

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Proses penyusunan Tugas Akhir dengan judul Perencanaan Struktur Menara Masjid Agung Jawa Tengah ini meliputi langkah – langkah sebagai berikut :

#### **3.1. Pengumpulan Data Lapangan**

Jenis data menurut cara perolehannya dibagi menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dengan mengadakan penyelidikan, analisa dan survey langsung di lapangan mengenai sesuatu yang hendak ditinjau. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari data – data yang telah tersedia tanpa melakukan penyelidikan, analisa maupun survey langsung di lapangan.

Data yang digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini termasuk data sekunder karena data – data tersebut diperoleh dari proyek tanpa melakukan penyelidikan sendiri di lapangan. Data – data yang telah diperoleh tersebut meliputi : hasil penyelidikan tanah ( *direct shear, boring, grain size accumulation size*, dll ), gambar *as built drawing* ( denah struktur, denah arsitektur, tampak, potongan, denah tangga, denah pondasi ), serta data – data umum mengenai Proyek Pembangunan Masjid Agung Jawa Tengah.

#### **3.2. Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh acuan – acuan pendukung dalam perencanaan menara ini. Acuan – acuan pendukung tersebut dapat berupa literatur penunjang, peta kegunaan, grafik dan tabel beton, serta standar – standar yang berlaku dalam perencanaan struktur bangunan seperti : SKSNI Gempa, Beton dan Baja 2002, PPIG ( Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung ) 1983, Pedoman Mendirikan Bangunan Gedung SKBI-1.3.53.1987, PBI 1971 NI -2.

#### **3.3. Metodologi**

##### **3.3.1 Perencanaan Arsitektural dan Tata Ruang**

Dalam proses desain sebuah struktur, pertama kali kita harus menentukan desain arsitektural dan tata ruang sesuai dengan tujuan operasional struktur tersebut nantinya. Desain ini harus memenuhi kaidah – kaidah arsitektural yang berlaku. Dalam penentuan desain ini, harus dipertimbangkan pula hal – hal sebagai berikut <sup>(9)</sup> :

1. Aspek arsitektural

Dalam hal ini struktur didesain agar secara virtual menghasilkan bentuk yang indah untuk memenuhi unsur estetika dan kebutuhan manusia akan keindahan.

2. Efisiensi struktur

Pemilihan desain struktur juga harus memperhatikan tentang efisiensi penggunaan tata ruang dan kerumitan desain struktur untuk meminimalisasi kesulitan proses pembangunan.

3. Keawetan struktur dan pengaruh lingkungan

Pengaruh – pengaruh lingkungan seperti kelembaban udara dan kemungkinan pengaruh air di lingkungan bangunan, akan memberikan pengaruh yang besar pada keawetan struktur. Karena itu sedini mungkin dalam desain secara umum harus diperkirakan material baik struktural maupun non struktural yang hendak dipakai dalam kaitannya menanggulangi pengaruh lingkungan yang buruk pada struktur, seperti korosi, kembang susut, dsb.

4. Aspek fungsional

Desain tata ruang dan arsitektural harus sesuai dengan fungsi operasional struktur nantinya

5. Aspek pelaksanaan

Pembuatan desain juga harus memperhatikan kemudahan pelaksanaan bangunan juga teknologi yang tersedia dalam pelaksanaan. Jangan sampai geometri yang terlalu rumit menjadi halangan tingkat kesulitan yang tinggi dalam pelaksanaan yang dapat beresiko struktur terlaksana tidak sempurna.

6. Faktor kemampuan struktur mengakomodasi sistem layan gedung

Hal ini kaitannya dengan faktor keamanan dan kenyamanan operasional bangunan. Dimana struktur menara ini dapat dikatakan sebagai fasilitas yang dibuka untuk umum, sehingga keselamatan dan kenyamanan pengunjung selama berada di lingkungan bangunan sedapat mungkin dijaga. Maka dalam desain harus pula dipikirkan tentang kemungkinan resiko seperti bahaya kebakaran, dll, sehingga harus dirancang sebuah tangga darurat, ventilasi yang cukup, dsb. untuk mengantisipasi bahaya tersebut.

Secara umum, aspek – aspek ini telah diuraikan dalam bab sebelumnya.

Setelah desain arsitektur dan tata ruang jadi, langkah selanjutnya adalah penentuan jenis material yang hendak dipakai dalam struktur.

### 3.3.2. Studi Penentuan Material

Dalam menentukan jenis material yang hendak dipakai dalam struktur menara ini, digunakan pertimbangan – pertimbangan sebagai berikut :

1. Efisiensi bahan struktur

Struktur baja merupakan struktur paling efisien dan ideal dibandingkan dengan struktur lain karena kuat dan ringan. Cocok digunakan untuk bangunan – bangunan tingkat tinggi karena daktilitasnya tinggi.

Struktur beton kurang efisien karena memiliki berat yang besar dan daktilitasnya relatif kurang dibandingkan dengan baja.

2. Biaya

Baja jauh lebih mahal dibandingkan dengan beton dan kayu.

Bahan campuran beton dapat dijumpai dengan mudah dalam jumlah yang yang besar dan harganya relatif murah.

3. Keawetan struktur

Baja mudah terkena korosi dan tidak kuat terhadap pembakaran ( api ).

Beton bersifat tahan api.

Kayu mudah terbakar, mudah busuk dan mudah rusak akibat serangan jamur dan serangga.

4. Pengaruh lingkungan

Baja tidak cocok jika dipakai di lingkungan berair terutama air yang mengandung garam seperti air laut, bisa mengalami kembang susut ( regangan ) akibat perubahan temperatur lingkungan.

Kayu mengalami kembang susut akibat kelembaban lingkungan yang berubah secara terus menerus sehingga ukurannya bias berubah – ubah pula.

5. Aspek fungsional

Agar dapat menjalankan fungsinya selama umur rencananya, baja harus diberikan perawatan yang lebih.

6. Pelaksanaan

Baja harus dikerjakan dengan ketelitian yang tinggi serta butuh tenaga yang terampil dan ahli terutama untuk pekerjaan sambungan.

Beton lebih mudah pelaksanaannya dan bisa didapatkan sambungan yang benar – benar monolit. Selain itu bisa dicetak kedalam bentuk dan ukuran yang bervariasi sesuai dengan model dan kebutuhan di lapangan.

7. Ketinggian struktur dan beban yang bekerja

Baja cocok untuk struktur yang sangat panjang dan sangat tinggi dan kuat terhadap tegangan tarik, tekan maupun lentur.

Beton cocok untuk struktur yang sangat panjang dan sangat tinggi dan kuat terhadap tegangan tekan.

Beton prategang kurang baik untuk struktur yang tinggi karena memiliki respon yang kurang baik terhadap beban dinamis yang arahnya bolak – balik seperti gempa dan angin.

Kayu tidak cocok untuk struktur yang sangat panjang dan sangat tinggi karena keterbatasan ukurannya.

8. Kekuatan struktur

Baja merupakan struktur paling kuat terhadap tarik, tekan dan geser.

Beton kuat terhadap tekan tapi kurang kuat terhadap tarik dan geser.

Kayu tidak sama kekuatannya, tergantung pada arah serat dan arah beban yang bekerja.

Secara umum mengenai kelebihan dan kekurangan dari material – material struktur yang dipertimbangkan, yaitu beton, baja, kayu dan bata telah dijelaskan pada bab sebelumnya (7)(9).

Dengan pertimbangan faktor – faktor tersebut diatas, dipilih jenis struktur untuk menara Masjid Agung Jawa Tengah ini adalah struktur beton bertulang karena :

1. Efisiensi bahan dapat diperoleh dengan menggunakan beton bertulang. Baja tulangan untuk menahan tegangan tarik dan geser sedangkan beton untuk menahan tekan saja sehingga berat beton dapat dikurangi.
2. Biaya beton lebih murah bila dibandingkan dengan baja.
3. Beton bertulang lebih awet dibandingkan dengan material lain karena sifatnya yang tahan api, tahan terhadap pembusukan, tahan terhadap serangan serangga dan jamur dan tahan terhadap korosi.
4. Pengaruh lingkungan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keawetan dan kekuatan beton bertulang.
5. Karena awet beton bertulang dapat menjalankan fungsinya selama umur rencana.
6. Pelaksanaannya lebih mudah dan tidak perlu keahlian yang khusus dari tenaga kerjanya.
7. Dapat diperoleh sambungan yang monolit.

8. Beton bertulang ideal untuk struktur statis taktentu karena lebih mudah menjaga kesinambungan daripada struktur statis tentu.
9. Koefisien pengembangan panas ( koefisien ekspansi termal  $\alpha$  ) beton yang rendah menyebabkan tegangan akibat kenaikan suhu yang sangat rendah.

Setelah dipilih material bahan struktur yang dianggap sesuai, maka selanjutnya adalah menentukan spesifikasi dari bahan tersebut sesuai dengan acuan standar – standar yang berlaku di Indonesia untuk perancangan struktur bangunan.

Dalam SKSNI 03-1726-2002 disebutkan bahwa :

- Kuat rencana tulangan tidak boleh didasarkan pada kuat leleh tulangan  $f_y$  yang melebihi 550 MPa kecuali untuk tendon prategang.
- Kuat tekan beton pada komponen struktur yang merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa  $f'_c$  tidak boleh kurang dari 20 MPa.
- Beton yang mengalami pengaruh lingkungan air harus memenuhi persyaratan kuat tekan karakteristik beton  $f'_c$  minimum 28 MPa.
- Nilai  $f'_c$  yang digunakan pada bangunan yang direncanakan tidak boleh kurang dari 17.5 MPa.

Dalam PBB1 1971 N.I.-2 juga disebutkan bahwa :

- Mutu beton untuk tujuan struktural minimal K-125.
- Beton Kelas II adalah beton untuk pekerjaan – pekerjaan struktural secara umum
- Beton Kelas III adalah beton untuk pekerjaan – pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm<sup>2</sup> . Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga – tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga – tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu.

Dengan pertimbangan dari standar – standar yang ada, maka spesifikasi material yang dipilih adalah sebagai berikut :

#### **Struktur Utama**

- |         |          |                      |
|---------|----------|----------------------|
| ○ Pelat | : K-300, | $E_c = 25742.96$ MPa |
| ○ Balok | : K-300, | $E_c = 25742.96$ MPa |

- Kolom : K-300,  $E_c = 25742.96 \text{ MPa}$
- Pondasi : K-600,  $E_c = 36406.04 \text{ Mpa}$

### Struktur Baja

- Tulangan :  $f_y = 400 \text{ Mpa}$ , (Tulangan Utama )  
 $f_y = 240 \text{ Mpa}$ , (Tulangan Sengkang)

### 3.3.3. Perencanaan Struktur Atas

Dalam perencanaan struktur atas, digunakan acuan standar SKSNI 2002 untuk Beton, Baja dan Gempa, Grafik dan Tabel Beton Bertulang, PPIG 1983 tentang pembebanan, dan kajian literatur dari Buku *CUR 1* yang disusun oleh *Ir. W.C Vis dan Ir Gideon H*, Buku *Menghitung Beton Bertulang* yang disusun oleh *Ir. Udiyanto*, serta kajian literatur lainnya.

Perencanaan struktur atas menara ini mencakup perencanaan pelat lantai dan pelat atap, balok, kolom, tangga dan bagian struktur untuk lift. Dalam perencanaan struktur atas ini tujuan yang perlu diperhatikan adalah mendesain struktur dengan kekuatan, kekakuan, kestabilan dan kenyamanan yang memenuhi standar dalam mengakomodasi kemampuan layan bangunan.

Pertama yang perlu dilakukan dalam sebuah perancangan elemen struktur adalah menentukan dimensi atau ukuran penampang elemen tersebut, misalnya pelat, balok ataupun kolom. Dalam standar SKSNI 2002 untuk Beton dicantumkan beberapa rumus kaidah asumsi – asumsi awal dan dimensi minimum dari elemen struktur. Setelah dimensi awal didapat, selanjutnya ditentukan beban – beban yang bekerja pada elemen tersebut dan kemungkinan kombinasi bebannya berdasarkan PPIG 1983 dan SKSNI 2002. Langkah berikutnya, dengan menggunakan program SAP 2000, dibuat suatu pemodelan struktur dengan menginput data pembebanan, dimensi awal dan data bahan. Output yang didapat dari SAP 2000 berupa gaya – gaya dalam tiap elemen struktur, reaksi, deformasi dan tegangan yang terjadi. Selanjutnya dari output tersebut dicari penulangan yang sesuai. Dari tiap elemen struktur tersebut dicek kekuatan ( tegangan terjadi ) dan kekakuannya ( lendutan/deformasi terjadi ) apakah sudah memenuhi standar berdasarkan aturan yang berlaku atau belum. Apabila ternyata belum memenuhi maka dimensi awal yang telah dipilih sebelumnya diganti/diperbesar, kemudian diulang kembali langkah – langkah berikutnya hingga akhirnya didapat dimensi yang sesuai standar.

### 3.3.4. Perencanaan Struktur Bawah

#### 3.3.4.1. Analisa Kualitatif Penentuan Tipe Pondasi

Pondasi merupakan struktur bawah yang berfungsi untuk meletakkan bangunan di atas tanah dan meneruskan beban ke tanah dasar.

Pemilihan jenis pondasi (*sub structure*) yang hendak digunakan didasarkan kepada beberapa pertimbangan berikut<sup>(14)</sup>, yaitu :

1. Keadaan tanah pondasi

Jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, dan beberapa hal yang menyangkut keadaan tanah erat kaitannya dengan jenis pondasi yang dipilih.

2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya

Keadaan struktur atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tertentu, kekakuan dan sebagainya).

3. Batasan-batasan dilingkungan sekelilingnya

Hal ini menyangkut lokasi proyek, pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu atau membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada disekitarnya.

4. Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan

Suatu proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi ekonomis dalam pembangunan.

Beberapa persyaratan umum yang harus dipenuhi oleh pondasi antara lain<sup>(26)</sup> :

1. Terhadap tanah dasar :

- Pondasi harus mempunyai bentuk, ukuran dan struktur yang sedemikian rupa sehingga tanah dasar mampu memikul gaya – gaya yang bekerja
- Penurunan yang terjadi tidak boleh terlalu besar atau tidak merata
- Bangunan tidak boleh bergeser atau mengguling

2. Terhadap struktur pondasi sendiri

- Struktur pondasi harus cukup kuat sehingga tidak pecah akibat gaya yang bekerja

Pada gedung berat atau bertingkat, pondasi dibuat di bawah masing-masing kolom dengan atau tanpa tiang, tergantung kedalaman tanah keras.

Tipe – tipe pondasi yang sering digunakan :

Uraian	Pondasi langsung	Sumuran	Tiang Baja H	Tiang pipa baja	Tiang pancang beton pracetak	Tiang pancang beton prategang
Diameter nominal ( mm )	~	3000	100*100 s/d 400*400	300-600	300-600	400-600
Kedalaman max ( m )	5	15	tak terbatas	tak terbatas	40	60
Kedalaman optimum ( m )	0,3-3	7-9	7-40	7-40	12-15	18-30
Beban max (kN ) untuk keadaan biasa	20000+	20000+	3750	3000	1300	13000
Variasi optimum beban (kN)	~	~	500-1500	600-1500	500-1000	500-5000

Dari berbagai uraian pertimbangan di atas, dan meninjau data hasil penyelidikan tanah, maka untuk desain pondasi Menara Masjid Agung Jawa Tengah dipilih pondasi tiang pancang beton prategang K600, dengan asumsi :

- Kedalaman tanah keras cukup dalam yaitu lapisan lempung keras terletak mulai pada kedalaman 40 m
- Beban yang dilimpahkan struktur atas diperkirakan cukup besar karena merupakan struktur menara 20 lantai
- Dengan menggunakan tiang pancang prategang, walau biaya relatif agak mahal, tetapi bisa didapatkan campuran beton yang sama tiap adukannya karena dibuat di pabrik dan bisa diperoleh kuat tekan teruji yang dikehendaki.
- Pelaksanaan lebih mudah dan cepat, karena tiang pancang sudah dalam bentuk barang siap pakai
- *Pilecap* didesain menyeluruh dasar bangunan agar berfungsi seperti *basement* dalam mengurangi penurunan yang terjadi akibat berat struktur.

### 3.3.4.2 Analisa Pondasi Tipe Terpilih

Setelah ditentukan tipe pondasi yang sesuai, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap tipe pondasi tersebut, dalam hal ini adalah pondasi tiang pancang.

Dari data penyelidikan sondir didapat data *conus friction* dan *total friction*. Kemudian dengan menggunakan data kuat tekan beton dan asumsi dimensi awal tiang pancang, dicari daya dukung tanah ijin dan kapasitas berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang, diambil yang terkecil ( Pall ). Langkah berikutnya ditentukan perkiraan jarak antar tiang, efisiensi kelompok tiang, dan daya dukung kelompok tiang ( Pult ). Dari hasil output



SAP struktur atas, diperoleh gaya – gaya dalam yang bekerja pada masing – masing pangkal kolom. Kemudian dihitung beban max yang terjadi pada kelompok tiang (  $P_{max}$  ). Dari hasil perhitungan  $P_{max}$  harus lebih kecil daripada  $P_{ult}$ . Bila masih lebih besar maka dimensi tiang awal diperbesar dan diulangi langkah – langkah selanjutnya.

Dengan mengasumsi dimensi pilecap, dilakukan peninjauan tekanan lateral tanah terhadap tiang pancang untuk mendapatkan momen maksimum tiap tiang pancang. Berikutnya, dicari penulangan tiang pancang dengan tinjauan cara pengangkatan dan cara pemancangan tiang. Dicari pula penulangan *pilecap*-nya. Langkah terakhir adalah peninjauan penurunan/settlement yang terjadi dan konsolidasi tanah. Penurunan yang terjadi haruslah memenuhi standar yang berlaku.

### **3.4. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya ( RAB )**

RAB dalam penyusunan laporan ini hanya meninjau perkiraan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan bagian struktur saja. Dengan menggunakan koefisien – koefisien BOW, volume pekerjaan yang ditinjau dan daftar harga material dan jasa yang berlaku di wilayah Semarang, maka bisa didapatkan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk suatu pelaksanaan sub pekerjaan struktur yang ditinjau. Total hasil biaya yang dibutuhkan untuk sub pekerjaan – pekerjaan struktur tersebut adalah merupakan Rencana Anggaran Biaya dari keseluruhan pekerjaan struktur menara.

### **3.5. Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat – syarat ( RKS )**

Seperti halnya pada bagian RAB, RKS dalam penyusunan laporan ini juga hanya meninjau pelaksanaan untuk bagian struktur saja. RKS merupakan sebuah uraian tentang cara dan syarat pelaksanaan konstruksi dari desain perencanaan yang telah ada. Penyusunan RKS ini menggunakan kajian standar – standar yang telah ditetapkan dalam peraturan yang berlaku, dalam hal ini mengikuti acuan SKSNI 2002.

### **3.6. Penyajian Laporan dan Format Penggambaran**

Penyajian Laporan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan Pedoman Pembuatan Laporan Tugas Akhir yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang yang terdiri dari sistematika penulisan, penggunaan bahasa dan bentuk laporan.

Sedangkan format penggambaran disesuaikan dengan Peraturan dan Tata Cara Menggambar Teknik Struktur Bangunan dengan menggunakan program Auto CAD 2002.

Secara singkat proses penyusunan Tugas Akhir ini dapat dirangkum dalam bentuk flowchart sebagai berikut :





