**Model Pembelajaran Mandiri Struktur Beton**

**dengan Merancang Software Baru**

**Perhitungan Struktur Beton Bertulang (PSBB) Berbasis Visual Basic 6.**

1. **PENDAHULUAN**

Keahlian dalam bidang struktur beton mensyaratkan empat mata kuliah dasar keahlian yaitu analisis struktur/mekanika rekayasa, mekanika bahan, teknologi beton, dan bahan bangunan khususnya permasalahan karakteristik baja sebagai tulangan. Sehingga untuk menguasai keahlaian bidang struktur beton peserta didik membutuhkan upaya yang lebih besar. Upaya tersebut bermuara pada peserta didik dituntut waktu belajar yang lebih panjang dan intensif atau banyak membuat/mengerjakan latihan soal dengan variasi yang banyak dan lebih komplek. Dengan demikian kemajuan penguasaan materi struktur beton sangat ditentukan oleh peserta didik dan metode pembelajarannya.

Fakta membuktikan bahwa peserta didik sering memiliki variasi kemapuan menyerap materi yang sangat jauh berbeda. Hal tersebut menyulitkan pemberi materi (dosen) untuk menyampaikan materi sub pokok bahasan berikutnya karena penguasaan materi sebelumnya belum sepenuhnya diserap oleh peserta didik. Kalau tidak dilanjutkan pada bahasan berikutnya akan menyulitkan bagi sebagian besar peserta didik sedangkan kalau diulang materi topic bahasan tidak akan sesuai target materi perkulihan untuk satu semester. Oleh karena itu model pembelajaran mandiri yaitu peserta didik melakukan pembelajaran dengan alat bantu komputer yang dilengkapi software.

Pembelajaran mandiri dilakukan dengan dua cara yaitu belajar secara online dan belajar dengan menggunakan software baru PSBB. Pada pembelajaran secara online peserta didik akan diberikan akses software baru PSBB melalui jaringan internet. Sedangkan pembelajaran dengan alat bantu komputer, peserta didik yang tidak memiliki akses internet akan diberi software baru PSBB untuk diinstal dalam komputer yang akan dipakai untuk belajar mandiri.

Peralatan utama pada belajar mandiri adalah komputer yang telah diinstal software PSBB atau memiliki jaringan internet. Sehingga kegitan prioritas utama dalam penelitian ini adalah pada tahun pertama tim peneliti akan merancang program komputer (software) untuk pembelajaran struktur beton berdasarkan SNI 03 2847 2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Gedung, yang kemudian akan disebut sebagai PSBB versi edukasi yaitu versi untuk kependidikan. PSBB versi edukasi ini merupakan pengembangan dari PSBB versi profesional yang sebagian besar telah diselesaikan dirancang oleh tim peneliti.

Langkah berikutnya pada tahun kedua tim peneliti akan membuat modul pembelajaran mandiri dan uji sampling penggunaan software baru PSBB versi edukasi untuk pembelajaran. Sampling akan diambil untuk mahasiswa dengan secara online maupun secara langsung.

Tahap terakhir pada tahun ketiga adalah penyempurnaan software untuk dikembangkan dengan versi berbahasa asing (inggris). Software berbahasa inggris akan didasarkan pada American Concrete Institute sebagai peraturan berton bertulang yang banyak diacu oleh negara lain termasuk Indonesia. Pada tahun ketiga ini untuk memudahkan publikasi dan paten tingkat internasional tim peneliti akan menggandeng bekerjasama dengan University of Tenneesse at Chattanooga Departement Electrical Engineering, Indiana University at Pensylvania, Departement of Bussinness and Information System, dan Lembaga Nirlaba Komputer Teknologi.

Diharapkan dengan terselesaikan sampai tahun ketiga penelitian ini yang bertujuan 1) memudahkan dan mempercepat mahasiswa memahami dan mempraktekan struktur beton, 2) Meningkatkan kompetensi di bidang struktur beton bagi pengguna modul pembelajaran ini.

