



Analisis Penentuan Efisiensi Luas Tulangan Penampang Kolom Persegi Berdasarkan Orientasi Terhadap Denah Bangunan

Rizatul Aulina^{1*}, Syafridal Is², Zainuddin²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia.

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, kode pos, Indonesia.

*Email korespondensi: izaalena@gmail.com

Diterima Mei 2020; Disetujui Juli 2020; Dipublikasi Juli 2020

Abstract : *This study aims to determine the extent of the influence of column orientation or direction on the area of reinforcement to be used in building construction. The variables examined in this study were column orientation and reinforcement width. In the first analysis, the column orientation was tried with the X direction plan, so that the column dimensions $b = 30$ cm and $h = 40$ cm were obtained. The second analysis tried the column orientation with the Y direction plan, with the same column dimensions in order to obtain $b = 40$ cm and $h = 30$ cm. Structural analysis was performed with the help of SAP2000 version 20.2. The results showed that at the same construction with column orientation in X and Y direction, the axial load (P_u) and ultimate moment (M_u) were not much different. These results affect the area of reinforcement obtained from calculations based on the M_u value. The X direction column orientation obtained the value of $P_u = -67240.86$ Kg and $M_u = 4001.97$ Kgm with a reinforcing area of 2959.454 mm². Whereas for the Y direction column orientation the value of $P_u = -64776.95$ Kg and $M_u = 3306.4$ Kgm with a reinforcing area of 3055.595 mm². The percentage value (%) to X is $P_u = -3,664\%$, $M_u = -17,381\%$, and for $A_s = 3,249\%$.*

Keywords: *Column Orientation, Reinforcement Quality, Concrete Reinforcement Area, Structure Elements.*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh orientasi atau arah kolom terhadap luas tulangan yang akan digunakan pada konstruksi bangunan. Variabel yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu orientasi/arah kolom dan luas tulangan. Pada analisis yang pertama dicoba orientasi kolom dengan denah arah X, sehingga didapat untuk dimensi kolom $b = 30$ cm dan $h = 40$ cm. Analisis yang kedua dicoba orientasi kolom dengan denah arah Y, dengan ukuran dimensi kolom yang sama sehingga didapat $b = 40$ cm dan $h = 30$ cm. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan SAP2000 versi 20.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konstruksi yang sama dengan orientasi kolom arah X dan Y memperoleh nilai beban aksial (P_u) dan momen ultimit (M_u) tidak jauh berbeda. Hasil tersebut berpengaruh terhadap luas tulangan yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan nilai M_u . Orientasi kolom arah X memperoleh nilai $P_u = -67240,86$ Kg dan $M_u = 4001,97$ Kgm dengan luas tulangan $2959,454$ mm². Sedangkan untuk orientasi kolom arah Y memperoleh nilai $P_u = -64776,95$ Kg dan $M_u = 3306,4$ Kgm dengan luas tulangan $3055,595$ mm². Besar nilai persentase (%) terhadap X yaitu $P_u = -3,664\%$, $M_u = -17,381\%$, dan untuk $A_s = 3,249\%$.

Kata Kunci: *Orientasi Kolom, Mutu Tulangan, Luas Tulangan Mutu Beton, Elemen Struktur.*

Elemen struktur direncanakan berdasarkan beban yang dipikulnya seperti halnya pada perhitungan elemen tekan kolom yang mana daya pikul kolom ditentukan oleh berat sendiri balok dan besar beban yang bekerja diatas balok tersebut baik berat pelat lantai, dinding, kolom diatas balok, tangga, plafond dan lain-lain termasuk beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban lainnya. Sehingga akan didapat dimensi elemen struktur yang mampu memikul beban. Adapun dalam merencanakan suatu struktur dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah dengan menentukan dimensi dan material elemen struktur terlebih dahulu, kemudian di analisis untuk mendapatkan berapa batasan beban yang mampu dipikul oleh elemen struktur. Cara kedua adalah dengan menentukan beban-beban serta momen yang akan bekerja pada struktur tersebut terlebih dahulu, lalu dilakukan perhitungan dimensi, penulangan dan sebagainya ((Rahmawati & Zainuddin, 2016).

Kedua pendekatan ini sering dijumpai dalam perencanaan suatu elemen struktur. Akan tetapi, ada beberapa hal yang kurang diperhatikan seperti halnya menyangkut arah ataupun orientasi dari elemen struktur yang direncanakan. Orientasi elemen struktur merupakan faktor desain tentang penempatan arah elemen struktur yang sangat berpengaruh pada kekuatan kolomnya. Variabel yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu orientasi/arah kolom dan luas tulangan. Kolom yang dianalisis pada penelitian ini menggunakan ukuran yang sama hanya

dibedakan pada arah orientasi. Orientasi kolom di analisis dengan 2 arah yaitu orientasi kolom arah X dan orientasi kolom arah Y. Hasil analisis ini dibandingkan setelah mendapat luas tulangan dari perhitungan pembebanan momen ultimit (M_u) berdasarkan aplikasi SAP2000 untuk melihat efisiensi dari kedua orientasi tersebut. Penempatan/orientasi kolom yang tepat dari suatu bangunan akan memberikan kontribusi yang baik, efisiensi/tidak boros material dan optimal dari segi kekuatan struktur bangunan

Maksud dan tujuan dalam tugas akhir ini untuk menganalisis efisiensi perbandingan dari hasil perhitungan elemen struktur berdasarkan orientasi pada denah bangunan terhadap luas tulangan penampang kolom persegi.

Untuk membatasi ruang lingkup penulisan, dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

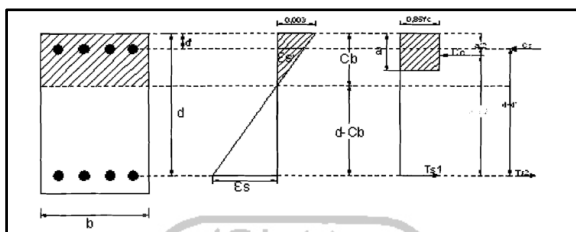
1. Model struktur yang di analisis adalah struktur portal beton bertulang 3 lantai.
2. Fungsi bangunan sebagai gedung sekolah.
3. Lokasi bangunan berada di wilayah gempa IV diatas tanah sedang.
4. Analisis struktur menggunakan program bantu SAP2000 v.20. dan Microsoft Excel 2016.
5. Perhitungan yang dilakukan hanya pada hitungan perancangan struktur, hitungan RAB tidak diperhitungkan.

KAJIAN PUSTAKA

Perencanaan Balok

Pada perencanaan ini digunakan metode kekuatan batas (ultimit), dimana beban kerja dikalikan faktor beban yang disebut beban terfaktor. Dari beban terfaktor ini, dimensi struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga didapat kuat penampang yang pada saat runtuh besarnya kira-kira lebih kecil sedikit dari kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat batas (ultimit) dan beban bekerja saat runtuh disebut beban ultimit. Kuat rencana penampang didapat dari perkalian kuat nominal/teoritis dengan faktor kapasitas.

Asumsi distribusi tegangan dan regangan pada balok ditunjukkan pada gambar 1. berikut ini.



Gambar 1 : Idealisasi Penampang Balok

Balok merupakan elemen struktur yang meneruskan beban yang diakibatkan oleh dinding dan pelat lantai ke kolom. Tinggi balok menurut Vis (1997) cukup diperkirakan sebesar 1/15 sampai 1/10 kali lebar bentang.

Pada keadaan seimbang balok menahan beban sedemikian hingga regangan beton maksimum mencapai 0,003 sedangkan tegangan tarik baja mencapai tegangan luluh f_c' .

Dimensi balok ditentukan terlebih dahulu untuk menghitung tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen yang dihitung berdasarkan Anonim (2002) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0,85 f'c b}$$

Kemudian perhitungan nilai β_1 dan C_b dengan persamaan:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 30}{1000} \right)$$

$$c_b = \frac{\epsilon_c E_s}{\epsilon_c E_s + f_y} = \frac{600}{600 + f_y} d$$

Tinggi blok tekan maksimum yang diijinkan dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = \beta_1 c_b$$

Gaya tekan yang timbul dalam beton adalah:

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \alpha$$

Momen yang ditahan oleh beton tertekan adalah:

$$M_{uc} = C (d - \alpha_{maks} / 2) \phi$$

Momen yang ditahan oleh tulangan tekan adalah:

$$M_{us} = M_u - M_{uc}$$

Tulangan tarik yang diperlukan untuk menyeimbangkan tegangan tekan dalam beton adalah:

$$A_{s1} = \frac{M_{uc}}{f_y (d - a / 2) \phi}$$

Tulangan tarik yang diperlukan untuk menyeimbangkan tegangan tekan dalam tulangan adalah:

$$A_{s2} = \frac{M_{us}}{f_y (d - d') \phi}$$

Jumlah tulangan tarik yang diperlukan adalah:

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

Untuk perhitungan tulangan geser dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menghitung gaya geser terfaktor V_u .
- Menghitung kekuatan geser beton V_c dengan rumus:

$$V_c = 2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

- Menghitung luas tulangan geser yang diperlukan dengan rumus:

$$A_v = \frac{(V_u / \phi - V_c) s}{f_y d}$$

- Gaya geser yang ditahan oleh baja dibatasi oleh:

$$(V_u / \phi - V_c) \leq 8 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

Jika ketentuan ini tidak terpenuhi maka dimensi balok diperbesar.

Menurut Anonim (2002), jarak spasi antar sengkang tidak boleh lebih dari $d/2$ atau 600 mm. Jika $V_s > 1/3 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ jarak sengkang tidak boleh lebih dari $d/4$ atau 300 mm.

Penentuan Tulangan

Sesuai dengan Anonim (2002), maka tulangan dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_{balance}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = A_s / b \cdot d$$

Portal

Portal adalah kesatuan elemen-elemen struktur yaitu balok dan kolom yang dihubungkan secara kaku pada titik-titik hubungannya, dan berfungsi untuk mendukung beban-beban yang bekerja pada struktur. Penyelesaian perhitungan portal terhadap beban-beban tersebut digunakan program SAP2000 dan pada pembebanan gempa dianalisis dengan analisis dinamis.

METODE PENELITIAN

Data bangunan

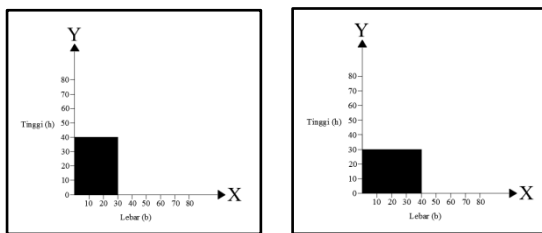
Gedung yang dianalisis adalah gedung SMAN 1 Kota Banda Aceh. Gedung ini direncanakan berlantai tiga dengan ketinggian 12 meter dari permukaan tanah dasar dan luas keseluruhan bangunan $\pm 300 \text{ m}^2$. Sedangkan ketinggian tiap-tiap lantai yang direncanakan adalah 4 meter. Gedung ini berada di Jl. Prof. A. Majid Ibrahim I, Punge Jurong, Kota Banda Aceh.

Model struktur

Struktur yang ditinjau adalah keseluruhan struktur gedung. Perencanaan struktur utama gedung portal terbuka tiga dimensi dengan bentuk penampang yang dipilih adalah balok dan kolom. Gedung yang dianalisis adalah gedung sekolah yang terdiri dari tiga lantai, dengan tiap lantai mempunyai tinggi ± 4 meter. Panjang bentang portal direncanakan adalah 4 meter dan 3 meter.

Pendimensionan penampang untuk balok dan kolom berbentuk segi empat (persegi). Untuk balok (30x50), ring balk (20x30) cm, sedangkan untuk kolom digunakan penampang (30x40) cm.

Pada analisis yang pertama dicoba orientasi kolom dengan denah arah X, sehingga didapat untuk dimensi kolom $h = 40$ cm dan $b = 30$ cm. Analisis yang kedua dicoba orientasi kolom dengan denah arah Y, dengan ukuran dimensi kolom yang sama sehingga didapat $h = 30$ cm dan $b = 40$ cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Orientasi kolom arah X

Perhitungan pembebanan dilakukan dengan aplikasi SAP2000 untuk melihat hasil pembebanan paling kritis pada kolom. Kemudian setelah itu menentukan jumlah tulangan pakai dari hasil beban masing-masing orientasi kolom. Penentuan jumlah tulangan pakai didasarkan pada nilai momen ultimit M_u yang telah ada dari perhitungan SAP2000. Langkah ini tidak melibatkan SAP2000, melainkan hanya dengan bantuan aplikasi *Microsoft Excel*.

Hasil akhir dari analisis ini akan ditampilkan dalam bentuk diagram interaksi kolom yang menghasilkan hubungan antara beban aksial P_n dan momen M_n yang mampu

ditahan oleh kolom. Mengikuti perencanaan awal tersebut maka dituangkan kedalam software SAP2000 dengan membentuk model struktural. Tipe struktur yang dimodelkan kedalam SAP2000 adalah berupa rangka ruang (*space frame*) yang di setiap elemennya memiliki enam derajat kebebasan.

Mutu bahan

Pada perencanaan suatu struktur beton bertulang perlu diketahui mutu bahan yang digunakan untuk menghitung kekuatan struktur tersebut. Gedung ini direncanakan dari struktur beton bertulang dengan mutu bahan:

- Kuat tekan beton (f'_c) = 20,75 MPa
- Tegangan leleh tulangan (f_y) pokok = 390 MPa
- Tegangan leleh tulangan (f_y) geser = 240 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) = 23500 MPa
- Elastisitas tulangan baja (E_s) = 2×10^5 Mpa

Analisis Data

Tahap ini merupakan langkah dimana seluruh perhitungan dilakukan secara otomatis dengan bantuan program komputer. SAP2000 merupakan program komputer yang digunakan didalam tahap ini. Tahap ini diawali dengan pemasukan data-data yang telah dihitung pada tahap pertama yang berupa model struktur, dimensi elemen-elemen, sifat bahan, dan beban-beban yang bekerja kedalam program

SAP2000. Bila semua data telah lengkap dimasukkan maka baru dilakukan perhitungan secara otomatis oleh komputer untuk mendapatkan gaya-gaya dalam pada struktur gedung. Gaya-gaya dalam ini terdiri dari momen lentur, gaya aksial dan gaya geser untuk setiap jenis beban tetap maupun tidak tetap. SAP2000 juga dapat menghitung kombinasi beban untuk masing-masing momen lentur, gaya aksial dan gaya geser.

Tahapan ini merupakan suatu langkah dimana gaya-gaya dalam yang di dapat dari tahap sebelumnya dianalisis guna mendapatkan dimensi dan luas tulangan perlu pada kolom. Secara otomatis jumlah tulangan dapat langsung diperoleh dengan analisa SAP2000 berdasarkan data beban yang telah di hitung sesuai dengan peraturan PBI dan SNI.

Apabila semua elemen kolom dan balok pada struktur portal sudah memenuhi syarat kekuatan batas tersebut maka selanjutnya luas tulangan perlu yang didapat dari perhitungan SAP2000 dianalisis secara manual untuk mendapatkan jumlah tulangan yang digunakan.

Data Perencanaan

Berdasarkan perencanaan awal, data perencanaan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah :

- a. Mutu beton (f_c') : 20,75 MPa
- b. Mutu Baja (f_y)
 - 1) Tulangan Pokok BJTP 40 : 390 MPa
 - 2) Tulangan Geser BJTP 24 : 240 MPa
- c. Dimensi Balok : (30x50) cm

d. Dimensi Kolom

- 1) Orientasi kolom arah X : (30x40) cm
- 2) Orientasi kolom arah Y : (40x30) cm

e. Penulangan Kolom

- 1) Orientasi kolom arah X : (30x40) cm
 Dipakai Tulangan = 10 D 19
 Beugel = $\emptyset 10 - 100$
- 2) Orientasi kolom arah Y : (40x30) cm
 Dipakai Tulangan = 10 D 19
 Beugel = $\emptyset 10 - 100$

Data hasil perhitungan struktur pada perencanaan ini analisisnya menggunakan bantuan program komputer SAP2000. Pada hasil perhitungan perencanaan diatas dijadikan acuan untuk perbandingan perhitungan ulang yang analisisnya menggunakan SAP2000.

Perhitungan Pembebanan

Hasil perhitungan pembebanan didapatkan secara otomatis dengan bantuan aplikasi SAP2000. Beban-beban yang dimasukkan berupa beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*), serta beban tambahan lainnya yang berasal dari berat sendiri bangunan (*self weight*). Hasil perhitungan pembebanan yang diambil adalah nilai yang terkritis/terbesar dari semua titik kolom. Hasil ini yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam perhitungan luas tulangan.

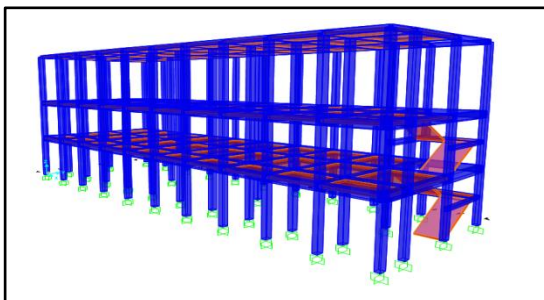
Analisa Struktur Menggunakan SAP 2000

Analisa struktur menggunakan program SAP2000 dilakukan dengan

melimpahkan semua beban-beban yang telah dihitung sebelumnya, yaitu berupa beban mati, beban hidup, beban angin serta beban gempa. Semua beban-beban yang bekerja dilimpahkan pada struktur kerangka bangunan yang disebut portal.

Pemodelan struktur

Permodelan struktur merupakan tahap pertama yang dilakukan dalam melakukan analisa struktur yang akan dihitung dalam perhitungan balok portal pada pembangunan gedung sekolah. Permodelan struktur yang dilakukan dengan menggunakan SAP2000 meliputi permodelan kolom, balok dan pelat. dimana struktur dimodelkan secara 3 Dimensi dan menyeluruh.



Gambar 2 : Gambar portal 3D

Menentukan material dan penampang

a. Mutu beton

Mutu beton yang didesain menggunakan aplikasi SAP2000 tetap mengikuti mutu beton yang ditetapkan oleh perencana yaitu beton dengan kuat tekan K-250 atau $f_c = 20,75$ MPa. Berikut ini rincian material beton yang di desain dengan menggunakan SAP. 2000 :

- Mutu beton K-250 (20,75 Mpa) = 211588 Kg/m²
- Berat Jenis beton : 2400 Kg/m³

- Modulus Elastisitas : $4700\sqrt{f_c} = 2.183E+09$ Kg/m²

b. Mutu baja

Mutu baja yang digunakan untuk tulangan adalah sebagai berikut :

- Berat jenis baja : 7850 Kg/m³
- Modulus Elastisitas baja: 200.000 MPa
- f_y Tulangan Utama : 390 MPa
- f_y Tulangan Geser : 240 MPa

Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom beton bertulang dilakukan setelah proses analisa beban yang bekerja pada portal selesai dilakukan. Perencanaan kolom ini dapat dilakukan setelah luas tulangan diperoleh dari hasil Analyze, sehingga dapat diperoleh diameter tulangan yang akan dipakai serta berapa banyak jumlah tulangan yang akan digunakan.

Perhitungan kapasitas kolom

Perhitungan kapasitas kolom yaitu dengan membuat diagram interaksi kolom, yang menggambarkan hubungan antara beban aksial dan momen lentur kolom dalam suatu diagram yang disebut diagram interaksi kolom M-N. Hasil penulangan kolom dibuat suatu diagram untuk memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang bersangkutan, apakah mampu menahan beban aksial dan momen yang dibebankan pada kolom. Kolom dikatakan mampu menahan beban yang bekerja apabila nilai beban aksial perlu sebesar P_u dan beban momen perlu sebesar M_u yang sudah diplotkan pada

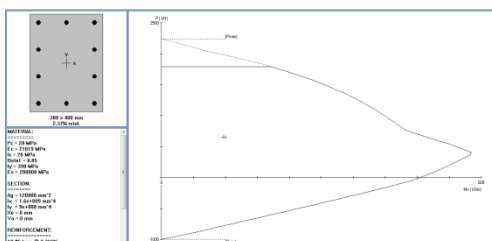
sumbu diagram, titik potongnya berada di dalam diagram interaksi. Tetapi sebaliknya jika titik potongnya berada diluar diagram interaksi, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja dan harus didesain ulang kembali penulangannya. Pada penelitian ini diagram interaksi kolom dibuat menggunakan program PCACOL. Diagram interaksi kolom ini juga menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom. Adapun hasil penggambaran diagram interaksi kolom ditunjukkan sebagai berikut :

a. Orientasi kolom X (30 x 40) mm

Jumlah tulangan : 10 D 19

Beban aksial perlu (P_u) = 659,408 kN

Beban momen perlu (M_u) = 39,246 kNm



Gambar 4 : Diagram interaksi kolom

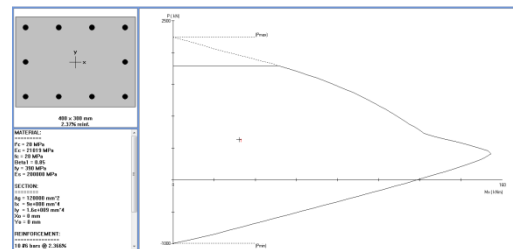
Dari diagram interaksi kolom (30x40), dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong di titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 2236 kN dan 194 kN.m.

b. Orientasi kolom arah Y (40 x 30) mm

Jumlah tulangan : 10 D 19

Beban aksial perlu (P_u) = 635,245 kN

Beban momen perlu (M_u) = 32,425 kNm



Gambar 3 : Diagram interaksi kolom Y

Dari diagram interaksi kolom (40x30), dapat diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen aksial perlu (M_u) yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya, dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom yaitu masing-masing sebesar 1872 kN dan 140 kNm.

Perbandingan Hasil Orientasi

Setelah melakukan analisis dari perencanaan gedung sekolah SMAN 1 Banda Aceh, maka didapatkan hasil perencanaan luas tulangan untuk tiap orientasi yang dilakukan dengan bantuan program excell. Dari orientasi/arah kolom dapat dilihat bahwa hasil luas tulangan tidak terlalu jauh berbeda untuk tiap analisisnya. Perbandingan luas tulangan dan persentase nilai(%) dapat dilihat pada tabel 1 dan 2

berikut:

Tabel 1. Orientasi dan persentase arah kolom

Nilai	Orientasi		Persentase (%) terhadap X
	X	Y	
Pu	-67240,86	-64776,95	-3,664
Mu	4001,97	3306,4	-17,381
As	2959,454	3055,595	3,249

Tabel 2. Dimensi dan luas tulangan kolom

Orientasi/ Arah Kolom	Dimensi Kolom	Luas Tulangan SAP As (mm ²)	Luas Tulangan Direncanakan (mm ²)
X	30x40	1200	2959,454
Y	40x30	1200	3055,595

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan dapat ditarik dari Bab Hasil dan Pembahasan yang berhubungan dengan tujuan yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan orientasi kolom arah X dengan dimensi penampang (30x40) cm dan orientasi kolom arah Y dengan ukuran dimensi penampang (40x30), nilai Pu dan Mu yang diperoleh tidak menunjukkan perbedaan yang besar. Orientasi kolom arah X memperoleh nilai Pu = -67240,86 Kg dan Mu = 4001,97 Kgm, sedangkan untuk orientasi kolom arah Y memperoleh nilai Pu = -64776,95 Kg dan Mu = 3306,4 Kgm.
2. Luas Tulangan kolom yang didapat dari Hasil SAP2000 adalah sama yaitu 1200 mm², baik untuk orientasi kolom arah X dan orientasi kolom arah Y.

3. Perbedaan jumlah luas tulangan berdasarkan perhitungan perencanaan luas tulangan menggunakan momen ultimit Mu terhadap orientasi kolom arah X didapat luas tulangan sebesar 2959,454 mm² dan luas tulangan orientasi kolom arah Y sebesar 3055,595 mm².
4. Besar nilai persentase (%) terhadap X yaitu Pu = -3,664%, Mu = -17,381%, dan untuk As = 3,249%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa luas tulangan pada orientasi kolom arah X lebih efisien dibandingkan dengan kolom erientasi arah Y, maka orientasi pada kolom penampang persegi berpengaruh terhadap luas tulangan yang akan direncanakan pada konstruksi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. penerbit BSN, Jakarta.
- Anonim. (2003). SNI 1726-2003. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. penerbit BSN, Jakarta.
- Anonim. (2012). SNI 1726-2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. penerbit BSN, Jakarta.
- Anonim. (2013). SNI 1727-2013. *Peraturan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. penerbit BSN, Jakarta.
- Aminah. (2009). *Pengaruh Variasi Mutu Beton*

-
- Terhadap Luas Tulangan Balok Beton Bertulang Pada Desain Ruko Bertingkat.* Tugas Akhir S-2, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.
- Asroni, Ali. (2010). *Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang.* penerbit Graha Ilmu Yogyakarta.
- Hambali. (2007). *Perencanaan Struktur Bagian Atas Gedung Apartemen Berlantai Sepuluh Dengan Menggunakan Software SAP2000.* Tugas Akhir S-2, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.
- Ichsan Hdy R.Muhammad. (2019). *Tinjauan Perencanaan Kembali Balok Portal Pada Gedung Dinas Kesehatan Banda Aceh.* Tugas Akhir S-1, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh.
- Nawy, E.G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar.* terjemahan Bambang Suryoatmono, penerbit PT Refika Bandung.
- Rahmawati, C., & Zainuddin, Z. (2016). *Analysing The Route Of PCI Girder-Type Prestressed Concrete Tendons. International Journal of Science and Research (IJSR), 5, 1553–1559.*
- Schodeck, D.L (1991). *Struktur,* terjemahan Bambang Suryoatmono, PT. Eresco Bandung.
- Vis, W.C dan G. Kesuma. (1997). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang.* penerbit Erlangga, Jakarta.