

PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG ANTARA METODE GARIS LELEH DAN METODE *ELEMENT SHELL* PADA PELAT STUDI KASUS GEDUNG SMPN 4 PETANG

I Made Suardana Kader¹, I Wayan Suasira^{2*}, I Made Jaya³, I Nengah Adi Meirawan⁴

¹²³⁴Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364 Telp (0361) 701981

*Email : iwayansuasira@yahoo.com

Abstrak: Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah metode pembebanan garis leleh dan metode pembebanan *element shell*. Tujuan dari analisis ini adalah : (1). Untuk mengetahui jumlah tulangan struktur yang dihasilkan dari kedua metode tersebut, (2). mengetahui presentase perbandingan luas tulangan yang dihasilkan dari kedua metode tersebut, (3). mengetahui metode yang lebih efisien. Hasil yang didapat dari analisis ini antara lain : (1)(a). Untuk jumlah tulangan pokok kolom 20 x 20 metode garis leleh didapat **4D16**, metode *element shell* didapat **4D16**, (b). Untuk jumlah tulangan pokok kolom 30 x 30 metode garis leleh didapat **5D16**, metode *element shell* didapat **6D16**, (c). Untuk jumlah tulangan pokok *top area* balok 25 x 35 metode garis leleh didapat **3D16**, metode *element shell* didapat **3D16**, (d). Untuk jumlah tulangan pokok *top area* balok 25 x 60 metode garis leleh didapat **4D16**, metode *element shell* didapat **4D16**, (e). Untuk jumlah tulangan pokok *top area* ring balok 20 x 25 metode garis leleh didapat **2D10**, metode *element shell* didapat **2D10**, (f). Untuk jumlah tulangan pokok *top area* sloof 20 x 30 metode garis leleh didapat **3D13**, metode *element shell* didapat **3D13**. (2)(a). Pada kolom perhitungan dengan metode *element shell* lebih besar **1.418%** dari metode garis leleh, (b). Pada balok perhitungan dengan metode *element shell* lebih besar **1.950%** dari metode garis leleh, (c). Pada ring balok perhitungan dengan metode garis leleh lebih besar **2.942%** dari metode *element shell*, (d). Pada sloof perhitungan dengan metode *element shell* lebih besar **23.958%** dari metode garis leleh. (3). Metode yang lebih efisien dalam analisa ini adalah metode garis leleh yang menghasilkan jumlah tulangan yang lebih sedikit.

Kata kunci : Struktur, Metode garis leleh, Metode *element shell*.

Comparison between Concrete Structure Design of Lines Melting Method and Shell Element Method of the Plate A Case Study in SMPN 4 Petang Building

Abstract: The method used in this analysis is loading the melting line and the method of loading shell element. The purpose of this analysis is: (1) to determine the amount of reinforcement structure resulting from both methods, (2) knowing present reinforcement generated extensive comparison of the two methods, (3) determine a more efficient method. The results of this analysis are: (1) (a). Principal amount of reinforcement for columns 20x20-line method melting obtained 4D16, obtained shell element method 4D16, (b). Principal amount of reinforcement for columns 30x30-line method melting obtained 5D16, obtained shell element method 6D16, (c). For the principal amount of reinforcement top area 25 x 35 beam melting line method obtain 3D16, obtained shell element method 3D16, (d). For the principal amount of reinforcement top area 25 x 60 beam melting line method obtain 4D16, obtained shell element method 4D16 (e). For the principal amount of reinforcement beam stop area 20x 25-line method melting obtained 2D10, obtained shell element method 2D10, (f). For the principal amount of reinforcement sloof top area 20x30-line method melting obtained 3D13, obtained shell element method 3D13. (2) (a). In the column shell element method calculation with 1,418% greater than the melting line method, (b). On the beam shell element method calculation with 1,950% greater than the melting line method, (c). In the ring beam calculation by-line basis 2,942% greater melting of the shell element method, (d). At sloof calculations with greater shell element method 23 958% of the melting line method. 3). The method is more efficient in this analysis is a method of melting line that produces less amount of reinforcement.

Keywords: Structure, Melting lines method, shell element method.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung adalah wujud fisik pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (Anonim, 2002). Penulis akan membandingkan hasil akhir dari “metode garisleleh” dan “metode *element shell*” pada pelat studi kasus gedung SMPN 4 Petang. Dengan melakukan perbandingan antara kedua metode ini, akan didapatkan jumlah tulangan pada setiap struktur dari masing-masing metode tersebut. Selanjutnya, akan didapat metode yang lebih efektif, dan hasil yang lebih efisien untuk digunakan dalam perhitungan struktur. Pada metode garis leleh, beban pelat akan dilimpahkan atau didistribusikan pada balok struktur. Dengan cara ini, maka balok struktur akan memikul beban trapesium dan beban segitigadari pelat. Sedangkan metode *element shell*, beban pada pelat yang berupa beban luasan langsung diberikan pada pelat sesuai dengan *properties* pelat yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memecahkan permasalahan yang ada, maka dapat diambil rumusan masalah, yang dititik beratkan pada :

1. Berapa jumlah tulangan yang dihasilkan dari metode garis leleh dan metode *element shell* ?
2. Bagaimanapresentase perbandingan luas tulangan yang dihasilkan dari kedua metode yang digunakan ?
3. Manakah metode yang lebih efisien dalam perhitungan desain struktur gedung ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui jumlah tulangan struktur yang dihasilkan dari metode garis leleh dan metode *element shell*
2. Untukmengetahui presentse perbandingan luas tulangan yang dihasilkan dari metode garis leleh dan metode *element shell*
3. Untuk mengetahui metode yang lebih efisien dalam perhitungan desain struktur gedung

1.3.2 Manfaat

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberi pemahaman kepada penulis maupun pembaca tentangperbedaan dalam perhitungan struktur gedungdengan menggunakan metode garis leleh dan metode *element shell*.

2. Memberikan kesempatan untuk menerapkan ilmu-ilmu yang diperoleh selama masa perkuliahan sehingga hasil akhir yang diinginkan selalu mengacu pada dasar teori yang didapatkan saat perkuliahan sebelumnya.
3. Menambah pengalaman penulis khususnya dalam menghitung struktur, sehingga akan sangat bermanfaat saat memasuki dunia kerja.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis akan membahas beberapa permasalahan dengan menggunakan kedua metode tersebut, antara lain :

1. Menghitung dan menganalisis perbandingan desain struktur pada kolom
2. Menghitung dan menganalisis perbandingan desain strukturpada balok
3. Menghitung dan menganalisis perbandingan desain struktur pada ring balok
4. Menghitung dan menganalisis perbandingan desain struktur pada sloof

II. TINJAUAN PUSTAKA

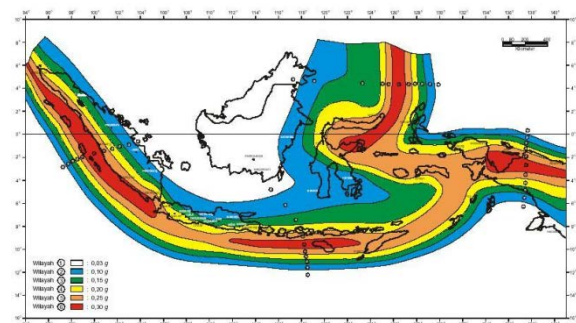
2.1 Tinjauan Beban

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. struktur sebuah gedung harus direncanakankekuatannya terhadapbebanbebanberikut:

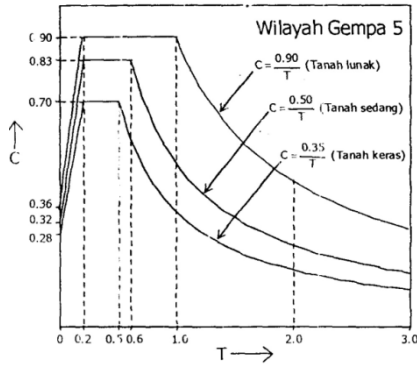
1. BebanMati(*Dead Load*),dinyatakandenganlambang DL
2. BebanHidup(*LiveLoad*),dinyatakandenganlambangLL
3. BebanGempa(*EarthquakeLoad*),dinyatakandeng an lambang E

2.2 Koefisien Dasar Gempa

Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, wilayah indonesia dapat dibagi kedalam 6 wilayah zona gempa.



Gambar 2.1 Wilayah Gempa Indonesia (Sumber : SNI 03-1726-2002)



Gambar 2.2 Respons Spektrum Gempa Rencana (Sumber : SNI 03-1726-2002)

2.3 Pelat

Pelat adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah (Nawy, 1990).

2.4 Teori Garis Leleh Untuk Pelat Dua Arah

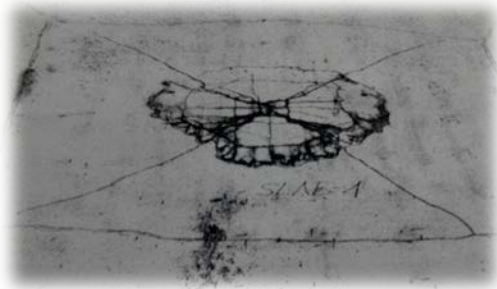
Penelitian mengenai mekanisme medan sendi (*hinge-field*) pada pelat atau *slab* pada keadaan beban yang mendekati beban batas memudahkan mahasiswa dalam mempelajari perilaku pelat dua arah. Medan sendi adalah deretan pita sendi (*hinge bands*) yang diidealisasikan menjadi garis sehingga teori ini disebut teori garis leleh (*yield-line theory*) yang kemukakan oleh K.W. Johansen.

Teori garis leleh menghasilkan solusi batas atas pada masalah pelat. Ini berarti bahwa momen kapasitas yang diprediksi pada *slab* merupakan harga tertinggi yang diharapkan dibandingkan dengan hasil percobaan. Selain itu, teori ini beranggapan bahwa berlaku perilaku plastis-kaku total, yaitu pelat tetap dasar pada saat *collapse* sehingga menghasilkan sistem kegagalan yang kaku-bidang. Dengan demikian defleksi tidak diperhitungkan. Begitu pula gaya membran yang berupa gaya tekan tidak diperhitungkan. Selain itu, pelat tersebut dianggap sangat *under-reinforced*, yaitu angka penulangannya ρ tidak melebihi 0,5% dari penampang *bd*.

Karena solusinya merupakan batas atas (*upper-bound*), maka tebal *slab* yang diperoleh dengan teori ini sering kali lebih tipis daripada yang diperlukan oleh solusi batas bawah seperti misalnya metode desain langsung (*direct design method*). Sebagai akibatnya, perlu dilakukan pengontrolan *serviceability* (retak maupun defleksi) yang digabungkan dengan teori garis leleh.

Satu keuntungan utama teori ini adalah solusinya dapat diperoleh untuk berbagai bentuk pelat, sementara kebanyakan teori lainnya hanya dapat digunakan untuk bentuk segiempat disertai perhitungan kasar mengenai efek tumpuan. Dengan teori ini momen kapasitas dapat dengan mudah diperoleh untuk bentuk segitiga, trapesium, segiempat, lingkaran, maupun bentuk-bentuk lainnya apabila

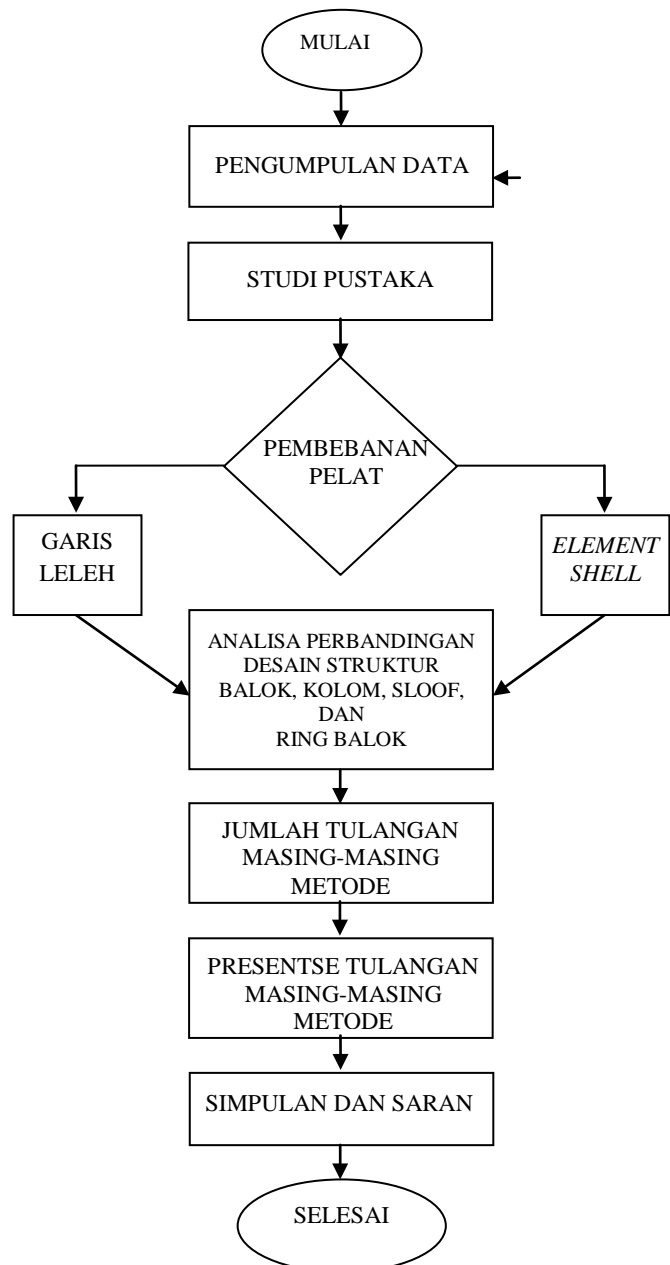
mekanisme kegagalannya dapat diketahui atau diprediksi.



Gambar 2.3 Pola garis leleh dalam keadaan runtuh akibat reaksi kolom dan batas-batas lantai dua arah berpanel banyak. Tes oleh Nawy, Chakrabarti, dkk. (Sumber : Buku Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar)

III. METODELOGI PENELITIAN

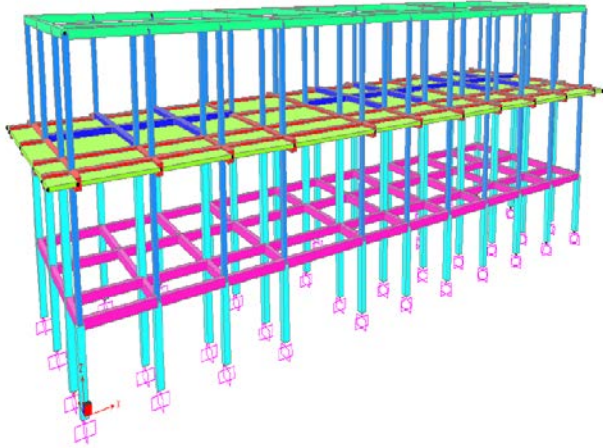
3.1 Rancangan



IV. PERENCANAAN DAN ANALISIS

4.1 Deskripsi dan Model Struktur

Analisis konstruksi gedung ini dilakukan dengan menggunakan permodelan struktur 3D dengan bantuan program SAP2000v.14. Kolom-kolom dan balok-balok dari struktur gedung dimodelkan sebagai *elementframe*, sedangkan pelat lantai pada metode pembebanan *elementshell* dimodelkan sebagai elemen *shell*.



Gambar 4.1 Rangka Struktur Gedung SMPN 4 Petang

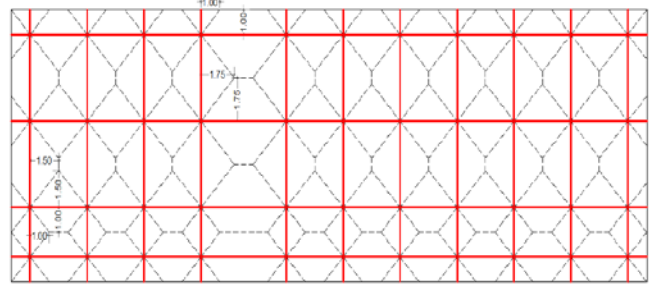
4.2 Data Perencanaan Struktur

Untuk parameter perencanaan, perhitungan struktur menggunakan data sebagai berikut :

1. Fungsi Bangunan: Gedung Sekolah
2. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 Kg/m³
3. Angka Poisson Rasio Beton : 0,2
4. Modulus Elastisitas Beton : 2,1 x 10⁹
5. Mutu Beton (f'c) : 25 Mpa
6. Tebal Pelat Lantai : 0,12 m
7. Berat Jenis Baja Tulangan : 7850 Kg/m³
8. Angka Poisson Rasio Baja Tulangan : 0,3
9. Modulus Elastisitas Baja Tulangan : 2,1 x 10¹⁰
10. Mutu Baja Tulangan Ulir (fy) : 400 Mpa
11. Mutu Baja Tulangan Polos (fys) : 240 Mpa
12. Wilayah Gempa : Wilayah Gempa 5 (SRPMM)
13. Kondisi Tanah : Sedang.

4.3 Analisis Struktur Metode Garis Leleh

4.3.1. Pembebanan



Gambar 4.2 daerah pembebanan metode garis leleh

4.3.2 .Beban Mati (qDL) berdasarkan PPIUG 1983

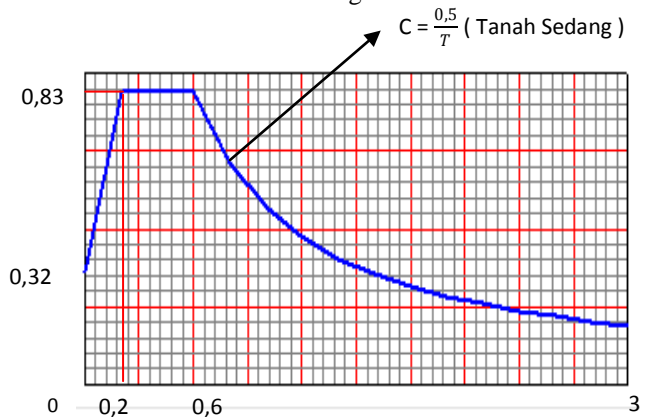
| | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Pelat Lantai, tebal 12 cm | = 0,12 x 2400 = 288 kg/m ² |
| Spesitebal, 2,5 cm | = 2,5 x 21 = 52,5 kg/m ² |
| Keramik, tebal 1 cm | = 1 x 24 = 24 kg/m ² |
| Plafond dan penggantung | = 11 + 7 = 18 kg/m ² |
| | <hr/> |
| | = 382,5 kg/m ² |
| Instalasi listrik dan air | = 9,45 kg/m ² |
| | <hr/> |
| Beban Mati (qDL) | = 391,95 kg/m ² |

4.3.3. Beban Hidup (qLL) berdasarkan PPIUG 1983

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Fungsi gedung | = Gedung Sekolah |
| Beban Hidup (qLL) | = 250 kg/m ² |

4.3.4. Beban Gempa (Analisa Dinamik)

| | |
|---------------|---------------------------|
| Wilayah Gempa | : Wilayah Gempa 5 (SRPMM) |
| Kondisi Tanah | : Sedang. |



Gambar 4.4 Respons spektrum wilayah gempa 5 (SRPMM) dengan kondisi tanah sedang

Nilai faktor respons gempa (C) untuk pergerakan dinamis pada diagram diatas menggunakan rumus $C = \frac{0,5}{T}$, dan hasilnya dibagi lagi dengan faktor reduksi untuk SRPMM yaitu 5,5.

4.4 Jumlah Tulangan Struktur Metode Garis Leleh dan *Element Shell*

1. Kolom

Tabel 4.15 Desain Struktur Kolom

| No | Desain Section | | Metode Garis Leleh | Metode <i>Element Shell</i> |
|----|----------------|----------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | K 20,20 | T. Pokok | 4D16 | 4D16 |
| | | T. Geser | Ø8 - 15 | Ø8 - 15 |
| 2 | K 30,30 | T. Pokok | 5D16 | 6D16 |
| | | T. Geser | Ø8 - 12,5 | Ø8 - 12,5 |

2. Balok

Tabel 4.16 Desain Struktur Balok

| No | Desain Section | | Metode Garis Leleh | Metode <i>Element Shell</i> |
|----|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | B 25,35 | T. <i>Top Area</i> | 3D16 | 3D16 |
| | | T. <i>Bottom Area</i> | 2D16 | 2D16 |
| | | T. Puntir | - | 2D16 |
| | | T. Geser | Ø10-12,5 | Ø10-12,5 |
| 2 | B 25,60 | T. <i>Top Area</i> | 4D16 | 4D16 |
| | | T. Lapangan | 3D16 | 3D16 |
| | | T. Puntir | - | 4D16 |
| | | T. Geser | Ø10-12,5 | Ø10-12,5 |

4. Ring Balok

Tabel 4.17 Desain Struktur Ring Balok

| No | Desain Section | | Metode Garis Leleh | Metode <i>Element Shell</i> |
|----|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | R 20,25 | T. <i>Top Area</i> | 2D10 | 2D10 |
| | | T. <i>Bottom Area</i> | 2D10 | 2D10 |
| | | T. Puntir | - | - |
| | | T. Geser | Ø8-12,5 | Ø8-12,5 |

4. Sloof

Tabel 4.18 Desain Struktur Sloof

| No | Desain Section | | Metode Garis Leleh | Metode <i>Element Shell</i> |
|----|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | S 20,30 | T. <i>Top Area</i> | 3D13 | 3D13 |
| | | T. <i>Bottom Area</i> | 2D13 | 2D13 |
| | | T. Puntir | - | - |
| | | T. Geser | Ø8-12,5 | Ø8-12,5 |

4.5 Presentase Perbandingan Luas Tulangan *Top Area* Rata-Rata Metode Garis Leleh dan *Element Shell*

1. Kolom

Tabel 4.19 Presentase Perbandingan pada Struktur Sloof

| No | Design Section | Metode Garis Leleh (cm ²) | Metode <i>Element Shell</i> (cm ²) | Selisi h (cm ²) | Prese ntase (%) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|
| 1 | K 20,20 | 4.000 | 4.017 | 0.017 | 0.422 |
| 2 | K 30,30 | 9.000 | 9.170 | 0.170 | 1.854 |
| Rata-Rata | | 6.5 | 6.593 | 0.093 | 1.418 |

2. Balok

Tabel 4.20 Presentase Perbandingan pada Struktur Balok

| No | Design Section | Metode Garis Leleh (cm ²) | Metode <i>Element Shell</i> (cm ²) | Selisi h (cm ²) | Prese ntase (%) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|
| 1 | B 25,35 | 2.179 | 2.128 | 0.051 | 2.351 |
| 2 | B 25,60 | 3.700 | 3.868 | 0.168 | 4.346 |
| Rata-Rata | | 2.939 | 2.998 | 0.058 | 1.950 |

3. Ring Balok

Tabel 4.21 Presentase Perbandingan pada Struktur Ring Balok

| No | Design Section | Metode Garis Leleh (cm ²) | Metode <i>Element Shell</i> (cm ²) | Selisi h (cm ²) | Prese ntase (%) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|
| 1 | R 20,25 | 0.925 | 0.898 | 0.027 | 2.942 |
| Rata-Rata | | 0.925 | 0.898 | 0.027 | 2.942 |

4. Sloof

Tabel 4.22 Presentase Perbandingan pada Struktur Sloof

| No | Design Section | Metode Garis Leleh (cm ²) | Metode <i>Element Shell</i> (cm ²) | Seli sih (cm ²) | Present ase (%) |
|-----------|----------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|
| 1 | S 20,30 | 1.630 | 2.144 | 0.514 | 23.958 |
| Rata-Rata | | 1.630 | 2.144 | 0.514 | 23.958 |

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan hasil perbandingan desain struktur menggunakan metode garis leleh dan metode *element shell* pada gedung SMPN 4 Petang, dapat disimpulkan:

1. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat hasil penulangan struktur serta perbandingannya sebagai berikut:
 - a. Untuk desain struktur tulangan pokok kolom 20x20 dengan menggunakan metode garis leleh didapat **4D16**, dan menggunakan metode *element shell* juga didapat **4D16**.
 - b. Untuk desain struktur tulangan pokok kolom 30x30 dengan menggunakan metode garis leleh didapat **5D16**, sedangkan menggunakan metode *element shell* didapat **6D16**.
 - c. Untuk desain struktur tulangan balok 25x35 dengan menggunakan metode garis leleh didapat tulangan *top area* **3D16**, tulangan *bottom area* **2D16**, tulangan puntir **tidak ada**, sedangkan menggunakan metode *element shell* didapat tulangan *top area* **3D16**, tulangan *bottom area* **2D16**, tulangan puntir **2D16**.
 - d. Untuk desain struktur tulangan balok 25x60 dengan menggunakan metode garis leleh didapat tulangan *top area* **4D16**, tulangan *bottom area* **3D16**, tulangan puntir **tidak ada**, sedangkan menggunakan metode *element shell* didapat tulangan *top area* **4D16**, tulangan *bottom area* **3D16**, tulangan puntir **4D16**.
 - e. Untuk desain struktur tulangan ring balok 20x25 dengan menggunakan metode garis leleh didapat tulangan *top area* **2D10**, tulangan *bottom area* **2D10**, tulangan puntir **tidak ada**, dan menggunakan metode *element shell* juga didapat tulangan *top area* **2D10**, tulangan *bottom area* **2D10**, tulangan puntir **tidak ada**.
 - f. Untuk desain struktur tulangan sloof 20x30 dengan menggunakan metode garis leleh didapat tulangan *top area* **3D13**, tulangan *bottom area* **2D13**, tulangan puntir **tidak ada**, dan menggunakan metode *element shell* juga didapat tulangan *top area* **3D13**, tulangan *bottom area* **2D13**, tulangan puntir **tidak ada**.
2. Presentase perbandingan luas tulangan *top area* rata-rata masing-masing struktur adalah sebagai berikut:
 - a. Kolom
Perhitungan yang menggunakan metode *element shell* lebih besar **1.418%** dari pada menggunakan metode garis leleh
 - b. Balok
Perhitungan yang menggunakan metode *element shell* lebih besar **1.950%** dari pada menggunakan metode garis leleh
 - c. Ring balok

Perhitungan yang menggunakan metode garis leleh lebih besar **2.942%** dari pada menggunakan metode *element shell*

- d. Sloof
Perhitungan yang menggunakan metode *element shell* lebih besar **23.958%** dari pada menggunakan metode garis leleh
3. Metode garis leleh dan metode *element shell* menunjukkan adanya perbedaan pada tulangan struktur kolom 30x30, dan tulangan puntir pada balok 25x35 dan balok 25x60. Jumlah tulangan yang dihasilkan dengan metode *element shell* lebih banyak dibandingkan metode garis leleh. Jadi metode yang lebih efisien dalam analisa ini adalah metode garis leleh yang menghasilkan jumlah tulangan yang lebih sedikit.

5.2 Saran

Dalam penyusunan Penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut antara lain:

1. Untuk keamanan dalam menganalisa suatu struktur sebaiknya menggunakan metode *element shell*, karena pendistribusian bebannya diolah langsung dengan program SAP.
2. Untuk pengembangan penelitian perbandingan dari pada kedua metode ini, sebaiknya dilakukan dengan berbagai macam bentuk struktur bangunan, karena bentuk bangunan sangat mempengaruhi pendistribusian beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung", ICS, Bandung, 2002.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Bandung, 2002.
- [3] Direktorat Jendral Perumahan dan Permukiman, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung", Jakarta, 2002, Bab 1.
- [4] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983",
- [5] Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1983
- [6] G. Nawy, Edward, "Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar", PT. Refika Aditama, Bandung, Bab XI.