

No. 08/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**OPTIMASI DESAIN PENAMPANG DAN ORIENTASI KOLOM  
BANGUNAN GEDUNG TINGGI MENGGUNAKAN *GENETIC  
ALGORITHM***



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-VI  
Politeknik Negeri Jakarta**

**Disusun Oleh :**

**Ridho Fauzan Maulana**  
NIM 2201421065

**Pembimbing :**

**Sukarman S.Pd.,M.Eng.**  
NIP 199306052020121013

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERSETUJUAN

### HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul :

**OPTIMASI DESAIN PENAMPANG DAN ORIENTASI KOLOM  
BANGUNAN GEDUNG TINGGI MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM***  
yang disusun oleh **Ridho Fauzan Maulana (2201421065)** telah disetujui oleh  
pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi

Pembimbing

NIP 199306052020121013



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN

### HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Berjudul :

**OPTIMASI DESAIN PENAMPANG DAN ORIENTASI KOLOM  
BANGUNAN GEDUNG TINGGI MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM***  
yang disusun oleh **Ridho Fauzan Maulana (2201421065)** telah dipertahankan  
dalam **Sidang Skripsi** di depan Tim Penguji pada hari Selasa tanggal 2 Juni 2026

|         | Nama Tim Penguji                                                     | Tanda Tangan |
|---------|----------------------------------------------------------------------|--------------|
| Ketua   | Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng.<br>NIP. 198905272022031004 |              |
| Anggota | Dr. Tri Widya Swastika, S.T., M.T.<br>NIP. 198604292014042001        |              |
| Anggota | Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.<br>NIP. 197303181998022004    |              |

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Jakarta

Istiatun, S.T., M.T  
NIP 196605181990102001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Ridho Fauzan Maulana

NIM : 2201421065

Prodi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email: [ridho.fauzan.maulana.ts22@mhs.wpnj.ac.id](mailto:ridho.fauzan.maulana.ts22@mhs.wpnj.ac.id)

Judul Naskah : Optimasi Desain Penampang dan Orientasi Kolom Bangunan Gedung Tinggi Menggunakan *Genetic Algorithm*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan saya yang saya serahkan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikuti dalam segala kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

Depok, 24 Juni 2026

Ridho Fauzan Maulana



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Desain Penampang dan Orientasi Kolom Bangunan Gedung Tinggi Menggunakan *Genetic Algorithm*” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menghadapi berbagai tantangan teoretis maupun komputasional dalam penulisan skripsi ini. Namun, berkat bimbingan, arahan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, kendala-kendala tersebut dapat diatasi dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua serta kakak penulis yang sudah memberikan motivasi, dukungan, serta kasih sayang selama penulis menempuh pendidikan dan berhasil berada di titik ini.
2. Bapak Sukarman, S.Pd., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan ilmu, serta bimbingan yang sangat berharga selama proses penyusunan dan pengembangan program optimasi skripsi ini.
3. Teman-teman 4-TKG3 yang sudah membantu penulis dalam menjalankan pendidikan hingga sejauh ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung angkatan 2022 serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas diskusi, bantuan teknis, dan semangat kebersamaan selama ini.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi pengembangan penelitian di bidang otomatisasi dan komputasi rekayasa struktur di masa depan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam ranah komputasi dan optimasi berbasis kecerdasan buatan.

Depok, 27 Mei 2026

Penlis  
Ridho Fauzan Maulana



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR ISI

|                                                        |      |
|--------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                               | II   |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                | III  |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....                  | IV   |
| KATA PENGANTAR.....                                    | V    |
| ABSTRAK .....                                          | VII  |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                  | IX   |
| DAFTAR ISI.....                                        | XI   |
| DAFTAR TABEL.....                                      | XVII |
| DAFTAR GAMBAR .....                                    | XIX  |
| DAFTAR LISTING .....                                   | XXII |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                  | XXIV |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                | 1    |
| 1.1 LATAR BELAKANG.....                                | 1    |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH.....                               | 2    |
| 1.3 TUJUAN.....                                        | 3    |
| 1.4 BATASAN MASALAH .....                              | 3    |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN .....                        | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                           | 6    |
| 2.1 ORIENTASI KOLOM.....                               | 6    |
| 2.2 BERAT STRUKTUR.....                                | 6    |
| 2.2.1 GEDUNG TINGGI ( <i>High Rise Building</i> )..... | 7    |
| 2.3 PEMBEBANAN .....                                   | 8    |
| 2.3.1 Beban Mati.....                                  | 9    |
| 2.3.2 Beban Hidup .....                                | 9    |
| 2.3.3 Beban Gempa.....                                 | 9    |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



|        |                                                                                |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.4  | Beban Angin.....                                                               | 9  |
| 2.4    | KONSEP PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA (SNI 1726:2019)<br>.....               | 9  |
| 2.4.1  | Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) .....                     | 10 |
| 2.4.2  | Jumlah Ragam.....                                                              | 10 |
| 2.4.3  | Bentuk Ragam ( <i>Mode Shape</i> ) .....                                       | 11 |
| 2.4.4  | Response Spectrum dan Faktor Skala .....                                       | 12 |
| 2.4.5  | Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ).....                             | 12 |
| 2.4.6  | Efek <i>P-Delta</i> .....                                                      | 13 |
| 2.5    | PERSYARATAN BETON STRUKTUR (SNI 2847:2019).....                                | 14 |
| 2.5.1  | Batasan Geometri Penampang .....                                               | 14 |
| 2.5.2  | Batasan Rasio Tulangan .....                                                   | 15 |
| 2.5.3  | Properti Penampang Kolom .....                                                 | 15 |
| 2.6    | OPEN APPLICATION PROGRAMING INTERFACE (OAPI).....                              | 16 |
| 2.7    | METODE KERJA <i>APPLICATION PROGRAMING</i> INTERFACE (API) PADA<br>ETABS ..... | 16 |
| 2.8    | <i>GENETIC ALGORITHM</i> .....                                                 | 18 |
| 2.8.1  | <i>Genetic (Gen)</i> .....                                                     | 20 |
| 2.8.2  | <i>Chromosome</i> .....                                                        | 21 |
| 2.8.3  | <i>Population</i> .....                                                        | 21 |
| 2.8.4  | <i>Generation</i> .....                                                        | 22 |
| 2.9    | OPERASI GENETIK .....                                                          | 22 |
| 2.9.1  | <i>Tournament Selection</i> .....                                              | 22 |
| 2.9.2  | <i>Crossover</i> .....                                                         | 23 |
| 2.9.3  | <i>Mutation</i> .....                                                          | 23 |
| 2.10   | REPAIRING STRATEGY .....                                                       | 24 |
| 2.11   | PENALTY FUNCTION .....                                                         | 24 |
| 2.11.1 | <i>Cascading Penalty</i> .....                                                 | 24 |

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



|                                    |                                                                  |    |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|
| 2.11.2                             | <i>Gradient Penalty</i> .....                                    | 25 |
| 2.12                               | EVALUASI KROMOSOM .....                                          | 25 |
| 2.13                               | <i>t-DISTRIBUTED STOCHASTIC NEIGHBOR EMBEDDING (t-SNE)</i> ..... | 26 |
| 2.14                               | UNIFORM MANIFOLD APPROXIMATION AND PROJECTION (UMAP)<br>.....    | 27 |
| 2.15                               | STATE OF THE ART .....                                           | 28 |
| 2.16                               | PENELITIAN TERDAHULU.....                                        | 31 |
| 2.17                               | NOVELTY.....                                                     | 34 |
| 2.18                               | HIPOTESIS .....                                                  | 35 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                                  | 36 |
| 3.1                                | LOKASI DAN OBJEK PENELITIAN .....                                | 36 |
| 3.1.1                              | Objek Penelitian .....                                           | 36 |
| 3.1.2                              | Lokasi Penelitian.....                                           | 38 |
| 3.2                                | VARIABEL PENELITIAN .....                                        | 38 |
| 3.3                                | PARAMETER PENGONTROL <i>GENETIC ALGORITHM (GA)</i> .....         | 39 |
| 3.3.1                              | <i>Population Size</i> .....                                     | 40 |
| 3.3.2                              | <i>Probability Crossover</i> .....                               | 40 |
| 3.3.3                              | <i>Probability Mutasi</i> .....                                  | 41 |
| 3.3.4                              | <i>Mutation Rate</i> .....                                       | 41 |
| 3.3.5                              | Jumlah Generasi ( <i>Max Generation/Stopping Criteria</i> )..... | 46 |
| 3.3.6                              | <i>Selection Method</i> .....                                    | 46 |
| 3.3.7                              | <i>Elitism</i> .....                                             | 47 |
| 3.4                                | RANCANGAN PENELITIAN .....                                       | 48 |
| 3.4.1                              | Study Literatur .....                                            | 50 |
| 3.4.2                              | Pengumpulan Data .....                                           | 50 |
| 3.4.3                              | <i>Pleminary Design</i> .....                                    | 55 |
| 3.4.4                              | Pemodelan 3D Struktur Pada ETABS V22 .....                       | 59 |

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                   |                                                                         |     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4.5                             | Optimasi Manual.....                                                    | 60  |
| 3.4.6                             | Optimasi Otomatis .....                                                 | 61  |
| 3.4.7                             | Analisis dan Perbandingan Hasil Optimasi.....                           | 63  |
| 3.4.8                             | Interpretasi Hasil .....                                                | 63  |
| 3.4.9                             | Kesimpulan dan Saran.....                                               | 63  |
| 3.5                               | METODE ANALISIS.....                                                    | 63  |
| 3.5.1                             | Arsitektur Program Optimasi Berbasis Multiprocessing .....              | 64  |
| 3.5.2                             | Metode Kerja Pemrograman (Diagram Alir B).....                          | 84  |
| 3.5.3                             | Metode Kerja Evaluasi Desain (Diagram Alir C) .....                     | 104 |
| 3.6                               | PERATURAN YANG DIGUNAKAN .....                                          | 129 |
| 3.7                               | LUARAN.....                                                             | 130 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                                         | 131 |
| 4.1                               | HASIL OPTIMASI KONVENSIONAL .....                                       | 131 |
| 4.1.1                             | Penampang dan Orientasi Kolom.....                                      | 131 |
| 4.1.2                             | Berat Stuktur .....                                                     | 136 |
| 4.2                               | HASIL OPTIMASI OTOMATIS ( <i>GENETIC ALGORITHM</i> ).....               | 137 |
| 4.2.1                             | Analisis Pencarian Ruang dan Konvergensi <i>Genetic Algorithm</i> ..... | 137 |
| 4.2.2                             | Analisis t-SNE dan UMAP Terhadap Penelitian Terdahulu.....              | 146 |
| 4.2.3                             | <i>Design Constraint Compliance Distribution per Generation</i> .....   | 149 |
| 4.2.4                             | Chace Per-Generasi .....                                                | 153 |
| 4.2.5                             | Proses Konvergensi <i>Genetic Algorithm</i> .....                       | 155 |
| 4.2.6                             | Hasil Desain Terbaik .....                                              | 190 |
| 4.3                               | PERBANDINGAN METODE KONVENSIONAL DAN <i>GENETIC ALGORITHM</i> .....     | 199 |
| 4.3.1                             | Perbandingan Penampang dan Orientasi Kolom .....                        | 199 |
| 4.3.2                             | Perbangingan Berat Stuktur .....                                        | 209 |
| 4.4                               | PENYEDERHANAAN MODEL .....                                              | 213 |



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|            |                                                                                            |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.1      | Penampang dan Orientasi Kolom Model yang Sudah Disederhanakan .....                        | 213 |
| 4.4.2      | Berat Stuktur Model yang Sudah Disederhanakan .....                                        | 217 |
| 4.5        | ANALISIS STUKTUR.....                                                                      | 218 |
| 4.5.1      | Analisis Bentuk Ragam.....                                                                 | 218 |
| 4.5.2      | Analisis Jumlah Raham.....                                                                 | 219 |
| 4.5.3      | Analisis Simpangan Antar Lantai ( <i>Drift</i> ).....                                      | 219 |
| 4.5.4      | Analisis efek P-Delta .....                                                                | 222 |
| 4.5.5      | Analisis Rasio Tulangan.....                                                               | 224 |
| 4.5.6      | Analisis D/C.....                                                                          | 257 |
| BAB V      | PENUTUP.....                                                                               | 277 |
| 5.1        | KESIMPULAN.....                                                                            | 277 |
| 5.2        | SARAN PENELITIAN SELANJUTNYA .....                                                         | 278 |
| DAFTAR     | PUSTAKA .....                                                                              | 280 |
| LAMPIRAN   | .....                                                                                      | 286 |
| LAMPIRAN A | DAFTAR ALTERNATIF PROFIL KOLOM ( <i>GENE POOL</i> ) ....                                   | 287 |
| LAMPIRAN B | DAFTAR GROUPING.....                                                                       | 318 |
| LAMPIRAN C | ANALISIS SUKTUR METODE MANUSIA DAN METODE OTOMATIS (MENGUNAKAN ETABS API VIA PYTHON) ..... | 323 |
| C.1        | Desain Konvensional (Manual).....                                                          | 323 |
| C.2        | <i>Desain Best Generation</i> pertama.....                                                 | 335 |
| C.3        | <i>Desain Best Generation</i> ke-20 ( <i>Global Best Gen</i> ) .....                       | 347 |
| C.4        | Desain yang Disederhanakan .....                                                           | 359 |
| LAMPIRAN D | <i>SOURCE CODE PROGRAM PYTH</i> .....                                                      | 367 |
| D.1        | Main Code .....                                                                            | 367 |
| D.2        | Modules Code .....                                                                         | 416 |
| D.2.1      | Module GA_Assign Section.py .....                                                          | 416 |
| D.2.2      | Module GA_ColumnOrientation.py.....                                                        | 417 |



|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| D2.3 Module GA_DataLogger.py.....                         | 419  |
| D2.4 Module GA_Drift.py.....                              | 433  |
| D2.5 Module EngineRatio.py.....                           | 437  |
| D2.6 Module ScaleFactor.py.....                           | 455  |
| D2.7 Module MassParticip.py.....                          | 462  |
| D2.8 Module ParallelWorker.py.....                        | 464  |
| D2.9 Module Pdelta.py.....                                | 470  |
| D2.10 Module Ratio.py.....                                | 477  |
| D2.11 Module RunnerCore.py.....                           | 483  |
| D2.12 Module SeismicMass.py.....                          | 490  |
| D2.13 Module Torsi.py.....                                | 496  |
| D2.14 Module Weight.py.....                               | 499  |
| LAMPIRAN E Log Data Hasil Iterasi GA Setiap Generasi..... | 502  |
| E.1 Data Genetic tiap Chromosome (individu).....          | 502  |
| E.2 Hasil Analisis ETABS tiap Chromosome.....             | 836  |
| LAMPIRAN F Lampiran Lainnya.....                          | 1087 |

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Gempa.....                                                                                                                                                                 | 10  |
| Tabel 2.2 <i>State Of The Art</i> .....                                                                                                                                                               | 28  |
| Tabel 3.1 Batasn Properties Kolom.....                                                                                                                                                                | 37  |
| Tabel 3.2 Resume Parameter Pengontrol GA .....                                                                                                                                                        | 48  |
| Tabel 3.3 Data Bangunan .....                                                                                                                                                                         | 51  |
| Tabel 3.4 Kriteria Material Beton .....                                                                                                                                                               | 51  |
| Tabel 3.5 Beban Gravitasi Bangunan.....                                                                                                                                                               | 52  |
| Tabel 3.6 Parameter Analisis Respon Spektrum .....                                                                                                                                                    | 53  |
| Tabel 3.7 Parameter Beban Angin.....                                                                                                                                                                  | 54  |
| Tabel 3.8 Kombinasi Pembebanan.....                                                                                                                                                                   | 55  |
| Tabel 3.9 Data Profil Gedung.....                                                                                                                                                                     | 56  |
| Tabel 3.10 Daftar Jumlah Kolom tiap Group.....                                                                                                                                                        | 56  |
| Tabel 3.11 Probabilitas Menang tiap kromosom.....                                                                                                                                                     | 98  |
| Tabel 3.12 Rasio tulangan dari setiap Zona Soft Penalty.....                                                                                                                                          | 124 |
| Tabel 4.1 <i>Mapping</i> Arah Orientasi Kolom Desain Konvensional.....                                                                                                                                | 131 |
| Tabel 4.2 Data Kolom Desain Konvensional.....                                                                                                                                                         | 133 |
| Tabel 4.3 Tabel Resume Berat material .....                                                                                                                                                           | 136 |
| Tabel 4.4 Detail Best Fitnes tiap Generasi .....                                                                                                                                                      | 156 |
| Tabel 4.5 Data Scale Factor Best Gen.....                                                                                                                                                             | 159 |
| Tabel 4.6 Tabel Kekakuan tiap Generasi.....                                                                                                                                                           | 161 |
| Tabel 4.7 Data nilai Period dan rata-rata Period tiap generasi.....                                                                                                                                   | 163 |
| Tabel 4.8 Data Mass Partisipance tiap Generasi .....                                                                                                                                                  | 165 |
| Tabel 4.9 Data Drift tiap Generasi .....                                                                                                                                                              | 168 |
| Tabel 4.10 Data MaxTheta tiap Generasi.....                                                                                                                                                           | 171 |
| Tabel 4.11 Data MaxRatio tiap Generasi .....                                                                                                                                                          | 174 |
| Tabel 4.12 Data MaxD/C tiap Generasi .....                                                                                                                                                            | 177 |
| Tabel 4.13 Data Orientasi Kolom tiap Best Generasi .....                                                                                                                                              | 180 |
| Tabel 4.14 Data Weight Structure tiap Generasi .....                                                                                                                                                  | 182 |
| Tabel 4.15 Data penggunaan mutu kolom tiap generasi .....                                                                                                                                             | 185 |
| Tabel 4.16 Perbandingan Orientasi kolom pada Global Best Gen 1 dengan Global Best Gen 20 berdasarkan Group lantai. (Hijau = kolom simetris, Merah = Kolom Orientasi X, Biru = Kolom Orientasi Y)..... | 193 |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.17 Daftar Kolom Best Generasi ke-1 dan ke-20 .....                                                                                                                           | 195 |
| Tabel 4.18 Perbandingan Berat Gen 1 dan Gen 20 .....                                                                                                                                 | 198 |
| Tabel 4.19 Perbandingan Tipe Kolom Konvensional dan menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> .....                                                                                       | 201 |
| Tabel 4.20 Perbandingan Persentase kolom per arah orientasinya untuk metode Konvensional dan metode <i>Genetic Algorithm</i> .....                                                   | 204 |
| Tabel 4.21 Perbandingan Orientasi kolom metode Konvensional dan metode <i>Genetic Algorithm</i> . (Hijau = kolom simetris, Merah = Kolom Orientasi X, Biru = Kolom Orientasi Y)..... | 206 |
| Tabel 4.22 Perbandingan Metode Konvensional dengan Best Gen ke-1 dan Best Gen ke-20 .....                                                                                            | 209 |
| Tabel 4.23 Tipe Kolom Model Sederhana.....                                                                                                                                           | 213 |
| Tabel 4.24 Zonasi Kolom Model Sederhana.....                                                                                                                                         | 214 |
| Tabel 4.25 Zonasi Kolom Model Sederhana Berdasarkan Warna.....                                                                                                                       | 214 |
| Tabel 4.26 Denah Orientasi Kolom Model yang Disederhanakan.....                                                                                                                      | 216 |
| Tabel 4.27 .....                                                                                                                                                                     | 217 |
| Tabel 4.28 Perbandingan Priride Stuktur Model Desain .....                                                                                                                           | 218 |
| Tabel 4.29 Perbandingan Arah Mode Tiap Model Desain .....                                                                                                                            | 218 |
| Tabel 4.30 Perbandingan Jumlah Ragam Tiap Model Desain .....                                                                                                                         | 219 |
| Tabel 4.31 Perbandingan Simpangan Antar Arah X Lantai Tiap Model.....                                                                                                                | 220 |
| Tabel 4.32 Perbandingan Simpangan Antar Arah Y Lantai Tiap Model.....                                                                                                                | 220 |
| Tabel 4.33 Perbandingan Nilai P-Delta arah X tiap Model Desain .....                                                                                                                 | 222 |
| Tabel 4.34 Perbandingan Nilai P-Delta arah Y tiap Model Desain.....                                                                                                                  | 222 |
| Tabel 4.35 Daftar Rasio Tulangan tiap Kolom.....                                                                                                                                     | 225 |
| Tabel 4.36 Daftar Nilai D/C tiap Kolom.....                                                                                                                                          | 257 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Diagram Konsep Dasar API ETABS.....                                                                             | 18 |
| Gambar 2.2 Diagram Struktur alur kerja GA.....                                                                             | 19 |
| Gambar 2.3 Representasi 1 Generasi .....                                                                                   | 20 |
| Gambar 3.1 Denah Lt. Base – Lantai 3.....                                                                                  | 36 |
| Gambar 3.2 Denah Lt. 4.....                                                                                                | 37 |
| Gambar 3.3 Denah Lantai 5 – Lantai 12.....                                                                                 | 37 |
| Gambar 3.4 Lokasi Gedung .....                                                                                             | 38 |
| Gambar 3.5 Variabel Penelitian.....                                                                                        | 39 |
| Gambar 3.6 <i>Streak function</i> untuk menghitung syarat individu sudah bertahan selama 2 generasi. ....                  | 43 |
| Gambar 3.7 Fungsi <i>adaptife mutation rate</i> untuk menentukan mutasi turun atau tidak berdasarkan <i>best gen</i> ..... | 44 |
| Gambar 3.8 Alur Pemilihan Nilai <i>Mutation</i> pada <i>Adaptif Mutation</i> .....                                         | 45 |
| Gambar 3.9 Konfigurasi GA pada <i>Main code</i> .....                                                                      | 47 |
| Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian.....                                                                                   | 50 |
| Gambar 3.11 Model Bangunan 3D .....                                                                                        | 60 |
| Gambar 3.12 <i>Project Directory Structure</i> .....                                                                       | 62 |
| Gambar 3.13 Diagram Alir Arsitektur Komputasi Paralel pada GA.....                                                         | 65 |
| Gambar 3.14 <i>Main Script</i> .....                                                                                       | 66 |
| Gambar 3.15 Pemanggilan main fungsi.....                                                                                   | 66 |
| Gambar 3.16 <i>Script</i> lokasi file ETABS master dari folder.....                                                        | 67 |
| Gambar 3.17 ETABS master yang terbuka dan berada di latar belakang atau background ( <i>without GUI</i> ).....             | 68 |
| Gambar 3.18 <i>Script</i> fungsi load model & setup.....                                                                   | 69 |
| Gambar 3.19 <i>Script</i> fungsi load model & setup.....                                                                   | 69 |
| Gambar 3.20 Fungsi <i>Generate gene pool</i> .....                                                                         | 70 |
| Gambar 3.21 Fungsi <i>get target, get groupcount</i> dan <i>map group by grid</i> .....                                    | 71 |
| Gambar 3.22 Konfigurasi jumlah worker yang digunakan.....                                                                  | 73 |
| Gambar 3.23 Lokasi file Worker.....                                                                                        | 73 |
| Gambar 3.24 S Proses pembentukan <i>pool</i> di dalam fungsi utama program .....                                           | 74 |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3.25 fungsi inialisasi pekerja .....                                                              | 76  |
| Gambar 3.26 Open Etabs Worker pada latar belakang ( <i>hidden background process</i> ) .....             | 77  |
| Gambar 3.27 <i>Script</i> mempersiapkan Evaluation Task untuk Worker .....                               | 78  |
| Gambar 3.28 <i>Script</i> assign taks.....                                                               | 79  |
| Gambar 3.29 <i>Script</i> return result code .....                                                       | 80  |
| Gambar 3.30 Diagram Alir B – Diagram Alir Pemograman.....                                                | 85  |
| Gambar 3.31 Diagram alur kerja <i>Topology Bidirectional Chromosome Repair (TBCR)</i> .....              | 101 |
| Gambar 3.32 Diagram Alir C - Diagram Alir Evaluasi Desain.....                                           | 106 |
| Gambar 4.1 Arah Orientasi Kolom .....                                                                    | 132 |
| Gambar 4.2 Persentase Arah Orientasi Kolom Metode Konvensional.....                                      | 136 |
| Gambar 4.3 Diagram 2D Algoritma t-SNE <i>All Generation</i> .....                                        | 137 |
| Gambar 4.4 Diagram 2D Algoritma t-SNE Gen 1-5.....                                                       | 138 |
| Gambar 4.5 Diagram 2D Algoritma t-SNE Gen 6-10.....                                                      | 138 |
| Gambar 4.6 Diagram 2D Algoritma t-SNE Gen 11-15 .....                                                    | 139 |
| Gambar 4.7 Diagram 2D Algoritma t-SNE Gen 16-20.....                                                     | 139 |
| Gambar 4.8 Diagram 2D Algoritma t-SNE Nilai Fitness .....                                                | 140 |
| Gambar 4.9 Diagram 3D algoritma t-SNE.....                                                               | 141 |
| Gambar 4.10 Diagram 2D algoritma UMAP <i>All Gen</i> .....                                               | 142 |
| Gambar 4.11 Diagram 2D algoritma UMAP Gen 1-5 .....                                                      | 142 |
| Gambar 4.12 Diagram 2D algoritma UMAP Gen 6-10 .....                                                     | 143 |
| Gambar 4.13 Diagram 2D algoritma UMAP Gen 11-15 .....                                                    | 143 |
| Gambar 4.14 Diagram 2D algoritma UMAP Gen 16-20 .....                                                    | 144 |
| Gambar 4.15 Diagram 2D algoritma UMAP Nilai fitness.....                                                 | 145 |
| Gambar 4.16 Diagram 2D algoritma UMAP Status .....                                                       | 145 |
| Gambar 4.17 (a) Diagram 3D algoritma UMAP Tampak Depan (b) Diagram 3D algoritma UMAP Tampak Samping..... | 146 |
| Gambar 4.18 Best Fitness Chart .....                                                                     | 156 |
| Gambar 4.19 Diagram ScaleFactor tiap Generasi.....                                                       | 159 |
| Gambar 4.20 Diagram Kekakuan tiap generasi .....                                                         | 161 |
| Gambar 4.21 Diagram Nilai Period Tiap Generasi .....                                                     | 163 |
| Gambar 4.22 Diagram Rata-rata Period Tiap Generasi .....                                                 | 164 |
| Gambar 4.23 Diagram Mass Partisipance tiap Generasi.....                                                 | 166 |



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.24 Diagram MaxDrift tiap Generasi.....                                                                 | 169 |
| Gambar 4.25 Diagram MaxTheta tiap Generasi .....                                                                | 172 |
| Gambar 4.26 Diagram MaxRatio tiap Generasi.....                                                                 | 175 |
| Gambar 4.27 Diagram MaxD/C tiap Generasi.....                                                                   | 178 |
| Gambar 4.28 Convergence Curve of Best Structural Weight vs Generation .....                                     | 183 |
| Gambar 4.29 Diagram Material used vs Generation.....                                                            | 186 |
| Gambar 4.30 Diagram Lingkaran distribusi orientasi kolom Best Gen 1 .....                                       | 191 |
| Gambar 4.31 Diagram Lingkaran distribusi orientasi kolom Best Gen 20.....                                       | 192 |
| Gambar 4.32 Heatmap Perbandingan Desain Kolom Metode Konvesial, Best Gen 1, dan Global Best Gen .....           | 200 |
| Gambar 4.33 Perbandingan Berat Stuktur Total dan Berat Kolom dengan Metode Konvesional dan Metode Otomatis..... | 212 |
| Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X Tiap Model Desain .....                           | 221 |
| Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y Tiap Model Desain .....                           | 221 |
| Gambar 4.36 Diagram Perbandingan Nilai P-Delta arah X tiap Model Desain .....                                   | 223 |
| Gambar 4.37 Diagram Perbandingan Nilai P-Delta arah Y tiap Model Desain.....                                    | 224 |

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## DAFTAR LISTING

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Listing 3.1 Fungsi Idle/ready ETABS Worker .....                                             | 77  |
| Listing 3.2 Fungsi Pengecekan <i>New Best Global</i> .....                                   | 81  |
| Listing 3.3 Fungsi Assign Etabs Master.....                                                  | 81  |
| Listing 3.4 Fungsi GA Opration.....                                                          | 82  |
| Listing 3.5 Fungsi Max Generation .....                                                      | 82  |
| Listing 3.6 Fungsi Final Report .....                                                        | 83  |
| Listing 3.7 Fungsi Instalasi Etabs .....                                                     | 86  |
| Listing 3.8 fungsi gene pool.....                                                            | 87  |
| Listing 3.9 Fungsi pemanggilan populasi awal.....                                            | 88  |
| Listing 3.10 Fungsi Konfigurasi Seeding .....                                                | 90  |
| Listing 3.11 Fungsi repair chromosome ( <i>repair logic</i> ) .....                          | 91  |
| Listing 3.12 Fungsi Evaluasi Paralel dan Pembagian taks.....                                 | 92  |
| Listing 3.13 Fungsi Adaption Mutasi pada program.....                                        | 94  |
| Listing 3.14 Fungsi Stopping Criteria.....                                                   | 95  |
| Listing 3.15 Fungsi Elistim pada <i>Script</i> .....                                         | 96  |
| Listing 3.16 Fungsi Tournamen selection .....                                                | 97  |
| Listing 3.17 Fungsi Two-point <i>Crossover</i> .....                                         | 97  |
| Listing 3.18 <i>Script</i> pemanggilan fungsi adaptif muation.....                           | 99  |
| Listing 3.19 <i>Script</i> fungsi Topology-Aware Bidirectional Chromosome Repair (TBCR)..... | 102 |
| Listing 3.20 fungsi update generasi & automatic restart ETABS .....                          | 103 |
| Listing 3.21 Code Snippet fungsi assign section .....                                        | 106 |
| Listing 3.22 Snippet Code fungsi run analysis.....                                           | 107 |
| Listing 3.23 Code Snippet fungsi pengecekan bentuk ragam .....                               | 108 |
| Listing 3.24 Code Snippet Penalty L1 dan Scale Penalty .....                                 | 109 |
| Listing 3.25 Snippet Code fungsi pengecekan partisipasi massa.....                           | 110 |
| Listing 3.26 Snippet Code penalty L2 .....                                                   | 111 |
| Listing 3.27 Snippet Code fungsi sccale facter .....                                         | 112 |
| Listing 3.28 Snippet Code fungsi pengecekan drift.....                                       | 113 |
| Listing 3.29 Snippet Code koefesien penalty L3 .....                                         | 114 |
| Listing 3.30 Snippet Code Koefesien P-Delta .....                                            | 115 |
| Listing 3.31 Snippet Code Perhitungan syarat P-Delta.....                                    | 115 |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Listing 3.32 Snippet Code Koefesien Penalty L4 .....                                                                                                 | 116 |
| Listing 3.33 Snippet Code algoritma Ray-Intersection pada fungsi <code>compute_dc_ratio</code> untuk menghitung rasio D/C secara komputasional ..... | 120 |
| Listing 3.34 Snippet Code pengaturan penalty lokal untuk kegagalan kapasitas (D/C) pada modul fungsi <code>penalty_rho</code> .....                  | 121 |
| Listing 3.35 Snippet Code implementasi Metode Biseksi pada fungsi <code>find_required_rho_pct</code> untuk mencari <i>prequired</i> .....            | 121 |
| Listing 3.36 Snippet Code proses decoding penguraian grup menjadi elemen kolom individual pada modul <code>GA_EngineRatio.py</code> .....            | 123 |
| Listing 3.37 Snippet Code implementasi perhitungan gradien severity pada modul <code>GA_EngineRatio.py</code> .....                                  | 124 |
| Listing 3.38 Snippet Code Koefesien Prio .....                                                                                                       | 128 |
| Listing 3.39 Konfigurasi Penalty Bertingkat .....                                                                                                    | 129 |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran A. 1 Daftar Alternatif Profil Kolom yang Digunakan .....                                                                     | 287 |
| Lampiran B. 1 Daftar Nama Group berdasarkan <i>Genetic Name</i> .....                                                                 | 318 |
| Lampiran B. 2 Daftar Jumlah Kolom tiap Group .....                                                                                    | 320 |
| Lampiran C. 1 Analisis Desain Konvensional Metode Manual.....                                                                         | 323 |
| Lampiran C. 2 Analisis Desain Konvensional Menggunakan Python.....                                                                    | 332 |
| Lampiran C. 3 Analisis Desain Best Gen1 Metode Manual .....                                                                           | 335 |
| Lampiran C. 4 Analisis Desain Best Gen 1 Menggunakan Python.....                                                                      | 344 |
| Lampiran C. 5 Analisis Desain Best Gen20 Metode Manual .....                                                                          | 347 |
| Lampiran C. 6 Analisis Desain Best Gen 20 Menggunakan Python .....                                                                    | 356 |
| Lampiran D. 1 Main Code .....                                                                                                         | 367 |
| Lampiran D. 2 <i>Module Assign Section</i> .....                                                                                      | 416 |
| Lampiran D. 3 <i>Module Column Orientation</i> .....                                                                                  | 417 |
| Lampiran D. 4 <i>Module Data Logger</i> .....                                                                                         | 419 |
| Lampiran D. 5 <i>Module Drift</i> .....                                                                                               | 433 |
| Lampiran D. 6 <i>Module Engine Ratio</i> .....                                                                                        | 437 |
| Lampiran D. 7 <i>Module Scale Factor</i> .....                                                                                        | 455 |
| Lampiran D. 8 <i>Module Mass Particip</i> .....                                                                                       | 462 |
| Lampiran D. 9 <i>Module Parallel Worker</i> .....                                                                                     | 464 |
| Lampiran D. 10 <i>Module P-Delta</i> .....                                                                                            | 470 |
| Lampiran D. 11 <i>Module EngineRatio</i> .....                                                                                        | 477 |
| Lampiran D. 12 <i>Module Runner Core</i> .....                                                                                        | 483 |
| Lampiran D. 13 <i>Module Seismic Mass</i> .....                                                                                       | 490 |
| Lampiran D. 14 <i>Module Torsi</i> .....                                                                                              | 496 |
| Lampiran D. 15 <i>Module Weight</i> .....                                                                                             | 499 |
| Lampiran E. 1 Daftar <i>Genetic</i> G0 – G16 pada tiap <i>Chromosome</i> .....                                                        | 502 |
| Lampiran E. 2 Daftar <i>Genetic</i> G17 – G32 pada tiap <i>Chromosome</i> .....                                                       | 585 |
| Lampiran E. 3 Daftar <i>Genetic</i> G33 – G48 pada tiap <i>Chromosome</i> .....                                                       | 669 |
| Lampiran E. 4 Daftar <i>Genetic</i> G49 – G60 pada tiap <i>Chromosome</i> .....                                                       | 752 |
| Lampiran E. 5 Daftar Nilai <i>Fitness, Weight, Stiffnes, Mutu, Penalty, Priode,</i> dan <i>RasioTors</i> tiap <i>Chromosome</i> ..... | 836 |

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran E. 6 Daftar Nilai *SumUX*, *SumUY*, *Drift*, *MaxTheta*, *MaxRatio*, *MaxD/C*, *ScaleX*, dan *ScaleY* tiap *Chromosome*..... 920

Lampiran E. 7 Daftar Nilai *Orientation X%*, *Orientation Y%*, *Simetri%*, *Status*, *Woeker*, dan *Detail Status* tiap *Chromosom*..... 1003

Lampiran F. 1 Daftar Harga Beton..... 1087



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Industri konstruksi modern dihadapkan pada tantangan GAnda yang menuntut keseimbangan antara keamanan struktural dan efisiensi biaya. Di Indonesia, tantangan ini semakin teramplifikasi dengan letak geografis Indonesia yang berada di sekitar pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu Lempeng Indo-Cina, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Filipina, serta berada dalam satu wilayah jalur *Pasific Ring of Fire* (Hutchings & Mooney, 2021). Kondisi ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara dengan intensitas gempa bumi yang tinggi dan paling aktif di dunia, yang mewajibkan setiap perencanaan gedung bertingkat tinggi untuk mematuhi standar ketahanan gempa yang ketat guna melindungi keselamatan jiwa dan meminimalisir kerusakan gedung dan aset. SNI 1726:2019, 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung merupakan yang berlaku saat ini di Indonesia. Standar ini menetapkan kriteria kinerja yang harus dipenuhi oleh struktur, mulai dari batasan simpangan antar lantai (*Story Drift*), Torsi, *Mass Participant*, hingga stabilitas global struktur terhadap efek *P-Delta*.

Selama proses desain struktur gedung bertingkat, kolom memegang peranan penting sebagai komponen vertikal utama yang tidak hanya berfungsi menyalurkan beban gravitasi ke fondasi, tetapi juga berfungsi sebagai elemen penahan Gaya lateral utama dalam sistem rangka pemikul momen (SRPM). Kegagalan pada satu elemen kolom dapat memicu mekanisme keruntuhan progresif (*progressive collapse*) yang berakibat fatal bagi bangunan (Fazrian & Djauhari, 2017). Oleh karena itu, penentuan dimensi penampang dan orientasi kolom menjadi Keputusan desain yang krusial. Secara tradisional, insinyur akan menentukan konfigurasi kolom berdasarkan intuisi, penalaran empiris, atau proses *trial and error* yang berulang. Pendekatan Konvensional ini sering kali menghasilkan desain yang konservatif dan oversized, dimana dimensi kolom yang dibuat sering kali jauh lebih besar dari yang diperlukan untuk sekedar memenuhi faktor keamanan. Akibatnya, terjadi inefisiensi material yang signifikan, peningkatan biaya konstruksi, dan penambahan massa bangunan yang justru memperbesar Gaya inersia gempa yang bekerja pada struktur.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai representasi untuk mengevaluasi kompleksitas permasalahan desain tersebut, penelitian ini menggunakan objek studi berupa pemodelan struktur bangunan hipotetikal yang difungsikan sebagai gedung hotel 12 lantai dengan bentuk asimetris (berbentuk L) dan berlokasi di kota Surabaya. Pemilihan Surabaya didasarkan pada karakteristik wilayahnya yang memiliki tingkat risiko kegempaan menengah hingga tinggi, sehingga sangat ideal untuk menguji keandalan sistem penahan Gaya seismik. Gedung ini akan dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi dengan perhitungan massa struktur yang mempertimbangkan elemen struktur utama serta pembebanan *dead load*, *live load*, dan tambahan untuk mendapatkan estimasi berat seismik efektif yang akurat. Namun, dengan banyaknya jumlah kolom dan luasnya variasi kombinasi orientasi pada gedung 12 lantai ini, upaya pencarian konfigurasi melalui pendekatan desain konvensional akan memakan waktu yang sangat lama dan rentan terhadap subjektivitas desainer.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan *Genetic Algorithm* (GA) sebagai metode optimasi meta-heuristik yang mensimulasikan evolusi biologis untuk mengeksplorasi ruang solusi desain yang luas (Dhoke et al., 2018) Implementasi ini dilakukan melalui integrasi Python dengan Open API CSI ETABS untuk mengotomatisasi proses modifikasi model, analisis, dan verifikasi desain secara iterative (Cabrera et al., 2025). Dengan judul “Optimasi Penampang dan Orientasi Kolom Dalam Proses Desain Gedung Tinggi Berbasis Kinerja Seismik dan Efisiensi Material Menggunakan *Genetic Algorithm*”, penelitian ini mengembangkan kerangka kerja yang mampu mengatur dimensi kolom secara bertingkat (*cascading*) dan menangani batasan kinerja seismik sebagai fungsi *penalty*, demi menghasilkan struktur yang paling ringan, ekonomis, dan aman sesuai standar SNI.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang akan dikaji dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana proses mengimplementasikan algoritma optimasi berbasis *Genetic Algorithm* (GA) menggunakan Bahasa pemrograman python yang terintegrasi



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dengan ETABS API untuk mengoptimisasi proses penentuan dimensi dan orientasi kolom pada struktur gedung bertingkat?

2. Bagaimana mekanisme penanganan kendala (*constraint handling*) yang efektif untuk memastikan bahwa struktur hasil optimasi tetap mematuhi persyaratan kinerja seismik sesuai SNI 1726:2019?
3. Berapa tingkat efisiensi (pengurangan berat total struktur) yang dapat dicapai oleh metode optimasi GA dalam menentukan dimensi dan orientasi kolom dibandingkan dengan desain konvensional?

### 1.3 TUJUAN

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai beberapa hal berikut:

1. Mengimplementasikan algoritma optimasi berbasis GA menggunakan bahasa pemrograman Python yang terintegrasi dengan ETABS API untuk mengoptimalkan penentuan dimensi dan orientasi kolom pada struktur gedung bertingkat.
2. Menerapkan mekanisme penanganan kendala (*constraint handling*) yang efektif ke dalam algoritma untuk memastikan struktur yang dihasilkan memenuhi seluruh persyaratan kinerja seismic dan keamanan sesuai standar SNI 1726:2019.
3. Membandingkan tingkat efisiensi material (khususnya pengurangan berat total struktur) dan orientasi kolom yang dihasilkan oleh metode optimasi GA terhadap hasil desain konvensional.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya cakupan permasalahan dalam desain struktur gedung bertingkat, maka penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Model yang digunakan adalah gedung 12 lantai dengan sistem struktur beton bertulang, diasumsikan berfungsi sebagai gedung hotel (kategori risiko II) yang terletak di wilayah Surabaya dengan percepatan gempa tinggi (Kategori Desain Seismik E).
2. Optimasi difokuskan hanya pada elemen kolom struktur. Variabel yang diubah-ubah adalah dimensi penampang (Panjang dan lebar) serta orientasi penampang. Elemen balok, dan pelat dianggap konstan (*fixed*) selama proses optimasi berlangsung.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Algoritma yang digunakan adalah GA dengan parameter populasi, laju mutasi, dan metode seleksi yang ditentukan berdasarkan studi literatur.
4. Menggunakan Python sebagai bahasa pemrograman utama untuk mengimplementasikan GA dan program API.
5. Perangkat lunak yang digunakan berupa:
  - a. ETABS CSI (Versi 22) sebagai *software* pemodelan struktur dan analisis struktur.
  - b. Visual Code Studio (Versi 3.10) digunakan sebagai code editor untuk menulis, debugging, dan meninjau kode Python yang akan digunakan untuk proses optimasi.
6. Fokus utama penelitian ini adalah proses optimasi struktur dengan tujuan meminimalkan berat struktur (kN) dengan tetap mempertimbangkan batasan-batasan teknis yang meliputi Partisipasi Massa, Torsi, Faktor Skala, *Drift*, pengaruh *P-Delta*, Rasio Tulangan, serta D/C.

## 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun secara sistematis dalam lima bab utama sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini Menguraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas teori-teori dasar dan studi literatur yang relevan, mencakup konsep perencanaan tahan gempa menurut SNI 1726:2019, persyaratan beton struktural SRPMK menurut SNI 2847:2019, teori dasar GA, serta mekanisme kerja ETABS API.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan secara rinci tahapan pelaksanaan penelitian, mulai dari diagram alir penelitian, persiapan model struktur, perancangan algoritma optimasi (representasi kromosom, fungsi fitness, strategi perbaikan), hingga prosedur analisis dan validasi data.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Menyajikan data hasil optimasi, grafik konvergensi algoritma, analisis perbandingan kinerja struktur sebelum dan sesudah optimasi, serta pembahasan mendalam mengenai perilaku seismik struktur optimal.

## **BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

## **DAFTAR PUSTAKA**

Memuat daftar referensi buku, jurnal, standar, dan sumber lain yang dikutip dalam penyusunan laporan ini.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian optimasi desain penampang dan orientasi kolom bangunan gedung tinggi 12 lantai menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) yang terintegrasi dengan ETABS melalui *Open Application Programming Interface* (OAPI), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

#### 1. Implementasi Sistem Otomasi GA–ETABS Berhasil Dikembangkan

Program optimasi berbasis *Genetic Algorithm* menggunakan bahasa pemrograman Python berhasil diintegrasikan secara penuh dengan *engine* analisis struktur ETABS melalui OAPI. Arsitektur komputasi paralel (*multiprocessing*) yang dikembangkan terbukti mampu mengevaluasi populasi kromosom secara serentak, sehingga proses pencarian ruang solusi yang mencakup kombinasi dimensi penampang, orientasi kolom, dan mutu material dapat berlangsung secara jauh lebih efisien dibandingkan metode desain konvensional berbasis *trial and error*.

#### 2. Metode *Constraint Handling* Efektif Menghasilkan Desain yang Layak Bangun

Penerapan fungsi penalti bertingkat (*Cascading Penalty*) yang dipadukan dengan operator *Topology Bidirectional Chromosome Repair* (TBCR) terbukti efektif dalam mengarahkan proses pencarian menuju solusi yang layak secara struktural dan konstruktif. TBCR berhasil menjamin kontinuitas dimensi kolom antar-lantai (kolom lantai bawah selalu sama besar atau lebih besar dari kolom lantai atas), sementara *Cascading Penalty* memastikan seluruh hasil desain memenuhi persyaratan kinerja seismik sesuai SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, meliputi jumlah ragam, simpangan antarlantai (*story drift*), partisipasi massa, ketidak beraturan torsi, rasio D/C, serta batas rasio tulangan longitudinal.

#### 3. Optimasi GA Menghasilkan Reduksi Berat Struktur yang Signifikan

Dibandingkan dengan desain konvensional (manual), metode GA terbukti menghasilkan efisiensi material yang sangat signifikan secara bertahap dalam tiga



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

fase. Pada desain konvensional, seluruh elemen kolom menggunakan penampang simetris bujur sangkar dengan mutu beton  $f'c$  40 MPa, menghasilkan berat kolom sebesar 161.778,27 kN atau 56,85% dari total berat struktur bangunan 284.557,39 kN. Sejak iterasi pertama (Generasi ke-1), GA langsung menunjukkan lompatan efisiensi yang besar dengan memangkas berat kolom sebesar 38,94% menjadi 97.162,53 kN, sekaligus menurunkan total berat gedung sebesar 22,05% menjadi 221.811,89 kN. Proses evolusi kemudian terus menyempurnakan desain hingga Generasi ke-20, di mana berat kolom kembali menyusut menjadi 70.287,14 kN—turun 27,66% dari Generasi ke-1. Secara akumulatif dari desain konvensional hingga hasil akhir GA, berat elemen kolom berhasil direduksi sebesar 56,55% (berkurang 91.491,12 kN), yang menjadi penggerak utama penurunan total berat struktur sebesar 31,19% (dari 284.557,39 kN menjadi 195.806,08 kN). Selain itu, proporsi berat komponen kolom terhadap total berat bangunan juga turun drastis dari 56,85% (konvensional) menjadi hanya 35,90% (Generasi ke-20), mengindikasikan distribusi material yang jauh lebih rasional dan efisien.

## 5.2 SARAN PENELITIAN SELANJUTNYA

Berdasarkan kesimpulan dan batasan yang ditemukan selama pelaksanaan studi ini, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sistem penalti yang digunakan adalah *flat penalty* dengan *weight gradient*. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi *cost-based penalty* yang lebih proporsional terhadap biaya nyata.
2. Ruang lingkup optimasi pada penelitian ini masih dibatasi hanya pada elemen kolom. Penelitian selanjutnya dapat memperluas target optimasi pada elemen struktur utama lainnya seperti balok, dinding geser (*shear wall*), atau melakukan optimasi *multi-elemen* secara terintegrasi untuk menghasilkan desain struktur bangunan yang lebih holistik.
3. *Topology Bidirectional Chromosome Repair* (TBCR) pada penelitian ini masih menggunakan repair Bottom-to-Top atau Top-to-Bottom untuk semua *chain* kolom, penelitian lanjutan dapat menerapkan TBCR pada setiap masing masing *chain* kolom sehingga dalam satu iterasi desain terdapat kemungkinan kolom membesar pada 1 *chain* dan pada *chain* lain mengecil.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Pada penelitian ini, optimasi difokuskan menggunakan *Genetic Algorithm* (GA). Penelitian selanjutnya dapat membandingkan efektivitas dan kecepatan konvergensi GA dengan metode *metaheuristik* lain yang setingkat, seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) atau *Grey Wolf Optimizer* (GWO). Selain itu, eksplorasi juga dapat diarahkan pada penggunaan algoritma multi-objective seperti *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) untuk mengoptimasi beberapa fungsi objektif secara bersamaan.
5. Evaluasi desain pada penelitian ini membutuhkan beban komputasi yang tinggi, sehingga proses iterasi memakan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian lanjutan dapat mengintegrasikan *Machine Learning* atau *Deep Learning* (seperti *Surrogate Models*, *Neural Operators*, atau pendekatan berbasis fisika) untuk memprediksi respons struktur. Hal ini memungkinkan algoritma memangkas kebutuhan analisis elemen hingga penuh pada setiap iterasi, sehingga waktu komputasi menjadi jauh lebih efisien.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, T., Qamar, S., Dixit, A., & Benaida, M. (2021). Genetic algorithm: Reviews, implementations and applications. In *International Journal of Engineering Pedagogy* (Vol. 10, Number 6, pp. 57–77). Kassel University Press GmbH. <https://doi.org/10.3991/IJEP.V10I6.14567>
- Anil K. Chopra. (2020). *DYNAMICS OF STRUCTURES*.
- Anupriya Shukla, Hari Mohan Pandey, & Deepti Mehrotra. (2015). *Comparative Review of Selection Techniques in Genetic Algorithm*. IEEE.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726:2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2020). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Becht, E., McInnes, L., Healy, J., Dutertre, C. A., Kwok, I. W. H., Ng, L. G., Ginhoux, F., & Newell, E. W. (2019). Dimensionality reduction for visualizing single-cell data using UMAP. *Nature Biotechnology*, 37(1), 38–47. <https://doi.org/10.1038/nbt.4314>
- Bhatti, A. Q. (2016). Scaled accelerographs for design of structures in Quetta, Baluchistan, Pakistan. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 8(4), 401–410. <https://doi.org/10.1007/s40091-016-0141-x>
- Cabrera, P. A., Medina, G. M., & Delgadillo, R. M. (2025). Automation and Genetic Algorithm Optimization for Seismic Modeling and Analysis of Tall RC Buildings. *Buildings*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/buildings15193618>

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Cheng, K., Weng, G., & Cheng, Z. (2023). Influence of load partial factors adjustment on reliability design of RC frame structures in China. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34241-5>
- Computers and Structures, Inc. (2022). *CSI API ETABS v1 Documentation*. Computers and Structures, Inc.
- C.V.R Murty, Rupen Goswami, A.R. Vijayanarayanan, & Vipul V. Mehta. (2012). *Some Concepts in Behaviour of Buildings*.
- David Elliott Goldberg. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*.
- de Resende, C. H. B., Martha, L. F., Lemonge, A. C. C., Hallak, P. H., Carvalho, J. P. G., & Motta, J. C. (2023). Multi-objective structural optimization of spatial steel frames with column orientation and bracing system as design variables. *Advances in Computational Design*, 8(4), 327–351. <https://doi.org/10.12989/acd.2023.8.4.327>
- Dhoke, M. P., Kale, J. S., & Dhoke Vasant Rao Naik Marathwada Krishi Vidyapeeth, P. K. (2018). Review on Adaptive Genetic Algorithm and Metaheuristic Methods within Stochastic Optimisation. In *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* (Number 6). <http://www.ijcmas.com>
- Fazrian, D., & Djauhari, Z. (2017). Keruntuhan Progresif Gedung Beraturan Sistem Ganda. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 4, Number 2).
- Gangothri, B., Shiva Prasad, G., Sai, A., Reddy, K., Tarannum, S., Jahangir Babu, V., Kumar, V., & Students, U. G. (2024). ANALYSIS AND DESIGN OF HOSPITAL BUILDING (G+3). *International Journal of Multidisciplinary Engineering in Current Research-IJMEC*. <http://ijmec.com/>,
- Habte, B., & Yilma, E. (2021). Cost optimization of reinforced concrete frames using genetic algorithms. *International Journal of Optimization and Control: Theories and Applications*, 11(1), 59–67. <https://doi.org/10.11121/ijocta.01.2021.00863>
- Hafeez, M. A., Anjaneya Prasad, M., & Dakshina Murthy, N. R. (2024). Application of Evolutionary Algorithm Technique to Minimize Torsion for Plan and Vertical Asymmetrical RC Buildings. In *Journal of Information Systems Engineering and*



*Management* (Vol. 2025, Number 27s). <https://www.jisem-journal.com/ORCID:https://orcid.org/0009-0006-7081-3033>ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5662-8890>

Haldurai, L., Madhubala, T., & Rajalakshmi, R. (2016). A Study on Genetic Algorithm and its Applications. *International Journal of Computer Sciences and Engineering International Journal of Computer Sciences and Engineering*. [www.ijcseonline.org](http://www.ijcseonline.org)

Haq, E. U., Ahmad, I., Hussain, A., & Almanjahie, I. M. (2019). A novel selection approach for genetic algorithms for global optimization of multimodal continuous functions. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8640218>

Hong, W. J., Yang, P., & Tang, K. (2021). Evolutionary Computation for Large-scale Multi-objective Optimization: A Decade of Progresses. In *International Journal of Automation and Computing* (Vol. 18, Number 2, pp. 155–169). Chinese Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1007/s11633-020-1253-0>

Hoogenboom, P. C. J. (2024). *Optimal number of load combinations in structural analysis* (Vol. 69, Number 2).

Hu, M., Huang, G., Yang, X., Xiao, J., Wang, X., & Zhang, T. (2025). From penalty function to learning-driven: evolution and perspectives of constrained multi-objective evolutionary algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2025.102006>

Hutchings, S. J., & Mooney, W. D. (2021). The Seismicity of Indonesia and Tectonic Implications. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22(9). <https://doi.org/10.1029/2021GC009812>

Istiono Heri, & Ramadhan Azhar Yusuf. (2020). *ANALISIS PENGARUH P-DELTA EFFECT*.

Katoch, S., . C. S. S., & Kumar, V. (2021). *A review on genetic algorithm: past, present, and future*.

Kobak, D., & Berens, P. (2019). The art of using t-SNE for single-cell transcriptomics. *Nature Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13056-x>

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Kurniawan, M., Sasi, W., Hartopo, ), & Apriyanto, T. (2023). *PERENCANAAN BANGUNAN GEDUNG SUPERMARKET KABUPATEN BOYOLALI*. 4(2).
- Lavinas, Y., Aranha, C., Sakurai, T., & Ladeira, M. (2018). Experimental Analysis of the Tournament Size on Genetic Algorithms. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2018*, 3647–3653. <https://doi.org/10.1109/SMC.2018.00617>
- Le Hoang, Le Thi Anh Hong, Do Hung Thoi, Le Quoc Hai, Nguyen Van Tam, Tran Duc Thuong, & Bui Le Anh Tuan. (n.d.). *View of Automated RC-column design to TCVN 5574\_2018 using excel VBA–CSi API integration*.
- Lim, S. M., Sultan, A. B. M., Sulaiman, M. N., Mustapha, A., & Leong, K. Y. (2017). Crossover and mutation operators of genetic algorithms. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 7(1), 9–12. <https://doi.org/10.18178/ijmlc.2017.7.1.611>
- McInnes, L., Healy, J., & Melville, J. (2020). *UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction*. <http://arxiv.org/abs/1802.03426>
- Motta, J. C., Resende, C. H. B., Lemonge, A. C. C., Hallak, P. H., & Carvalho, J. P. G. (2021). *Optimal orientation of cross-sections of columns of 3D steel frames in a single and multi-objective optimization*.
- NI, L. V. U., & Hinton, G. (2008). Visualizing Data using t-SNE Laurens van der Maaten. In *Journal of Machine Learning Research* (Vol. 9).
- Omar, M. H., Alias, M. F., Radzi, R., & Abdul Halim, M. N. (2024). Static and Dynamic Analyses of Spindle Collet Made of Different Materials Using Finite Element Modeling. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v8i1.20467>
- Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 TAHUN 2021*. (2002). [www.peraturan.go.id](http://www.peraturan.go.id)
- PerMenPU29-2006*. (n.d.).
- Rahimi, I., Gandomi, A. H., Chen, F., & Mezura-Montes, E. (2023). A Review on Constraint Handling Techniques for Population-based Algorithms: from single-



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

objective to multi-objective optimization. In *Archives of Computational Methods in Engineering* (Vol. 30, Number 3, pp. 2181–2209). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09859-9>

Resende, C., Martha, L. F., Lemonge, A., Hallak, P., Carvalho, J., & Motta, J. (2024). Automatic Column Grouping of 3D Steel Frames via Multi-Objective Structural Optimization. *Buildings*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/buildings14010191>

Rosyidah, A., Albab, U., Ketut Sucita, I., & S, L. M. (2023). *Anomaly Response Spectrum of Various Cities in Indonesia Based on SNI 1726:2019*. 01(03). <https://doi.org/10.59511/riestech.v1i>

Samanipour, F., & Jelovica, J. (2020). Adaptive repair method for constraint handling in multi-objective genetic algorithm based on relationship between constraints and variables. *Applied Soft Computing Journal*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106143>

Satiadarma, K., Prayogo, D., & Chandra, J. (2025). OPTIMASI STRUKTUR BETON BERTULANG PADA PORTAL RUANG DENGAN ALGORITMA SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH (SOS). *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 12(1), 58–69. <https://doi.org/10.9744/duts.12.1.58-69>

Schueller. (1989). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*.

Susanto, I., Indriati, D., Widyaningsih, P., Sulandari, W., Sri, T., Teknis, M. T., Setiyowati, R., Ratmanto, A. T., Banjar, A., Susanti, I., Sudiby, N. A., Wicaksanang, R., Prasetyo, L., Yunidha, A., & Setiawan, H. (2010). *Matematika Dalam Riset, Teknologi, dan Pendidikan*.

Violeta, I. (2024). *ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK DAN KONFIGURASI KOLOM TERHADAP PERIODE GETAR STRUKTUR*. 3(1). <https://jurnal.upb.ac.id/index.php/ft>

Violeta Iona. (2024). *ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK DAN KONFIGURASI KOLOM TERHADAP PERIODE GETAR STRUKTUR*.

Wang, Y., Huang, H., Rudin, C., & Shaposhnik, Y. (2021). Understanding How Dimension Reduction Tools Work: An Empirical Approach to Deciphering t-SNE,



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

UMAP, TriMap, and PaCMAP for Data Visualization. In *Journal of Machine Learning Research* (Vol. 22). <http://jmlr.org/papers/v22/20-1061.html>.

Waysi, D., Ahmed, B. T., & Ibrahim Mahmood Ibrahim. (2025). Optimization by Nature: A Review of Genetic Algorithm Techniques. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 14(1). <https://doi.org/10.33022/ijcs.v14i1.4596>

Yeniay, Ö. (2005). PENALTY FUNCTION METHODS FOR CONSTRAINED OPTIMIZATION WITH GENETIC ALGORITHMS. In *Mathematical and Computational Applications* (Vol. 10, Number 1).

Zain, R. (2025). *OPTIMASI UKURAN PENAMPANG KOLOM DAN BALOK GEDUNG BETON BERTULANG TIPIKAL BERBASIS VOLUME MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM BERDASARKAN KRITERIA SEISMIK*. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA