STUDI EVALUASI STRUKTUR DENGAN PENAMBAHAN LANTAI ATAS PADA GEDUNG PERKULIAHAN DI IAIN JEMBER BERDASAR FAKTOR KEAMANAN PONDASI LAMA

(Studi Kasus : Kampus IAIN Jember)

Muhammad Arief Bachtiar
Dosen Pembimbing :
Ir. Pujo Priyono, MT ; Ir. Totok Dwi K, MT
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jalan Karimata 49, Jember 68172, Indonesia

RINGKASAN

Secara umum konstruksi bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas merupakan komponen struktur yang terdiri dari balok, kolom, plat, dan tangga. Sedangkan bagian bawah komponen strukturnya yaitu pondasi dan struktur penyusun bangunan yang berada di bawah.

Metode yang digunakan untuk evaluasi penambahan lantai pada gedung perkuliahan di IAIN Jember adalah metode evaluasi daya dukung pondasi dengan metode schmerment 1978 tentang analisa daya dukung pondasi dangkal dan acuan yang dipakai yaitu P ≤ Qijin, setelah sesuai maka pemodelan penambahan lantainya menggunakan sistem balok konsol, baja WF, dan shear conector.

Dari evaluasi penambahan lantai ini didapatkan nilai daya dukung pondasi sebesar 2892.8 KN dan beban 1204.75 KN, maka balok konsol, baja WF450.200.9.14, dan shear conector dapat diterapkan dalam penambahan Lantai

Kata kunci: *Daya dukung pondasi, balok konsol, balok WF, dan shear conector.*

1. PENDAHULUAN

Bangunan merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, perannya sangat berpengaruh dalam keseharian manusia seperti sebagai sarana tempat tinggal maupun beraktifitas didalamnya. Ditengah banyaknya tuntutan kebutuhan manusia akan fungsi dari bangunan yang beragam, khususnya bangunan berupa gedung.

Untuk menunjang kebutuhan tersebut sangat perlu adanya sarana dan prasarana infrastruktur guna meningkatkan pembangunan layanan publik yaitu salah satunya pengembangan infrastruktur di bidang pendidikan. Dalam upaya mendukung upaya pemerintah dalam mencerdaskan generasi muda di Indonesia khususnya di Jember sendiri, yaitu dengan pengembangan infrastruktur di IAIN Jember.

Mengingat pentingnya peranan gedung, maka pembangunan gedung harus ditinjau dari berbagai sisi. Hal tersebut antara lain peninjauan kelayakan bangunan gedung, dalam hubungannya dengan klasifikasi gedung sesuai dengan tingkat pelayanan dan kemampuannya dalam menerima beban. Dalam kaitannya dengan keselamatan maka perlu diperhatikan juga tingkat keamanan dan kenyamanan dalam pemakaian gedung tersebut. Setiap kondisi beban mempunyai faktor beban yang berbeda yang memperhitungkan derajat uncertainty, sehingga dimungkinkan untuk mendapatkan reliabilitas seragam.Dengan kedua faktor ini, ketidakpastian yang berkaitan dengan masalah pembebanan dan masalah kekuatan bahan dapat diperhitungkan dengan lebih baik.

RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam evaluasi struktur dengan penamabahan lantai di IAIN jember ini antara lain :

1. Bagaimana kapasitas dukung pondasi gedung yang lama dengan penambahan 1 lantai
2. Bagaimana modifikasi struktur atas penambahan lantai pada gedung perkuliahan di IAIN Jember

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam evaluasi struktur dengan penamabahan lantai di IAIN jember ini antara lain:

1. Mendapatkan kapasitas dukung pondasi gedung yang lama dengan penambahan 1 lantai
2. Mendapatkan tipe struktur atas hasil modifikasi dengan penambahan lantai.

