

## PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFT WARE SAP 90 DAN STAAD PRO DALAM KAJIAN STRUKTUR PORTAL DUA DIMENSI

Arif Wahono

**Abstrak:** Dalam dunia konstruksi, khususnya untuk perhitungan struktur telah banyak berkembang menuju aplikasi computer. Tetapi tidak meninggalkan begitu saja metode manual yang memiliki prinsip sama dengan aplikasi computer (berbasis matrik, elemen hingga dan mekanika teknik) dengan banyaknya program aplikasi, para sarjana terasa lebih mudah untuk melakukan perhitungan struktur. SAP 90 dan Staad Pro merupakan sebagian kecil program aplikasi yang ada dalam dunia konstruksi. Kedua program ini mempunyai persamaan dan perbedaan dalam pengoperasian dan hasil aplikasi. Untuk membandingkan kedua program ini, dengan cara pengoperasian aplikasi input dan output program. Pengoperasian program meliputi proses memasukkan data, analisis data dan cetak hasil analisis. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa SAP 90 berbasis dos dengan input data yang diketik, satu layar melayani perintah, membutuhkan waktu yang lebih lama dari staad Pro dan secara hasil analisis dari kedua aplikasi tersebut menunjukkan hasil yang sama.

**Kata kunci:** Perhitungan, Membandingkan, Hasil

Dalam beberapa dekade terakhir, analisis dan disain struktur mengalami perkembangan yang sangat menakjubkan akibat berkembangnya software analisis dan disain struktur. Peningkatan yang paling menonjol dengan adanya software adalah masalah *produktifitas* analisis dan disain. Sebelum adanya software maka untuk melakukan analisis dan disain struktur gedung bertingkat akan membutuhkan waktu berminggu-minggu tetapi sekarang dengan adanya software maka analisis dan disain dapat dilakukan dalam hitungan hari bahkan jam. Sesuatu yang dulunya hampir tidak mungkin atau sukar untuk dilakukan maka sekarang menjadi sesuatu yang biasa, contohnya adalah analisis struktur secara 3 dimensi, analisis struktur akibat beban dinamik (dynamic analysis), Second order analysis (P-Delta Analysis & Non Linier Analysis) dan berbagai macam bentuk analisis lainnya.

Persoalan yang kita hadapi saat ini adalah banyaknya Software Analisis dan Disain Struktur yang ada di Indonesia, diantaranya yang terkenal adalah STAAD/Pro (RE), SAP & ETABS (CSI) dan SANS/Pro (ESRC). Manakah yang sesuai dengan kondisi Indonesia? Karena setiap software mempunyai kelebihan dan spesifikasi masing-masing. Sebagai contoh STAAD/Pro yang merupakan produk USA maka tentunya tidak menyediakan menu pilihan disain struktur beton bertulang berdasarkan SNI, tetapi yang disediakan adalah menu pilihan berdasarkan ACI, sehingga jika kita akan mendisain berdasarkan SNI maka sebenarnya STAAD/Pro hanya bisa digunakan sebagai tool analisis statika saja (disain harus dilakukan secara manual), karena terdapat perbedaan faktor beban, kombinasi beban dan faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) antara ACI dan SNI T-15-1991-03. Tetapi jika nantinya SNI mengadopsi ACI secara total, maka STAAD/Pro dapat digunakan pula secara total. Hal ini belum banyak dipahami oleh pengguna STAAD/Pro. Begitu pula dengan SAP 90 yang merupakan program yang bekerja di Under Dos yang sama halnya dengan STAAD /Pro yang hanya digunakan sebagai tool statika saja.

Pada umumnya software-software analisis dan disain struktur yang ada sekarang dikembangkan menggunakan konsep dasar yang hampir sama, yaitu konsep analisis struktur menggunakan metode elemen hingga dan metode matriks, sehingga jika kita memahami kedua konsep tersebut maka akan sangat mudah untuk mempelajari software-software tersebut. Disamping itu jika kita menguasai salah satu software maka dengan mudah kita dapat bermigrasi (berpindah) ke software yang lainnya.

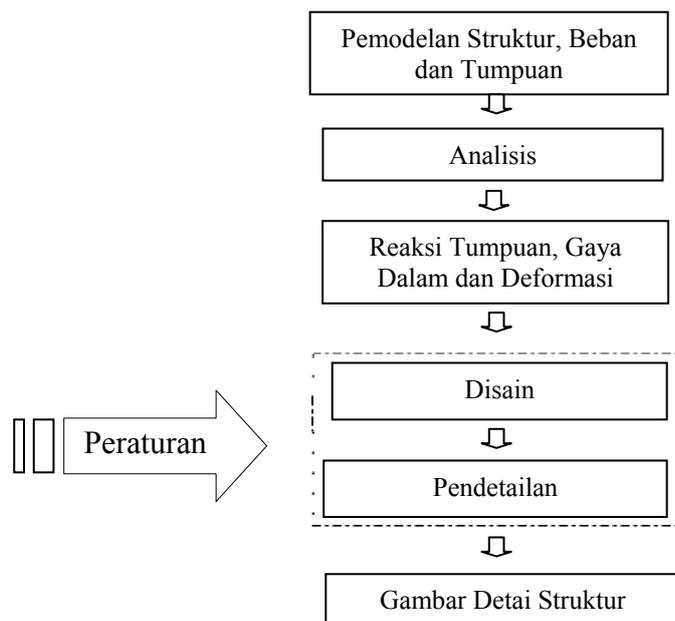
Perlu dipahami walaupun menggunakan software yang paling akurat, analisis dan disain struktur dengan komputer tidak selalu akan menghasilkan respons struktur yang sebenarnya. Umumnya hambatan yang dihadapi oleh user adalah kurangnya pemahaman terhadap model-model struktur dasar, teori analisis struktur, karakteristik elemen struktur, software komputer yang digunakan, metode analisis yang digunakan dan peraturan (code) yang berlaku.

Mungkinkah output software komputer salah? Sangat mungkin, dan yang sangat mengkhawatirkan, banyak user kurang memiliki keberanian untuk mencurigai bahwa software yang digunakan melakukan kesalahan. Sebagai contoh adalah dalam analisis statik, bila struktur yang akan dianalisis stabil maka komputer akan memberikah hasil struktur yang seimbang walaupun data beban atau elemen salah. Hasilnya, struktur memiliki jumlah gaya yang nol namun tidak benar. Contoh yang lain, jika data material salah, komputer akan tetap akan memberikan gaya yang seimbang dan kelihatannya benar, namun lendutan struktur yang didapatkan adalah luar biasa besar (Nathan Madutujuh, p.37,1999).

Yang perlu diperhatikan dalam penggunaan software analisis dan disain struktur adalah pemahaman user terhadap pemodelan, konsep analisis dan disain, peraturan (code) yang berlaku dan spesifikasi software. Karena perlu disadari bahwa software hanyalah tool (alat bantu), software akan menghasilkan output sesuai input yang diberikan: *“Garbage In Garbage Out”*.

**Konsep Analisis dan Disain Struktur**

Secara garis besar tahapan analisis dan disain struktur digambarkan sebagai berikut:



Dari kelima tahapan tersebut yang paling menentukan adalah pemodelan. Seberapa jauh suatu perhitungan komputer dapat memberikan informasi mengenai perilaku suatu struktur adalah sangat tergantung pada model struktur yang digunakan. Pemodelan struktur adalah suatu interaksi fisik secara matematik yang merupakan seni menggabungkan pengetahuan finite element, masalah-masalah fisik, metode numerik, komputer dan konstruksi yang mewakili struktur nyata. (Nathan Madutujuh, p.37, 1999). Dalam pemodelan sekaligus dilakukan pemodelan tumpuan (support), beban (load) dan property elemen struktur. Pemodelan akan sangat tergantung pada tingkat pengetahuan dan pengalaman engineer.

Analisis struktur adalah proses untuk menentukan reaksi, gaya-gaya dalam ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ,  $F_x$ ,  $F_y$  dan  $F_z$ ) dan deformasi yang terjadi pada struktur akibat beban yang bekerja (gaya-gaya luar) pada struktur sehingga struktur dapat didisain secara rasional. Output yang diperoleh dari analisis struktur kemudian digunakan untuk melakukan disain elemen-elemen struktur.

Disain struktur merupakan gabungan antara unsur seni dan sains yang membutuhkan keterampilan dan pengetahuan dalam mengolahnya. Dalam disain kita terikat pada peraturan (code) yang berlaku. Untuk menghasilkan disain yang optimal seringkali dilakukan trial and error.

Tahapan berikutnya setelah disain adalah tahapan pendetailan. Dalam tahapan ini output disain didetailkan berdasarkan persyaratan peraturan yang berlaku. Produk akhir dari analisis dan disain struktur adalah gambar detail struktur yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan. Tahapan pemodelan, analisis dan disain dapat dilakukan dengan mudah menggunakan software analisis dan disain struktur. Sedangkan pendetailan biasanya dilakukan secara manual.

### **Tentang STAAD/Pro**

STAAD/Pro (Release lanjutan dari STAAD-III) merupakan salah satu software analisis dan disain struktur terkemuka yang dikembangkan oleh Research Engineer. Release terakhir dari STAAD/Pro adalah STAAD/Pro 2002.

STAAD/Pro terdiri dari STAAD/Pro Core Package dan STAAD/Pro Extension Component.

STAAD/Pro Core Package terdiri dari:

- STAAD/Pro Design Studio, digunakan untuk pemodelan dan visualisasi struktur dan verifikasi hasil.
- STAAD Engine, digunakan untuk analisis dan disain struktur (beton, baja dan kayu)
- STARDYNE Engine, digunakan untuk analisis struktur tingkat lanjut (dinamik, seismik, non linier, thermal, buckling dan analisis struktur tingkat lanjut lainnya)
- FEMkit, digunakan untuk pemodelan struktur menggunakan finite element.
- VISUAL DRAW CAD, digunakan untuk penggambaran plan, elevasi, section dan detail struktur.

STAAD/Pro Extension Component terdiri dari:

- STRUCT.etc, digunakan untuk disain elemen-elemen struktur (pondasi, retaining wall, sambungan dsb).
- FabriCAD, digunakan untuk detailing struktur baja.
- ADLPIPE

STAAD/Pro sangat mudah digunakan dan user-friendly. Input data dapat dilakukan secara grafis melalui STAAD/Pro GUI (Graphical User Interface) atau dengan mengetikkan perintah-perintah dengan bahasa Inggris sederhana (Command File) melalui STAAD/Pro EDITOR.

Data yang telah diinput akan disimpan pada Text File dan disebut Command File atau Input File. GUI dan Command File adalah terpadu, yaitu input data yang dilakukan melalui GUI akan terecord dalam Command File atau sebaliknya.

Sebelum menggunakan STAAD/Pro, maka perlu dipahami konsep-konsep dasar sebagai berikut:

1. Tipe struktur : space, plane, truss dan floor
2. Geometri struktur dan sistem koordinat
 

Pemodelan geometri struktur terdiri dari dua tahap:

  - Mengidentifikasi dan mendeskripsikan joint atau node
  - Memodelkan elemen struktur atau member yang menghubungkan node

Untuk mendefinisikan geometri struktur dan arah pembebanan, STAAD menggunakan dua tipe sistem koordinat:

  - Sistem koordinat global (global coordinate system)
  - Sistem koordinat lokal (local coordinate system)
  - Hubungan antara sistem koordinat global dan lokal didefinisikan dengan beta ( $\beta$ ) angle.
3. Properti dari elemen struktur: PRISMATIC properties specification, Standard Steel shape from built-in section library, User created steel tables, TAPERED section, through ASSIGN command
4. Member/Element release
5. Member offsets
6. Konstanta material: modulus of elasticity (E), weight density (DEN), Poisson's ratio (POISS), coefficient of thermal expansion and BETA angle or coordinates for any reference (REF) point.
7. Tumpuan: PINNED, FIXED or FIXED with different releases (FIXED but).
8. Beban: Joint load, Member load, Area load, Fixed end member load, Pre-tress and Post – stress Member load, Temperature/Strain load, Support Displacement load, Loading on element.
9. Load generator: Moving Load Generator, UBC Seismic Load Generator, Wind Load Generator.
10. Fasilitas analisis: Stiffness Analysis, Second Order Analysis, Dynamic Analysis

### **Tentang Sap 90**

Sap 90 adalah singkatan dari *Structure Anlysis Programs 90*. Program ini dibuat oleh 1918 University Avenue Barkley California, Amerika Serikat. Program Sap 90 merupakan aplikasi program struktur yang berupa kumpulan dari serangkaian kalimat dalam bahasa komputer yang tersusun sedemikian rupa sehingga terbentuk komunikasi antara mesin komputer dengan user (pemakainya) dan logika proses dari spesifikasi program itu sendiri sebagai instruksi agar komputer dapat bekerja untuk menganalisa data suatu struktur.

Program Sap 90 merupakan salah satu program yang bekerja pada MS-DOS Promt (*Under Dos*) yang menggunakan bahasa komputer untuk memasukkan data – data yang akan diproses dalam perhitungan struktur. Layar dan menu yang tersedia juga terbatas sesuai dengan space / ruang kerja program Sap 90 yang kecil dibandingkan program yang sudah berbasis Windows (*Under Windows*).

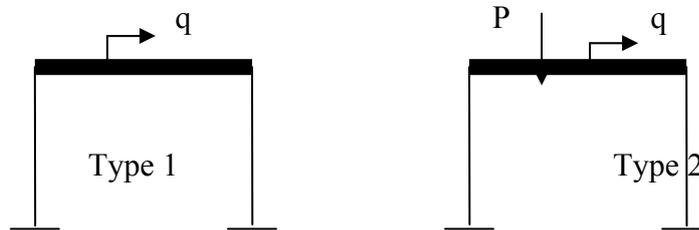
Untuk struktur teknik sipil, aplikasi Sap 90 dalam perhitungan Portal Dua Dimensi input yang dimasukkan adalah menggunakan text – text yang mencerminkan unsur – unsur struktur yang telah disebutkan di atas.

1. *Model Struktur* : Sap 90 menjabarkan Portal Dua Dimensi dengan data berupa koordinat tiap – tiap joint dalam Portal tersebut. Data joint dengan parameter – parameter :  $X=x$  ;  $Y=y$  ;  $Z=z$  ;  $G=g_1, g_2, I$  ;  $Q=q_1, q_2, q_3, q_4, i_n, j_n$ .  $X$  Untuk kedudukan joint terhadap sumbu global  $X$ ,  $Y$  untuk kedudukan joint sumbu global  $Y$  dan  $Z$  untuk kedudukan joint terhadap sumbu global  $Z$ . Untuk joint – joint yang banyak, dalam Sap 90 terdapat fasilitas GENERATION yang berfungsi untuk menghemat penulisan joint – joint yang mempunyai letak yang sama dan kenaikan nomor joint yang konstan. Dalam Generation terdapat tiga bagian ; Linear, Quadrilateral dan Cylindrical.
  - a. Generation Linear berfungsi untuk meringkas penulisan dalam pendefinisian kedudukan joint yang banyak pada satu arah saja. Bentuk umum :  $G=g_1, g_2, i$ . Dimana  $g_1$  = nomor joint awal ;  $g_2$  = nomor joint akhir ;  $i$  = selisih nomor joint. Syarat dalam generation linear adalah jarak dari suatu joint ke joint yang lain selalu sama dan selisih nomor joint selalu konstan.
  - b. Generation Quadrilateral berfungsi untuk meringkas penulisan dalam pendefinisian kedudukan joint yang banyak untuk arah mendatar dan arah tegak. Bentuk umum :  $Q=q_1, q_2, q_3, q_4, j_i, j_n$ . Dimana  $q_1$  = nomor joint ke-1 (kiri bawah),  $q_2$  = nomor joint ke-2 (kanan bawah),  $q_3$  = nomor joint ke-3 (kiri atas),  $q_4$  = nomor joint ke-4 (kanan atas),  $j_i$  = kenaikan nomor joint arah mendatar,  $j_n$  = kenaikan nomor joint arah tegak. Syarat dalam generation quadrilateral adalah jarak antara joint dan arah mendatar dan arah tegak sama serta kenaikan nomor joint selalu konstan.
  - c. Generation Cylindrical untuk mendefinisikan joint – joint pada struktur sejenis silinder (tabung). Karena dalam hal ini bahasan tertuju pada portal dua dimensi, maka untuk generation cylindrical tidak akan dibahas.
2. *Finite Elemen dan Derajat Kebebasan* : Sap 90 mendefinisikan sama seperti ulasan di atas dengan bab Finite Elemen dan Derajat Kebebasan. Dalam hal ini prinsip yang digunakan berlaku untuk Portal Dua Dimensi / 2 – D Frame ( $X – Y$  plane).
3. *Tumpuan / Perletakan / Restraint* : dalam Sap 90 mendefinisikan tumpuan pada Portal Dua Dimensi dengan nilai restraint = 1,1,1,1,1,1 atau tumpuan jepit.
4. *Struktur Menurut DOF* : dalam Sap 90, Portal Dua Dimensi didefinisikan sebagai **Struktur Portal Bidang (plane frame)** dimana struktur ini memiliki tiap joint yang hanya memiliki 3 DOF yang bebas berpindah ke arah  $x$ ,  $y$  dan berputar ke arah  $z$ .
5. *Sumbu Lokal dan Global* : untuk pendefinisian Portal Dua Dimensi, sumbu lokal elemen balok sama dengan sumbu global struktur secara keseluruhan. Untuk elemen kolom, sumbu lokal tidak sama dengan sumbu global struktur secara keseluruhan.
6. *Pembebanan* : dalam pembebanan yang terjadi di tiap struktur harus dianalisa satu persatu. Ada kalanya disatu elemen frame / batang akan berbeda pembebanannya dengan elemen frame disampingnya walaupun sepanjang frame it mempunyai harga beban merata yang sama, tapi kalau saja disatu frame yang lain mempunyai beban

terpusat maka pendefinisian pembebanan tidak bisa dianggap sama. Dalam Sap 90 pembebanan didefinisikan dalam inputnya sebagai berikut :

Type 1 : pada frame 1 hanya mempunyai beban terbagi rata saja.

Type 2 : pada frame 2 mempunyai beban terbagi rata dan terpusat.



Sedangkan beban terpusat, juga didefinisikan tersendiri dan mempunyai aturan tersendiri. Sap 90 membagi beban terpusat menjadi 2 yaitu :

- Beban terpusat yang terjadi diantara 2 joint ( titik ).
- Beban terpusat yang tepat dititik buhul.

Untuk nilai  $q$  atau  $P$ , tergantung dari beban - beban rencana yang telah dibuat untuk struktur tersebut.

- Satuan / Units* : dalam Sap 90, satuan yang didefinisikan tergantung daripada input yang kita masukkan mulai dari awal hingga akhir. Sehingga output dari Sap 90 menggunakan satuan yang sama yang kita definisikan. Selain itu dalam penggunaan satuan harus memiliki satuan yang seragam atau sebanding, semisal : kg/cm dengan cm hal ini akan sebanding. Tapi lain halnya jika digunakan satuan kg/cm dengan M, maka hal ini akan mengacaukan hasil perhitungan dari program Sap 90.

### **Analisis dan Disain Struktur Menggunakan STAAD/Pro**

Secara garis besar analisis dan disain struktur menggunakan STAAD/Pro dilakukan sebagai berikut:

- Pemodelan struktur, beban, tumpuan, property elemen struktur, spesifikasi analisis/disain dsb
- Visualisasi dan verifikasi geometri model
- Menjalankan STAAD analysis engine untuk menjalankan proses analisis dan disain
- Verifikasi hasil (secara grafis dan numerik)
- Penyajian report

Fasilitas analisis struktur tersedia pada STAAD/Pro adalah sebagai berikut:

- Stiffenes Analysis
- Second Order Analysis: P – Delta Analysis & Non Linear – Analysis
- Dynamic Analysis : Eigen Problem, Response Spectrum Analysis & Forced Vibration analysis

Sedangkan fasilitas disain yang tersedia adalah disain baja, beton bertulang dan kayu. Peraturan (code) disain yang digunakan adalah American Code.

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan analisis dan disain struktur menggunakan STAAD/Pro adalah sebagai berikut:

- Starting the Program
- Creating a New Structure
- Creating Joints and Members
- Specifying Member Properties

5. Specifying Material Constants
6. Specifying Member Offsets
7. Printing Member Information
8. Specifying Supports
9. Specifying Loads
10. Specifying Analysis Type
11. Specifying Post-Analysis Print Commands
12. Specifying Design Parameter
13. Performing Analysis and Design
14. Viewing the Output File
15. Verifying Results on Screen-both Graphically and Numerically

### Sap 90

Program aplikasi Sap 90 dengan basic program *under dos*, membutuhkan data-data untuk dianalisa atau disebut *Blok Data* yang berfungsi untuk mendefinisikan pengenalan masalah yang terdapat dalam Portal Dua Dimensi.

Blok data yang digunakan untuk menganalisa Portal Dua Dimensi antara lain :

#### a. Blok Data The Title Line

Blok Data ini memiliki fungsi memberikan judul pada output data (label) dan satuan yang digunakan, banyak karakter yang diijinkan maksimal 27 karakter. Blok data ini terletak dibaris pertama input data. Penulisan yang salah untuk pemberian judul ini tidak akan mempengaruhi proses analisa oleh Sap 90, karena tidak lebih hanya dianggap sebagai pemberian komentar saja atau label yang akan dikeluarkan dalam output nantinya.

Analisis Portal Dua Dimensi akan meninjau Portal dalam dua arah. Balok induk yang searah dengan Portal Melintang dan balok anak yang searah dengan Portal Memanjang. Label yang dimasukkan :

**1. ANALISIS PORTAL MELINTANG ( KN-M )**

**2. ANALISIS PORTAL MEMANJANG ( KN-M )**

#### b. Blok Data System

Blok data ini berfungsi sebagai kontrol informasi atau input – input data di bawahnya pada Sap 90. Dalam analisis Portal Dua Dimensi, system yang digunakan dengan mengetikkan seperti di bawah ini :

**System**

**L=3**

Maksud dari L=3 adalah jumlah jenis beban yang ada dalam tiap – tiap combo (kombinasi – kombinasi beban) terdapat 3 jenis beban saja.

#### c. Blok Data Joints

Blok Data ini berfungsi untuk mendefinisikan kedudukan koordinat JOINT. Blok Data JOINT dengan parameter :

X : Kedudukan joint terhadap sumbu global X

Y : Kedudukan joint terhadap sumbu global Y

Z : Kedudukan joint terhadap sumbu global Z

Dalam analisis Portal Dua Dimensi ini, joint – joint dimasukkan sebagai input data dengan mengetikkan posisi koordinatnya masing – masing seperti di bawah ini :

**1 X=0 Y=0**

**2 X=6 Y=0 ... dan seterusnya.**

Data di atas menjelaskan bahwa Joint 1 berada pada posisi 0 arah x dan 0 arah y, Joint 2 berada pada posisi 6 arah x dan 0 arah y.

d. *Blok Data Restraints*

Blok data ini berfungsi mendefinisikan derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) dari joint. Selain itu, Sap 90 mengerti jenis struktur 2 atau 3 dimensi dan jenis perletakkannya.

Dalam Portal Dua Dimensi ini, didefinisikan struktur dua dimensi dan jenis perletakkannya adalah jepit. Input data yang dimasukkan adalah sebagai berikut :

**RESTRAINTS**

**1,14,1**            **R=0,0,1,1,1,0** ----- struktur dua dimensi

**1,3,1**            **R=1,1,1,1,1,1** ----- joint 1 hingga 3 dengan pergeseran 1 tingkat tumpuan yang digunakan jepit.

e. *Blok Data Frame*

Blok data ini berfungsi mendefinisikan mengenali elemen balok dan kolom disertai dengan dimensi penampang, berat, mutu bahan, pembebanan dan sebagainya. Input data yang dimasukkan untuk menganalisa Portal Dua Dimensi adalah sebagai berikut:

NM=..... (jumlah penampang)      NL=..... (jumlah beban yang bekerja)

1                    E=0.705E+7    SH=R                    T=0.5,0.25

2                    E=0.705E+7    SH=R                    T=0.5,0.3 dan seterusnya

1                    WG=0,-15.03,0

2                    WG=0,-7.33,0 dan seterusnya

1,1,4              M=2              NSL=0              LP=1

10,4,5            M=1              NSL=1              LP=1 dan seterusnya

f. *Blok Data Load*

Blok Data ini berfungsi untuk mendefinisikan beban terpusat yang tepat bekerja pada joint. Pada Portal Dua Dimensi, input data yang kita masukkan adalah seperti berikut ini :

**LOADS**

**10,10,0**            **L=1**              **F=0,-10.2,0** dan seterusnya

g. *Blok Data Combo*

Blok data ini berfungsi untuk mencantumkan kombinasi pembebanan yang membebani portal dua dimensi. Dalam Analisis akan dimasukkan kombinasi pembebanan ( SK SNI T-15-1991-03 halaman 13 ) sebagai berikut :

1. ( 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup )

2. 0,75 ( 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup + 1 beban angin )

3. 0,9 ( beban mati ± beban gempa )

Dari ketiga kombinasi beban di atas akan menghasilkan hasil output yang berbeda – beda. Dengan adanya hasil yang berbeda, yang digunakan dalam pendimensionan adalah hasil yang maksimal. Data input data yang dimasukkan sebagai combo untuk analisa portal dua dimensi dengan Sap 90

Adalah sebagai berikut :

**COMBO**

**C=1.2,1.6,0,0**

**C=0.9,1.2,1,0**

**C=0.9,0,0,1** dan seterusnya.

Setelah data – data di atas dimasukkan ke dalam Program Sap 90, langkah berikutnya adalah merunning data – data di atas. Untuk mengaktifkan perintah running

pada Sap 90 adalah memasukkan kalimat perintah dibelakang Drive C:\Sap90> sebagai berikut :

C:\Sap90>Sap90 --- Enter

Akan keluar logo SAP90, Lalu akan muncul perintah untuk memasukkan nama File yang akan kita running, semisal nama file tersebut *Portal melintang*

*Portal melintang*--- Enter

Selanjutnya akan muncul pernyataan dari program untuk siap dirunning jika tidak ada perintah – perintah yang salah dalam memasukkannya. Jika ada perintah yang salah, maka Program Sap 90 akan memberikan keterangan baris, kolom dan perintah yang salah pada layar tampilan. Jika perintah yang kita masukkan sudah oke, maka kita tinggal memasukkan perintah GO dibelakang Drive C:\Sap90> sebagai berikut :

C:\Sap90>GO --- Enter

Setelah SAP90 merunning data file yang dimasukkan, langkah sekanjutnya mempersiapkan output program SAP90 dengan mengetikkan kalimat SAPLOT lalu tekan enter.

Pada Plot Control Menu SAPLOT akan menampilkan gambar yang sesuai dengan data yang dimasukkan. Dimulai dengan nomor 3 sampai dengan nomor 9.

Pada nomor 3, akan menampilkan perintah – perintah geometri yang memberikan nomor joint, nomor elemen, freebody, nomor material dan sebagainya. Data portal yang perlu ditampilkan pada sub nomor 3 ini ada pada nomor :

1. menampilkan nomor joint
2. menampilkan titik nodal pada joint
3. menampilkan tanda Restrain, dan nomor
5. menampilkan nomor elemen.

Satelah menampilkan nomor elemen, joint dan Restrain, dapat dilanjutkan untuk menampilkan Gambar bidang Momen dengan memilih nomor 6 pada layar Plot Control menu SAPLOT.

Pada nomor 6 ini terdapat sub – sub perintah yang menampilkan gambar bidang momen, gaya lintang, gaya normal puntir dan lain sebagainya. Untuk memilih tampilan Gambar Bidang Momen adalah nomor 4. setelah kita ketik nomor 4 akan muncul blok perintah yang mengharuskan memilih tampilan yang diinginkan. Kode Bidang Momen adalah M22. Kita pilih dan kita kembali ke Layar SAPLOT.

Setelah memasuki layar SAPLOT, langkah selanjutnya adalah menyimpan gambar yang telah kita pilih setelah melalui perintah yang ada pada nomor 6 pada layar SAPLOT. Pilihan yang ada adalah perintah PRINT dari SAP90 atau melewati program AutoCad. Jika memilih perintah print dari SAP90, langsung pilih nomor 2 dan pilih nomor 1, otomatis SAP90 akan mengeluarkan printout dari gambar yang kita pilih. Jika memilih melalui program AutoCad, nomor yang kita pilih setelah nomor 2 adalah nomor 3 yang membuat file baru untuk gambar yang akan kita print.

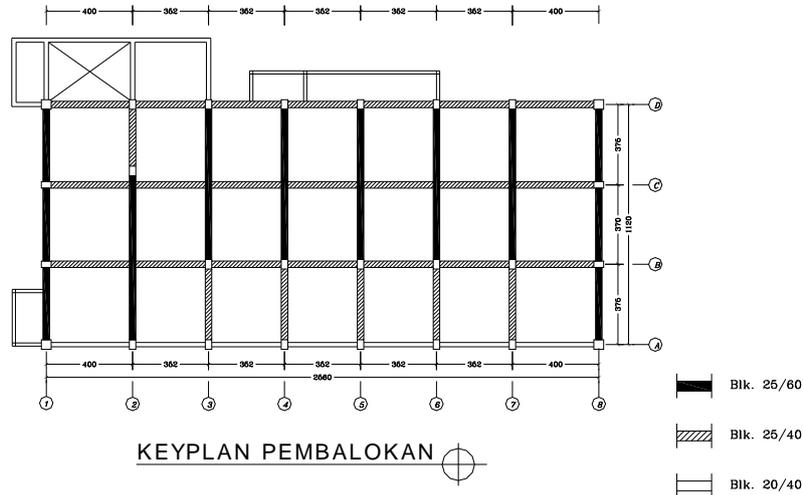
Selanjutnya file baru yang kita kirim ke program Autocad tersebut dapat kita buka dan kita edit didalam program Autocad. Keuntungan dengan kita menggunakan program Autocad adalah tampilan yang akan diprint bisa kita edit atau diperbaiki sesuai dengan keinginan kita. Untuk membuat printoutnya, adalah melalui program Autocad dalam menu – menu yang telah disediakan.

Selanjutnya menuju Gambar Gaya Lintang pada nomor 6 pada layar SAPLOT. Sama seperti gambar bidang Momen pada sub nomor 4 dengan Kode gaya lintang V22. untuk gambar bidang Normal sama pada sub nomor 4 dengan Kode gaya Normal P.

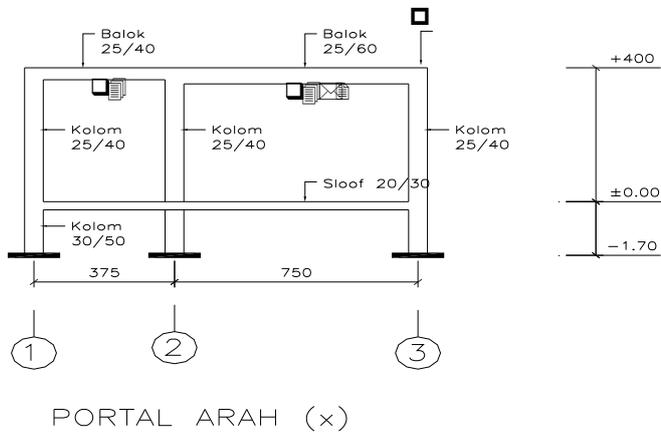
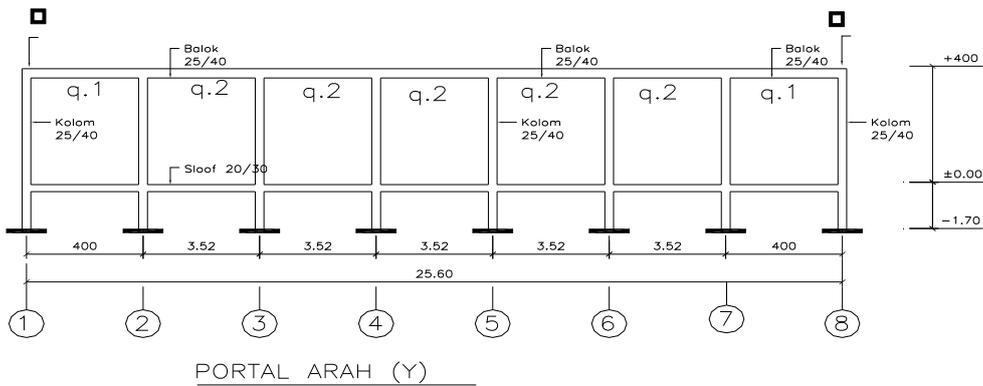
Untuk mengeluarkan printout masing – masing gambar atau tampilan langkahnya sama seperti perintah di atas. Untuk output Portal Dua Dimensi yang dianalisa, outputnya dipilih melalui program Autocad.

**Aplikasi STAAD/Pro dan Sap 90 untuk Analisis dan Disain Struktur Gedung Beton Bertulang**

a. Plan struktur



b. Profile Struktur



- c. Dimensi : semua kolom berukuran 25/45 dan balok berukuran 25/40,25/60
- d. Mutu bahan : Beton  $f_c' = 22.5$  Mpa dan Besi tulangan  $f_y = 240$  Mpa
- e. Kondisi pembebanan :
  - Selfweight  
 Karena struktur akan dianalisis sebagai open frame (portal terbuka) maka selfweight hanya terdiri dari berat sendiri balok dan kolom dan beban P.
  - Dead Load  
 Dead Load lantai 2 terdiri dari beban plat ( $t = 0.12$  m), dinding ( $250 \text{ kg/m}^2$ ) dan plafon ( $50 \text{ kg/m}^2$ ), spesi ( $21 \text{ kg/m}^2$ ) dan tegel ( $24 \text{ kg/m}^2$ )
  - Live Load  
 Live Load lantai 2 adalah  $250 \text{ kg/m}^2$   
 Koefisien reduksi Live Load sebesar 0,6.

**METODE PERHITUNGAN PENULANAGAN**

Penelitian ini dilakukan di RSUD Kepanjen Kabupaten Malang, dengan tujuan untuk mengetahui hasil perhitungan yang baik dengan menggunakan aplikasi soft ware STAAD/Pro dan Sap 90.

**Perhitungan Penulangan Portal Arah (X )**

**a. Penulangan Balok Lantai Dimensi 25/60**

Mutu Beton K 225	; $f_c'$	=	22,5 Mpa
( Berat Jenis Beton )		=	2400 kg/m <sup>3</sup>
Mutu Baja U24 ( Baja Polos )	; $f_y$	=	240 Mpa
Berat Jenis Baja		=	7800 kg/m <sup>3</sup>

$$\rho \text{ min} = 1,4 / f_y = 0,005833$$

$$\rho \text{ maks} = 0,75 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times 0,85 \times \frac{\{ 600 \}}{600 + f_y} = 0,036290$$

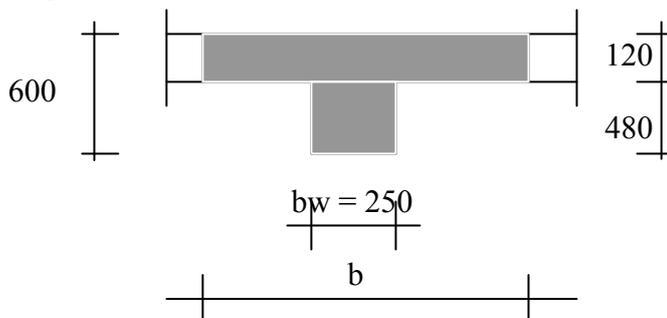
Dari perhitungan SAP 90 didapat :

Mu lapangan max.	= 149190	kg.m	= 149	kNm
Mu tumpuan max.	= 184279	kg.m	= 184.2	kNm
Vu max.	= 15814	kg	= 15,81	ton
Dimensi balok ( b )	= 250	mm		
( h )	= 600	mm		
Penutup beton	= 40	mm		

Tulangan direncanakan :

Tulangan utama ( mm ) Ø 19 mm ( Polos )

Tulangan geser ( mm ) Ø 10 mm ( Polos )



Tinggi efektif balok adalah :

$$\begin{aligned}
 D &= h - p - \frac{1}{2} \cdot \text{Ø tul. Utama} - \text{Ø tul. Geser} \\
 &= 600 - 40 - 0,5 \times 19 - 10 \\
 &= 540,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**b. Analisa Tulangan Lapangan :**

$$Rn / kperlu = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{149000000}{0.8(250)(540,5^2)} = 2,789 \text{ Mpa}$$

$$w = 0,85x \frac{(1 - \sqrt{1 - 2,353xRn})}{fc'} = 0,85x \frac{(1 - \sqrt{1 - 2,353x2,789})}{22,5} = 0,1346$$

$$\rho = wx \frac{fc'}{fy} = 0,0126 > \rho \text{ min}$$

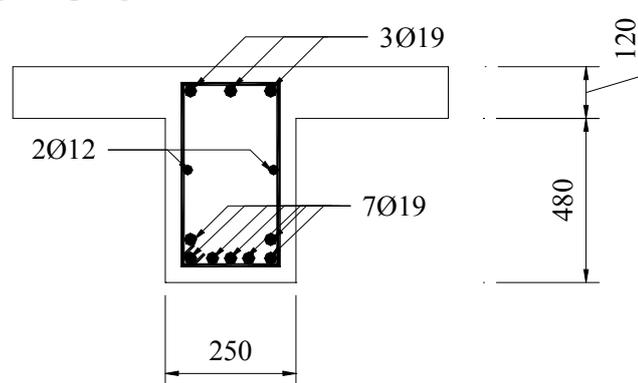
Luas tulangan yang digunakan :

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0126 \times 250 \times 540,5 = 1702,58 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{dipakai tulangan bawah : 7 d 19} = 1984,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{dipakai tulangan atas : 3 d 19} = 850,5 \text{ mm}^2$$

Sket gambar tulangan lapangan balok induk 25/60



**c. Analisa Tulangan Tumpuan :**

$$Mu = 18427 \text{ kg.m} = 184270000 \text{ Nmm}$$

$$Rn / kperlu = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{184270000}{0.8(250)(540,5^2)} = 2,6768 \text{ Mpa}$$

$$w = 0,85x \frac{(1 - \sqrt{1 - 2,353xRn})}{fc'} = 0,85x \frac{(1 - \sqrt{1 - 2,353x2,6768})}{22,5} = 0,1287$$

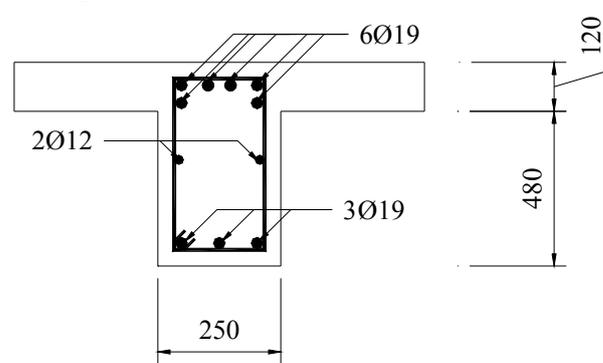
$$\rho = wx \frac{fc'}{fy} = 0,01206 > \rho \text{ min}$$

Luas tulangan yang digunakan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0,01206 \times 250 \times 540,5 = 1629,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dipakai tulangan bawah : } 3 \text{ d } 19 &= 850,50 \text{ mm}^2 \\ \text{dipakai tulangan atas : } 6 \text{ d } 19 &= 1701 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sket gambar tulangan tumpuan balok induk 25/60



## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan software maka analisis dan disain struktur dapat lebih produktif.
2. Dalam penggunaan software analisis dan disain struktur diperlukan pemahaman user terhadap pemodelan, konsep analisis dan disain, peraturan (code) yang berlaku dan spesifikasi software yang digunakan. Karena software hanyalah tool (alat bantu), software akan menghasilkan output sesuai input yang diberikan : *"Garbage In Garbage Out"*.
3. Sap 90 menyediakan menu pilihan disain struktur beton bertulang berdasarkan SNI, sehingga jika kita akan mendisain struktur beton bertulang berdasarkan SNI maka sebenarnya Sap 90 hanya digunakan sebagai tool analisis statika saja.
4. Sedangkan STAAD/Pro tidak menyediakan menu pilihan disain struktur beton bertulang berdasarkan SNI, tetapi yang disediakan adalah menu pilihan berdasarkan ACI, sehingga jika kita akan mendisain struktur beton bertulang berdasarkan SNI maka sebenarnya STAAD/Pro hanya bisa digunakan sebagai tool analisis statika saja. Tetapi jika nantinya SNI mengadopsi ACI secara total, maka STAAD/Pro dapat digunakan pula secara total.
5. Tetapi berdasarkan hasil akhirnya output Sap 90 dan STAAD/Pro adalah sama jika Inputnya adalah sama

## DAFTAR PUSTAKA

- Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, Gideon Kusuma dan Takim Andriono, 1994, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Handbook of Concrete Engineering, Mark Fintel, 1974, Von Nostrand Reinhold Company, New York
- Technical Reference of STAAD/Pro, Research Engineer, 1998, USA
- SANSPRO, User's Manual 4rd Edition, 1999, PT Anugrah Multi Cipta Karya, Jakarta