Sedangkan manfaat penelitian ini adalah bisa mempersiapkan sistem perkuliahan jarak jauh melalui rumah maya. Selain itu modul dan software ini bisa dimanfaatkan untuk pembelajaran informal bagi yang berminat untuk berprofesi sebagai perencana bidang struktur beton bertulang.

-----

Dalam rekayasa konstruksi bangunan struktur beton bertulang paling banyak dipakai di Indonesia. Perhitungan struktur beton bertulang untuk gedung bertingkat banyak memiliki langkah dan kerumitan yang panjang. Perhitungan manual membutuhkan waktu yang lama dan memiliki resiko kekeliruan hitungan yang dapat mengurangi ketelitian hitungan bahkan salah. Oleh Karena itu pemrograman komputer dapat menjadi solusi untuk mengatasi hal tersebut, namun demikian di Indonesia masih sedikit program komputer atau software untuk Perhitungan Struktur Beton Bertulang (PSBB) yang berdasarkan pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Gedung yaitu SNI03-2847-2002. Salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk mengkreasi software PSBB adalah *visual basic* 6.0

Pembuatan software PSBB versi 1 (PSBB v.1) dibatasi pada perancangan dan analisis kolom, balok, dan fondasi telapak (*foot plate*). Perhitungan program tersebut berdasarkan pada SNI 03-2874-2002.

Tujuan pembuatan software ini antara lain, membantu pengguna mempermudah dan mempercepat proses analisis atau perancangan struktur beton bertulang, mengetahui tingkat ketelitian perhitungan, memperkaya software untuk perhitungan struktur beton bertulang yang telah ada dipasaran. Dengan tujuan tersebut diharapkan software dapat memberikan alternatif program bantu baru yang lebih mudah penggunaannya serta memiliki cangkupan yang lengkap, dapat membantu penyusun dalam perancangan serta analisis struktur beton bertulang di lapangan, dapat digunakan sebagai tolok ukur daya serap mahasiswa dalam memahami perhitungan struktur beton bertulang, dapat digunakan oleh masyarakat/pengguna untuk membantu perhitungan struktur beton bertulang dengan mudah dan cepat, mengenalkan program bantu baru yang dapat menjadi alteratif pilihan untuk hitungan struktur beton bertulang.

1. **KAJIAN TEORI**

Balok adalah elemen struktur yang menopang gaya lentur. Balok beton bertulang biasanya berkarakter sebagai balok bertulangan tunggal dan rangkap. Blok regangan dan tegangan beton pada teori lentur yang pada balok hamper sama dengan pada kolom yang tidak ada beban aksial. Pada kolom dengan beban aksial yang lebih besar dari 0,10 fc’Ag memiliki karakter yang berbeda dengan balok karena beban aksial harus diperhitungkan.

Kolom adalah batang vertikal dari elemen struktur yang memikul beban dari balok (E.G Nawy.,1998). Kolom berfungsi meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi dibawahnya hingga sampai tanah melalui fondasi. Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, kolom dibedakan menjadi : kolom segi empat dengan tulangan memanjang dan sengkang, kolom bulat dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berbentuk spiral, kolom komposit yang terdiri dari beton dan baja profil didalamnya.

Berdasarkan posisi beban, kolom dibedakan menjadi 2 yaitu kolom dengan beban sentris dan kolom dengan beban eksentris.

**Kolom Pendek dengan Beban Sentris**

Kapasitas beban sentris maksimum yaitu :

Batas eksentrisitas minimal untuk kolom sengkang dalam arah tegak lurus sumbu lentur adalah 10% dari tebal kolom dan 5% untuk kolom bulat (E.G Nawy., 1998)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perencanaan beton untuk bangunan gedung, kuat tekan rencana kolom tidak boleh lebih dari : Kolom sengkang (pasal 12.3.(5(1)), , Kolom bulat (pasal 12.3.(5(1),

**Kolom dengan Beban Eksentris**

Kondisi awal keruntuhan kolom eksentris digolongkan menjadi dua yaitu : a. Keruntuhan tarik yang diawali dengan luluhnya tulangan tarik dimana , b. Keruntuhan tekan yang diawali dengan kehancuran beton dimana

 Kondisi *balance* terjadi saat baja tulangan mengalami luluh bersamaan dengan regangan beton. Perancangan kolom eksentris diselesaikan dengan dua cara antara lain :

1. **Metode Pendekatan Diagram**

Diagram yaitu suatu grafik daerah batas yang menunjukkan ragam kombinasi beban aksial dan momen yang dapat ditahan oleh kolom secara aman. Analisis kolom dengan diagram diperhitungkan pada tiga kondisi yaitu :

1. Pada Kondisi Eksentrisitas Kecil

Kuat tekan rencana memiliki nilai sebesar kuat rencana maksimum.

Sehingga kuat tekan kolom maksimum yaitu

1. Pada Kondisi Momen Murni

Momen murni tercapai apabila tulangan tarik belum luluh sedangkan tulangan tekan telah luluh. Dimana (. Keseimbangan pada kondisi momen murni yaitu :

 .......(1)

Dimana :

 ......(2)

Dengan mensubstitusikan persamaan (1) dan (2) akan dihasilkan persamaan pangkat dua dengan peubah tinggi sumbu netral *c*. Momen rencana dapat dihitung sebagai:

1. Pada Kondisi *Balance*

Persamaan yang diperoleh dari segitiga yang sebangun dengan persamaan sumbu netral pada kondisi *balance* () yaitu :

Persamaan kesetimbangan pada kondisi *balance* :

Sehingga eksentrisitas *balance* dapat ditulis sebagai :

1. **Metode Pendekatan Whitney**

Persamaan-persamaan yang disarankan Whitney digunakan sebagai solusi alternatif dengan cara coba-coba walaupun tidak selalu konservatif khususnya apabila beban rencana terlalu dekat dengan beban *balance*.

1. Kolom Segi Empat

Persamaan-persamaan Whitney pada kondisi keruntuhan tekan yang disarankan berdasarkan asumsi-asumsi : 1) Tulangan dipasang simetris pada satu lapis sejajar terhadap sumbu lentur penampang segi empat, 2) Tulangan tekan telah leleh, 3) Luas beton yang ditempati tulangan diabaikan, 4) Tinggi blok tegangan ekivalen dianggap sebesar 0,54d setara dengan harga a rata-rata pada kondisi *balance* pada penampang segi empat, 5) Keruntuhan tekan menentukan. Dalam banyak hal, metode Whitney konservatif apabila eksentrisitas sangat kecil.

Persamaan Whitney untuk hancur tekan menentukan :

Persamaan Whitney untuk hancur tarik menentukan :

1. Kolom Bulat

Persamaan-persamaan Whitney pada kondisi keruntuhan tekan yang disarankan berdasarkan asumsi-asumsi : 1) Tranformasi kolom bulat menjadi kolom segi empat ekivalen, 2) Tebal penampang segi empat ekivalen diambil sebesar 0,8h dimana h adalah diameter kolom bulat, 3) Lebar kolom segi empat ekivalen diambil sebesar , 4) Luas total tulangan segi empat ekivalen pada dua lapis yang sejajar berjarak dalam arah lentur dimana diameter tulangan terluar dari as ke as. Persamaan Whitney untuk keruntuhan tekan :

Persamaan Whitney untuk keruntuhan tarik :

Dimana : h = diameter penampang, = diameter tulangan terluar dari as ke as, e = eksentrisitas terhadap pusat plastis, ,

**Kolom Langsing**

Kolom langsing adalah kolom yang hancur karena tekuk sebelum mencapai batas limit kegagalan material. Besarnya k dapat dihitung dengan persamaan-persamaan dari peraturan ACI (E.G Nawy., 1998) antara lain:

1. Batas atas faktor panjang efektif untuk batang tekan berpengaku diambil dari nilai terkecil antara persamaan berikut:

 dimana adalah panjang tak tertumpu kolom dan adalah bentang bersih balok.

1. Batas atas faktor panjang efektif untuk batang tekan tanpa pengaku yang tertahan pada kedua ujungnya diambil sebesar :

Untuk

Untuk

Dimana adalah harga rata-rata dari kedua ujung batang tertekan tersebut.

1. Batas atas faktor panjang efektif untuk batang tekan tanpa pengaku yang kedua ujungnya sendi diambil sebesar :
2. Kelangsingan
3. Portal bergoyang
4. Portal tidak bergoyang

Dengan:

1. Metode pembesaran momen
2. Portal tidak bergoyang

Pembesaran momen dengan :

Dengan nilai bernilai positif bila kolom melentur dengan kelengkungan tunggal dan bernilai negatif bila mengalami kelengkungan ganda. Untuk komponen struktur dengan beban tranversal diantara tumpuannya, harus diambil sebesar 1.

1. Portal bergoyang

Komponen struktur tekan harus direncanakan menggunakan beban aksial terfaktor dan momen terfaktor yang diperbesar.

Dengan:

Dimana adalah beban vertikal terfaktor pada suatu tingkat dan adalah kapasitas tekan total kolom-kolom pada suatu tingkat.

Perencanaan kolom harus mempertimbangkan gaya geser yang bekerja antara lain:

1. Komponen struktur yang menerima beban aksial tekan :
2. Kuat geser boleh dihitung dengan perhitungan yang lebih rinci yaitu:

Dengan nilai menggantikan nilai dan Nilai boleh diambil lebih daripada 1,0 dengan :

Tetapi dalam hal ini tidak boleh diambil lebih besar dari pada :

***Visual Basic***

*Visual Basic* adalah program komputer untuk membuat aplikasi berbasis *microsoft windows* secara cepat dan mudah.

**Kemampuan *Visual Basic***

Kemampuan *Visual Basic 6.0* antara lain : mampu untuk digunakan membuat aplikasi *data base*, teknologi *Active X* berfungsi untuk membuat aplikasi seperti *microsoft word prosessor, microsoft excel spread sheet,* dan aplikasi *windows* lainnya, mampu digunakan untuk membuat aplikasi berbasis internet yang mampu mengintregasi dokumen, mampu digunakan untuk membuat kompilasi aplikasi menjadi *file .exe, Visual basic* berorientasi pada obyek-obyek yang dipisah-pisah (bersifat *modular*) sehingga letak kode program dapat tersebar dalam modul yang terpisah.

Pemrograman *object oriented programing* (OOP) bersifat abstrak yang artinya pengguna tidak perlu mengetahui kerumitan sebuah obyek.

**5. Metode Pelaksanaan atau Pendekatan Teoritik**.

Peta Jalan Penelitian.

 Berdasarkan data di Jurusan PTSP FT UNY, pembelajaran bidang studi struktur beton bertulang (1 dan 2), nilai rerata IP kelas setiap semester hampir selalu di bawah 2,5.

 Membuat software pembelajaran struktur beton oeh tim penyusun dengan mengembangkan software PSBB versi Profesional (versi 01).(tahun 1)

 Membuat modul pembelajaran dan sampling kepada sedikitnya 20 peserta didik untuk belajar struktur beton secara online atau secara langsung dengan

 **6. Organisasi Pengusul**

Ketua : Dr. Ahmad Jaedun

Anggota/Wakil Ketua: Ir. Joko Sumiyanto, MT (tahun 1,2,3)

Anngota Tahun 1: Drs. Sudiyono, MSc (tahun 1)

 Tri Pambudi (Mahasiswa Jurusan Tekni Sipil UNY)

Anggota Tahun 2: Nurhidayat Sisworaharjo, PhD (Professor di Univerity of Tennessee at Chattanoga)

 Galih Nur (Mahaiswa Jurusan Teknik Sipil UNY)

Anggota Tahun 3: Dr. Ahmad Syamil, PhD (Profesor di Arkansas State University)

1. **PEMROGRAMAN**

**Membuat program dan sub program**

Pembuatan tampilan utama (menubar), langkah-langkah pembuatan tampilan utama program pada *Visual Basic* 6.0 antara lain :

1. Buka aplikasi *Visual Basic* 6.0
2. Membuat MDI *form* untuk membuat tampilan utama program.
3. Membuat *menu* dan *sub menu* dengan bantuan *menu editor*.
4. mengisikan kode pemrograman pada tampilan utama.
	* 1. **Pembuatan sub program**

Langkah pembuatan sub program antara lain :

1. Men*design*  tampilan sub program
2. Menanamkan kontrol-kontrol yang diperlukan antara lain: *label*, *textbox*, *frame*, *option button* dan *command button*
	1. **Mengisikan kode pemrograman**

Kode pemrograman disusun berdasarkan *flowchart*.

* 1. **Membuat *database***

*Database* merupakan kumpulan data yang disusun dalam urutan tertentu. Langkah pembuatan database antara lain :

1. Membuat *database* pada *Microsoft Acces*
2. Menentukan lokasi penyimpanan database
3. Membuat tabel
	1. **Membuat Modul**

Langkah membuat modul antara lain :

1. Menambahkan objek modul ke dalam program,
2. Mengaktifkan ADO (Active X Data Object)
3. Mengisikan kode pemrogram
	1. **Membuat desain laporan perhitungan**

Langkah-langkah dalam membuat desain laporan antara lain :

1. Menambah *Data Environment* dan *Data Report*
2. Memilih database yang akan digunakan sebagai sumber
3. Memilih tabel-tabel yang akan diperlukan
4. Memilih objek-objek yang akan ditampilkan dalam isi laporan.
	1. **Membuat *file setup***

Langkah-langkah dalam membuat file setup antara lain :

1. Membuka aplikasi *package and development wizard*
2. Memilih *file* program yang akan dibuat *file setup*
3. Menentukan *folder* penyimpanan *file setup*
4. Mengisi judul instalasi
5. Menentukan nama *shorcut*
6. **PEMBAHASAN**
	1. **Validasi program**

Hasil hitungan program dibandingkan dengan hasil hitungan manual. Sebagai contoh analisis kolom dengan diagram Pn-Mn

Contoh soal :

Analisis kolom persegi dengan lu = 5m, Pu = 410 kN Md = 120 kNm, Mu = 168,1kNm, Vu = 169 kN , f’c 35MPa, fy 400 MPa, fys = 400 MPa, wc = 1600 kg/m3, , A = 1,71 dan B = 1,82 dengan b = 350 mm dan h = 500 mm , As = A’s = 3 D 29, diameter sengkang menggunakan D10 – 250mm, selimut beton = 40 mm

Jawab :

* Hitung kelangsingan
* Hitung k

r = 0,25.D = 0,25. 700 = 175 mm

* Pertimbangan kelangsingan :

 tergolong kolom langsing

, analisis orde pertama

* Menentukan faktor pembesaran momen :

maka

* Cek kolom pada eksentrisitas kecil
* Cek kolom terhadap momen murni

Sehingga masing-masing gaya :

Selisih kecil sebesar 4,145 . 10-11 dapat diabaikan

* Pada keadaan seimbang

Nilai eb ΣM terhadap NT = 0

Dalam keadaan seimbang :

Kolom mengalami gagal tarik dan kolom aman dalam menahan kombinasi beban dan momen yang bekerja

* Cek jarak sengkang
* Hitung Vc

Karena Mu 0 maka,

* Kebutuhan tulangan geser
* Hitung spasi sengkang

spasi tulangan sengkang yang terpasang D10-250 tidak aman

apabila contoh soal diatas dihitung dengan program,



Gambar 4.1 Subprogram analisis kolom segiempat

Tabel 4.1 Validasi subprogram analisis kolom segiempat

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis** | **Manual\*** | **Program** | **Selisih** |
| Pn max  | 5.338,281 kN | 5.338,281 kN | 0,0 |
| Pb | 1.401,774 kN | 1.401,774 kN | 0,0 |
| Mb | 390,754 kN | 390,754 kN | 0,0 |
| Mr | 205,114 kNm | 205,114 kNm | 0,0 |
| Pu | 410,00 kN | 410,00 kN | 0,0 |
| Mu | 218,305 kNm | 218,305 kNm | 0,0 |
| Sengkang | D10 – 217,75 | D10 – 217,75 | 0,0 |

* 1. **Pembahasan**

Program struktur beton bertulang (PSBB v.1) memiliki 5 *menu bar* yang terdapat dalam *form* utama yaitu :

1. *Menu bar* kolom

*Menu bar* kolom terdiri dari analisis dan perancangan kolom sentris , analisis dan perancangan kolom eksentris. Program struktur beton bertulang versi 1 (PSBB v.1) dibatasi pada perhitungan kolom portal bergoyang, analisis kolom eksentris dengan diagram Pn-Mn hanya untuk kolom bujur sangkar atau persegi panjang.

1. *Menu bar* balok

*Menu bar* balok terdiri dari analisis dan perancangan untuk balok tulangan tunggal dan balok tulangan rangkap. Program struktur beton bertulang (PSBB v.1) dibatasi pada perhitungan balok tulangan tunggal dan balok tulangan rangkap.

1. *Menu bar* fondasi

*Menu bar* fondasi terdiri dari perancangan fondasi *footplate* bujur sangkar dan fondasi *footplate* persegi panjang. Dasar perancangan fondasi *footplate* bujur sangkar dan persegi panjang mengabaikan momen guling yang bekerja.

1. *Menu bar* laporan

*Menu bar* laporan terdiri dari laporan hasil perhitungan program. Laporan ditampilkan dalam tabel dan dapat di print secara langsung melalui program.

1. *Menu bar* bantuan

*Menu bar* bantuan terdiri dari daftar dimensi tulangan, mutu baja tulangan, daftar tegangan ijin tanah maksimum, dan panduan pokok

Hasil perhitungan seluruh subprogram dibandingkan dengan hitungan manual pada lampiran memiliki selisih sebesar 0,0 % dengan ketelitian 2 angka dibelakang koma, sehingga hasil perhitungan PSBB v.1 dapat dinyatakan akurat. Kelebihan menggunakan PSBB v.1 antara lain :

1. PSBB v.1 dilengkapi dengan *menubar*, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengoperasikan program,
2. Hasil perhitungan dapat disimpan dan diprint melalui program,
3. PSBB v.1 telah dibuat *setup* untuk instalasi aplikasi.
4. **PENUTUP**
	1. **Simpulan**

Simpulan antara lain:

1. Selisih perhitungan program dengan perhitungan manual sebesar 0,0%, sehingga program memiliki ketelitian yang akurat dan dapat digunakan untuk perhitungan struktur beton.
	1. **Keterbatasan Program**

Keterbatasan program antara lain :

1. PSBB v.1 hanya untuk perencanaan atau analisis struktur beton bertulang pada : balok, kolom, dan fondasi telapak setempat,
2. Cara penghapusan *database* masih manual yaitu dengan cara menghapus melalui database pada :**/C/*Program Files*/*Project*1/beton.mdb.**
	1. **Saran**

Program perhitungan struktur beton versi 1 (PSBB v.1) diharapkan dapat lebih disempurnakan di masa yang akan datang, tidak terbatas pada perhitungan tetapi juga dapat menampilkan model penyusunan tulangan supaya menjadi program yang akurat dan mudah digunakan.