BATASAN MASALAH

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sampai dengan batasan-batasan, antara lain :

1. Aspek yang ditinjau kapasitas dukung pondasi terhadap gedung.
2. Aspek yang ditinjau adalah konstruksi gedung perkuliahan di IAIN Jember, meliputi Aspek Struktur gedung, perhitungan kontruksi gedung, gambar konstruksi gedung.
3. Tidak membahas secara detail tentang manajemen proyek.

MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari pembahasan ini ialah untuk :

1. Untuk memberikan manfaat dan informasi secara lebih detail tentang kekuatan kapasitas dukung pondasi gedung yang lama dengan penambahan 1 lantai
2. Dari perhitungan analisis struktur atas di gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis IAIN Jember, maka diharapkan dapat mengetahui tentang tipe struktur atas hasil modifikasi dengan penambahan lantai

LOKASI PENELITIAN

Secara umum lokasi proyek ini berada di Bangunan yang penulis rencakan ini terletak di Jalan Mataram No. 01 Mangli-Jember, yang dilaksanakan dilahan seluas 880 m^2 dengan total luas banguan 595 m^2.

TAHAPAN PENGUMPULAN DATA

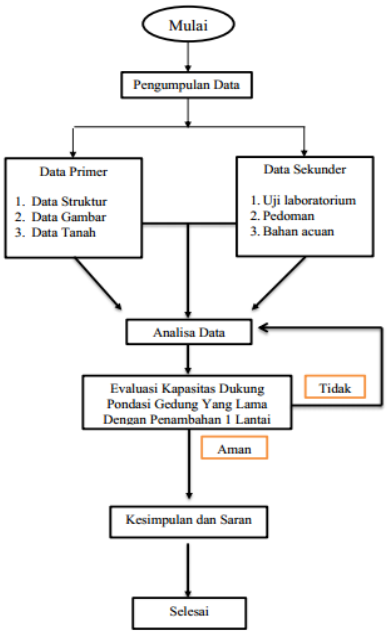
Dalam tahapan ini meliputi kegiatan pengambilan data baik data primer maupun data sekunder.

a. Data primer
   Data primer diperoleh dari survey langsung di lokasi baik berupa data visual dan pengukuran di lapangan terhadap kondisi Gedung perkuliahan di IAIN Jember.

b. Data Sekunder
   Data sekunder yang terdapat pada penelitian ini diperoleh dari hasil tes lab, dan data struktur lainya dari CV. Pillar konsultan.

TAHAPAN PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alur untuk tahapan penelitian.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Material Struktur

- Mutu Beton :f'c = 22.5 Mpa
- Mutu Baja : U 24
- Baja U 24 untuk besi tulangan Ø ≤ 12 Fy = 240
- Baja U 40 untuk besi tulangan D ≥ 13 Fy = 400

Beban yang Bereaksi

- Beban Mati

  Terdiri dari balok, kolom, dan plat penyusun struktur bangunan gedung yang sudah dihitung secara otomatis menggunakan aplikasi SAP 2000 Versi 14. Adapun beban tambahan yaitu:

  1. Beban Keramik = 24 kg/m2
  2. Plester (2.5 cm) = 53 kg/m2
  3. Beban ME = 25 kg/m2
  4. Beban Plafond = 15 kg/m2
  5. Beban Dinding = 250 kg/m2
  6. Water Profing = 5 kg/m2
- Beban Hidup
  1. Gedung Sekolah = 250 kg/m2
  2. Beban Atap =100 kg/m2

Evaluasi Desain Konstruksi Gedung

Faktor kapasitas daya dukung untuk digunakan dalam persamaan kapasitas daya dukung Terzaghi dari tabel 4-1 dapat diperkirakan (lihat *Schemerment* 1978) sebagai berikut :

0.8 Nq = 0.8 Nγ ≈ qc

Di mana qc adalah rata-rata selama interval kedalaman dari sekitar B / 2 di atas hingga 1,1 B di bawah pijakan pijakan. perkiraan ini harus berlaku untuk D / B ≤ 1,5. untuk tanah tanpa kohesi dapat digunakan :

