

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab II ini akan dibahas mengenai dasar-dasar analisis dan disain pada *flate plate* beton prategang secara umum. Bab ini akan dibagi menjadi 9 subbab yaitu konsep dasar beton prategang, cara penegangan, tahap pembebanan, kehilangan gaya prategang, pengertian *flate plate* beton prategang, karakteristik *flate plate* beton prategang, pengangkutan ujung, penggunaan bahasa program *visual basic*.

#### **2.1 Konsep Dasar Beton Prategang**

Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban luar.,prategang pada umumnya dengan menarik baja tulangnya.(Lin, 1993). Beton prategang memerlukan material beton dengan kekuatan tekan tinggi pada usia cukup muda, dan baja (tendon) dengan kekuatan tarik tinggi. Ada tiga konsep yang berbeda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Ketiga konsep ini adalah sebagai berikut (Lin, 1993).

### **2.1.1 Sistem Prategang untuk Mengubah beton menjadi Bahan yang Elastis**

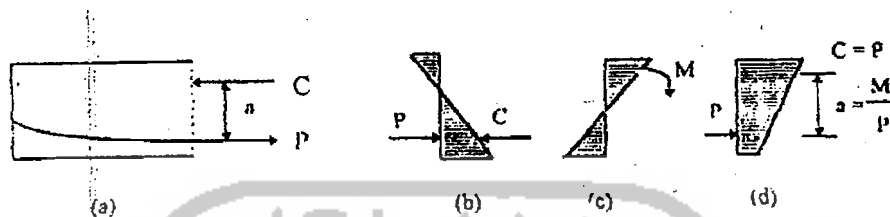
Konsep ini dikemukakan oleh Eugene Freyssinet, yang memvisualisasikan beton prategang adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan gaya desak terlebih dahulu (pratekan) pada beton. Dari konsep ini lahirlah kriteria tidak ada tegangan tarik pada beton. Umumnya telah diketahui jika tidak ada tegangan tarik pada beton berarti tidak akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan berubah menjadi bahan yang elastis. Atas dasar pandangan ini, beton dianggap sebagai benda yang mengalami dua sistem pembebanan yaitu gaya internal dan gaya eksternal, dengan tegangan tarik akibat gaya eksternal dilawan oleh tegangan tekan akibat gaya prategang.

Retak pada beton akibat beban eksternal dapat dicegah dan juga dipelambat dengan pratekan yang dihasilkan tendon. Sejauh tidak terjadi retak – retak, tegangan – tegangan, regangan – regangan, dan lendutan – lendutan pada beton akibat kedua sistem pembebanan dapat dipandang secara terpisah dan bersama – sama bila perlu.

### **2.1.2. Sistem Prategang untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton**

Konsep ini menganggap beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi, seperti pada beton bertulang tulangan baja digunakan untuk menahan tarik dan beton menahan tekan. Dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen

eksternal. Sebagai contoh, suatu penampang balok dengan tegangan tekan  $C$  dan tegangan tarik  $P$  membentuk kopel dengan lengan loppel  $a$  seperti pada Gambar 2.1.a.



Gambar 2.1 Kopel Penahan Internal Beton Prategang (Lin, 1993)

Ditinjau balok pada gambar dua perletakan bebas.

1. Bila balok diasumsikan tanpa berat, maka gaya tekan  $C$  pada penampang besarnya sama dengan gaya prategang  $P$  (Gambar 2.1b).
2. Bila ada momen lentur bekerja pada penampang, maka diagram tegangan akan seperti gambar 2.1c.
3. Gambar 2.1c merupakan resultan gaya yang bekerja. Jumlah gaya – gaya pada penampang tersebut sama,  $C = P$ .

