PERANCANGAN STRUKTUR BAJA PIPE RACK BERDASARKAN SNI 1729:2020 MENGGUNAKAN STAAD PRO DENGAN
PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD
Dionnicius Alfons Whyrda, Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D.,IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pipe rack merupakan struktur vital pada fasilitas proses gas bumi yang menopang jaringan perpipaan bertekanan tinggi, dengan kompleksitas pembebanan berupa beban operasional fluida, gaya gesek termal, dan beban lingkungan yang bekerja simultan. Perancangan pipe rack pada CGPX Plant Grissik, Sumatera Selatan pada Kategori Desain Seismik (KDS) D sebelumnya menggunakan metode gempa statis ekuivalen (ELF) dikombinasikan *Allowable Stress Design* (ASD) secara menyeluruh, pendekatan yang kurang mampu menangkap perilaku dinamik struktur rangka fleksibel bermassa pipa tidak seragam antar tingkat. Tugas akhir ini bertujuan menerapkan *Response Spectrum Analysis* (RSA) berdasarkan SNI 1726:2019 dikombinasikan filosofi desain ganda Load and Resistance Factor Design (LRFD) untuk kekuatan dan *Allowable Stress Design* (ASD) untuk kelayanan berdasarkan SNI 1729:2020, termasuk *Direct Analysis Method (*DAM) untuk efek orde kedua dan ketidaksempurnaan geometris awal.

Perancangan diterapkan pada pipe rack G2 (lebar 6 m, panjang 52 m, tinggi 10,5 m, 5 tingkat), dimodelkan sebagai rangka ruang tiga dimensi tipe *Open Frame* pada STAAD Pro Connection Version, dengan elemen frame untuk kolom dan balok transversal, elemen truss untuk bracing, serta tumpuan jepit pada dasar kolom. Validitas model diverifikasi melalui perbandingan berat struktur hasil pemodelan terhadap hitungan manual. DAM diterapkan melalui reduksi kekakuan elemen, *notional load*, dan analisis P-Delta iteratif sesuai SNI 1729:2020 Bab C, dengan validitasnya diverifikasi lewat rasio gaya aksial terhadap kapasitas leleh tiap kolom kritis. Respons gempa dianalisis menggunakan RSA sebagai metode utama dan ELF sebagai pembanding, mengikuti ketentuan partisipasi massa ragam SNI 1726:2019. Evaluasi kapasitas elemen mengacu SNI 1729:2020 Bab D–H untuk kekuatan LRFD dan batas lendutan/simpangan untuk kelayanan ASD, sedangkan kapasitas sambungan kritis dievaluasi berdasarkan Bab J menggunakan STAAD Pro Connection Version dan RAM Connection. Sensitivitas ketahanan terhadap korosi turut dianalisis mengacu ISO 9223:2012.

Verifikasi model menunjukkan selisih berat 2,141% terhadap hitungan manual, di bawah toleransi 5%. Parameter seismik lokasi menghasilkan SDS = 0,343g dan SD1 = 0,383g, dengan partisipasi massa RSA memenuhi syarat ≥90% pada mode ke-75. Gaya geser dasar RSA (VRSA,X = 402,34 kN; VRSA,Z = 382,99 kN) masing-masing 0,94% dan 3,47% lebih tinggi dibandingkan ELF. Verifikasi rasio αPr/Py maksimum 0,076 mengkonfirmasi τb = 1,0 untuk seluruh kolom kritis. Seluruh elemen kritis memenuhi syarat kekuatan LRFD dengan rasio D/C tertinggi 0,722 (balok), 0,431 (kolom), dan 0,506 (bracing), serta kelayanan ASD dengan rasio defleksi tertinggi 0,23 dan simpangan antartingkat tertinggi 0,631. Seluruh sambungan kritis memenuhi SNI 1729:2020 Bab J dengan rasio D/C tertinggi 0,824 pada base plate pedestal 500x500. Sensitivitas korosi menunjukkan reduksi kapasitas hipotetis tetap di bawah margin keamanan seluruh elemen. Hasil ini menunjukkan metode RSA-LRFD/ASD menghasilkan estimasi respons struktur yang lebih representatif dibandingkan ELF-ASD eksisting, dan seluruh elemen serta sambungan pipe rack G2 dinyatakan aman terhadap kombinasi beban yang berlaku

Kata kunci: *Pipe rack, Response Spectrum Analysis*, SNI 1729:2020, Sambungan Baja.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN STRUKTUR BAJA PIPE RACK BERDASARKAN SNI 1729:2020 MENGGUNAKAN STAAD PRO DENGAN
PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD
Dionnicius Alfons Whyrda, Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D.,IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

A pipe rack is a vital structure in gas processing facilities supporting high-pressure piping networks, with loading complexity from fluid operational loads, thermal friction forces, and simultaneous environmental loads. The pipe rack design at CGPX Plant Grissik, South Sumatra in Seismic Design Category (SDC) D, previously used the Equivalent Lateral Force (ELF) method combined entirely with Allowable Stress Design (ASD), an approach with limited capacity to capture the dynamic behaviour of flexible frame structures carrying non-uniform pipe mass across tiers. This study applies Response Spectrum Analysis (RSA) based on SNI 1726:2019 combined with a dual design philosophy. Load and Resistance Factor Design (LRFD) for strength and Allowable Stress Design (ASD) for serviceability based on SNI 1729:2020, including the Direct Analysis Method (DAM) for second-order effects and initial geometric imperfections.

The design was applied to pipe rack G2 (6 m wide, 52 m long, 10.5 m high, 5 tiers), modelled as a three-dimensional Open Frame in STAAD Pro Connection Version, with frame elements for columns and transverse beams, truss elements for bracing, and fixed column-base supports. Model validity was verified by comparing modelled structural weight against manual calculation. DAM was applied through stiffness reduction, notional loads, and iterative P-Delta analysis per SNI 1729:2020 Chapter C, validated through the axial-force-to-yield-capacity ratio of each critical column. Seismic response was analysed using RSA as the primary method and ELF as a benchmark, following SNI 1726:2019 modal mass participation requirements. Member capacity followed SNI 1729:2020 Chapters D–H for LRFD strength and deflection/drift limits for ASD serviceability, while critical connection capacity was evaluated per Chapter J using STAAD Pro Connection Version and RAM Connection. Long-term corrosion resistance sensitivity was analysed based on ISO 9223:2012.

SDS = 0.343g and SD1 = 0.383g, with RSA mass participation satisfying the ≥90% requirement at the 75th mode. Base shears ($V_{RSA,X}$ = 402.34 kN; $V_{RSA,Z}$ = 382.99 kN) were 0.94% and 3.47% higher than ELF. The maximum $\alpha P_r/P_y$ ratio of 0.076 confirmed τ_b = 1.0 for all critical columns. All critical elements satisfied LRFD strength with maximum demand-to-capacity (D/C) ratios of 0.722 (beams), 0.431 (columns), and 0.506 (bracing), and ASD serviceability with maximum deflection and drift ratios of 0.23 and 0.631. All critical connections satisfied SNI 1729:2020 Chapter J with a maximum D/C ratio of 0.824 at the 500×500 pedestal base plate. Corrosion sensitivity showed hypothetical capacity reduction remaining within the safety margin of all elements. These results indicate that the RSA-LRFD/ASD method produces a more representative structural response than the existing ELF-ASD method, and all pipe rack G2 elements and connections are confirmed safe against the applicable load combinations.

***Keywords**: Pipe rack, Response Spectrum Analysis, SNI 1729:2020, Steel Connection.*