Strip q_{ult} = 28 – 0.0052(300 – q_c)$^{1.5}$ (kg/cm^2)

Square q_{ult} = 48 – 0.009(300 – q_c)$^{1.5}$ (kg/ cm^2)

Untuk tanah liat bisa digunakan :

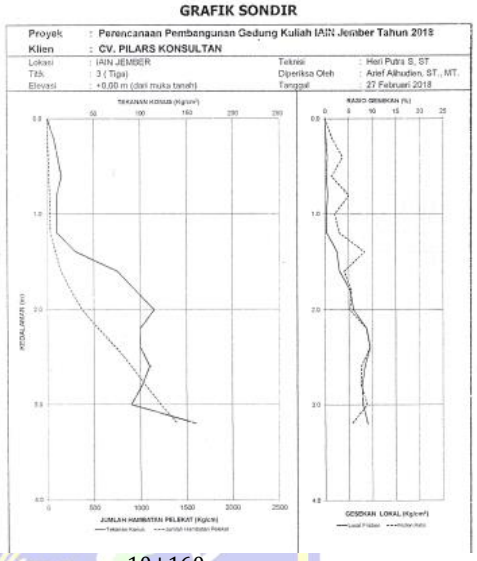
Strip q_{ult} = 2 + 0.028q_c (kg/cm2)

Square q_{ult} = 5 + 0.034q_c (kg/cm2)

Persamaan (4-18) hingga (4-19a) didasarkan pada bagan yang diberikan oleh skema yang dikreditkan ke referensi yang tidak diterbitkan oleh Awakti. (Joseph E Bowles, Foundation Analysis and Desaign 5th : 266 – 267).

Dari data laboratorium menunjukkan bahwa kedalaman tanah keras antara 2.8 m – 3.2 m. untuk rumusan yang dipakai untuk evaluasi pondasi sendiri yaitu Square q_{ult} = 5 + 0.034q_c (kg/cm2), karena tanah merupakan tipe tanah liat dan bentuk pondasinya square/ persegi.

- **Evaluasi Kapasitas Pondasi**



Jadi : qc = $\frac{10+160}{2}$ = 85 kg/cm2

Square q_{ult} = 5 + 0.034q_c (kg/cm2)

= 5 + 0.034 . 85

= 33.9 kg/cm2

qa = $\frac{q_{ult}}{SF}$ = 33.9/3 = 11.3 kg/cm2

q = qa x Apondasi

= 11.3 x 160 x160

= 289280 kg = 2892.8 kN

Cek..

q ijin = 2892.8 kN

P = Fd + Fl = 458.334 + 62.461

= 520.795 kN

Tabel. 4.1 Reaksi Beban Mati

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	DEAD	LinStatic	-25.951	-7.066	474.075
49	DEAD	LinStatic	25.471	-6.701	473.709
56	DEAD	LinStatic	-3.334	2.507	472.473

Tabel. 4.2 Reaksi Beban Hidup

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	LIVE	LinStatic	-4.177	-1.93	62.461
49	LIVE	LinStatic	3.949	-1.845	62.402
946	LIVE	LinStatic	-0.617	1.96	61.749
911	LIVE	LinStatic	0.155	2.067	61.374