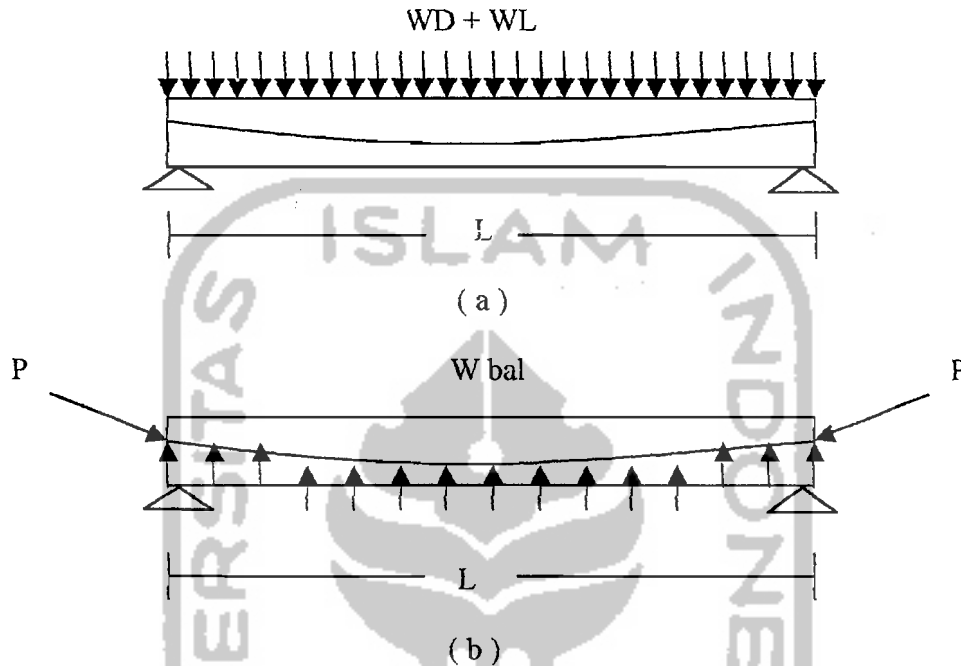
Tegangan yang terjadi pada penampang beton prategang dirumuskan :

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{Pe y}{I} \dots \dots \dots (2.1)$$

### 2.1.3 Sistem Prategang untuk Mencapai Perimbangan Beban (*load balancing*)

Konsep *load balancing* pada prinsipnya adalah gaya – gaya luar (beban mati dan sebagian beban hidup) pada struktur akan diimbangi oleh gaya – gaya dalam yang disebabkan oleh gaya prategangan. Penerapan dari konsep ini beton dianggap sebagai benda bebas dan mengefektifkan gaya prategang untuk

mengantisipasi beban luar yang bekerja pada beton sepanjang bentangan. Sebagai contoh pada Gambar 2.2a, sebuah balok prategang diatas dua tumpuan (*simple beam*) dengan tendon berbentuk parabola serta menerima beban terbagi rata.



Gambar 2.2 Balok Prategang dengan Tumpuan Sederhana

Gaya prategang dengan eksentrisitas  $e$  menimbulkan reaksi keatas (*balanced load*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2b, dengan beban  $W_{bal}$  dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$W_{bal} = \frac{8Pe}{L^2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Apabila beban melebihi dari beban imbang (*balanced load*), maka kelebihan dari beban tersebut akan menjadi beban yang tidak diimbangi (*unbalanced load*) yang akan mengakibatkan momen beban tidak diimbangi (*unbalanced moment*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} \dots \dots \dots (2.3)$$

Konsep beban berimbang ini seringkali menghasilkan analisa yang lebih sederhana. Pada kondisi imbang, momen lentur akibat beban luar yang diimbangi sama dengan nol, sehingga beton hanya dibebani oleh gaya prategang. Pada kondisi ini tegangan pada beton yang timbul merata sebesar :

$$f = \frac{P}{A_c} \dots\dots\dots(2.4)$$

Momen beban tidak terimbangi (*unbalanced moment*) akan menimbulkan tegangan tambahan pada penampang beton, yang akan didukung oleh tegangan dalam beton, sehingga persamaan tegangan – tegangan yang terjadi adalah sebagai berikut

$$f = \frac{P}{A_c} \pm \frac{M_{unb}}{S} \dots\dots\dots(2.5)$$

Konsep *load balancing* ini cocok untuk diterapkan pada struktur statis tak tentu seperti pada konstruksi *flat plate* bentang menerus. Hal ini disebabkan prinsip – prinsip perimbangan beban pada *flat plate* dilakukan dengan dua arah penegangan, sehingga pada masing – masing arah memiliki distribusi tegangan yang merata dan tidak melendut akibat pembebanan.

## 2.2. Cara Penegangan

Metode yang paling luas dipakai unruk memberikan gaya prategang pada elemen beton struktural adalah dengan menarik tendon dengan alat mekanik. Terdapat dua prinsip yang berbeda dalam proses penegangan yaitu dengan cara pratarik dan pascatarik (Hadipratomo,1994).

### 2.2.1. Pratarik (*Pre-tensioning*)

Pada prinsip ini tendon ditegangkan dengan alat bantu sebelum beton dicor dan gaya pertegang dipertahankan sampai beton mencapai kekuatan yang diperlukan, kemudian tegangan pada jangkar dilepas perlahan-lahan dan tendon dijangkarkan pada ujung-ujung struktur. Untuk sistem pratarik, cara yang sederhana yaitu dengan menarik tendon dengan dinding penahan (*bulkhead*) kemudian diangkurkan pada ujung dinding penahan dan selanjutnya beton dicor serta didapatkan sesuai bentuk yang diinginkan. Setelah beton mencapai kekuatan yang disyaratkan, maka tendon dipotong atau dilepas dari dinding penahan dan gaya prategang dialihkan ke beton.

### 2.2.2. Pasca tarik (*Post-tensioning*)

Pada prinsip ini beton dicor dulu dan dibiarkan mengeras, kemudian tendon ditegangkan dalam selubung sesuai posisi yang telah ditentukan, kemudian dicor. Bila kekuatan beton yang diperlukan telah tercapai, maka tendon ditegangkan diujung-ujungnya dan dijangkar. Gaya prategang ditransfer ke beton melalui jangkar pada saat tendon ditegangkan. Untuk sistem pasca tarik, ada dua macam selubung (*conduit*) yang digunakan yaitu sistem prategang dengan rekatan (*bonded*) dan tanpa rekatan (*unbonded*).

#### 1. Tendon terikat (*bonded tendon*)

Jika tendon direncanakan dengan rekatan, maka setelah kabel dijangkar, pada selubung dimasukkan adukan beton disertai tekanan ke dalam ruang antara kabel dan beton (*grouting*). Pada umumnya selubung terbuat dari pipa logam besi yang digalvanis.

## 2. Tendon tidak terekat (*unbonded tendon*)

Jika tendon direncanakan tanpa rekatan, biasanya selubung dipakai plastik atau kertas tebal dan tendon diberi minyak untuk mempermudah penarikan dan pencegah karat.

### 2.3. Tahap-tahap Pembebanan pada Beton Prategang

Salah satu pertimbangan istimewa pada beton prategang adalah banyaknya tahapan pembebanan yang harus diperhatikan. Adapun tahap pembebanan meliputi tahap awal, tahap antara dan tahap akhir (Lin, 1993). Dalam analisa ini hanya dibahas pada tahap awal yaitu saat pemberian gaya prategang dan tahap akhir pada kondisi beban batas dan pada pembenahan tetap.

#### 1. Saat pemberian gaya prategang

Tahap awal pembebanan, saat struktur diberi gaya prategang dan belum menerima beban eksternal, kekuatan tendon harus disesuaikan dengan tegangan ijin untuk menghindari putusnya sebagian atau seluruh tendon. Untuk beton belum cukup umur, kehancuran beton pada pengangkutan saat penarikan tendon dapat terjadi jika mutunya rendah atau jika beton keropos, untuk itu perlu adanya kontrol tegangan beton pada tahap ini. Untuk lebih jelas tentang pemberian gaya prategang dapat dilihat pada lampiran L.IV.

#### 2. Saat beban batas (*ultimate load*)

Kekuatan batas dari struktur didefinisikan sebagai beban maksimum yang dapat dipikul sebelum hancur. Struktur yang didisain berdasarkan

tegangan kerja mungkin tidak mempunyai ketahanan yang cukup terhadap kelebihan beban. Karena disyaratkan bahwa sebuah struktur memiliki kapasitas minimum memikul beban yang lebih besar, maka perlu ditentukan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

### 3. Saat beban bekerja tetap (*sustained load*)

Saat beban bekerja tetap yang sesungguhnya (sering terdiri hanya dari beban mati) akan terjadi lendutan ke atas atau ke bawah yang merupakan faktor penentu dalam disain, sehingga seringkali harus membatasi besar lendutan akibat beban tetap.

## 2.4. Kehilangan Gaya Prategang

Gaya prategang yang diberikan pada beton mengalami pengurangan secara berangsur-angsur sejak tahap transfer akibat berbagai sebab, secara umum hal ini dinyatakan sebagai kehilangan prategang. Berbagai kehilangan gaya prategang yang dijumpai dalam sistem pratarik dan pasca tarik dapat dilihat dalam Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Macam – macam Kehilangan Prategang pada Struktur (Lin, 1993)

Pratarik	Pasca Tarik
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformasi elastis beton</li> <li>• Relaksasi tegangan pada baja</li> <li>• Penyusutan beton</li> <li>• Rangkak beton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak ada kehilangan prategang akibat deformasi elastis kalau semua kawat ditarik secara bersamaan. Kalau kawat – kawat ditarik secara berurutan akan terdapat kehilangan prategang akibat deformasi elastis beton.</li> <li>• Relaksasi tegangan pada baja</li> <li>• Penyusutan beton</li> <li>• Rangkak beton</li> <li>• Gesekan</li> <li>• Tergelincirnya ankur</li> </ul>



Sulit untuk mengambil nilai rata – rata kehilangan gaya prategang, karena hal ini tergantung dari banyak faktor, sifat – sifat beton dan baja, pemeliharaan dan keadaan kelembaban, besar dan waktu penggunaan prategang. Di dalam desain beton prategang sudah menjadi kebiasaan untuk mengasumsikan kehilangan prategang total, prosentase kehilangan prategang dalam keadaan normal dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Perkiraan Kehilangan Prategang (Lin,1993)

Macam kehilangan prategang	Pratarik(%)	Pasca tarik (%)
• Perpendekan elastik dan lenturan	4	1
• Rangkak beton	6	5
• Susut beton	7	6
• Relaksasi baja	8	8
Kehilangan total	25	20

Dalam Tabel 2.2 dianggap bahwa telah dilakukan pemberian tegangan yang lebih besar untuk mengurangi rangkak pada baja dan mengatasi kehilangan gaya prategang akibat gesekan dan pengangkutan.

## 2.5 Pengertian Flat Plate Prategang

*Flat plate* beton prategang adalah pelat beton prategang yang diperkuat oleh baja prategang dalam dua arah sedemikian hingga meneruskan bebannya secara langsung ke kolom – kolom yang mendukungnya tanpa adanya balok atau pertebalan pelat di sekeliling kolom (*drop panel*), umumnya dipakai apabila panjang bentangan tidak terlalu besar dan beban yang bekerja bukan merupakan beban yang berat (Ferguson, 1986).

## 2.6 Karakteristik *Flat Plate* Beton Prategang

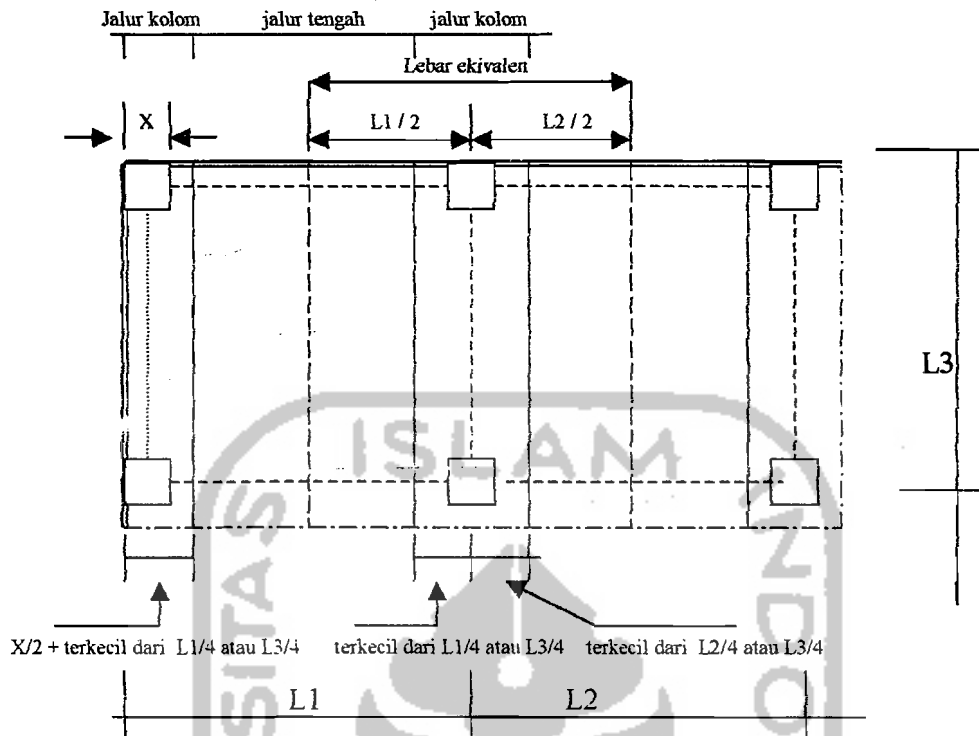
Pada subbab karakteristik *flat plate* beton prategang disini akan membicarakan dua hal yaitu perilaku dan jalur pembebanan.

### 2.6.1 Perilaku

*Flat plate* beton prategang mempunyai karakteristik pelat dua arah, apabila pelat dibebani, maka pelat akan melengkung menyerupai permukaan piring, hal ini berarti pada sembarang titik pada pelat tersebut akan melengkung pada dua arah utamanya. Besar momen lentur yang terjadi sebanding dengan kelengkungannya, berartipada kedua arah tersebut juga terdapat momen lentur. Untuk memikul momen-momen ini, pelat tersebut harus diberikan tendon pada kedua arahnya saling tegak lurus terhadap ujung-ujung pelat (Winter dan Nilson, 1993).

### 2.6.2. Jalur pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada *flat plate* langsung ditransfer dari pelat ke kolom. Dengan menganggap jalur kolom (*column strip*) yang memberikan aksi sebagai balok-balok dan jalur tengah dengan jarak diantara kolom pada masing-masing arah dengan beban merata per-satuan luas, sebagai mana terlihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konsep Flat Plate Dijadikan Balok Ekuivalen

### 2.6.3. Distribusi Tendon

Penempatan tendon dimaksudkan untuk memberikan tegangan internal pada pelat guna mengantisipasi tegangan eksternal yang terjadi akibat beban yang bekerja. Momen total pada tumpuan jauh lebih besar pada jalur kolom dibandingkan pada jalur tengah, komisi *ACI* menyarankan distribusi tendon pada panel dengan perbandingan panjang dan lebar yang tidak melebihi 1,33 adalah :

1. pada bentang sederhana yaitu dengan menempatkan 55% sampai 60% tendon pada jalur kolom dan sisanya pada jalur tengah, dan
2. untuk bentang menerus ditempatkan 65% sampai 75% tendon pada jalur kolom dan sisanya pada jalur tengah. (Lin, 1993)

SK SNI T15 1991 3.11.12 mensyaratkan jarak tendon atau kelompok tendon harus tidak lebih dari 8 kali tebal pelat ataupun 1,5 m. Spasi dari tendon

tersebut harus mampu menghasilkan regangan rata-rata minimum (setelah memperhitungkan kehilangan prategang) sebesar 0,9 Mpa pada penampang pelat. Pada penampang geser kritis kolom harus disediakan dua tendon dalam setiap arah.

## 2.7 Pengankuran Ujung

Prinsip pengankuran ujung pada prakteknya terdapat perbedaan cara pelaksanaannya menurut sisten prategang yang dipakai. Pada sistem paratarik, rekatan antara tendon dan beton berfungsi untuk mentransfer gaya prategang yang terjadi. Ketergantungan pada rekatan untuk memindahkan gaya prategang antara tendon dan beton mengakibatkan dibutuhkan kabel berdiameter kecil. Untuk kabel yang lebih besar dari 3,18 mm daya lekat kabel prategang dapat ditingkatkan dengan membentuk ciri-ciri khusus pada permukaan, misalnya kabel dibuat bergelombang atau berulir. Untuk kabel yang besar diperlukan tambahan pengankuran ujung untuk menghindari retak-retak yang terjadi di dekat ujung beton yang akan mengakibatkan lepasnya rekatan dan bergesernya tendon.

Tambahan pengankuran ujung ini menguntungkan meskipun menurut pengalaman dengan tendon untaian tujuh kawat sampai diameter 15,2 mm telah menunjukkan tidak diperlukannya angkur ujung pada struktur paratarik. Untuk lebih jelas tentang pengankuran ujung ini dapat dilihat pada lampiran L.V.

Pada metode pasca tarik semua tendon dipasang di dalam lubang atau selubung tendon yang dibentuk terlebih dahulu dan kemudian diangkurkan pada permukaan ujung beton. Gaya prategang didistribusikan terpusat oleh pelat angkur

baja, sehingga menimbulkan tegangan-tegangan pada daerah ujung(*endblock*).

Pada sistem pasca tarik ada tiga prinsip yang dipakai dalam perencanaan pengankuran ujung, yaitu :

1. dengan sistem kerja pasak yang menghasilkan penjepit gesek pada kabel,
2. dengan perletakan langsung dari kepala paku keling atau baut yang dibuat pada ujung kabel, dan
3. dengan melilitkan kabel disekeliling beton.

Pada umumnya metode yang sering dipakai dan telah dikembangkan adalah berdasarkan prinsip kerja pasak dan perletakan langsung. Metode yang terakhir melilitkan kabel ke sekeliling beton belum dipakai secara luas.

## 2.8 Penggunaan Bahasa Program *Visual Basic 6*

*Visual basic* adalah bahasa yang cukup mudah untuk dipelajari bagi setiap orang. Bagi programmer pemula yang baru ingin belajar program, lingkungan visual basic dapat membantu membuat program berbasis *window* dengan cepat. Sedang bagi programmer tingkat lanjut, kemampuannya yang besar dapat digunakan untuk membuat program – program yang kompleks, misalnya seperti lingkungan *networking* atau *client-server*

### 2.8.1. Sejarah *Visual Basic*

Bahasa pemrograman komputer visual basic yang berbasis pada operating system *window* sebenarnya merupakan sebuah pengembangan terakhir dari bahasa *BASIC*.

*BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code)* adalah sebuah bahasa pemrograman kuno yang merupakan awal dari bahasa – bahasa pemrograman tingkat tinggi lainnya. *Basic* dirancang tahun 1950 dan ditujukan untuk dapat digunakan oleh para programmer pemula. Biasanya *basic* diajarkan untuk para pelajar sekolah menengah yang baru mengenal komputer, serta digunakan untuk mengembangkan program – program cepat saji yang ringan.

*Visual basic* masih tetap mempertahankan beberapa sintaks atau format penulisan program yang pernah dipakai oleh *basic*. Microsoft sengaja tidak melupakan nenek moyang dari bahasa *visual basic* ini, karena didalamnya juga sudah mengandung kaidah – kaidah pemrograman yang cukup andal.

#### 2.8.2. Keistimewaan *Visual Basic 6*

Sejak dikembangkan pada tahun 80-an, *visual basic* kini telah mencapai versinya yang ke-6. Pada versinya yang ke-6 ini *visual basic* memiliki beberapa keistimewaan utama.

1. Menggunakan platform pembuatan program yang diberi nama *Developer studio*, yang memiliki tampilan dan sarana yang sama dengan *visual C++* dan *visual J++*. Dengan begitu kita dapat bermigrasi atau belajar bahasa pemrograman lainnya dengan mudah dan cepat, tanpa harus belajar dari nol lagi.
2. Memiliki *compiler* andal yang dapat menghasilkan file *executable* yang lebih cepat dan lebih efisien dari sebelumnya.

3. Memiliki beberapa sarana tambahan *wizard* yang baru. *Wizard* adalah sarana yang mempermudah didalam pembuatan aplikasi dengan mengotomatisasi tugas – tugas tertentu.
4. Tambahan kontrol – kontrol baru yang lebih canggih serta peningkatan kaidah struktur bahasa *visual basic*.
5. Kemampuan membuat *activeX* dan fasilitas internet yang lebih banyak.
6. Sarana akses data yang lebih cepat dan andal untuk membuat aplikasi database yang berkemampuan tinggi.
7. *Visualbasic 6* memiliki beberapa versi atau edisi yang disesuaikan kebutuhan pemakainya.

### 2.8.3. Versi – versi *visual basic 6*

Seperti aplikasi – aplikasi komersil lainnya, *visual basic 6* juga dipasarkan dalam berbagai jenis atau versi.

1. *Standard Edition: Learning Edition.*

Ini adalah versi standard yang sudah mencakup berbagai sarana dasar dari *visual basic 6* untuk mengembangkan aplikasi.

2. *Professional Edition.*

Versi ini memberikan berbagai sarana ekstra yang dibutuhkan oleh para programmer profesional. Misalnya seperti kontrol – kontrol tambahan, dukungan untuk pemrograman internet, *compiler* untuk membuat *file Help* serta sarana pengembangan database yang lebih baik. Versi inilah yang akan digunakan dalam pendimensian *flat plate* beton prategang.

### 3. *Enterprise Edition.*

Versi digunakan khusus untuk para programmer yang ingin mengembangkan aplikasi remote computing atau *client/server*. Biasanya versi ini digunakan untuk membuat aplikasi pada jaringan.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA