)



Influence of imperfections on column behavior [Trahair and Bradford, 1991]



Analisis Beban *Ultimate* untuk menguji kinerja struktur (perancah baja)

- ❑ Analisis Beban *Ultimate* → **untuk menentukan beban kerja maksimum** perancah baja **yang aman**.
- ❑ Keandalan kekuatan sistem perancah baja penting, bisa **memicu kegagalan konstruksi** di lapangan.





Analisis Beban *Ultimate*

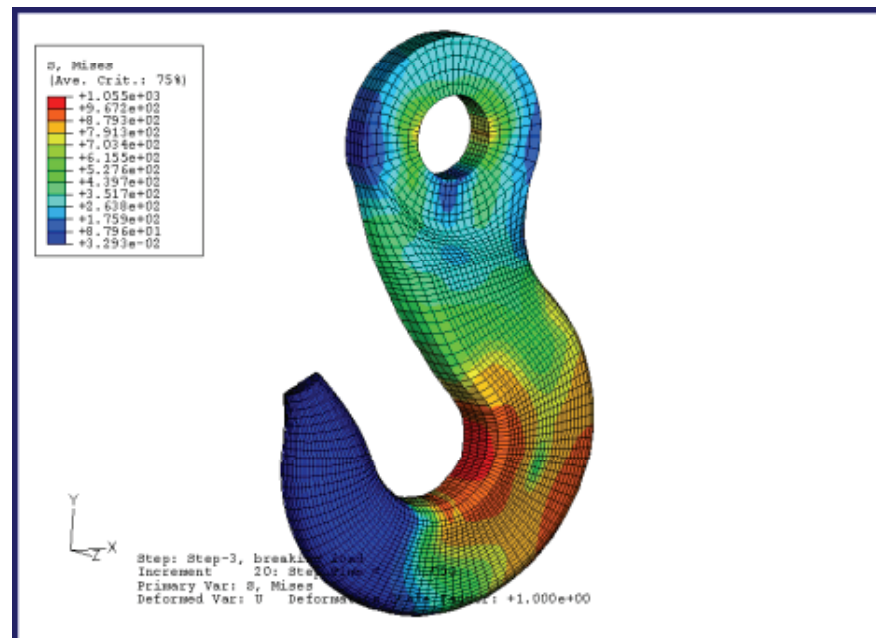
1. **Uji Beban Empiris** / eksperimen di laboratorium;
2. Simulasi atau pemodelan numerik komputer.





Pemodelan numerik analisis keruntuhan struktur

- ❑ Program Komputer **Inelastis Non-linier**, yg populer berbasis **Metode Elemen Hingga** (Weesner dan Jones 2001, Kim et. al. 2003, Adam 2013).
- ❑ Praktik relatif rumit, **pemodelan geometri yang detail, hanya cocok** untuk **penelitian atau semacamnya**.





Alternatif analisis numerik keruntuhan struktur

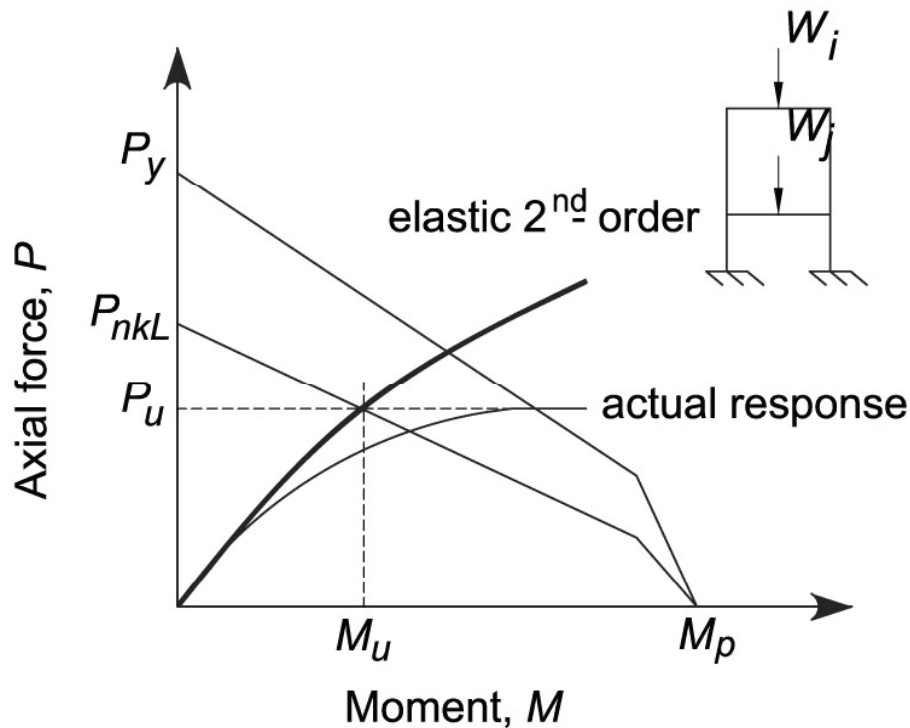
- ❑ Alternatif **lebih sederhana** : *Direct Analysis Method* (DAM) hanya perlu program **elastis orde ke-2**.
- ❑ **DAM** : **metode terkini** perencanaan struktur baja **bisa prediksi akurat** kuat ultimate struktur baja dibanding Effective Length Method (AISC 2010).
- ❑ Strategi analisis keruntuhan struktur baja dengan **DAM** mulai jadi pilihan solusi (East and Rutz 2016).

Jonathan East and Frederick R. Rutz. (2016). “**Stability of Trusses: Direct Analysis Method Compared to Experimental Results**”, *Geotechnical and Structural Engineering Congress 2016*, ASCE

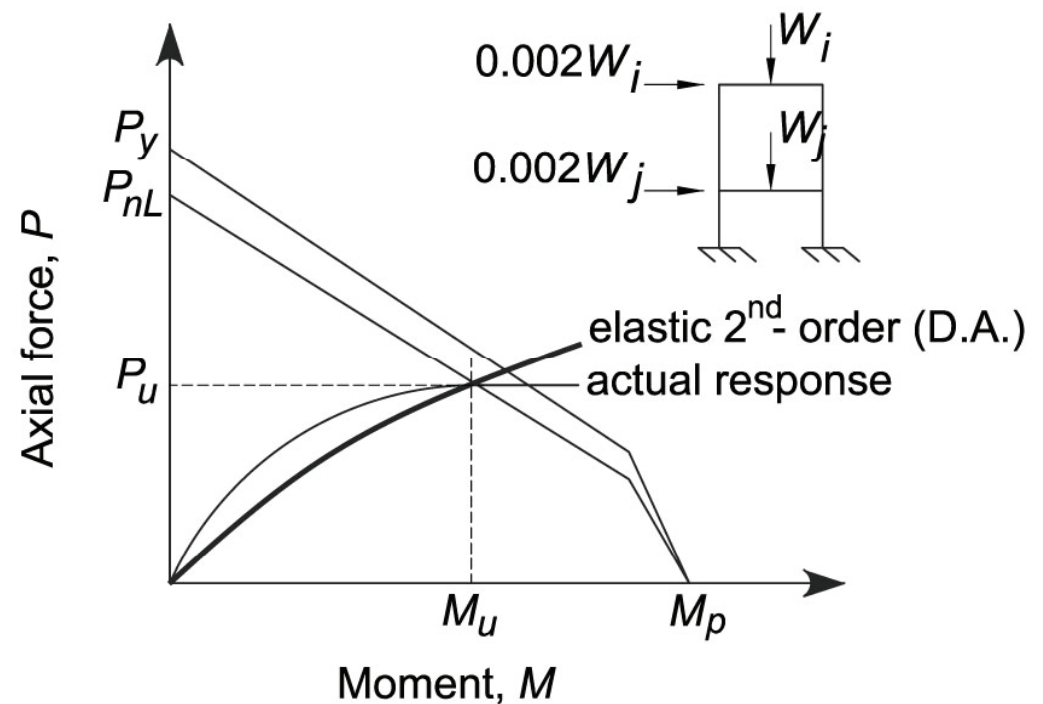


Program Elastis Non-linear dengan cara DAM (*Direct Analysis Method*)

- Dapat dipakai memprediksi kuat *ultimate* struktur secara **lebih akurat dari** *Effective Length Method*.



(a) *Effective length method*



(b) *Direct analysis method*



Prinsip Analisis Kuat Batas dengan DAM (*Direct Analysis Method*)

- ❑ DAM hanya memerlukan program **elastis non-linier**
- ❑ **DAM tidak bisa otomatis** melacak perilaku struktur pada kondisi inelastis, akibat material. DAM untuk analisis stabilitas baja akibat **kondisi geometri struktur keseluruhan (global)**.
- ❑ Berbeda dibanding analisa numerik berbasis *finite element method* inelastis nonlinier, yang **secara otomatis bisa melacak perilaku struktur sampai ultimate**. Besarnya beban runtuh dapat diketahui.



Prinsip dasar mencari kuat ultimate struktur baja dengan DAM-LRFD

Dengan prinsip LRFD dan DAM maka

- ❑ **Analisis struktur** menghasilkan informasi tentang **kuat perlu** (*required strength* atau R_u),
- ❑ **Analisis desain penampang** memberi informasi tentang **kuat tersedia** (*available strength* atau ϕR_n).
- ❑ Untuk mencari kuat *ultimate* atau R_u maksimum, perlu dilakukan analisis dengan **beban bertahap**.
- ❑ **Tiap tahapan beban**, **evaluasi kondisi** $R_u \cong \phi R_n$ apakah sudah tercapai atau belum.



Evaluasi setiap tahapan tahapan beban

Tiap tahapan beban, **evaluasi kondisi R_u dan ϕR_n** :

- Jika $R_u < \phi R_n$ maka **beban ditambahkan lagi**,
- Jika $R_u > \phi R_n$ berarti tahapan beban **terlalu besar** dan **harus dikurangi**.
- Kuat ultimate atau **beban maksimum** terjadi jika kondisi $R_u \cong \phi R_n$ **terpenuhi**.

Strategi analisis & desain tiap tahapan beban **sama seperti strategi desain struktur baja umumnya**, lihat Dewobroto (2011, 2015 dan 2016).



Pemodelan struktur untuk analisis numerik DAM versus FEM inelastis-nonlinier

- ❑ Pemodelan struktur dengan **DAM relatif sederhana**, cukup elemen garis (1 dimensi) atau elemen frame.
- ❑ Program berbasis Metode Elemen Hingga (MEH), **memodelkan geometri struktur secara realistis**, seperti ABAQUS, ANSYS dan program lainnya.
- ❑ Program MEH punya elemen garis, juga elemen **solid** untuk **model 3D**. **Model yg detail lebih akurat**.

Permasalahan analisis numerik dengan DAM :

apakah pemodelan struktur yang sederhana bisa memberi hasil yang akurat (sesuai kondisi real)



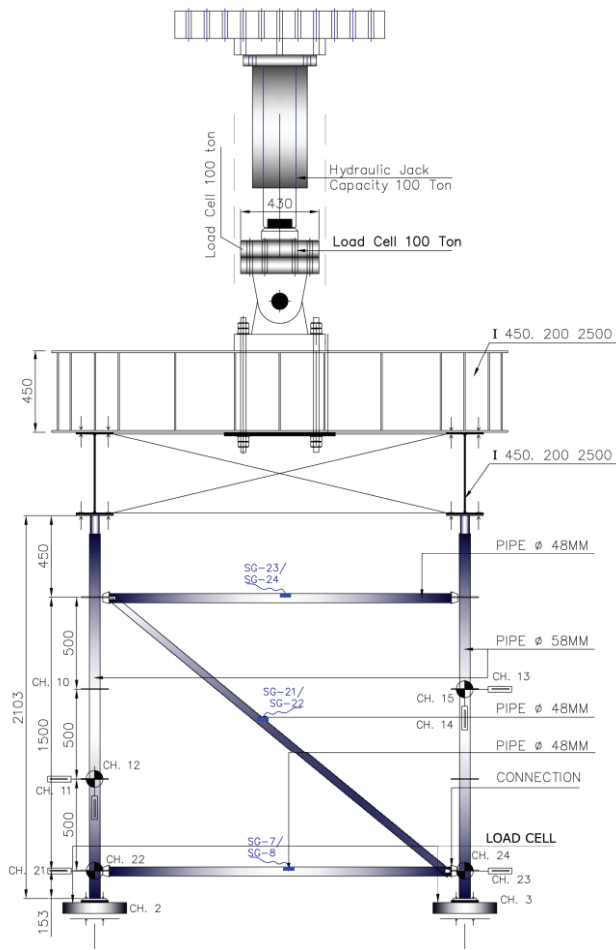
DAM dan Uji Beban Empiris

- ❑ Agar simulasi numerik dengan DAM memberi hasil yang real maka **model struktur harus dikalibrasi**.
- ❑ Kalibrator adalah **uji beban empiris** *perancah* baja.
- ❑ Pemodelan struktur **setelah dikalibrasi dianggap mewakili kondisi real**, selanjutnya **dengan cara parametrik** digunakan untuk evaluasi konfigurasi *perancah* baja yang lebih kompleks (bertingkat).



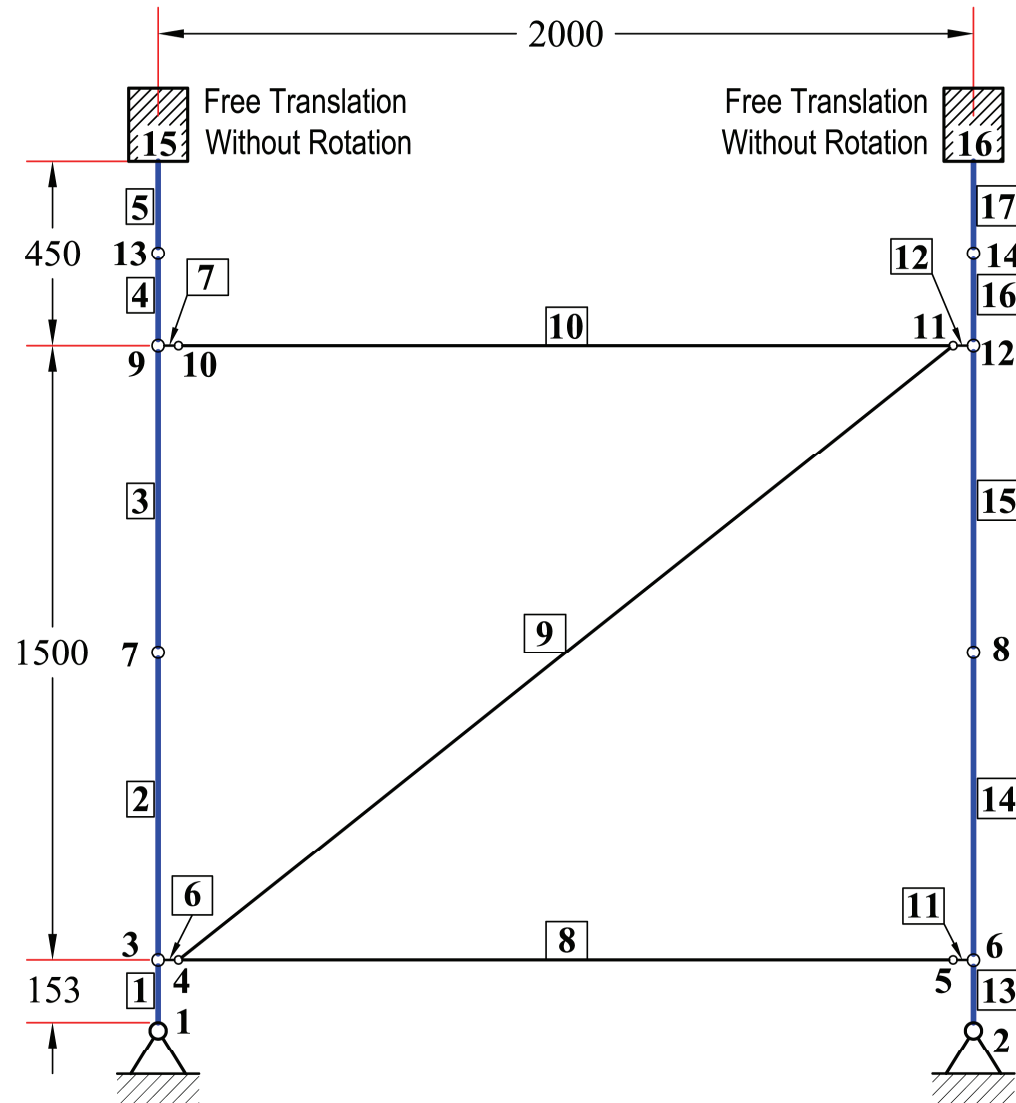
Uji Beban Empiris – Perancah Tidak Bertingkat

Puskim. (2011). “*Laporan Akhir Pengujian Struktur Perancah PT. Putracipta Jayasentosa*”, Puslitbang Permukiman Kementerian Pekerjaan Umum, Bandung, Oktober 2011





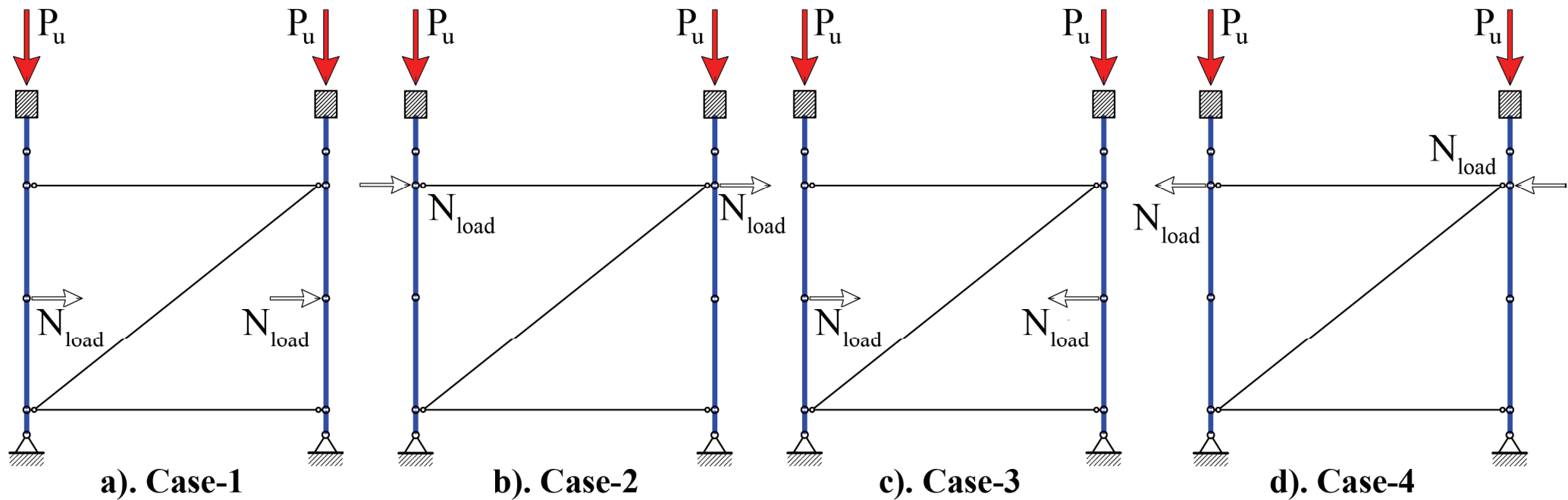
Simulasi Numerik Terkalibrasi Perancah Tidak Bertingkat



Penomoran Titik Nodal dan Elemen – Model Perancah Tidak Bertingkat



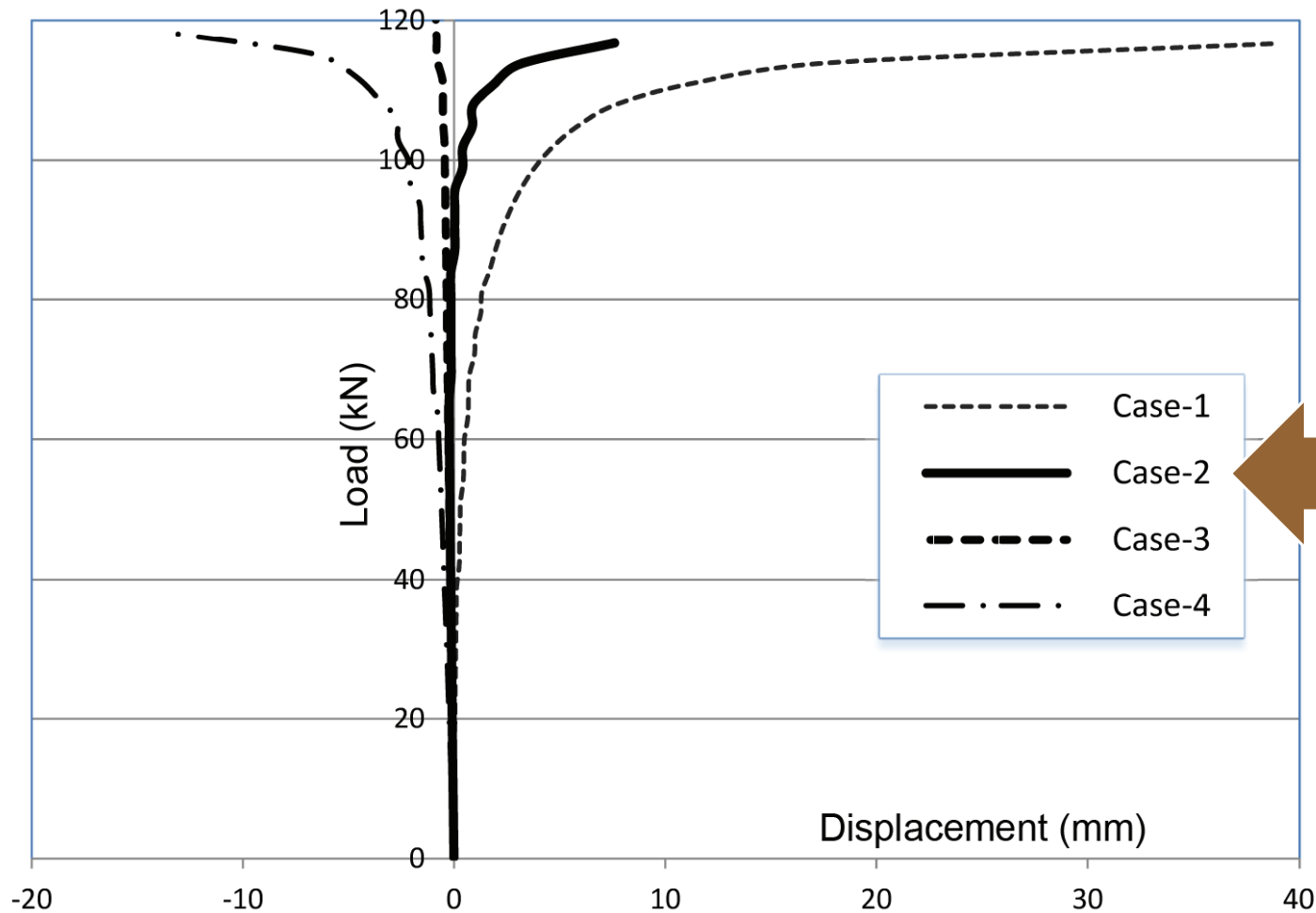
mencari kondisi *imperfection* yang kritis



Variasi Penempatan Notional (N_{load}) – Perancah Baja Tidak Bertingkat



Variasi beban notional mempengaruhi hasil analisis

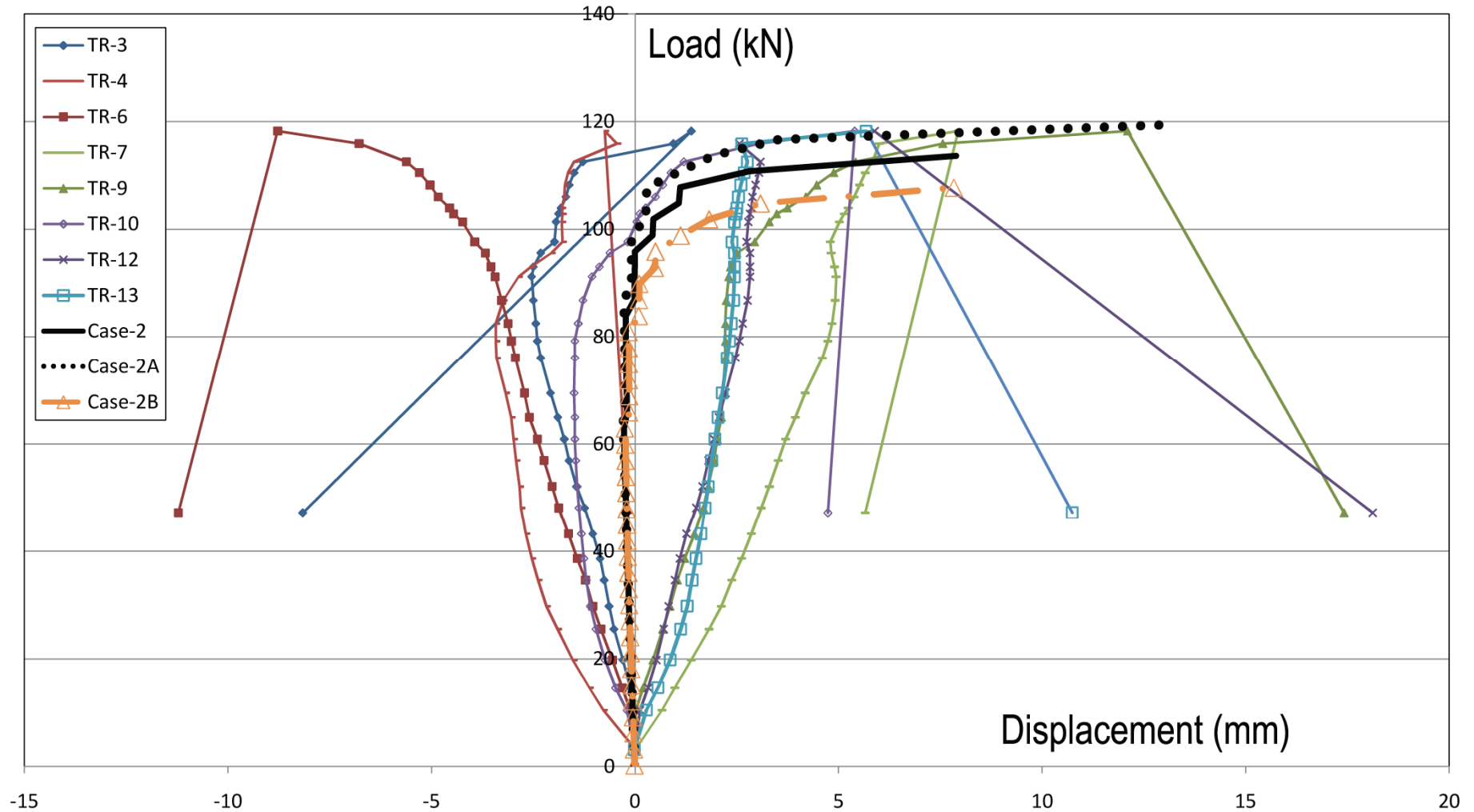


Ini mirip dengan keruntuhan kolom saat uji beban empiris.

Kurva P- Δ (kN-mm) titik nodal #7 terhadap variasi penempatan beban notional

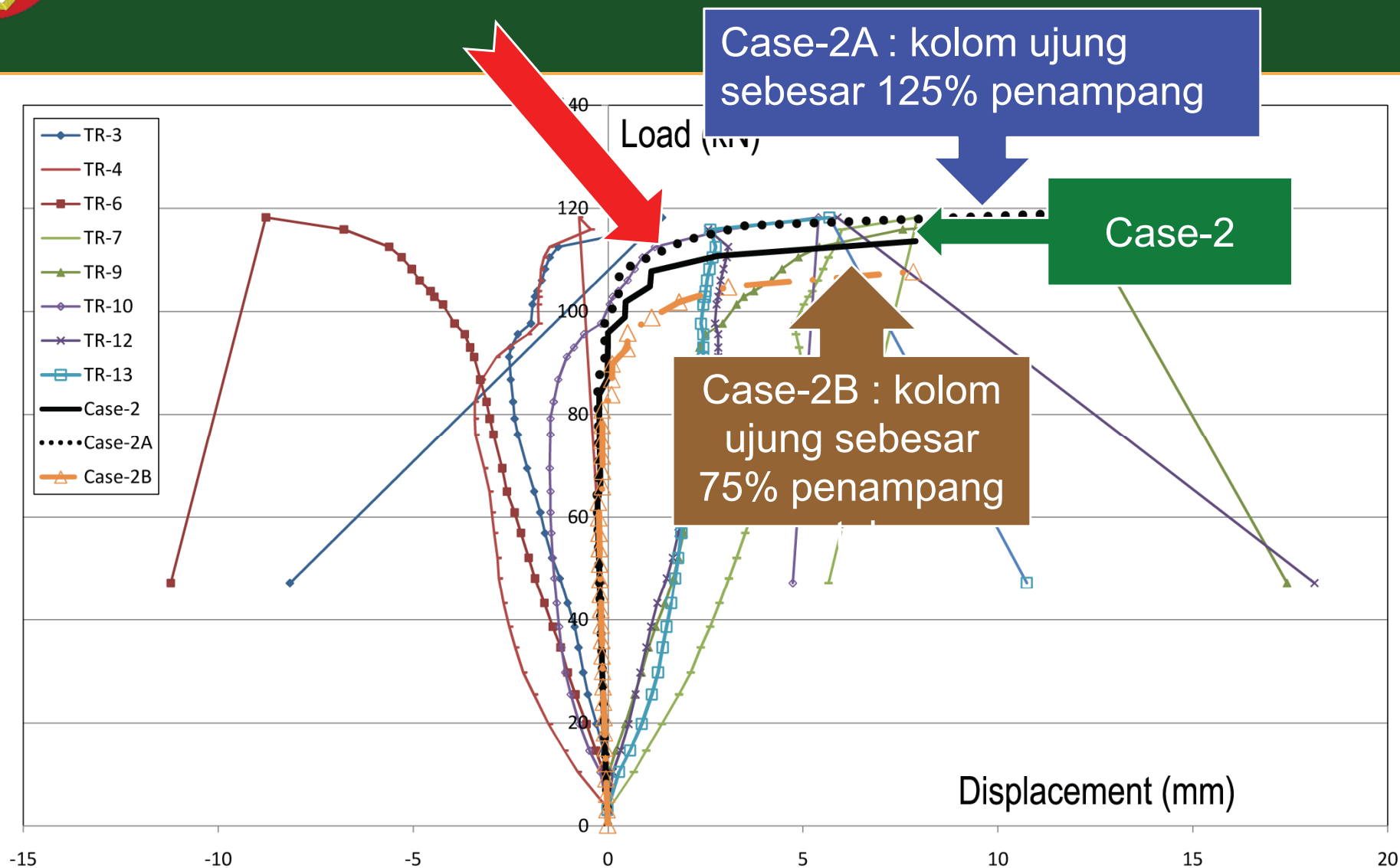


Perbandingan hasil simulasi dan real





Perbandingan hasil simulasi dan real





Evaluasi kuat penampang (tahapan beban)

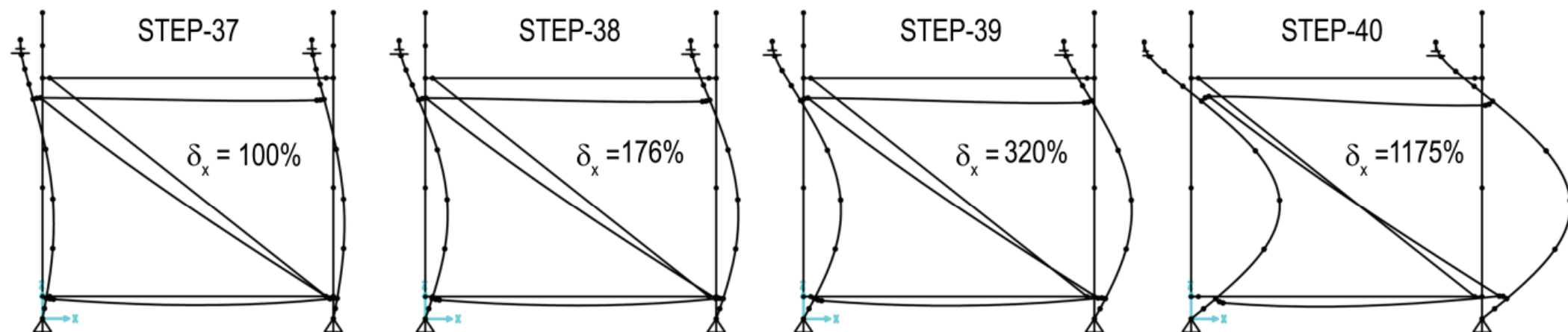
- Kurva $P\Delta$, dari analisa struktur yang telah memperhitungkan stabilitas (masalah tekuk)
- Analisis **belum meninjau** inelastis material (kondisi batas material) → pakai desain kuat nominal penampang dari ketentuan LRFD (AISC 2010)
- **Besaran Beban Terkecil** yang memenuhi kedua kondisi di atas sebagai beban maksimum struktur.

$$R = \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{\phi M_n}$$



Hasil analisis stabilitas perancah tidak-bertingkat (Case-2A)

STEP	UX#7 (mm)	RZ#1 (kN)	P-#14 (kN)	M33-#14 (kNm)	Note
37	1.10080	110.74471	-111.07195	-0.18151	Check-3
38	1.94281	113.71173	-114.06932	-0.26949	Check-2
39	3.52047	116.65575	-117.06472	-0.43269	Check-1
40	12.93401	119.35227	-120.03893	-1.39921	Buckle



Perubahan deformasi pada tiap STEP menjelang instabilitas (Case-2A)



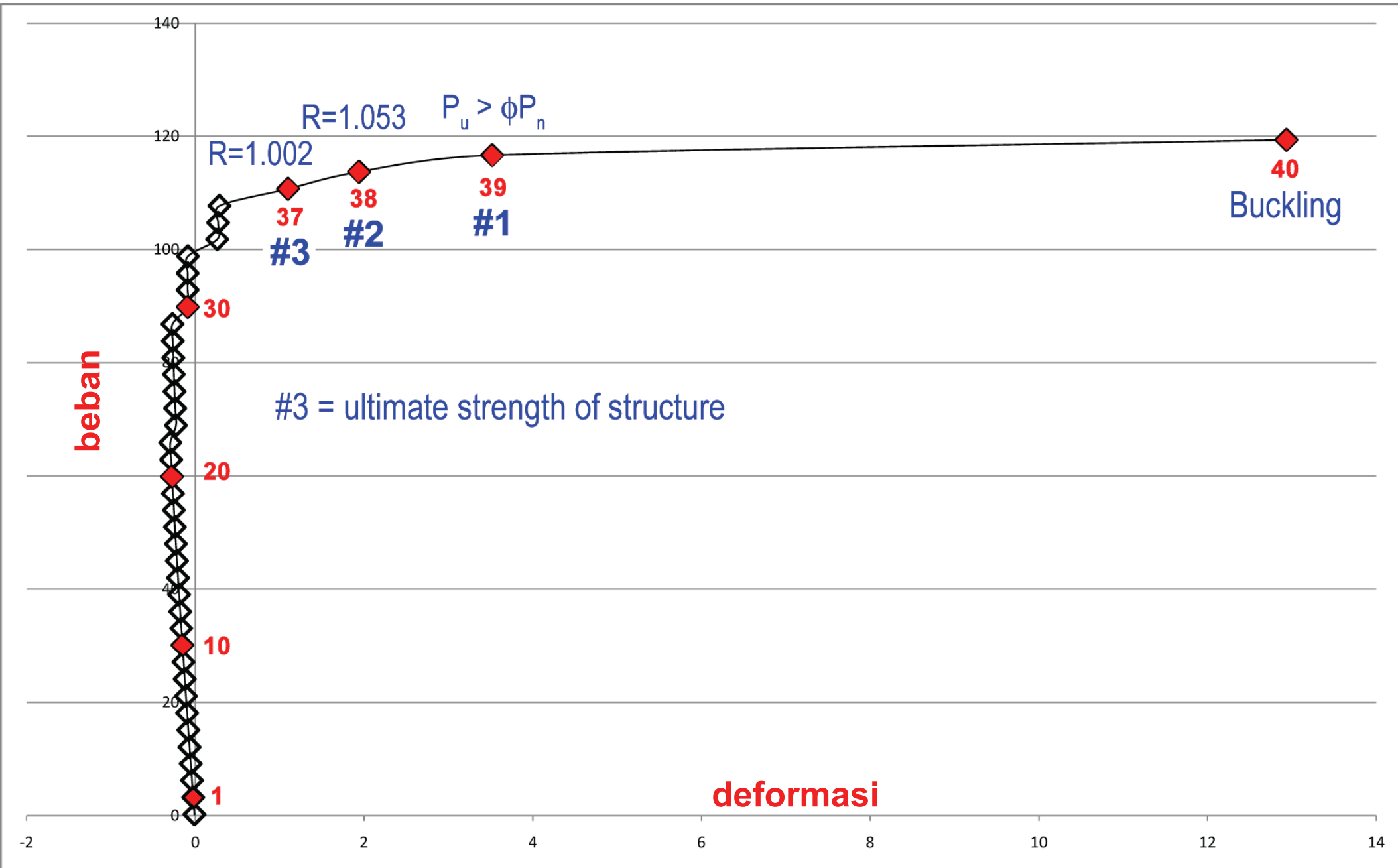
Column Interaction Check - One-Story Model

Check	STEP	P_u (kN)	M_u (kNm)	$P_u / \phi P_n$	$R = \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{\phi M_n}$	Note
1	39	-117.06472	-0.43269	1.004	Not check	Not-OK
2	38	-114.06932	-0.26949	0.979	1.053	Not-OK
3	37	-111.07195	-0.18151	0.953	1.002	OK

- ❑ Kapasitas struktur ditentukan oleh kriteria $R_u \cong \phi R_n$.
- ❑ Kapasitas beban ultimate perancah $P_u = 111$ kN.

Note : beban empiris adalah 11.82 ton or 116 kN.

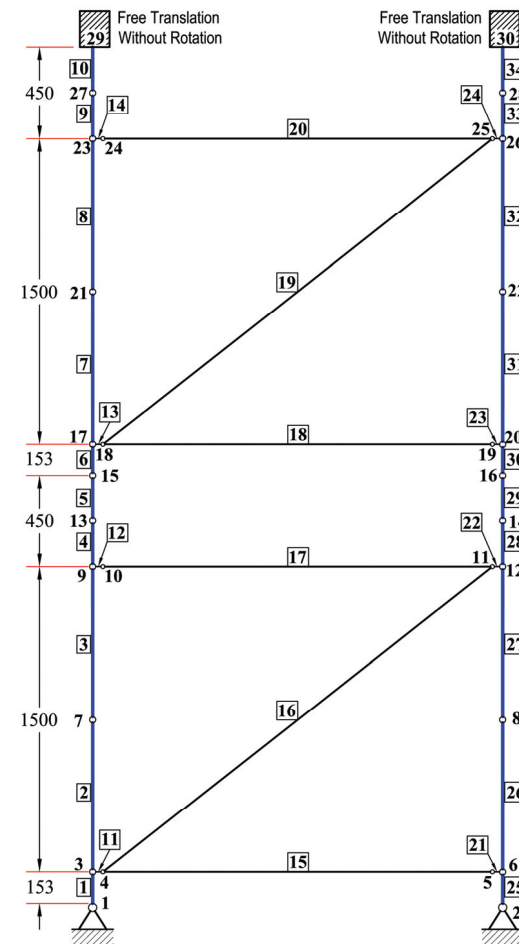
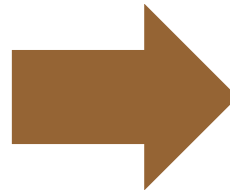
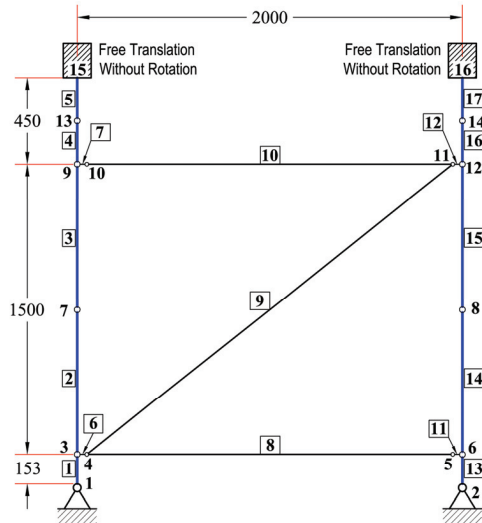
Kurva Beban-Deformasi terhadap Tahapan Beban dan Evaluasi Kuat Ultimate - One-Story Model





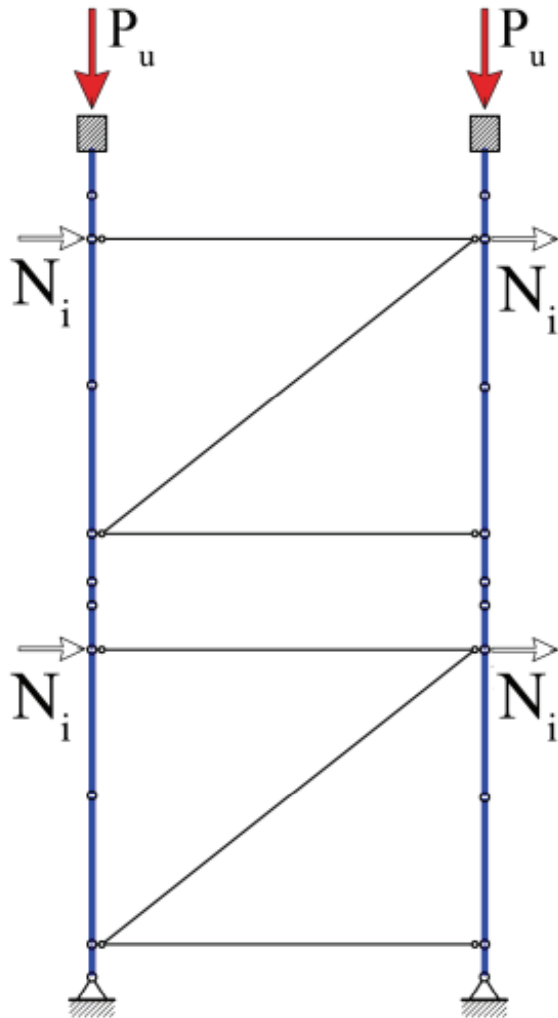
Simulasi Numerik Parametrik Perancah Bertingkat

- Berdasarkan model yang **terkalibrasi**, dikembangkan untuk “**model yang serupa**”, tetapi lebih kompleks.

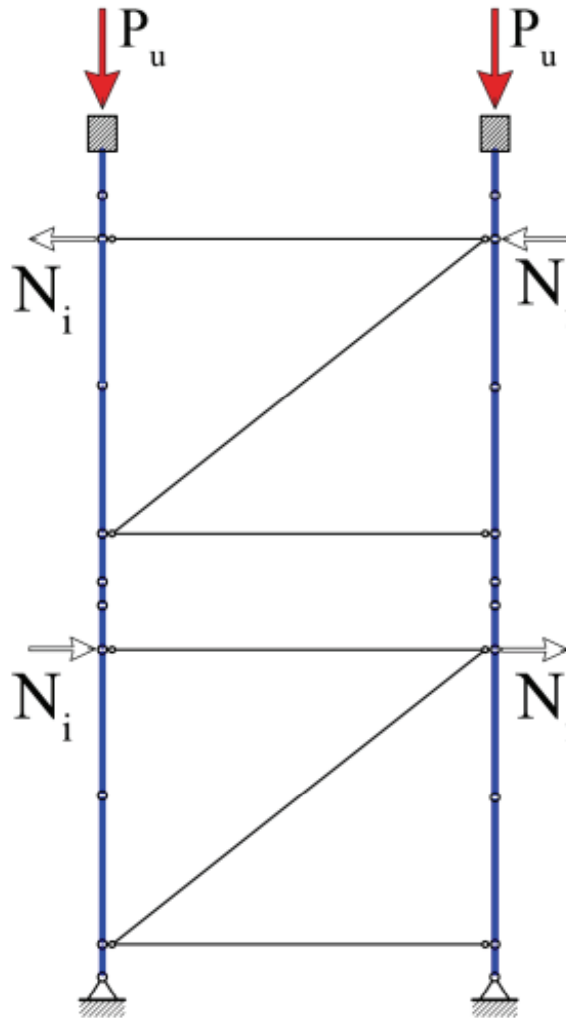




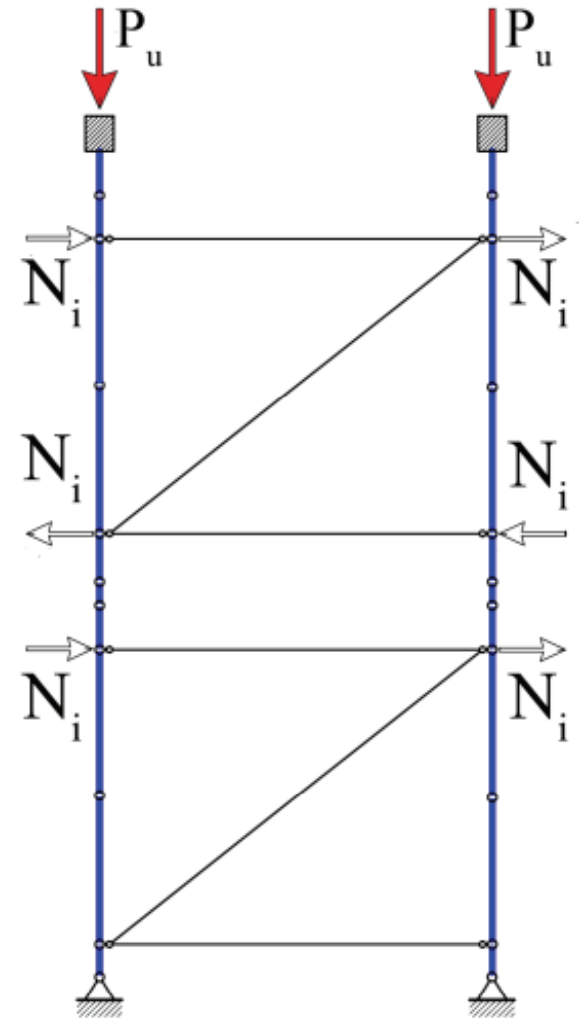
Variasi Penempatan Notional (N_{load}) Perancah Baja Bertingkat



a). Case-5



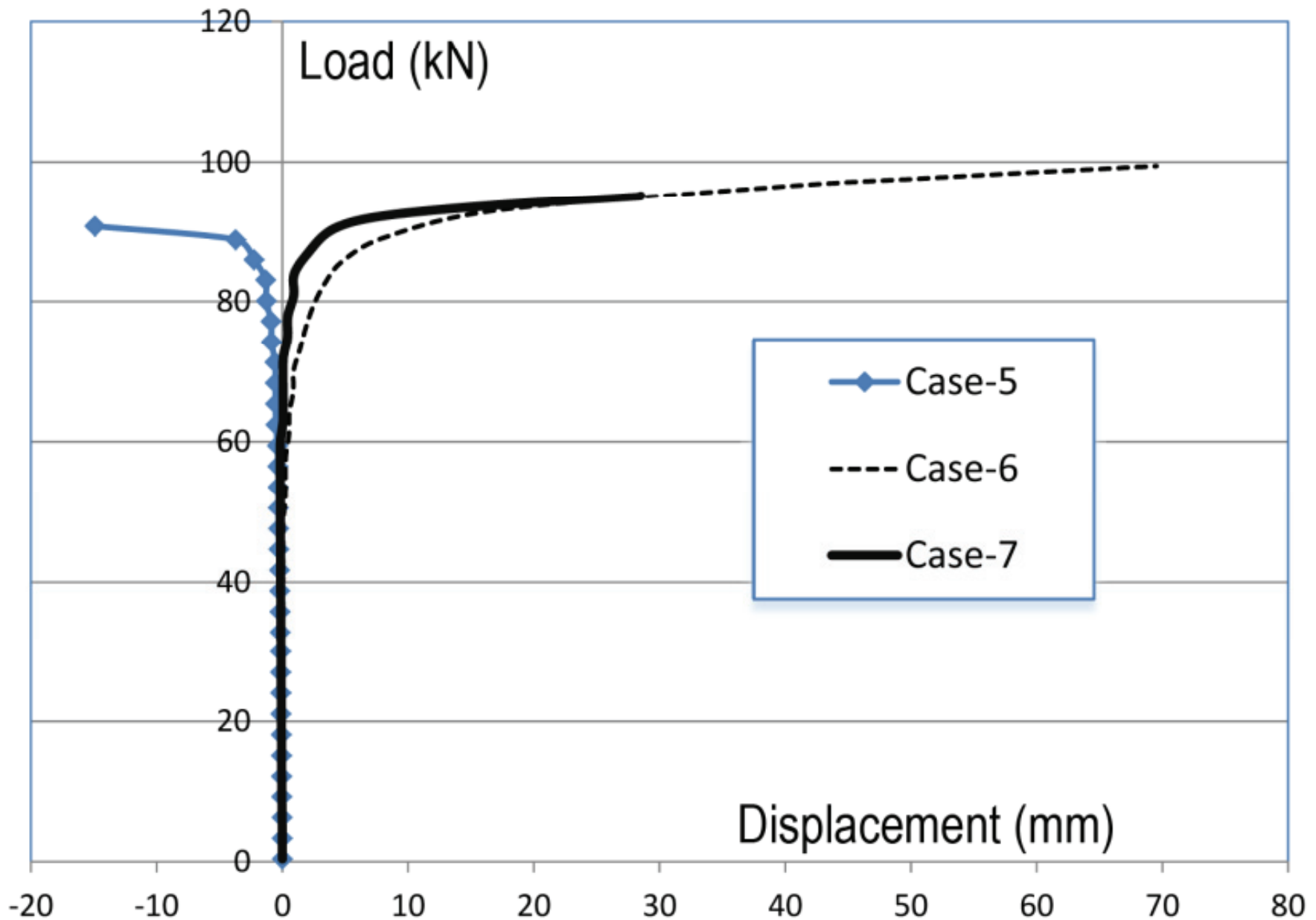
b). Case-6



c). Case-7



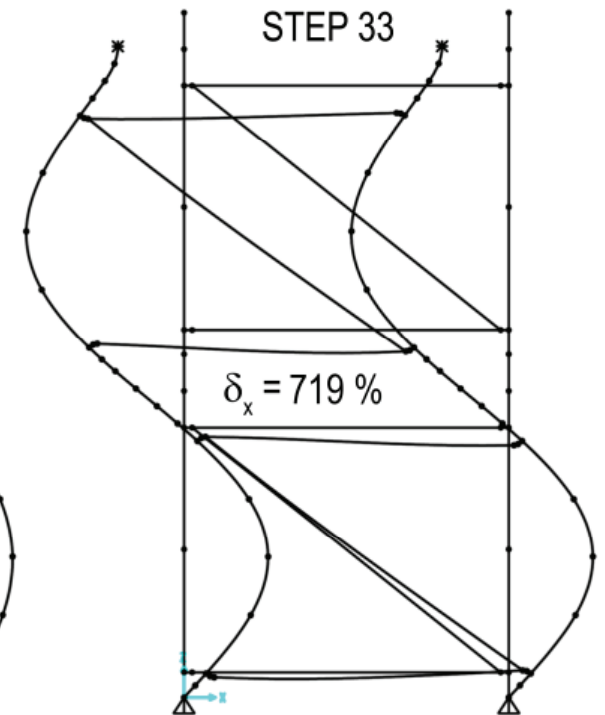
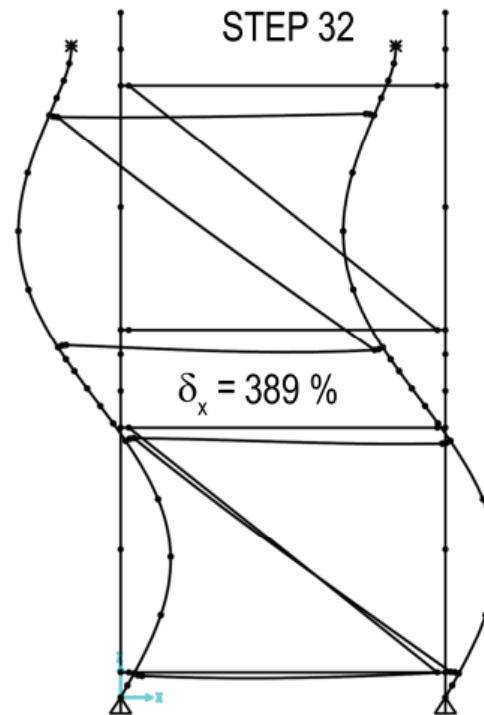
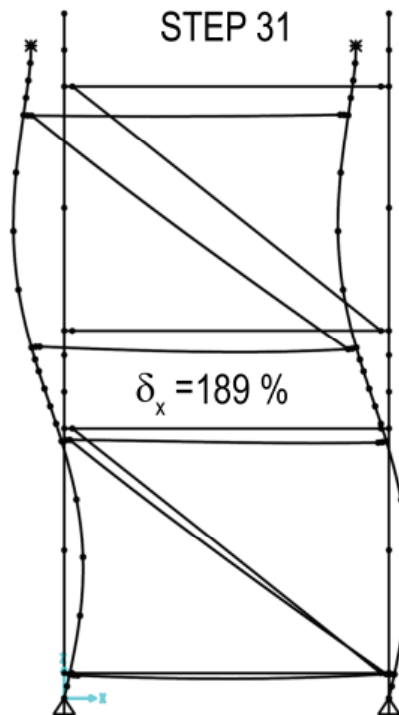
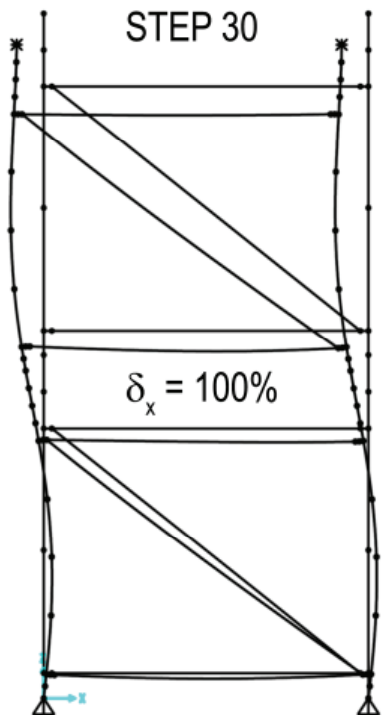
Kurva P- Δ titik nodal #7 terhadap variasi penempatan beban notional





Hasil analisis stabilitas perancah bertingkat *Case-7*

STEP	UX#7 (mm)	RZ#1 (kN)	P-#2 (kN)	M33-#2 (kNm)	Note
30	3.960	90.18136	-90.14139	-0.458	Check-3
31	7.465	91.99879	-91.96898	-0.815	Check-2
32	15.416	93.47612	-93.46949	-1.623	Check-1
33	28.467	95.04253	-95.07358	-2.956	Buckle



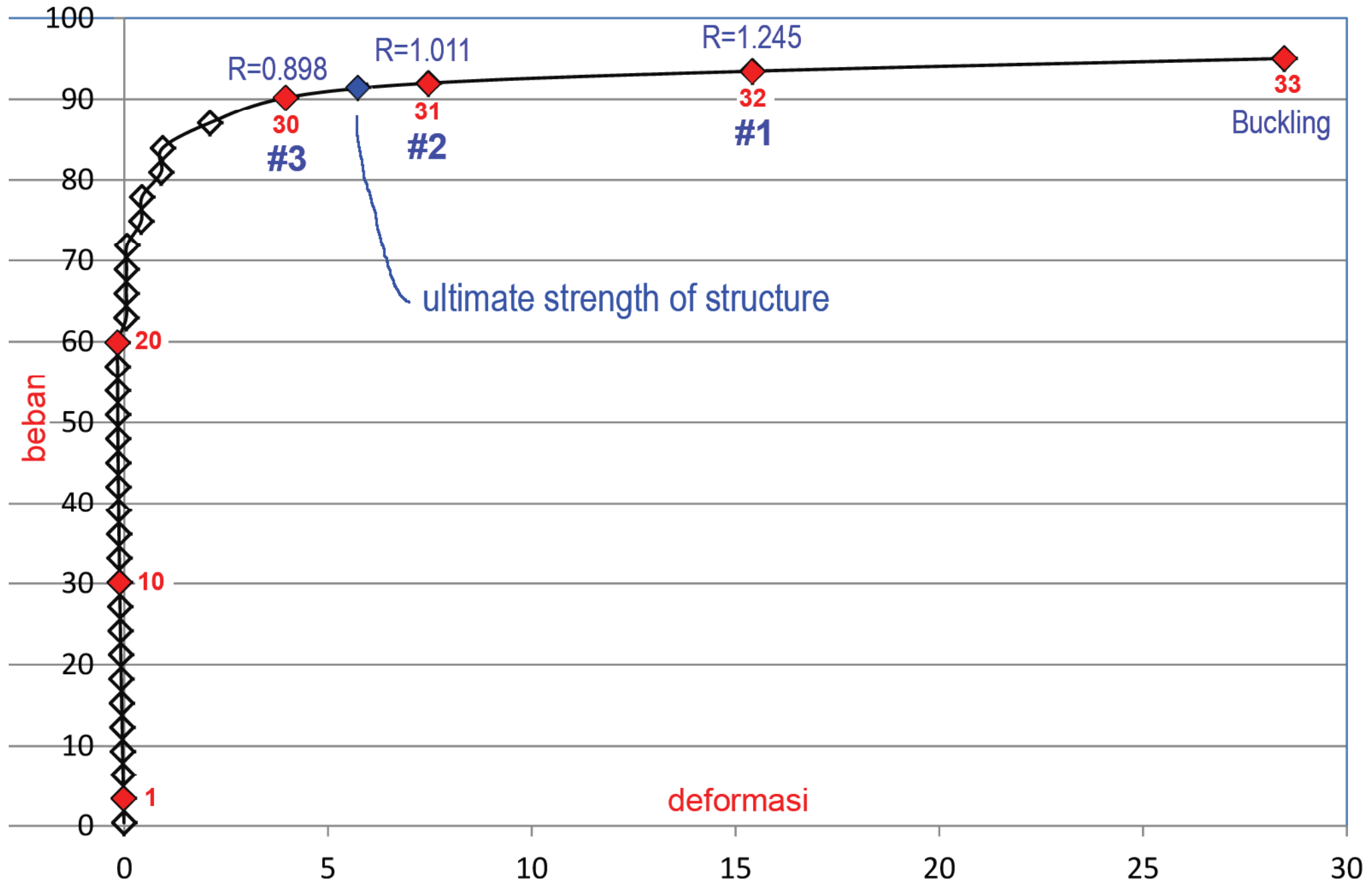


Check kolom interaksi - Perancah Baja Bertingkat

Check	STEP	P_u (kN)	M_u (kNm)	$P_u / \phi P_n$	$R = \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{\phi M_n}$	Note
1	32	-93.46949	-1.623	0.802	1.245	Not Ok
2	31	-91.96898	-0.815	0.789	1.011	Not Ok
3	30	-90.14139	-0.458	0.773	0.898	Ok

- ❑ beban maksimum antara STEP 30 dan 31. Untuk mudahnya dirata-rata, $P_u = (91.97+90.14)/2 \cong 91$ kN
- ❑ Itu berarti konfigurasi bertingkat mengalami **penurunan sebesar 82%** dari konfigurasi 1-tingkat.

Kurva Beban-Deformasi terhadap Tahapan Beban dan Evaluasi Kuat Ultimate - Two-Story Model



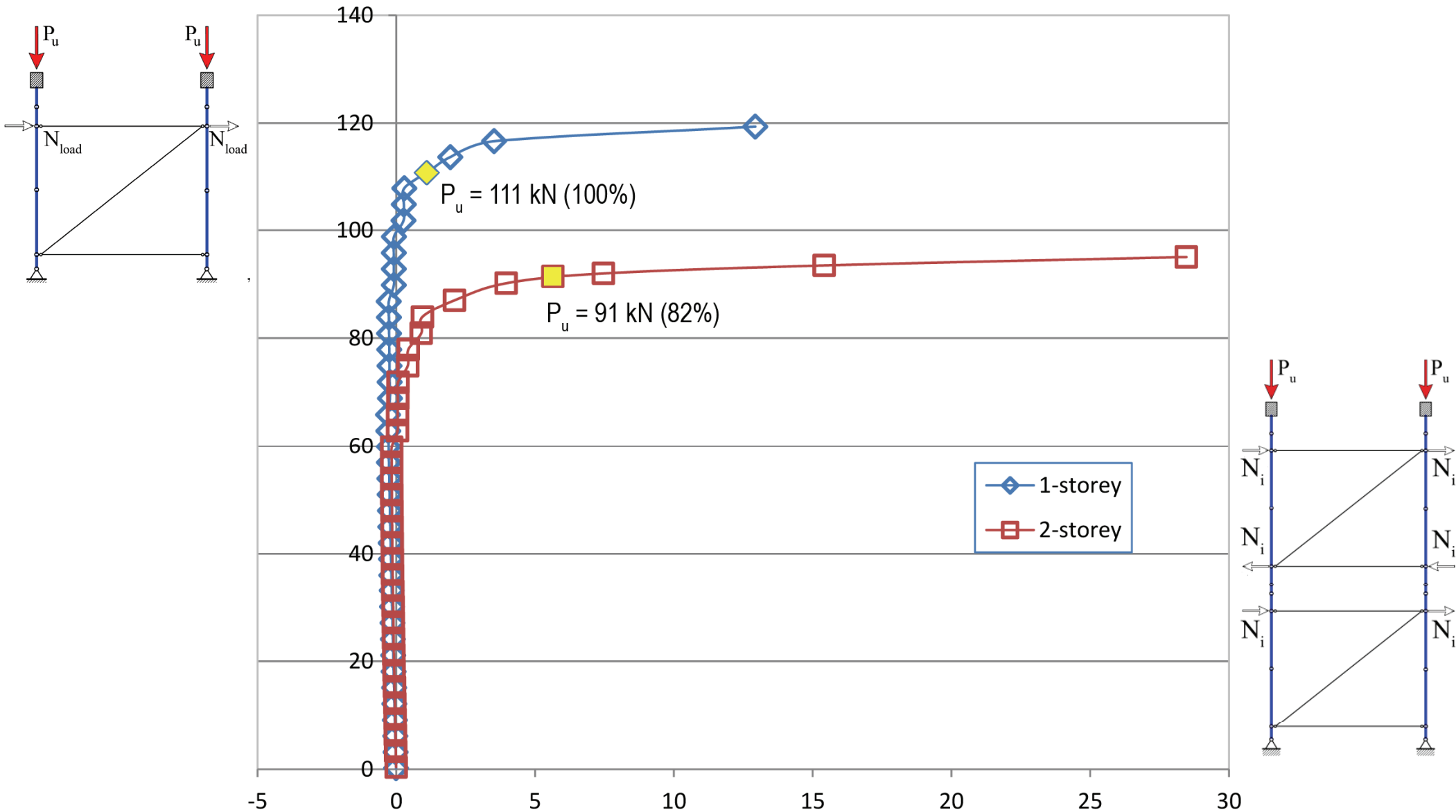


Diskusi

- ❑ Analisis beban ultimate dengan DAM dilakukan pada **dua konfigurasi perancah baja**, masing-masing **disusun dari modul rangka yang sama**.
- ❑ Meskipun **modul rangka penyusun sama**, tetapi **daya dukungnya bisa berbeda**. Perancah baja tidak-bertingkat adalah 111kN (**100%**) dan perancah baja bertingkat 91 kN (**82%**).
- ❑ Jadi **penambahan jumlah tingkat mengurangi daya dukung** perancah baja.



Perbandingan Kapasitas Dukung 1-storey vs 2-storey



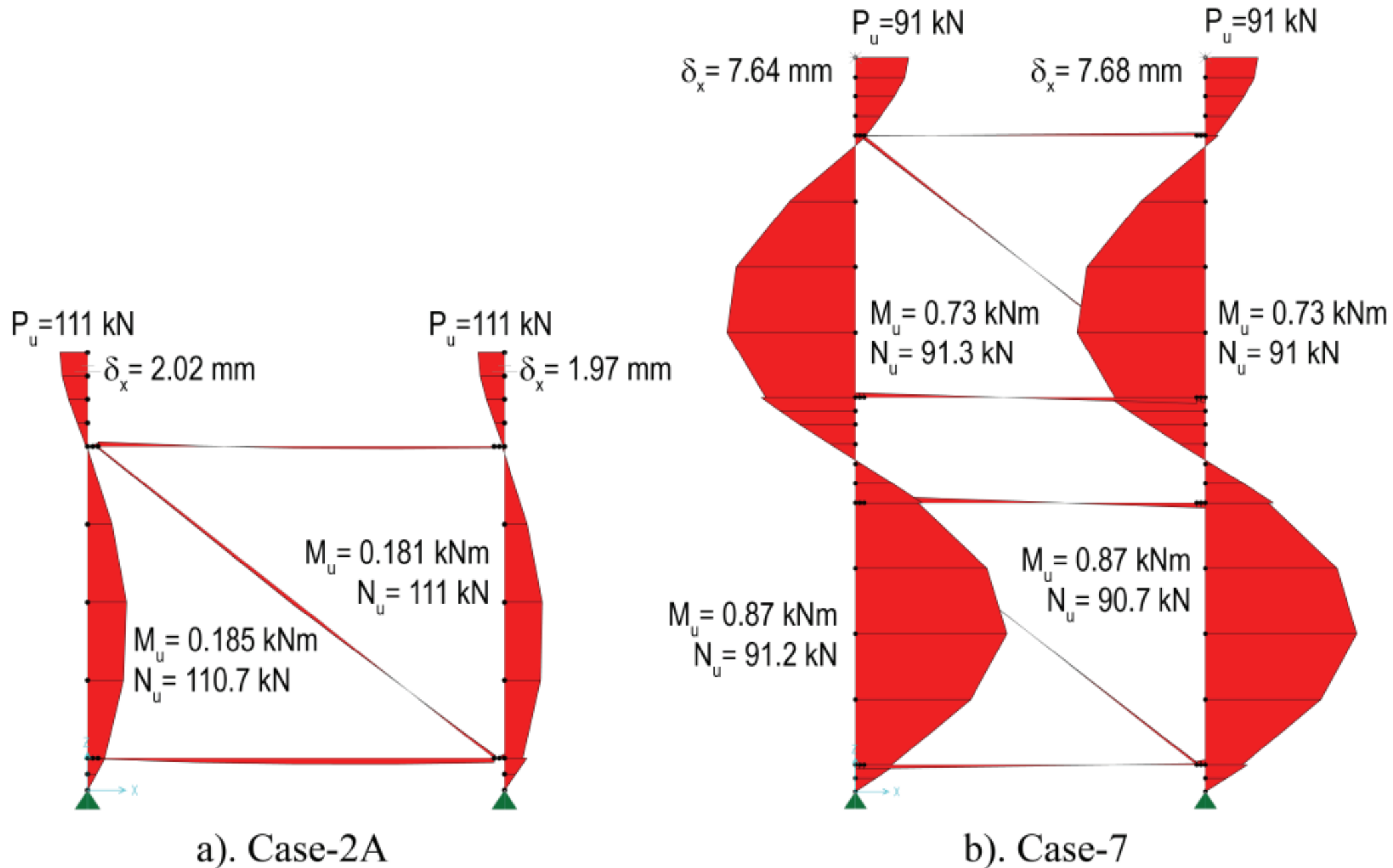


Diskusi (lanjutan)

- ❑ DAM **evaluasi elemen** sebagai balok-kolom, kapasitas elemen **ditentukan interaksi tegangan lentur dan tekan** sesuai **pers. H1-1 (AISC 2010)**.
- ❑ Kapasitas tekan **berkorelasi dengan momen** yang terjadi. Jadi jika daya dukung elemen berkurang disebabkan **adanya momen** yang besar, dan sebaliknya.
- ❑ Untuk bukti, hasil analisis DAM dapat **ditampilkan adanya momen-momen** di elemen yang tadinya dianggap hanya ada beban aksial saja.

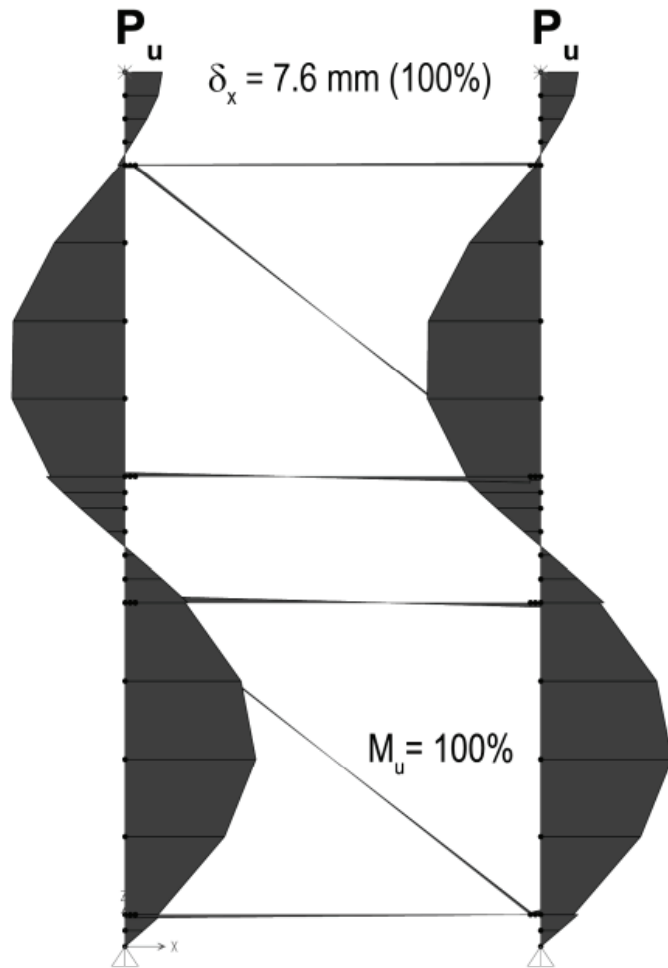


Momen-momen elemen akibat P- Δ

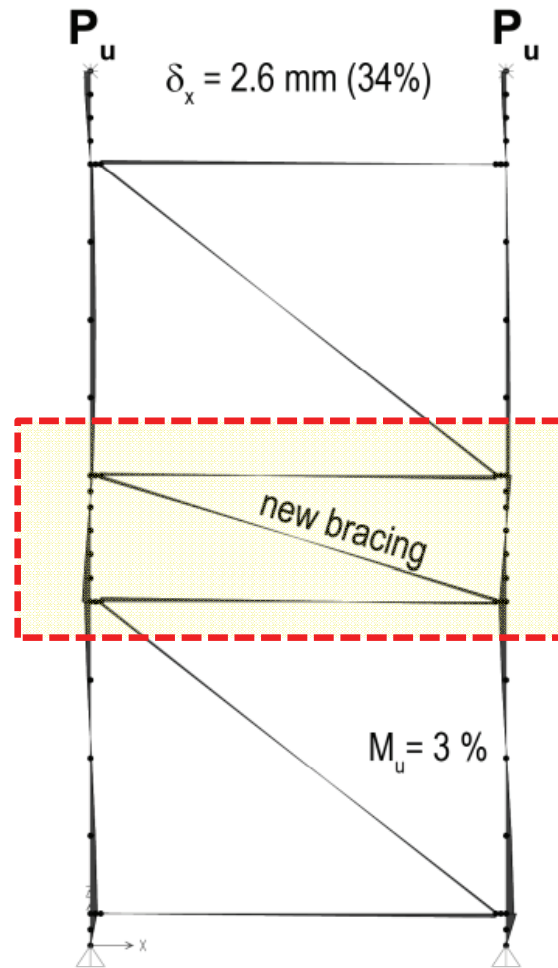




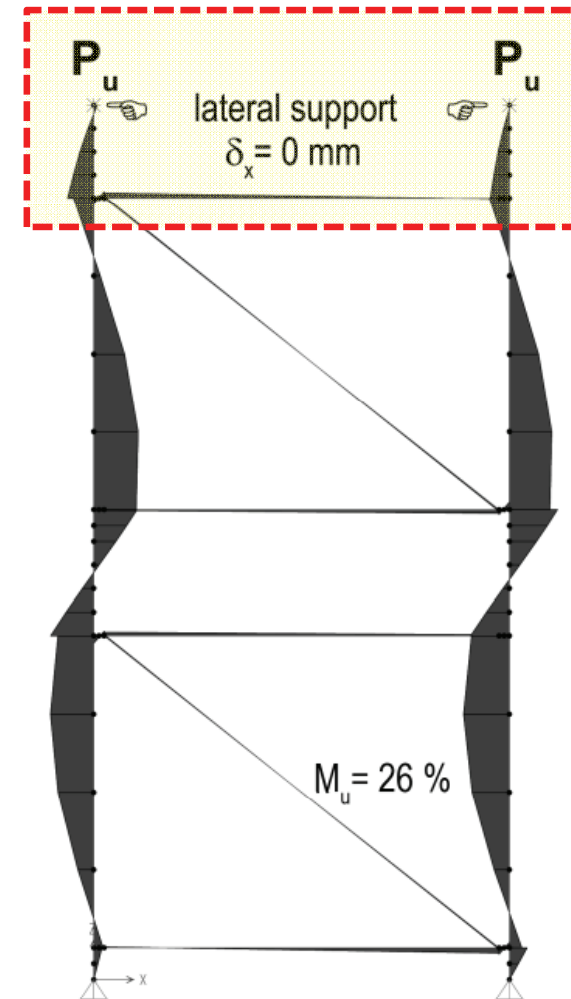
Perbandingan perilaku perancah standar dan modifikasi pada $P_u = 91$ kN



a). Case-7



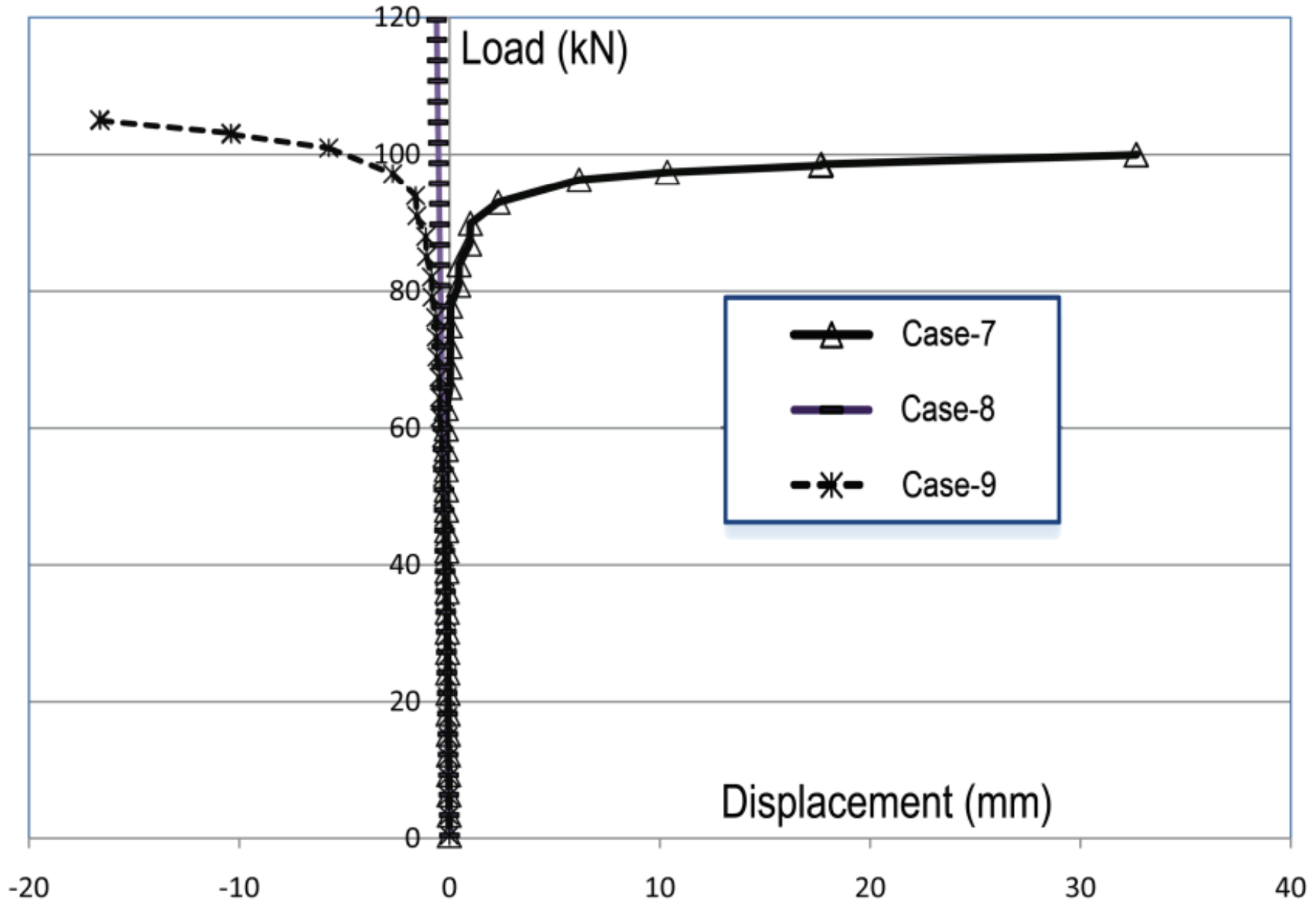
b). Case-8



b). Case-9



Pengaruh modifikasi terhadap perilaku keruntuhan **STABILITAS** struktur



KESIMPULAN

- *Metode Direct Analysis Method*, cara desain baja terbaru (AISC 2005, 2010, 2016) dan SNI 1729:2015
- DAM terbukti unggul tidak hanya untuk desain, bisa dipakai untuk analisis kekuatan ultimate.
- Pemodelan strukturnya sederhana, agar akurat perlu kalibrasi dengan data uji empiris.
- Uji empiris mahal, hanya modul struktur kecil, → teknik parametrik dikembangkan modul struktur yang komplek.
- Modul perancah bertingkat rentan masalah stabilitas, sehingga kapasitas dukung menjadi lebih kecil.
- Penambahan bracing efektif meningkatkan ketahanan terhadap masalah stabilitas, kapasitas dukung meningkat.



Terima Kasih



KOMITE KESELAMATAN KONSTRUKSI bersama Bapak Dr. Ir. M. Basoeki Hadimoeljono, M.Sc. (Menteri PUPR)
Auditorium Kementerian PUPR, Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, Senin 29 Januari 2018