

ANALISIS HASIL RANCANGAN ULANG GEDUNG JPTK  
MENGUNAKAN MATERIAL BETON TERAK TERHADAP GAYA GEMPA  
SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN AJAR TEKNIK GEMPA  
Hiddatin Niha, Ida Nugroho Saputro, Sri Sumarni

ABSTRACT

The design of earthquake resistant buildings is needed in Indonesia , because the area of earthquake seismic intensity low to high seismic region. Concrete is a material that has a lot of advantages in building area. Innovative use of slag materials as concrete mix is to reduce waste foundry that can be used as a partial replacement of aggregate in concrete mix.

Methods This study used quantitative designing JPTK's building earthquake resistant research refers to rules SNI Earthquake 2002 (03-1726-2002), as the calculation of earthquake loading and SNI 03-2847-2002 Building Structure Calculations.

The analysis of JPTK building adding slag materials as an aggregate substitute. Redesign results obtained demonstrate the using of the slag material in the JPTK building. The difference can be found in the diameter columns and many reinforcements. The old building using 12 reinforcements with diameter of 22 mm, mean while the new building newly used 14 reinforcement with 25 mm .

Key words: earthquake resistance structure, slag concrete, aggregate, concrete.

ABSTRAK

Perancangan bangunan tahan gempa sangat dibutuhkan di Indonesia, dikarenakan wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas wilayah gempa rendah hingga wilayah gempa tinggi. Beton merupakan bahan material yang memiliki banyak keuntungan dalam bangunan. Pemakaian bahan material inovasi sebagai campuran beton untuk mengurangi limbah pengecoran logam yang berupa terak dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran beton.

Metode Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif yaitu mereview bangunan gedung JPTK, dengan bangunan gedung tahan gempa yang mengacu pada peraturan SNI Gempa 2002 (03-1726-2002) sebagai perhitungan pembebanan gempa dan SNI 03-2847-2002 sebagai perhitungan struktur.

Analisis rancangan ulang gedung dengan menambahkan terak sebagai pengganti agregat. Hasil rancangan ulang yang didapatkan menunjukkan pemakaian dengan bahan terak pada gedung JPTK dapat digunakan. Perbedaannya terletak pada kebutuhan tulangan pada kolom, yaitu 12 tulangan dengan diameter 22 mm pada perancangan awal, sedangkan pada perancangan ulang yaitu 14 tulangan dengan diameter 25 mm.

Kata kunci : bangunan tahan gempa, beton terak, agregat, beton.

## 1. Pendahuluan

Latar belakang penelitian ini yaitu perancangan bangunan gedung tahan gempa yang sangat penting di Indonesia mengingat seringnya terjadi gempa. Untuk merencanakan bangunan gedung tahan gempa tentu tidak lepas dari bahan bangunan yang akan digunakan. Beton adalah salah satu bahan bangunan yang cocok digunakan untuk mendirikan sebuah bangunan. Untuk menghemat penggunaan agregat sebagai campuran beton bertulang dapat kita gunakan beton terak, yang dihasilkan dari limbah pengecoran logam.

Bahan ajar sebagai segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar-mengajar di kelas. Bahan yang dimaksud dapat berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis.

Bahan ajar juga dapat diartikan sebagai seperangkat materi yang disusun secara sistematis baik tertulis maupun tidak tertulis sehingga tercipta lingkungan atau suasana yang memungkinkan siswa untuk belajar. Bentuk-bentuk bahan ajar dapat berupa:

- a) Bahan cetak seperti : *hand out*, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *leaflet*, *wallchart*.
- b) Audio Visual seperti : video/film, VCD.
- c) Audio seperti : radio, kaset.
- d) Visual seperti : foto, gambar, model/maket.
- e) Multi Media seperti : CD interaktif, *Computer Based*, Internet.

Mata kuliah Teknik Gempa termasuk ke dalam mata kuliah pilihan pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Mata kuliah ini dikhususkan pada konsentrasi struktur yang ditempuh disemester ke 6, dengan bobot 2 sks. Dengan pembagian 4 uji kompetensi dasar yang ditempuh dalam satu semester.

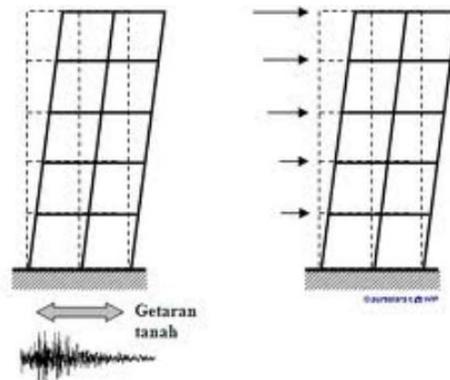
Standar perencanaan ketahanan gempa yang digunakan untuk struktur bangunan gedung atau SNI 1726 tahun 2002 merupakan peraturan gempa yang berlaku di Indonesia, yang menggantikan peraturan sebelumnya yaitu SNI 1726-1989. Standar ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Dalam SNI 03-1726-2002, ditentukan jenis struktur gedung beraturan dan tidak beraturan. Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan antara lain sebagai berikut (Pasal 4.2.1)

- a) Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b) Denah gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, jika terdapat tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c) Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut, jika mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d) Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- e) Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka, jika terdapat loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75%

dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya.

- f) Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, dimana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya.
- g) Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya.
- h) Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahanan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- i) Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun terdapat lantai tingkat dengan lubang atau bukaan, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk perancangan struktur gedung beraturan pengaruh gempa rencana dipakai pengaruh beban gempa statik ekuivalen.

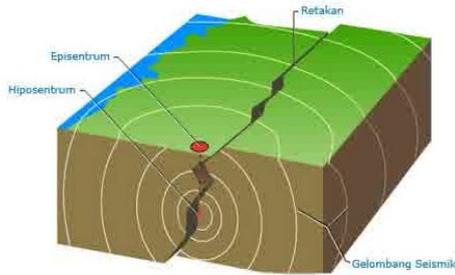


Gambar 1. Statik Ekuivalen

Sumber gambar :  
Purbolaras.wordpress.com

Bangunan tahan gempa dirancang karena mengingat sering terjadinya gempa di Indonesia, Kardiyono (2002: 10) menjelaskan “Pada prinsipnya gempa ialah suatu peristiwa pelepasan energi pada suatu tempat di perbatasan lempeng-lempeng plat tektonik. Pada waktu terjadi gempa pertama belum tentu semua energi yang semula terkumpul sudah habis dilepaskan semua. Jika energi yang dilepaskannya belum habis dapat menyebabkan pelepasan energi pada

lokasi lain didekatnya, hal ini berakibat terjadinya suatu rentetan gempa setelah terjadi gempa yang pertama”.



Gambar 2. Gempa Bumi

Pada gambar di atas terlihat adanya retakan tanah yang terdapat pada Episentrum yaitu titik di permukaan bumi yang terletak tepat di atas sumber gempa. Sedangkan hiposentrum adalah titik yang ada di dalam bumi sebagai tempat dimana titik fokus sumber gempa itu terjadi. Sedangkan gelombang seismik yaitu rambatan energi yang dikarenakan adanya hiposentrum yang ada di dalam kerak bumi.

Prosedur analisis yang paling sederhana dan dapat langsung digunakan untuk menentukan pengaruh dari beban gempa terhadap struktur bangunan adalah prosedur analisis statik. Analisis statik hanya boleh dilakukan untuk struktur-struktur bangunan dengan bentuk yang sederhana dan beraturan atau simetris, dan tidak menunjukkan perbandingan yang menyolok pada perbandingan antara berat dan kekakuan tingkat-tingkatnya. Prosedur analisis statik ini hanyalah suatu cara pendekatan yang menirukan pengaruh dinamik dari beban gempa yang sesungguhnya.

Menurut SNI 03-1726-2002 terdapat beberapa ketentuan yang digunakan pada perhitungan beban gempa metode ekuivalen di antaranya yaitu :

a) Beban Nominal

Beban gempa nominal pada statik ekuivalen dihitung dengan mempertimbangkan data wilayah kegempaan, jenis struktur, fungsi bangunan, dan berat total struktur, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

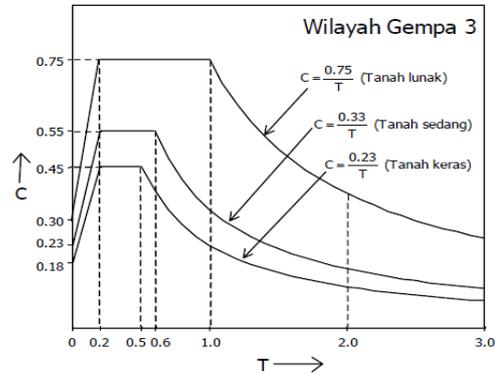
$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} W_t$$

Keterangan :

- $V_1$  = beban/gaya geser dasar nominal
- $C_1$  = faktor respons gempa untuk waktu getar fundamental
- $I$  = faktor keutamaan
- $R$  = faktor reduksi gempa

$W_t$  = berat total struktur (termasuk beban hidup)

Nilai  $C_1$  didapat dari grafik Spektrum Respon Gempa Rencana, yang disesuaikan untuk wilayah gempa pada daerah dan jenis tanahnya. Solo masuk ke dalam wilayah gempa 3 dan jenis tanah diambil jenis tanah sedang.



Gambar 3. Spektrum Respon Gempa Rencana Wilayah 3 (SNI 03-1726-2002)

Perancangan dalam penelitian ini menggunakan model bangunan kampus JPTK UNS dan waktu yang direncanakan relatif singkat. Sebagai dasar batasan bangunan dalam lingkup perancangan ini, sementara dibatasi bangunan gedung beton bertulang beraturan (*regular*) dengan ketinggian sampai 4 tingkat sehingga perancangan ini tidak mencakup bangunan gedung konstruksi baja. Pembahasan tentang hal model yang akan dipakai sebagai peraturan yang disederhanakan adalah model “*simplified design*” dari ASCE 7-02 / 05, tetapi diterapkan sesuai SNI 1726-2002 karena ketentuan yang sudah disederhanakan tersebut merupakan ketentuan resmi, yang sudah melewati pengkajian dan penelitian yang cukup mendalam. Selanjutnya karena ingin diterapkan di Indonesia, maka kerangka peraturan gempa dan peraturan bangunan lain yang terkait dan berlaku di Indonesia tetap diikuti.

Adapun data-data teknis yang diambil dalam perancangan :

a) Data – data Material

Spesifikasi bahan/material yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

- (1) Mutu beton menggunakan beton terak :  $f_c' = 22$  MPa
- (2) Baja Tulangan :  $f_y = 400$  Mpa.
- (3) Berat jenis beton terak :  $2450 \text{ kg/m}^3$ .

Aplikasi Analysis Program yang biasa dikenal dengan nama SAP2000 adalah *software* ilmu teknik sipil yang berguna untuk menghitung struktur bangunan. SAP2000 merupakan *software* yang

digunakan untuk menganalisis atau menggambar suatu desain struktur baik sebagai bangunan bertingkat maupun infrastruktur lain seperti jembatan. *Software* ini digunakan untuk mempercepat proses analisis yang sebelumnya biasa dilakukan secara manual dengan waktu yang cukup lama dan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Program komputer rekayasa SAP2000 mempunyai perbedaan dengan program pengoperasian lain, karena dalam penggunaannya dituntut untuk memahami latar belakang metode apa yang akan digunakan, dengan menyiapkan perencanaan yang sesuai maupun batasan dari program tersebut. Semakin berkembangnya dunia teknologi dewasa ini, program SAP2000 memiliki fitur yang semakin lengkap.

Terak yang digunakan dalam studi kasus penelitian ini diambil dari hasil residu (limbah) yang didapat pada pengecoran logam industri pembuatan kursi taman di desa Batur kecamatan Ceper Kabupaten Klaten. Terak baja (*slag*) ini hasil sampingan dari pembakaran bijih besi pada tanur tinggi yang didinginkan pelan-pelan di udara terbuka. (Tjokrodimulyo, 2004: III-4). Komposisikimiaterak terdiri dari Silika 41,47%, Ferri Oksida 30,44% Alumina 2,58% yang bereaksi pada temperatur  $\pm 1500^{\circ}$  C dan berbentuk cairan. Apabila cairan ini didinginkan lama kelamaan akan mengkristal dan dapat digunakan sebagai alternatif pengganti agregat. Terak mempunyai tekstur kasar dan tajam. Terak digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton dengan melalui proses pemecahan untuk diameter yang seragam.

## 2. Metode Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan tempat penelitian untuk memperoleh data-data yang mendukung tercapainya tujuan penelitian, tempat penelitian ini dilaksanakan di Gedung JPTK (Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan) Universitas Sebelas Maret.

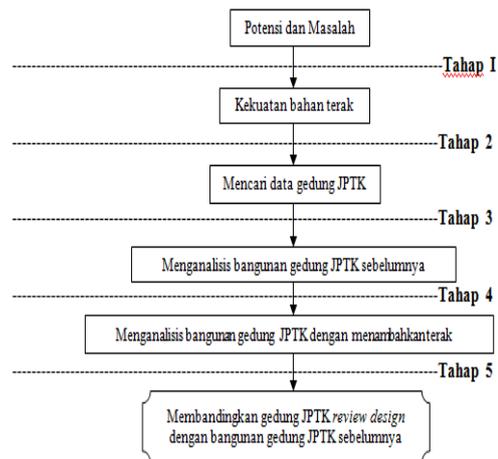
Waktu penelitian dilaksanakan mulai Februari tahun 2014. Berikut tabel alokasi waktu kegiatan penelitian yang penulis lakukan:

Tabel 2.1. Waktu Kegiatan Penelitian

Kegiatan Penelitian	Bulan											
	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Oct	Nov	Des	
1. Persiapan Penelitian												
a. Pengajuan Judul	■											
b. Pembuatan Proposal		■										
c. Seminar Proposal			■									
d. Revisi Proposal				■								
2. Pelaksanaan Penelitian												
a. Penjinan Penelitian			■									
b. Pelaksanaan Penelitian				■								
3. Analisa Data dan Pelaporan												
a. Analisis Data					■	■	■	■	■	■	■	■
b. Menyusun laporan skripsi												
c. Ujian dan Revisi												
d. Pengandaan dan Pengumpulan Laporan												■

Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009:407) metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang digunakan sebagai metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit atau empiris, obyektif terukur, dan penelitian berupa angka-angka. Penelitian ini mengacu pada peraturan gempa yaitu SNI 03-1726-2002. Penelitian yang digunakan jenis penelitian kuantitatif yaitu menganalisis hasil rancangan bangunan gedung dengan gaya gempa menggunakan perancangan bangunan tahan gempa struktur SRPMM, dengan memanfaatkan terak sebagai pengganti agregat dalam beton pada presentase 60% ke dalam campuran beton dengan kuat tekan beton 22 MPa.

Tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4. Alur Penelitian

## 3. Hasil Penelitian

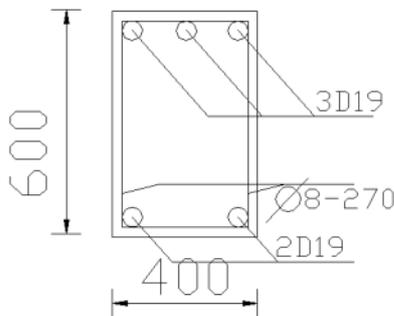
Pada perancangan perancangan balok gedung JPTK Kampus V UNS di pakai data sebagai berikut :

- Dimensi balok : 400/600
- $f_c'$  : 22 MPa
- $f_y$  : 400 Mpa
- $\Phi$  tulangan utama : 29 mm.

$\Phi$  sengkang : 10 mm  
 hf : 120  
 Sb : Tebal penutup beton minimal,  
 $S_{nv}$  : Jarak bersih tulangan pada arah vertikal diambil  $\geq 25$  mm,  
 $Mu^{(-)}$  : 118,21KNm (didapat dari perancangan SAP gambar di atas)  
 $Mu^{(+)}$  : 86,89 KNm (didapat dari perancangan SAP gambar di atas).

Pada pelaksanaan perancangan perancangan di lapangan, pengecoran balok dan pelat biasanya dilaksanakan bersamaan, sehingga menghasilkan pengecoran yang monolit. Dengan kondisi ini, pelat beton akan berfungsi sebagai sayap dari baok "T". Adapun hasil perancangan balok pada bangunan gedung JPTK Kampus V UNS adalah sebagai berikut :

Perancangan pada penulangan balok



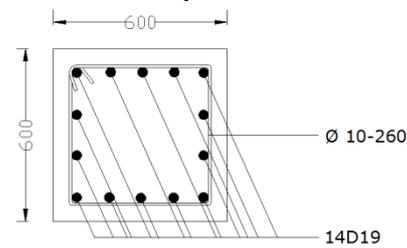
Gambar 5. Penulangan Balok

Pada gambar perencanaan penulangan balok di atas di pakai pada balok dimensi 350 x 500, 400 x 600 dengan diameter 16 dan 19 mm jarak sengkang  $\varnothing 8 - 100$  mm, dan  $\varnothing 8 - 150$  mm, sudah memenuhi ketentuan perancangan balok yang sudah ditentukan dengan persyaratan  $M_r > M_u$  yang sesuai dengan SNI Beton 2002 bahwa perancangan penulangan balok di atas adalah aman.

Pada perancangan pelaksanaan kolom, kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah melalui fondasi. Beban dari balok dan pelat ini berupa beban aksial tekan serta momen lentur. Secara garis besar kolom merupakan struktur yang mendukung beban aksial dengan atau tanpa momen lentur. Adapun data perancangan kolom direncanakan sebagai berikut :

Dimensi kolom : 600/600  
 $f_c'$ (terak) : 22 MPa  
 $f_y$  : 400 Mpa  
 $P_u$  : 400,18 KN (didapat dari perancangan SAP)

$M_u$  : 18,63 KNm (didapat dari perancangan SAP)  
 $V_u$  : 9,18 KN (didapat dari perancangan SAP)  
 $\varnothing$  tulangan utama : 19 mm  
 $\varnothing$  sengkang: 10 mm  
 faktor reduksi  $\phi$  : 0,65



Gambar 6. Penulangan Kolom

Pada tabel perancangan penulangan kolom dipakai 14 baja tulangan kanan dengan diameter 19 mm. Sedangkan dibutuhkan diameter begel 10 mm dengan jarak 260 mm aman digunakan pada perancangan bangunan tahan gempa JPTK Kampus V UNS yang sudah memenuhi  $A_s > A_{s,u}$  dan kontrol  $\rho_t$ . Sedangkan untuk persyaratan geser sudah memenuhi  $A_{V,t} > A_{V,u}$ . Tabel 4.7 di bawah ini merupakan hasil perbandingan *redesign*.

Pelat beton bertulang merupakan bangunan sipil yang digunakan sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun bangunan sipil lainnya. Beban yang bekerja pada pelat diperhitungkan terhadap beban mati dan beban hidup, akibat beban tersebut akan berpengaruh terhadap momen lentur.

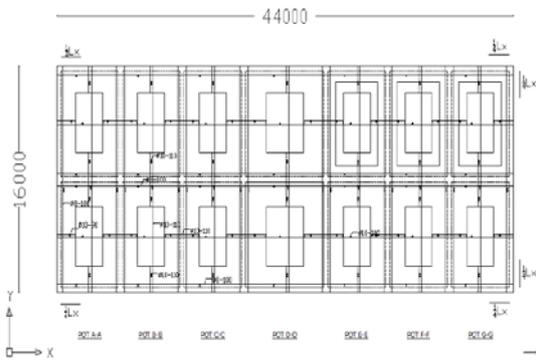
Adapun data perancangan penulangan pelat sebagai berikut :

$M_{lx} = 4,196$  tm  
 $M_{ly} = 3,814$  tm  
 $M_{tx} = 4,196$  tm  
 $M_{ty} = 3,814$  tm  
 $M_{t,x} = 2,098$  tm  
 $M_{t,y} = 1,907$  tm

Hitungan Tulangan Pelat

Diketahui :

Tebal plat (h) = 230 mm  
 Diameter tulangan  $\phi d$  = 10 mm  
 Tebal selimut beton (sb) = 20 mm



Gambar 7. Penulangan Pelat Tampak Atas

Pada perancangan tulangan tumpuan yang terbesar dibutuhkan diameter tulangan pokok 10 mm dengan jarak 110 mm, dan tulangan bagi diameter 8 mm dengan jarak tulangan 100 mm. Sedangkan perancangan tulangan tumpuan yang terbesar yaitu digunakan diameter tulangan diameter 10 mm dengan jarak tulangan 100 mm dan tulangan bagi dengan diameter 8 mm dengan jarak 100 mm yang sudah sesuai dengan SNI 03-2847-2002 terkait dengan perencanaan pelat yang sudah sesuai dengan SNI 03-2847-2002 terkait dengan perencanaan pelat.

Perhitungan perencanaan hubungan balok-kolom yang merupakan tempat pertemuan komponen balok dan kolom yang telah didesain. Analisis gaya-gaya yang bekerja pada hubungan balok kolom tersebut sebagai berikut :

- a) Momen nominal pada penampang balok adalah 118,21 KNm dan 86,89 KNm. Karena kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama, maka :

$$M_e = 0,5 \times (118,21 + 86,89) \text{ KNm} = 205,1 \text{ KNm}$$

$$V = (205,1 + 205,1) / (3,7) = 110,9 \text{ KN.}$$

- b) Di bagian lapis atas balok hubungan balok kolom, baja tulangan yang dipasang adalah 3D19 + 2D19. Luas penampang tulangan,  $A_s = 850,155 \text{ mm}^2$ . Gaya yang bekerja pada baja tulangan atas balok adalah

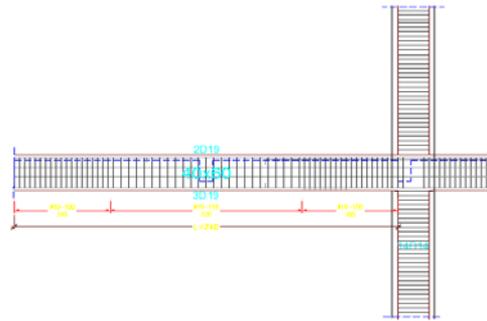
$$T_1 = C_1 = 1,0 A_s f_y = 850,155 \times 400 = 340,1 \text{ KN.}$$

- c) Di bagian lapis bawah balok hubungan balok kolom, baja tulangan yang dipasang adalah 3D19 + 2D19. Luas penampang tulangan,  $A_s = 850,155 \text{ mm}^2$ . Gaya yang bekerja pada baja tulangan bawah balok adalah

$$T_2 = C_2 = 1,0 A_s f_y = 850,155 \times 400 = 340,1 \text{ KN.}$$

- d)  $V_u = V - T_1 - C_2 = 110,9 - 340,1 - 340,1 = 569,3 \text{ KN.}$  (berlawanan arah dengan V).

Kuat geser nominal join yang dikeang di keempat sisinya adalah



Gambar 8. Hubungan Balok Kolom

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada analisis perancangan bangunan *redesign* didapatkan dimensi pada balok induk 350 x 500, 400 x 600 dengan diameter 16 dan 19 mm jarak sengkang  $\varnothing 8 - 100 \text{ mm}$ , dan  $\varnothing 8 - 150 \text{ mm}$ , pada kolom dipakai dimensi 600 x 600 diameter 25 mm dan jarak sengkang  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$  dan  $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$  dan 500 x 500 diameter 25 mm dan jarak sengkang  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$  dan  $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ . Pemakaian aplikasi pembantu dengan menggunakan SAP2000 SV.
- 2) Pada bangunan Kampus V JPTK UNS sekarang, digunakan  $f_y$  390 MPa, dimensi balok induk yang dipakai 250 x 700, 250 x 600, 250 x 400, dengan diameter 19 mm jarak sengkang  $\varnothing 8 - 100 \text{ mm}$ , sedangkan dimensi kolom yang dipakai 600 x 600, 500 x 500, 300 x 600, dan 600 x 300 dengan diameter 22 jarak sengkang  $\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$  untuk tumpuan dan  $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$  untuk lapangan.
- 3) Penyusunan bahan ajar material beton terhadap gaya gempa sebagai uplemen matakuliah Teknik Gempa.

#### Daftar Pustaka

Asroni, Ali. (2007). *Balok Dan Pelat Beton Bertulang, Kolom Fondasi & Balok T*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*. Bandung.

Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2004). *Teknologi Beton, Teknik Gempa* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.