Ptanah = 2 x 65 x 175 x 160

= 3640000 cm3

= 3.64 m3 x 1700
= 6188 kg = 61.8 kN

Ppondasi = Vc = 30 x 40 x 175
= 210000 cm3 = 0.21 m3

A1 = 30 x 40 x 160 = 1920000 cm3
= 0,192 m3

A2 = 25 x 65 x 40 = 65000 cm3
= 0.065 m3

A3 = ((15x65)/2) x 160 = 78000 x 2
= 156000 cm3 = 0.156 m3

Total = 0.623 m3 x 2400 = 1495 kg
= 14.95 kN

P total = P + Ptanah + P pondasi
= 536.536 + 61.8 + 14.95
= 613.286 kN

Syarat P ≤ Qijin → OK
613.286 kN ≤ 2892.8 kN → OK

1. Evaluasi Kondisi Eksisting Struktur

Balok Konsol

Vu = 152.019 KN a = 125 mm
b = 300 mm h = 500 mm
d = 400 mm f'c = 22.5 MPa
fy = 24 MPa
qd = 4.71 KN/m^3
ql = 2.5 KN/m^3
wd = 16.485
wl = 8.75
wu = 1.2wd + 1.6wl = 33.782
w = wd + wl = 25.2
Mc = 1/8 WL = 255.5
Vu = 1/2Wu.L = 152.019 KN
Vn ≥ Vu/Ø = 152.019/ 0.75
= 202.692 kN

0.2 x f'c x bw x d = 456000 N = 456 kN
456 kN ≥ 202.692 kN, jadi OK

- Konstruksi monolit, beton berbobot normal.

$$Af = \frac{Vn}{Ø\ fy\ \mu} = 603.25\ mm^2$$

- Nuc min

0.2 x Vu = 0.2 x 152.019
= 30.4038 kN = 30403.8 N

$$Af = \frac{Mu}{Ø\ fy\ j\ d} = \frac{Vu\ x\ a + Nuc\ (h-d)}{Ø\ fy\ j\ d}$$
$$= 360.\ 18\ mm^2$$

$$An = \frac{Nuc}{Ø\ fy} = 168.91\ mm^2)$$

- Cek tulangan utama yang menentukan As

i. As = (2/3 x Avf) + An
As = 571.08

ii. As = Af + An
As = 529.09

As min = 0.04 (f'c/fy)b.d
= 380 < 571.08 , OK

Pakai As = 571.08

Sengkang tertutup horizontal ,Ah

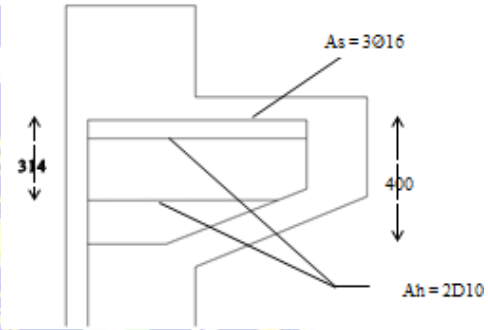
Karena kasus (i) yang menentukan , maka :

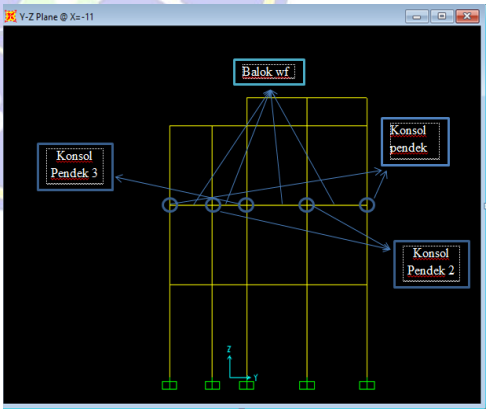
Ah = 1/3 Avf = 201.08
0.5 (As-An) = 201.08
Jadi Ah = 201.08

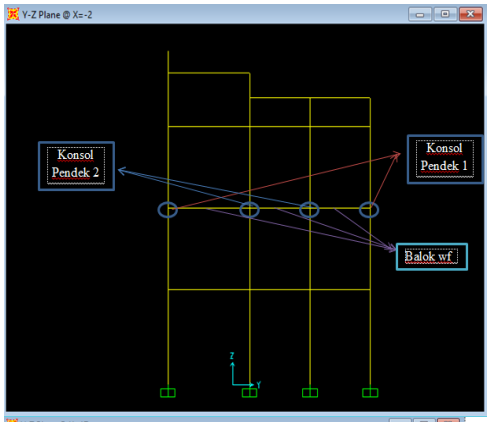
- Memilih ukuran tulangan

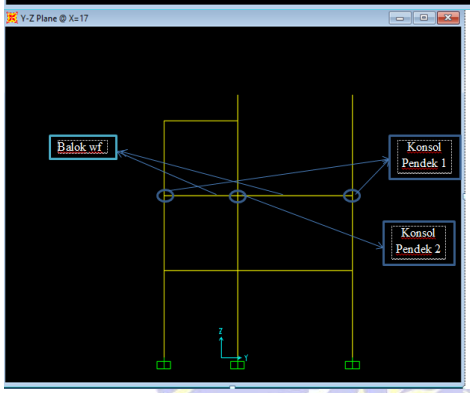
a) As perlu = 571.08
Pakai 3D16

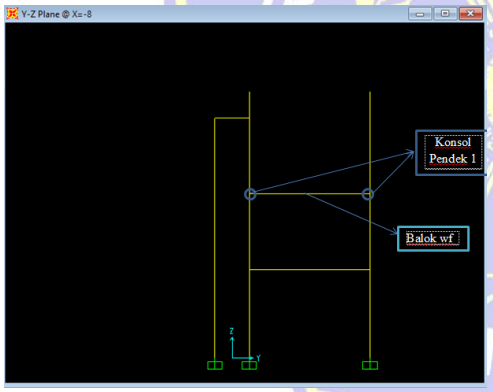
b) Ah perlu = 201.08
Pakai 2 buah sengkang tertutup (2 penampang) Ø10 yang dipasang dalam 2/3 d = (2/3) x 400 = 266.67 mm jarak vertical.











- **Menentukan Profil WF**

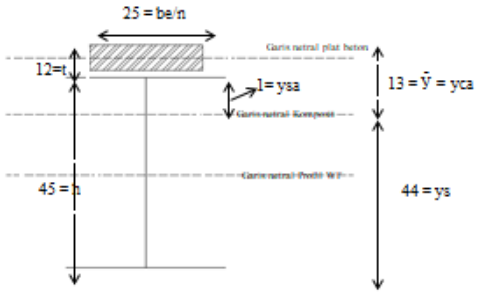
F'c = 22.5 Mpa (n=9)
Tebal Plat = 12 cm
Beban Hidup = 250 kg/m2
Bo = 3.5 m
L = 9 m
Hitungan :
be ≤ L/4 = 225
be ≤ bo = 225 ≤ 350, OK

- Menentukan nilai modular ratio, n :

Ec = 4700 $\sqrt{20}$ = 21019 Mpa
Es = 200000
n = Es/Ec = 9
Pelat beton ditransformasikan ke penampang baja, sehingga :
Be/n = 225/9 = 25 cm

Direncanakan profil WF 450.200.9.14
Menentukan letak garis

	Luas Tranformasi	Lengan Momen	A.y
	A(cm2)	y(cm)	(cm3)
Pelat Beton	300	6	1800
Profil WF	96.76	34.5	3338.22
Jumlah	396.76		5138.22



$\bar{Y} = \Sigma A.y/\Sigma A$
= 13 cm

- Menentukan momen inersia penampang komposit , dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar :

Tabel 4.1 Teorema Sumbu Sejajar

	A(cm2)	y(cm)	Io(cm)	d(cm)	Io+Ad2(cm4)
Pelat Beton	300	6	3600.00	7	18092.62
Profil WF	96.76	34.5	33500	22	78433.71
				Ix	96526.34

Menghitung modulus penampang (S) :
Sc = Sbeton = Ix/yca = 7425.10 cm3
Ssa = S baja atas = Ix/ysa
= 96526.34 cm3
Ssb = S baja bawah = Ix/ysb
= 2193.78 cm3
Pemeriksaan tegangan
Perhitungan Beban :

1. Berat Profil WF = 76 kg/m
2. Berat Pelat Beton = 1008 kg/m
3. Berat Bekisting = 175 kg/m

Total qsbk = 1259 kg/m

Tahap 1 : Pelat beton belum mengeras(sebelum komposit) , beban seluruhnya dipikul oleh profil baja :
Mmax(sbk) = 1/8 x 1259 x9^2
= 12747.38 kg-m
= 127.47 x 10^6 N-mm
Tegangan pada serat bawah baja
$\Sigma sb = \frac{Msbk}{Sx}$ = 127.47 x10^6/ 1490 x10^3
= 855528.5 = 85 Mpa
Tahap 2 : Beton sudah mengeras (sesudah komposit), beban seluruhnya dipikul oleh penampang komposit
Perhitungan beban :

Tabel 4.2 Beban

1	Plafond	=	15	kg/m2
2	Berat Ubin	=	24	kg/m2
3	Berat Pasir	=	80	kg/m2
4	Berat Spesi	=	63	kg/m2
5	Beban Hidup	=	250	kg/m2
	Total	=	432	kg/m2

Berat per m', qssk = 432(3.5)
= 1512 kg/m

Dipikul oleh penampang komposit

Mmax(ssk) = 1/8 x (1512) x 9^2
= 15309 kg-m
=153.09 x 10^6 N-mm

Tambahan tegangan yang terjadi :

Tegangan pada serat atas baja :

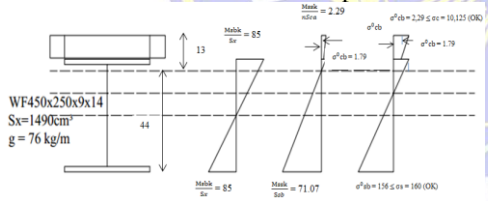
σsa = Mssk/ Ssa = 16.15 Mpa (tekan)

(bagian atas baja terletak diatas sumbu netral, sehingga σsa adalah tegangan tekan)

- Tegangan pada serat bawah baja :
  σsb = Mssk/Ssb = 71.07 Mpa (tarik)
- Tegangan pada serat atas beton :
  σca = Mssk/n x sca = 2.29 Mpa
- Tegangan pada serat bawah beton
  σca = Mssk/n Sca = 1.79 Mpa

Tegangan Ijin :

1. Tegangan ijin baja σ = fy/1.5 = 240/ 1.5 = 160Mpa
2. Tegangan ijin beton σc = 0.45 . f'c = 0.45 x 22.5 = 10.125 Mpa



Menentukan Jumlah Shear Conector Yang Digunakan

- Menentukan nilai momen inersia penampang komposit, dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar.

Statis pelat beton terhadap garis netral :

Sx = 16.67 x 12 x (13-6)
= 2085.135 cm2

Direncanakan dengan menggunakan shear conector tipe stud : ambil d = 1.9cm , h= 5cm

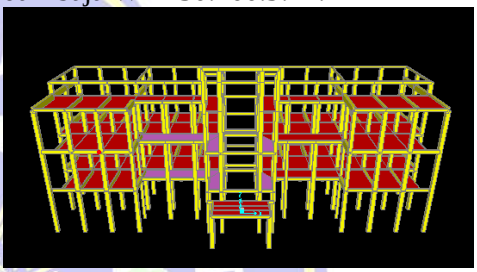
h/d = 5/1.9 = 2.6 < 4.2 , maka

$$q = 6hd\sqrt{\frac{f'c}{0.83}} = 518.16 \text{ kg}$$

Daya pikul 1 shear conector = 518.16 kg. pada 1 penampang baja profil , ambil 2 buah stud. Gaya yang dapat dipikul oleh shear conector untuk 1cm (searah balok) = L̲.

Evaluasi Penambahan Lantai

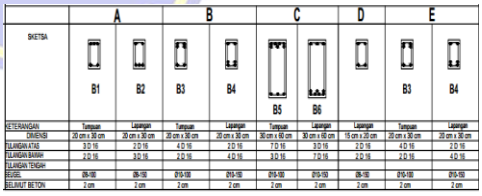
Bangunan gedung perkuliahan di IAIN Jember lantai 2 yang berada di jalan mataram , Mangli – Jember disebut kondisi eksisting, seperti yang direncanakan sebelumnya, akan ditambahkan 1 tingkat sehingga struktur menjadi 3 tingkat. Sehingga untuk lantai 2 yang mulanya menjadi plat atap dialih fungsikan menjadi plat lantai, dan juga tingkat 3 difungsikan sebagai plat atap sesuai kondisi eksisting , namun ada sedikit perubahan pada balok konsol pendek yang strukturnya terdiri dari baja WF 450.200.9.14.



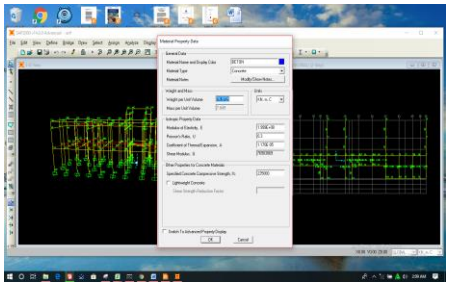
Gambar Desain Penambahan 1 tingkat

- Balok

Jenis dan ukuran balok yang digunakan pada lantai 1 dan 2 sama, dari hasil evaluasi untuk pembebanan pada balok, kolom dan plat masih memungkinkan untuk menambah tingkat. Terkecuali untuk balok lantai 3 yang direncanakan menggunakan baja dengan WF 450.200.9.14.



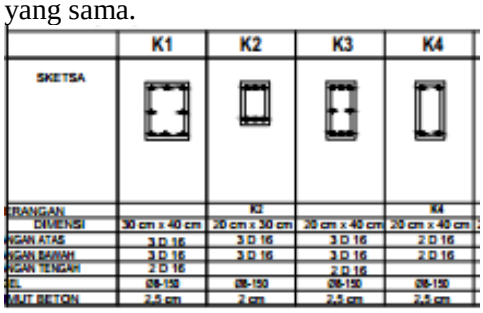
Gambar dimensi balok



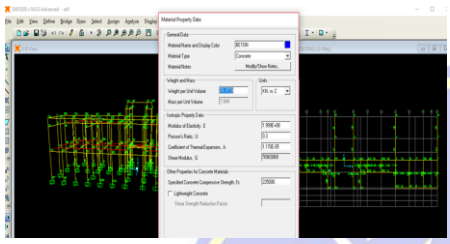
Gambar Beton yang digunakan pada balok dengan aplikasi SAP 2000

- Kolom

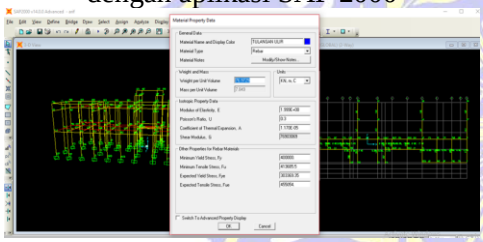
Untuk kolom pada kondisi eksisting, dan juga pemodelan terbaru masih tetap menggunakan dimensi dan spesifikasi yang sama.



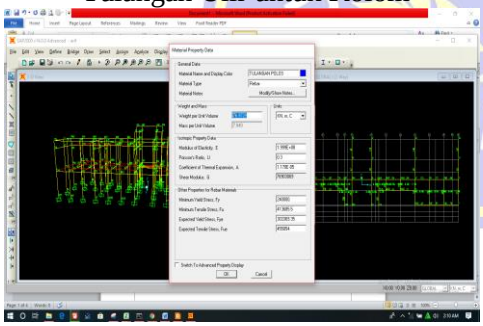
Dimensi kolom



Beton yang digunakan pada kolom dengan aplikasi SAP 2000



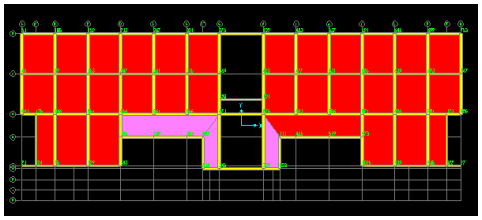
Tulangan Ulir untuk Kolom



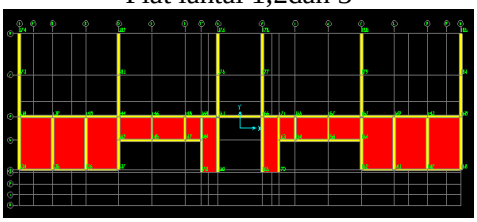
Tulangan Polos untuk kolom

- Plat

Untuk plat lantai awalnya hanya berada di lantai 1 saja, namun sekarang plat lantai ada dilantai 2 juga. Dan lantai 3 menggunakan plat atap yang pada kondisi eksisting berada pada lantai 2 .



Plat lantai 1,2dan 3



Plat Atap

Analisa Daya Dukung Pondasi Setelah Ditambah Lantai

q = qa x Apondasi
= 11.3 x 160 x160
= 289280 kg = 2892.8 kN

Cek..
q ijin = 2892.8 kN
P = Fd + Fl = 982.775 + 145.221
= 1127.996 kN

Reaksi Beban Mati Setelah Ditambah Lantai

TABLE: Joint Reactions					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	DEAD	LinStatic	-11.318	-9.013	982.775
49	DEAD	LinStatic	11.191	-8.933	982.48
58	DEAD	LinStatic	-9.088	-9.365	955.536

Tabel 4.4 Reaksi Beban Hidup Setelah Ditambah Lantai

Ptanah = 2 x 65 x 175 x 160
= 3640000 cm3
= 3.64 m3 x 1700
= 6188 kg = 61.8 kN

Ppondasi = Vc = 30 x 40 x 175
= 210000 cm3 = 0.21 m3

A1 = 30 x 40 x 160 = 1920000 cm3
= 0,192 m3

A2 = 25 x 65 x 40 = 65000 cm3
= 0.065 m3

A3 = ((15x65)/2) x 160 = 78000 x 2
= 156000 cm3 = 0.156 m3

Total = 0.623 m3 x 2400 = 1495 kg
= 14.95 kN

P total = P + Ptanah + P pondasi = 1127.996 + 61.8 + 14.95 = 1204.746 kN

Syarat P ≤ Qijin → OK
1204.746 ≤ 2892.8 kN → OK

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis perhitungan daya dukung kapasitas pondasi yang berlandaskan rumusan dari *Schemerment* 1978 dapat disimpulkan bahwa, daya dukung ijin dalam kondisi eksisting q_{ijin} = 2829.8 kN lebih besar dari beban yang ditumpu oleh pondasi tersebut yaitu P = 613.286 kN. Maka studi evaluasi penambahan tingkat pada gedung perkuliahan di IAIN Jember masih memungkinkan.
2. Penambahan struktur atas atau lantai pada struktur bangunan gedung perkuliahan di IAIN Jember ini, menggunakan sistem balok konsol yang bermaterialkan baja WF 450.200.9.14. Sehingga ada pemindahan atap pada lantai 3 dan lantai 2 menjadi plat atap.

DAFTAR PUSTAKA

Ir. Pujo Priyono, Struktur Beton Bertulang 1 Berdasar SNI 2847 ; 2013 ,Pustaka Abadi : 2019.

Joseph E. Bowles.1997. Foundation and Analysis Design (fifth edition) :McGraw-hill Companies,Inc.

Martini, Analisa Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Menggunakan Berbagai Metode

SNI 1727- 2013 Peraturan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung