

**ANALISIS DEFORMASI BALOK INDUK  
MESJID KAMPUS UNIVERSITAS ISLAM “45” BEKASI  
DENGAN METODE MATRIKS KEKAKUAN**

Mamar Mardiana<sup>1</sup>, Eko Darma<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Universitas Islam 45 Bekasi  
Email: ekodarma91@gmail.com

**ABSTRAK**

Retakan pada penampang balok sering kali menjadi permasalahan, mengingat vitalnya fungsi balok pada sebuah konstruksi struktur bangunan, sebagaimana yang terjadi pada balok induk mesjid Al Fatah kampus Universitas Islam “45” (Unisma) Bekasi. Secara visual retak rambut terjadi di seluruh penampang tinggi bentang balok, dalam hal ini retakan tersebut dapat dimasukkan dalam kategori retak non struktural, yaitu retak – retak permukaan yang salah satu penyebabnya adalah pergerakan bekisting. Mengingat elemen – elemen arsitektural bangunan berupa kubah – kubah belum terpasang, upaya pun dilakukan dengan menempelkan plat baja pada bagian bawah penampang balok induk (system steel plat bonding)

Dengan pemodelan numeric (SAP 2000) dan analitis metode matrik kekakuan, inersia (I) balok pun diteliti, yaitu dengan membuat model balok dengan asumsi penurunan presentasi dimensi balok dari dimensi balok utuh, dengan tujuan untuk mendapatkan model dimensi balok yang memiliki nilai inersia yang hampir menyerupai kondisi aktual balok dilapangan.

Dari hasil analitis tersebut menunjukkan bahwa kondisi inersia (i) balok induk mesjid Al Fatah adalah 415937.5 yaitu inersia dari dimensi balok 30x55cm, atau 70% dari dimensi kondisi utuh yaitu 35x80cm.

**Kata Kunci:** deformasi, lendutan

## I. Pendahuluan

Sebagian besar mahasiswa dan pengajar di Universitas Islam “45” (Unisma) adalah penganut agama Islam, selama ini terutama mahasiswa, bila menjalankan ibadah sholat mereka melaksanakannya diruang – ruang kosong yang sebenarnya peruntukannya bukanlah untuk tempat ibadah sholat. Mengingat hal tersebut maka dibangunlah bangunan mesjid untuk memenuhi kebutuhan tempat ibadah sholat, yang nyaman dan khusuk. Akan tetapi dalam pembangunan mesjid terjadi suatu permasalahan, yaitu setelah bekisting balok induk di buka pada tahun 2004, balok utama mengalami penurunan yang menyebabkan retak – retak non struktural yang mana salah satu penyebabnya adalah pergerakan bekisting.

Balok mempunyai fungsi yang sangat penting dalam sebuah sistem struktur bangunan yang direncanakan dalam menahan beban lentur akibat beban vertikal yang meliputi beban hidup, beban plat, berat atap dan berat balok itu sendiri. Kegagalan balok akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengan balok tersebut, bahkan kegagalan ini dapat mengakibatkan kegagalan yang membuat struktur tidak bisa digunakan lagi. Pada umumnya keruntuhan balok bertulang pada struktur dapat di bedakan menjadi dua type, antara lain :

Yang pertama *under reinforced* yaitu keruntuhan struktur balok yang bersifat daktail/liat sehingga sebelum balok mengalami keruntuhan dapat teridentifikasi dengan adanya retak-retak disepanjang badan balok. Pada kondisi ini tulangan baja

mengalami leleh terlebih dahulu sebelum betonnya hancur dimana hal ini dapat terjadi karena rasio tulangan baja terpasang adalah kurang lebih 75 % jumlah tulangan dalam keadaan berimbang ( $\rho_b$ ).

Yang kedua adalah jenis *over reinforced* yaitu keruntuhan balok yang bersifat getas/brittle dimana balok mengalami keruntuhan tiba-tiba tanpa adanya tanda-tanda terlebih dahulu. Pada kondisi ini beton mengalami kehancuran terlebih dahulu sebelum tulangan baja mengalami leleh dimana hal ini dapat terjadi karena rasio tulangan baja terpasang adalah lebih besar dari 75 % jumlah tulangan dalam keadaan berimbang ( $\rho_b$ ). Dilihat dari pola keruntuhannya maka jenis *over reinforced* lebih berbahaya daripada *under reinforced*.

Kegagalan struktur balok induk mesjid Al Fatah Unisma dapat di golongkan kedalam kegagalan *under reinforced* yang telah diantisipasi dengan diberi perkuatan *steel plate bonding* (plat baja) tebal 5 mm untuk menambah kapasitas lenturnya dan kawat nilon untuk menambah kapasitas gesernya. Struktur *existing* telah bekerja menahan beban plat sehingga mengalami lendutan  $\pm 3 - 4$  cm pada titik ekstimnya dan retak-retak terjadi di badan balok. Sementara untuk kubah mesjid yang merupakan ciri khas dari sebuah bangunan mesjid akan segera dipasang secara permanen dengan menggunakan bahan pilihan yang terbuat dari beton ringan, *gypsum* ataupun *stainless steel*.

Setelah meninjau kegagalan yang terjadi, maka perlu diteliti, berapakah nilai inersia yang tersisa dari konstruksi balok induk mesjid Al Fatah Unisma. Bandingkan Hasil pemodelan numerik Metode Matriks dan pemodelan program Struktur Analisis Program (SAP) 2000, untuk mengetahui kelayakan struktur terhadap penambahan beban ataupun beban yang bekerja. Kita juga bisa mencari model numerik yang tepat terhadap deformasi struktur yang terjadi dan mensinkronkannya dengan hasil uji langsung dilapangan. Data yang digunakan adalah data existing dari kondisi struktur yang ada, yang meliputi: Data lapangan, Mutu material, Geometrik struktur, dan Pembebanan berupa beban kubah, dengan mengabaikan pembebanan lainnya.

Analisa struktur dengan metode matriks kekakuan merupakan versi awal metode elemen hingga yang menjadi andalan untuk digunakan bersama dengan komputer. Dasar teori penyelesaian statik yang digunakan metode matriks kekakuan adalah persamaan keseimbangan struktur yang dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut  $[K]\{\delta\} = \{F\}$ . Formulasi persamaan keseimbangan memperlihatkan bahwa besarnya deformasi  $\{\delta\}$  berbanding lurus dengan gaya  $\{F\}$  yang diberikan, di mana matriks  $[K]$  adalah sesuatu yang menghubungkan perpindahan (deformasi) dan beban. Lebih tepatnya lagi, matriks  $[K]$  adalah besarnya gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan (deformasi) satu satuan. Kondisi di atas menunjukkan bahwa jenis analisa struktur yang digunakan adalah elastik linier hingga perlu diingat batasan-batasannya sebagai berikut :

- a. Lendutan struktur relatif kecil sehingga dapat dianggap kondisi geometri struktur sebelum dan sesudah pembebanan tidak ada perubahan.
- b. Material yang digunakan pada struktur masih berperilaku elastis-linier

Kedua kondisi tersebut merupakan prinsip yang dipakai juga untuk analisa struktur klasik untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja pada struktur sebagai dasar dalam perencanaan struktur pada umumnya, dan hanya valid jika digunakan untuk mengetahui perilaku struktur pada beban layan. Sedangkan jika diperlukan simulasi keruntuhan bangunan maka diperlukan analisis yang mampu mencakup daerah in-elastis non-linier, yang sumber penyebabnya pada rekayasa mekanik ada tiga, yaitu

- a. Geometri non-linier,
- b. Material non-linier,
- c. Problem kontak.

Masalah menjadi non-linier karena kekakuan  $[K]$  dan atau beban  $\{F\}$  merupakan fungsi dari lendutan  $\{\delta\}$  atau deformasi. Jika persamaan  $[K]\{\delta\} = \{F\}$  bersifat non-linier maka prinsip super-posisi tidak bisa diterapkan. Jadi hasilnya tidak bisa dilakukan proporsional terhadap beban atau super-posisi dengan kasus beban yang lain. Setiap kasus beban yang berbeda memerlukan analisis yang tersendiri, urutan pembebanan juga berpengaruh karena hasilnya bisa berbeda. Solusi persamaan non-linier memerlukan strategi-strategi penyelesaian khusus, karena tiap-tiap strategi penyelesaian hanya cocok untuk kasus-kasus non-linier tertentu, dengan kata lain tidak ada satu strategi ampuh yang dapat menyelesaikan semua persoalan non-linier (*general closed form solution*). Kondisi di atas menyebabkan penyelesaian kasus non-linier memerlukan pemahaman yang mendalam dan hati-hati. Adapun hasilnya biasanya bukan merupakan satu angka tunggal tetapi bisa berupa kurva perilaku struktur (kurva gaya-lendutan) terhadap suatu tahapan beban yang diberikan. [1]

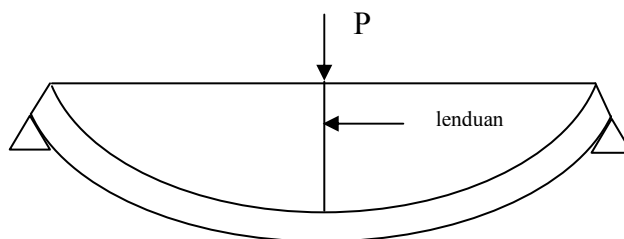
Program SAP 2000 memberikan data keluaran berupa nilai penurunan tiap joint, sehingga dapat dibandingkan dengan lendutan yang diijinkan (Bambang Supriyadi, 2008)

Dengan mengetahui penyebab dan mekanisme keruntuhan maka selanjutnya dapat dilakukan simulasi pada struktur rencana untuk mengetahui respon yang ditimbulkan, khususnya pada tegangan maupun lendutan yang terjadi. Dari situ dapat dipelajari apakah strukturnya masih mampu berfungsi baik atau telah mengalami keruntuhan, termasuk pula bagian mana dari struktur yang paling lemah (komponen struktur yang rusak terlebih dahulu dan yang menjadi sebab keruntuhan secara keseluruhan). Simulasi dapat dilakukan melalui model fisik maupun model numerik. Model fisik umumnya terbatas pada sampel uji yang relatif kecil sesuai dengan kapasitas alat uji, selain itu biayanya relatif mahal dibanding model numerik. Kalaupun akan dilaksanakan, biasanya dilakukan terlebih dahulu simulasi numerik, sedangkan simulasi fisik adalah terakhir sebagai verifikasi saja. Akibat perkembangan teknologi komputer yang semakin canggih, baik dari segi hardware maupun software dan harganya pun relatif terjangkau, serta banyak bukti bahwa hasilnya mendekati model fisik (Noor dan McComb 1981) maka simulasi numerik berbasis komputer menjadi pilihan yang banyak dipakai (William dan Tanabe 2001, John et.al. 2005, Karim dan Hoo Fatt 2005, Yokihiro et.al. 2005, Wiryanto Dewobroto 2005a/b).

Dalam setiap program analisis struktur pada umumnya selalu harus diinputkan dua sifat utama bahan, yaitu modulus elastisitas bahan  $E$  dan rasio Poisson  $\nu$  bahan yang bersangkutan. Modulus geser bahan  $G$  kemudian dihitung sendiri oleh programnya. Maka, dalam analisis struktur tersebut diinputkan nilai-nilai modulus elastis bahan  $E$  dan rasio Poisson  $\nu$  bahan yang dihadapi.

Berdasarkan standar SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5, kekuatan dan kemampuan kelayakan struktur terhadap lendutan yang terjadi akibat beban kerja terutama komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang mungkin memperlemah kekuatan ataupun kemampuan kelayakan struktur pada beban kerja. Digunakan nilai lendutan izin maksimum yang terkecil, yaitu  $L/480$  agar batasan lendutan yang diberikan cukup aman (Supriyadi dan Muntohar, 2000).

Menurut Park dan Pauley, (1975), jika suatu balok dikenai beban, maka balok yang semula lurus akan mengalami perubahan bentuk menjadi sebuah kurva yang disebut dengan kurva lendutan ( $\Delta$ ) yang akan terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Lendutan Pada Balok

Dari persamaan umum lendutan maksimum  $\Delta_{maks}$  pada balok elastis, dapat diperoleh lendutan pada tengah bentang  $\Delta_{maks}$ , yaitu :

$$\Delta_{maks} = \frac{p l^3}{48EI} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

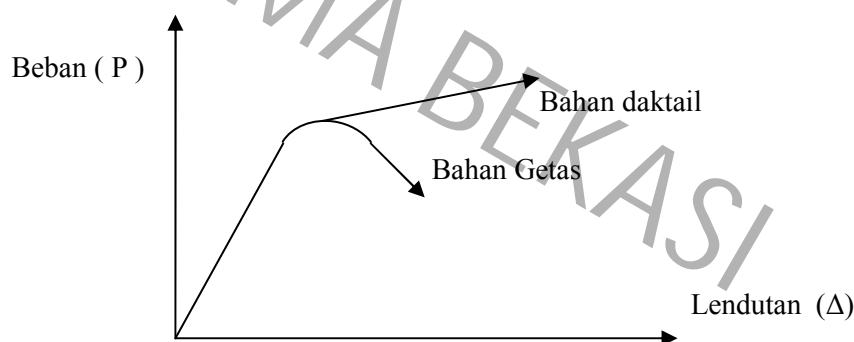
$l$  = panjang bentang bersih

$E$  = modulus elastis beton

$I$  = momen inersia penampang

$p$  = beban titik

Grafik hubungan antara beban dan lendutan akibat beban menurut Park dan Pauley (1975) ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Hubungan Beban Dan Lendutan

Dari hubungan antara kekakuan ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) pada Gambar 2.2 didapat kekakuan balok ( $k$ ) sebagai berikut :

$$K = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(2)$$

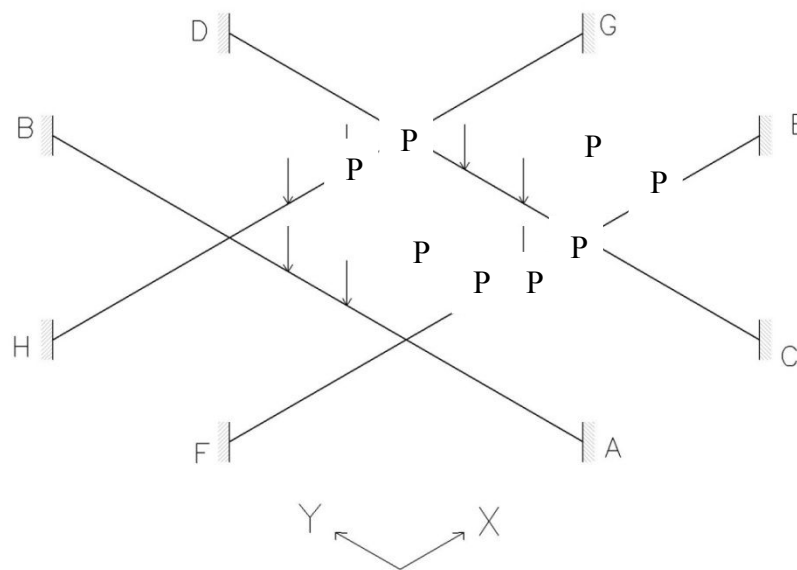
Menurut SNI 03-2847-2002: “Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung”, Badan Standarisasi Nasional, 2002 disajikan batas dari nilai lendutan maksimum yang diizinkan seperti tersaji dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Lendutan Izin Maksimum

Jenis komponen	struktur Lendutan yang ditinjau	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{l}{180}$
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Lendutan seketika akibat beban hidup (L)	$\frac{l}{360}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dan lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup	$\frac{l}{480}$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$\frac{l}{240}$

Sumber : SNI 03-2847-2002: "Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung", Badan Standarisasi Nasional, 2002

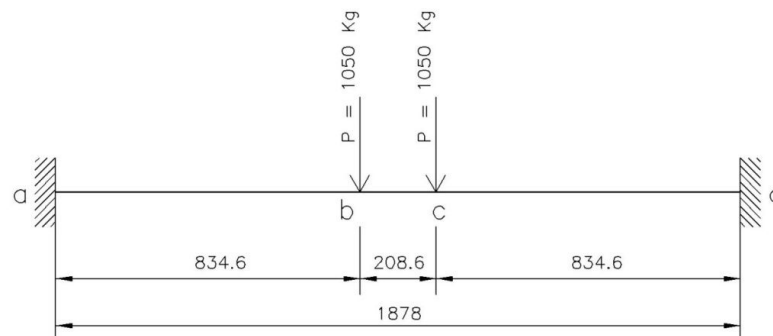
## 1. Geometrik Struktur Penelitian



Gambar 3. Penampang 3D Struktur Balok Induk Masjid UNISMA

## 2. Bahan dan Pembebanan

1. Dimensi balok ( $b$ ) = 35cm, ( $h$ ) = 80cm.
2. Mutu beton yang digunakan  $f'_c = 22,5$  MPa ( 225 kg/cm<sup>2</sup> )
3. Mutu baja yang digunakan  $f_y = 240$  MPa ( 2400 kg/cm<sup>2</sup> ) dan  $f_y = 400$  MPa ( 4000 kg/cm<sup>2</sup> )
4. Modulus elastisitas  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 1862,54$  MPa ( 18625,4 kg/cm<sup>2</sup> )
5. Inersia balok ( $I$ ) =  $\frac{1}{12} b \cdot h^3 = 1493333,3$
6.  $EI = 4700 \sqrt{f'_c} \times \frac{1}{12} b \cdot h^3 = 2,7854 \times 10^{11}$
7. Berat sendiri balok ( $q$ ) =  $b \cdot h \cdot 2400 = 6,72$  kg/cm
8. Beban kubah = 8,4 t = 8400 kg =  $\frac{8400}{4} = 1050$  kg



Gambar 4. Penampang Pembebanan Bentang Struktur Balok Induk Masjid UNISMA

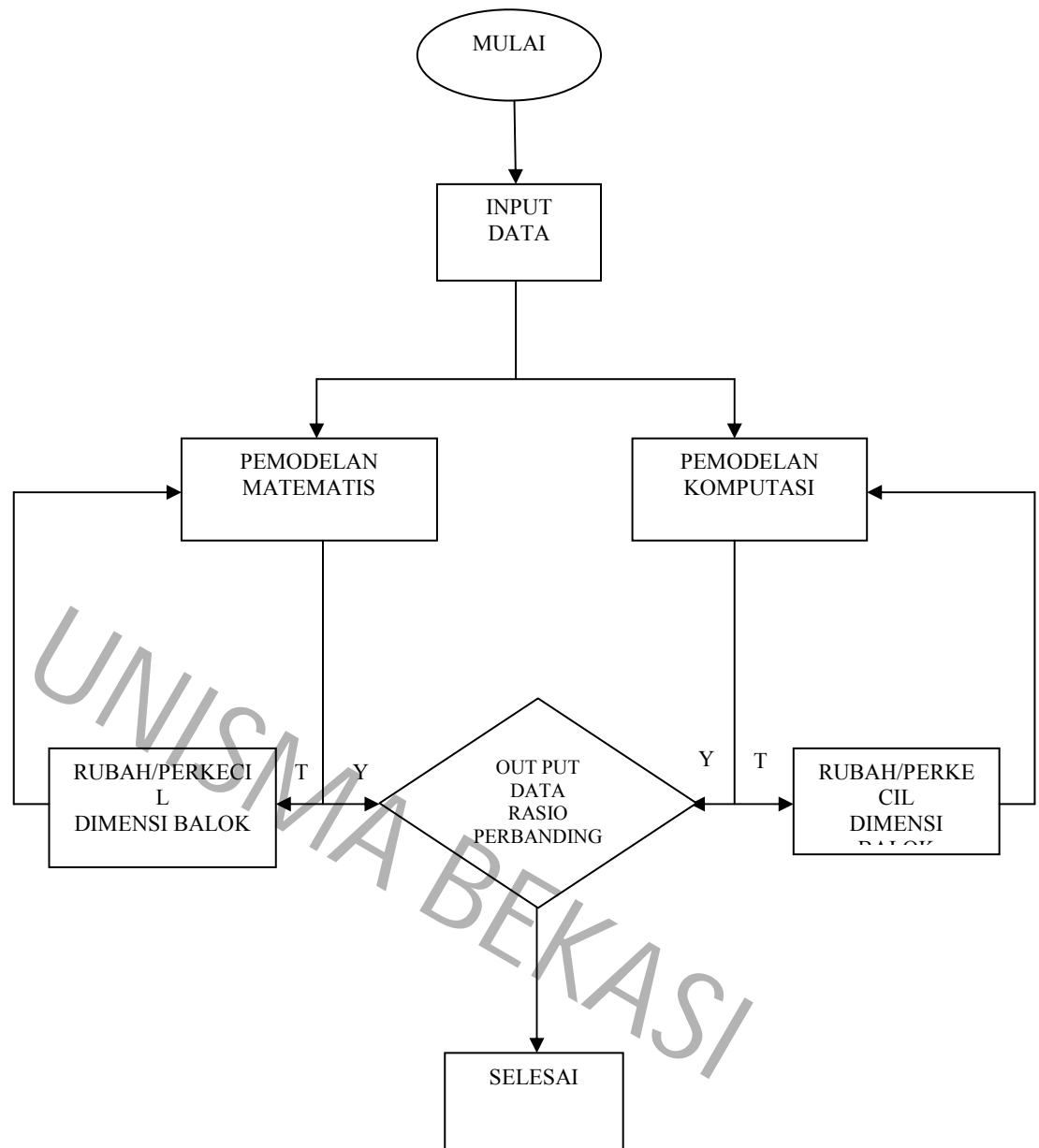
### 3. Tahapan analisis

1. Menghitung momen – momen yang bekerja pada konstruksi balok induk meliputi momen primer dan momen perletakan.
2. Untuk pemodelan Komputasi setelah model dibuat sesuai dengan dimensi dan spesifikasi material yang telah ditentukan maka beban-beban yang telah dihitung dimasukkan dengan menggunakan SAP2000 Versi 11.
3. Dan untuk pemodelan Matematis, setelah pemodelan dibuat sesuai dengan dimensi dan spesifikasi material yang telah ditentukan maka beban yang telah dihitung dimasukan dalam rumus – rumus matematis metode matriks.
4. Menjalankan atau menganalisis struktur, sampai ditemukan nilai – nilai yang mendekati atau lebih kecil dari nilai penurunan atau deformasi yang diizinkan. Dengan cara merubah dimensi balok secara persentasi baik nilai (b) maupun nilai (h).
5. Mengolah data hasil analisis dengan program Microsoft Excel untuk membandingkan hasil dari kedua cara dalam sebuah daftar, seperti tersaji pada tabel IV (lampiran B)
6. Menarik kesimpulan dari hasil analisis dan disain.

### 4. Metode Penelitian

Lokasi penelitian di lingkungan kampus Universitas Islam “45” (UNISMA) Bekasi, objek yang diteliti adalah balok induk masjid Al Fatah. Data yang didapat adalah data primer dengan mengadakan observasi di lapangan yaitu mengukur lendutan balok induk dengan alat Theodolit dan uji kuat tekan beton existing menggunakan Hammer test.

Data yang terkumpul diolah dan dianalisa dengan menggunakan software SAP 2000 dan Metode Matriks Kekakuan dalam program Microsoft excel, guna mendapatkan besaran deformasi pada struktur balok utama Masjid Al Fatah. Tahap perhitungan dari analisis adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Bagan Alir Pengolahan Dan Analisis Data

## 5. Hasil dan Pembahasan

Penurunan (lendutan) selain dari data existing juga diperoleh dengan pengamatan langsung dilapangan, yaitu dengan memasang benang pada satu bentangan balok (mewakili 3 balok lainnya) tepat dibawah balok sehingga lendutan yang terjadi sebelum dan sesudah ditambah beban kubah dapat diamati dengan alat Theodolit, dengan hasilnya sebagai berikut :

- Lendutan Pasca Pengecoran (tahun 2004) = 3 cm
- Lendutan Jangka Panjang kurun waktu 3 tahun (tahun 2007) = 7,5 cm (turun 4,5 cm)
- Lendutan Pasca Pemasangan Kubah (tahun 2009) = 8,4 cm (bertambah 0,9 cm)



Masukan data pada tahap analisis meliputi data dimensi balok, kuat tekan beton, kekuatan bahan, dan pembebanan beban kubah. Dimensi balok diasumsikan mengalami penurunan dimensi (lebar dan tinggi) karena balok telah mengalami lendutan yang cukup signifikan. Seperti tersaji pada tabel 1 berikut ini :

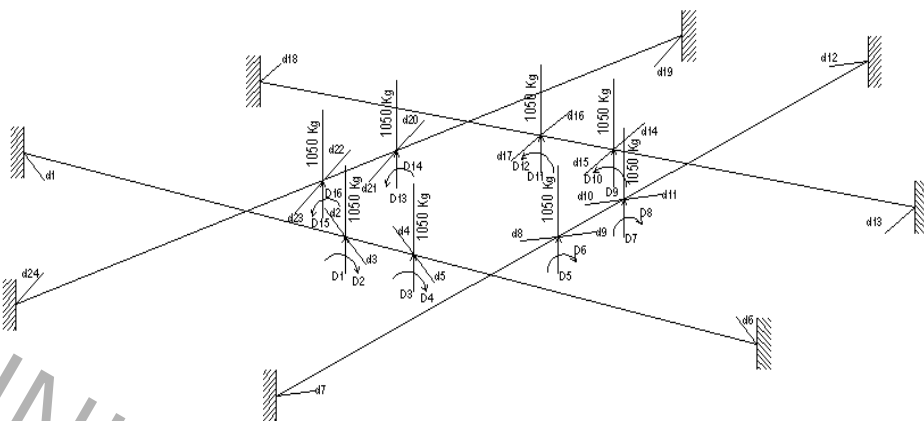
Tabel 1. Daftar Asumsi Perubahan Dimensi Balok

Dimensi Balok Awal (Cm)		Dimensi Balok Asumsi (Cm)	
Lebar (b)	Tinggi (h)	Lebar Asumsi (b')	Tinggi Asumsi (h')
35	80	35	80
35	80	35	75
35	80	35	70
35	80	35	65
35	80	35	60
35	80	35	55
35	80	30	80
35	80	30	75
35	80	30	70
35	80	30	65
35	80	30	60
35	80	30	55

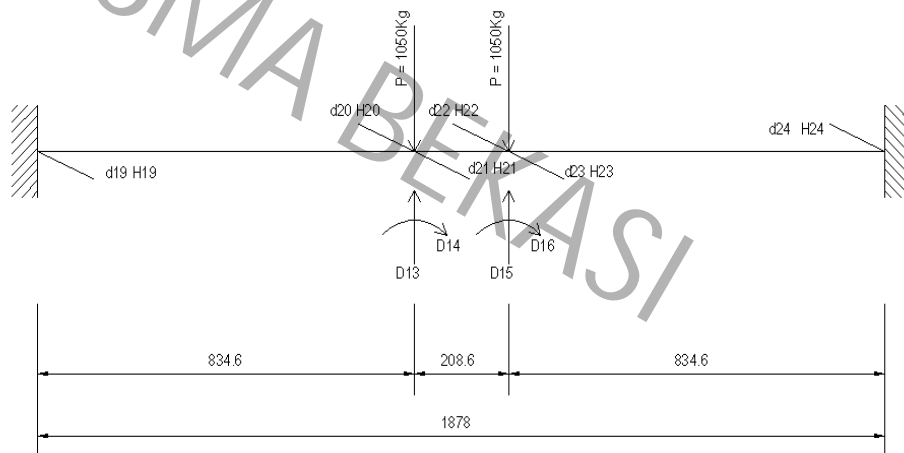
1. Elastisitas Baja  
Pada kasus ini baja tulangan masih dianggap dalam fase elastis walaupun balok telah mengalami deformasi. Sehingga besarnya elastisitas baja adalah sebesar 200.000 MPa.
2. Kuat Tarik Baja (Fy)  
Kuat tarik baja yang digunakan adalah sebesar 400 MPa karena diameter tulangan yang dipakai adalah baja ulir diameter 22 mm
3. Kuat Tekan Beton  
Nilai kuat tekan beton yang dipakai untuk struktur balok dan kolom adalah 22.5 Mpa.
4. Berat sendiri balok  
Berat sendiri balok diasumsikan sebagai berikut :  
 $q = 35.80.2400 = 6,72 \text{ kg/cm}$
5. Beban kubah  
Beban kubah terpasang adalah 8,4 ton yang terbagi pada delapan titik sehingga besarnya beban masing-masing titik adalah  $\frac{8400}{8} = 1050 \text{ kg}$ .

## 6. Pemodelan Struktur

Struktur balok utama dimodelkan dalam bentuk jaring tiga dimensi dengan perletakan jepit – jepit dikedua ujung nya, sementara pembebanan diletakan sesuai dengan posisi tumpuan balok anak yang menumpu dibalok utama yaitu masing masing pada dua titik pembebanan, untuk jelasnya bisa dilihat digambar dibawah ini.



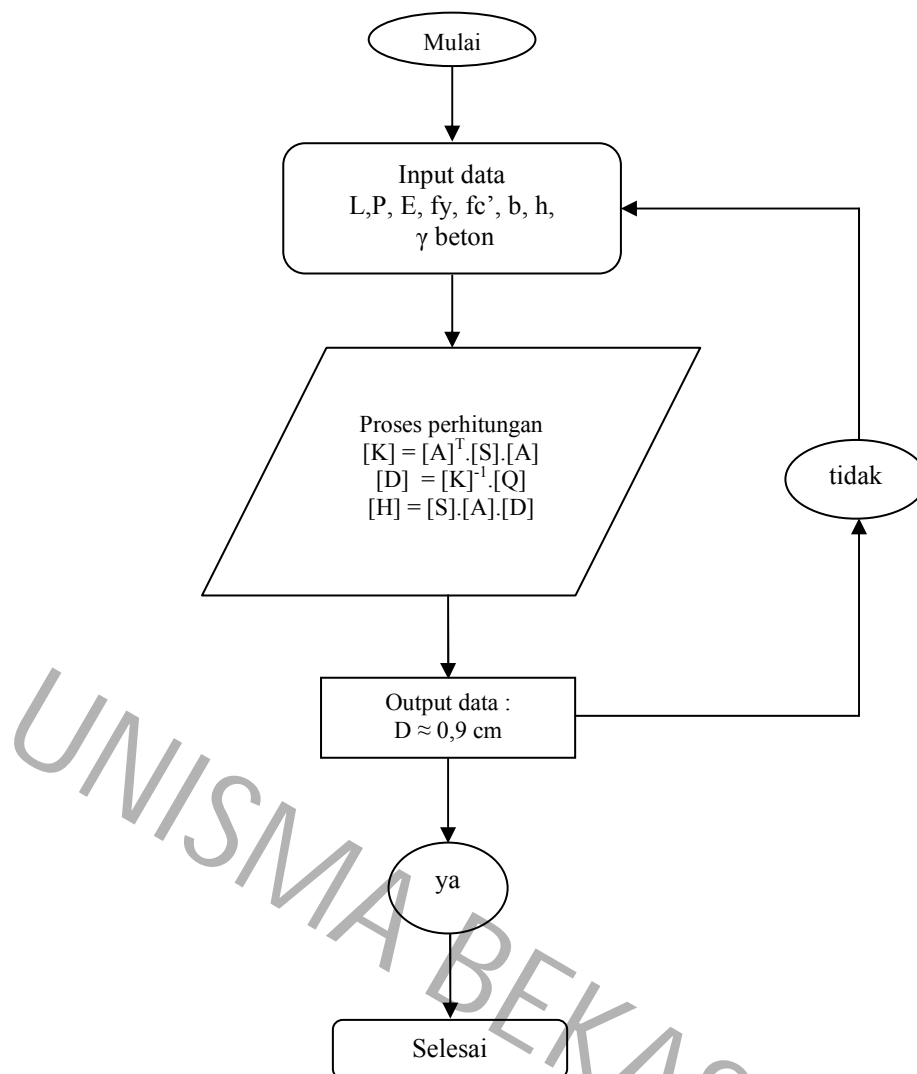
Gambar 6. Skema Beban Kubah Pada Struktur Balok Utama



Gambar 7. Penguraian Gaya Yang Bekerja Pada Balok

## 7. Diagram alir perhitungan

Dalam perhitungannya proses ini menggunakan pemrograman analisa struktur metode matriks kekakuan dengan menggunakan program Microsoft Excel 2007. Yang mana Microsoft Excel ini terlebih dahulu ditambahkan program khusus untuk matriks yaitu Add-in Matrix Excel mengingat program Microsoft Excel tidaklah dilengkapi dengan program untuk perhitungan matriks. Diagram alir perhitungannya sebagaimana gambar dibawah ini :



Gambar 8. Diagram Alir Perhitungan

## 8. Hasil perhitungan

Hasil perhitungan dapat direkapitulasi dalam bentuk tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Daftar Hasil Perhitungan

No	B (cm)	H (cm)	B' (cm)	H' (cm)	I (cm)	I' (cm)	B'/B (cm)	H'/H (cm)	I'/I (cm)	D (cm)	D' (cm)
1	35	80	35	80	1493333	1493333	1	1	1	-	-
2	35	80	35	75	1493333	1230469	1	0.9375	0.823975	-	-
3	35	80	35	70	1493333	1000417	1	0.875	0.669922	-	-
4	35	80	35	65	1493333	800989.6	1	0.8125	0.536377	-	-
5	35	80	35	60	1493333	630000	1	0.75	0.421875	-	-
6	35	80	35	55	1493333	485260.4	1	0.6875	0.324951	-	-0.7514
7	35	80	30	80	1493333	1280000	0.857143	1	0.857143	-	-
8	35	80	30	75	1493333	1054688	0.857143	0.9375	0.706264	-	-
9	35	80	30	70	1493333	857500	0.857143	0.875	0.574219	-	-
10	35	80	30	65	1493333	686562.5	0.857143	0.8125	0.459752	-	-
11	35	80	30	60	1493333	540000	0.857143	0.75	0.361607	-	-
12	35	80	30	55	1493333	415937.5	0.857143	0.6875	0.27853	0.24417	0.87663

Keterangan :

- B = Lebar balok
- B' = Lebar balok asumsi
- H = Tinggi balok
- H' = Tinggi balok asumsi
- I = Nilai inersia balok dimensi utuh
- I' = Nilai inersian balok dimensi asumsi.
- D = Nilai lendutan balok dimensi utuh (tabel IV)
- D' = Nilai lendutan balok dimensi asumsi (tabel IV)

Tabel diatas merupakan lanjutan dari tabel IV akan tetapi hanya rekap nilai D dan D' hasil perhitungan matriks saja yang diambil mengingat nilai secara keseluruhan dari hasil perhitungan matriks lebih mendekati daripada perhitungan dengan SAP 2000.

Maka hasil analisa terhadap nilai pada tabel diatas, angka perubahan dimensi yang nilai lendutannya mendekati kondisi dilapangan (0,84cm) adalah dengan asumsi dimensi balok lebar 30cm dan tinggi 55cm sehingga lendutan asumsinya adalah 0,87cm. Dengan demikian inersia balok yang tersisa adalah 415937.5 cm<sup>4</sup> atau kurang lebih 70% dari inersia balok pada kondisi awal.

## 9. Kesimpulan

1. Balok telah mengalami lendutan sebesar 3 cm pasca pengecoran (tahun 2004), 7cm setelah kurun 3 tahun (tahun 2007) dan 8,4 cm setelah pemasangan kubah (tahun 2009).
2. Penurunan awal 3 cm karena jenis perancah yang digunakan adalah perancah kayu yang disambung hingga ketinggian 9 m, sehingga terjadinya pergerakan pada bekisting balok induk.
3. Penambahan 4 cm dalam kurun 3 tahun karena balok mengalami penurunan jangka panjang.
4. Pemasangan kubah menyebabkan penambahan penurunan pada balok sebesar 0,84 cm, sehingga total penurunan menjadi 0.9 cm. Bisa dilihat pada tabel 4.2.
5. Dari hasil perhitungan simulasi dengan program matematis, Inersia balok yang tersisa adalah lebih kurang 70 %, sebagaimana terlihat di baris ke-12, table 4.2.
6. Dari hasil penelitian ini dapat dilihat adanya persamaan antara nilai hasil simulasi dengan nilai hasil uji kondisi dilapangan.
7. Struktur balok induk masih layak dan mampu dengan aman untuk menerima penambahan beban kubah.

## 10. Saran

1. Untuk pembangunan mesjid Al Fatah Unisma ini dapat dilaksanakan sampai tuntas mengingat dari hasil penelitian atas kondisi balok utama yang mengalami penurunan dengan secara fisik mengalami keretakan sepanjang penampang tinggi nya ternyata masih mampu untuk menahan beban tambahan lainnya bukan hanya beban kubah semata.
2. Untuk kedepannya pada pembangunan sarana - sarana umum perlu kiranya penelitian seperti ini agar hasil perencanaan yang telah di rencanakan ataupun dilaksanakan dapat teruji secara lebih detail sehingga meyakinkan pemilik atau pun pengguna dari bangunan sarana umum itu.

3. Untuk kedepannya juga perlu ditekankan pada perencana ataupun pelaksana agar tetap menjaga komunikasi dalam pembangunan dari bangunan yang direncanakan agar sekecil apapun akibat - akibat negatif dari proses kerja dapat dihindari ataupun ditekan sekecil mungkin karena dengan koordinasi masalah – masalah pelaksanaan dapat terpecahkan secara bertanggung jawab.

## 11. Daftar Pustaka

- [1]. Haryanto YOSO Wigroho, Analisis & Perancangan Struktur Frame menggunakan SAP 2000 versi 7.42, penerbit ANDI Yogyakarta, 2001.
- [2]. IR. F.X. Supartono & IR. Teddy boen, *Analisa Struktur Dengan Metode Matrix (cetakan ketiga)*, penerbit Universitas Indonesia (UI press), 1984.
- [3]. Junaedi Chaniago, Juli.2008. Menghitung matriks inverse Leontif dengan Add-in matrix excel (seri matrik bag.1). [<http://junaidichaniago.com/2008/07/06/menghitung-matriks-inverse-leontif-dengan-add-in-matrix-seri-matrix-bag1/>] (25 Mei 2009).
- [4]. \_\_\_\_\_, Juli.2008. Mudah operasi matriks dengan Makro Add-in matrix excel (seri matrix bag.3). [<http://junaidichaniago.com/2008/07/10/mudah-operasi-matriks-dgn-macro-add-in-matrix-excel-seri-matrix-bag3/>] (25 Mei 2009).
- [5]. \_\_\_\_\_, Juli.2008. Matriks Diagonal dan Identitas dengan Add-in Matrix (seri bag.4), [<http://junaidichaniago.com/2008/07/22/matriks-diagonal-dan-identitas-dengan-add-in-matrix-seri-matrix-bag4/>] (25 Mei 2009).
- [6]. Jurusan Teknik sipil, *Pelatihan SAP 2000 versi 8.08*, UNISMA Bekasi, 2007.
- [7]. SNI 03-2847-2002: “Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung”, Badan Standarisasi Nasional, 2002
- [8]. Team Evaluasi Struktur Masjid Al Fatah Unisma, *Laporan Evaluasi Struktur Masjid UNISMA, Bekasi*, 2009.
- [9]. Wiryanto Dewobroto, Mei.2006. Simulasi Numerik Berbasis Komputer sebagai solusi pencegah bahaya akibat kegagalan bangunan. [<http://wiryanto.wordpress.com/2006/05/03/seminar-nasional-jurusan-teknik-sipil-uph-berlangsung-sukses/>] (25 Februari 2009).
- [10]. Wiratman Wangsadinata, 2007. Pengaruh Peretakan Beton dalam Analisa Struktur Beton, [<http://engineerwork.blogspot.com/2012/03/kumpulan-materi-seminar-haki-himpunan.html>] (5 April 2012).