

**METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN ATAP BETON MENARA BABUS
SALAM MASJID AS SU'ADA, WARINGIN**

Aminullah, M.T.

Dosen/Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan/
Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan
Jl. A. Yani Km.12,500 Banjarmasin Kalimantan Selatan
E-mail: aminullah.ak@gmail.com

RINGKASAN

Metode Pelaksanaan adalah rumusan yang tentang pelaksanaan sesuatu, dalam hal ini pembuatan sebuah/suatu bagian bangunan. Metode ini memuat langkah-langkah dan cara pelaksanaan. Perumusan metode pelaksanaan tentu saja hanya dilakukan dengan baik jika sudah diketahui rumusan tentang konsep desain yang ingin dicapai, serta rumusan teknis mengenai bahan, campuran, dan struktur. Dalam penelitian ini, fokus perumusan Metode Pelaksanaan adalah pada bagian atap menara saja. Di antara bahasan metode pelaksanaan adalah pemasangan scaffolding, penyiapan bekisting, perakitan tulangan, pengadukan beton, penyiapan pengecoran, teknik pengecoran, pemasangan asesoris, hingga pengecatan.

Metode Pelaksanaan, perakitan tulangan, bekisting, teknik pengecoran.

A. PENDAHULUAN

A.1. Latar Belakang

Setelah mendapatkan laporan konsep desain bangunan serta laporan perencanaan struktur, maka pekerjaan selanjutnya adalah menyusun metode pelaksanaan. Metode Pelaksanaan pekerjaan ini pada sebagian pekerjaan tidak dibuat, dan diserahkan kepada manajemen pelaksana pekerjaan sendiri. Anggapannya mereka sudah berpengalaman. Namun sebenarnya panduan berupa kesepakatan tentang metode pelaksanaan ini sangat bermanfaat bagi kesuksesan pekerjaan. Misalnya saja dalam pembuatan adukan beton. Pelaksana akan melaksanakan dengan penggunaan molen. Tetapi takmir masjid tidak menghendaki adanya kebisingan yang timbul dari suara mesin molen, karena masjid memiliki jadwal pengajian yang padat. Maka yang dikehendaki adalah pembelian beton segar ready mix yang sudah siap cor. Kemudian ini dinilai kemahalan oleh pelaksana. Pelaksana minta kenaikan harga. Dan seterusnya yang menjadi masalah kait-mengkait. Sekiranya sudah disepakati dari awal tentu pekerjaan tidak terhambat.

A.2. Manfaat Penelitian

Penyusunan metode pelaksanaan sebenarnya sangat berguna untuk:

1. Adanya kesepakatan bersama semua pihak yang terlibat dalam pekerjaan. Penyusunan ini tentu pertama kali adalah metode dalam persepsi perencana. Namun demikian pelaksana yang mengerjakan dapat melakukan koreksi berdasar pengalaman, peralatan, dan tenaga kerja yang dimilikinya.
2. Diskusi tentang apa yang akan dikerjakan tentu akan memberi kesempatan adanya transfer ilmu dan pengalaman.
3. Urut-urutan pekerjaan dapat diantisipasi. Misal pada saat akan terjadinya tumpukan material, maka takmir masjid dapat menyesuaikan agenda kegiatan terutama yang melibatkan orang/jamaah yang banyak. Demikian pulaantisipasi penyandang dana mengabdikan tagihan pembayaran dari pelaksana.
4. Adanya progres pekerjaan yang terarah.
5. Kontrol yang lebih mudah.

A.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini adalah memberikan rumusan panduan melaksanakan pekerjaan pembangunan atap beton menara Babus Salam Masjid As Su'ada Waringin.

A.4. Batasan Masalah

1. Pekerjaan yang dimaksud dalam pekerjaan di sini adalah pembangunan Menara Masjid As Su'ada di Desa Waringin Kecamatan Amuntai Utara, 2019.
2. Data awal berupa konsep desain dan perhitungan struktur sudah didapatkan dalam laporan terpisah.
3. Metode pelaksanaan di sini tidak memasukkan analisis keuangan dan spesifikasi dan jumlah material yang digunakan, yang keduanya terkait dengan RAB dan BOQ.

B. STUDI PUSTAKA

Pada desain ini terdapat beberapa kekhasan yang melekat padanya, berupa bentuk, struktur dan metode pengerjaan. Dalam penelitian ini, fokus bagian yang diamati adalah desain dan stuktur bagian atas, yaitu atap dengan bentuk kerucut. Desain ini agak berbeda dibanding pucuk menara yang lazim sebelumnya. Bentuk asal menara ini berada di dekat pintu nomor 1 dari 40 pintu yang ada di masjid Nabawi, dan pintu itu bernama Babussalam. Karenanya, penulisan selanjutnya akan memakai istilah "Menara Babus Salam".

Menara masjid biasanya merupakan bangunan menjulang tinggi yang dilengkapi pengeras suara untuk azan. Letak menara masjid kebanyakan merupakan tambahan pada bangunan utama masjid. Ada menara yang dibangun menyatu dengan bangunan masjid, tapi banyak pula menara masjid yang letaknya terpisah dari bangunan utama masjid.

Bentuk Menara

Bentuk-bentuk menara masjid yang ada saat ini menjadi bervariasi. Ada yang berbentuk klasik, variasi, segi empat, menara spiral, dan menara silinder. Pada menara klasik, lantai dasarnya berbentuk segi empat, naik ke atas menjadi segi delapan, kemudian tower silinder dengan puncak sebuah kubah kecil. Desain arsitektur menara masjid pun menjadi beragam. Gaya dan bentuk menara itu biasanya disesuaikan dengan budaya dan kondisi wilayahnya. Secara umum terdapat lima bentuk dan gaya menara mesjid, yakni menara klasik, menara variasi, menara segi empat, menara spiral, dan menara silinder. (Agung S.)

B.1. BEKISTING

Bekisting adalah sesuatu struktur temporary yang digunakan dalam konstruksi beton untuk membentuk dan mendukung beton yang sedang dicor hingga memperoleh bentuk dan kekuatan yang diinginkan. Bekisting berfungsi sebagai wadah atau cetakan untuk menahan beton yang masih cair sebelum beton tersebut mengeras dan mencapai kekuatan yang cukup untuk dapat berdiri sendiri.

Pada umumnya bekisting terdiri atas rangka penyangga yang terbuat dari bahan seperti kayu, logam atau bahan lainnya, yang kuat dan tahan terhadap tekanan beton segar. Rangka penyangga ini akan membentuk kontur dan dimensi yang diinginkan untuk beton yang akan dicor. Bekisting juga dilengkapi dengan panel atau plat yang berfungsi sebagai dinding penahan beton di sisi-sisi yang terbuka.

B.1.a. Fungsi dan Manfaat Bekisting

1. Membentuk Beton
2. Menahan Tekanan Beton

3. Meningkatkan kualitas hasil konstruksi
4. Efisiensi konstruksi
5. Keselamatan konstruksi

B.1.2. Jenis – Jenis Bekisting

1. Bekisting Tradisional

Bekisting ini dibuat dari kayu dan triplek (plywood) atau papan yang tahan akan kelembaban. Sangat mudah untuk diproduksi tetapi memakan waktu untuk struktur yang lebih besar, dan triplek yang digunakan memiliki umur yang relatif singkat. Hal ini masih digunakan secara luas di mana biaya tenaga kerja lebih rendah daripada biaya untuk pengadaan bekisting yang dapat digunakan kembali (reusable). Ini juga merupakan jenis bekisting yang paling fleksibel, karena dapat diterapkan pada bentuk konstruksi yang rumit.

2. Sistem Bekisting Rekayasa (Engineering).

Bekisting ini dibangun dari modul prefabrikasi dengan bingkai logam (biasanya baja atau aluminium) dan ditutup pada aplikasi (beton). Yakarnya keuntungan utama dari sistem bekisting, dibandingkan dengan bekisting kayu tradisional, adalah kecepatan konstruksi (pin dengan sistem modular, klip, atau sekrup) dan menurunkan biaya penggunaan kembali (perkuatan, frame hampir tidak bisa dihancurkan, sementara jika terbuat dari kayu, mungkin harus diganti setelah beberapa – atau beberapa lusin penggunaan, tetapi jika penutup tersebut dibuat dengan baja atau aluminium, penggunaan dapat mencapai hingga yakarnya ribu penggunaan tergantung pada perawatan dan aplikasi).

3. Bekisting Plastik Guna Kembali (Reusable).

Sistem ini saling terkait dan berbentuk modular. Digunakan untuk membangun banyak macam bentuk struktur beton yang relatif sederhana. Panelnya ringan dan sangat kuat. Jenis ini cocok untuk konstruksi berbiaya rendah, dan skema perumahan massal.

4. Bekisting Permanen Terisolasi (Insulated).

Bekisting ini dirakit di tempat, biasanya untuk isolasi bentuk beton / insulating concrete forms (ICF). Bekisting tetap di tempat setelah beton telah diawetkan (cured), dan dapat memberikan keuntungan dalam hal kecepatan, kekuatan, isolasi termal dan akustik yang superior, ruang untuk menjalankan utilitas dalam lapisan EPS, dan jalur terintegrasi untuk pemasangan cladding.

5. Sistem Bekisting Struktural Stay-In-Place.

Bekisting ini dirakit di tempat, biasanya keluar dari prefabrikasi dengan diperkuat serat berbahan plastik. Ini tersedia dalam bentuk tabung berongga, dan biasanya digunakan untuk kolom dan dermaga. Bekisting tetap di tempat setelah beton telah awet (cured) dan bertindak sebagai penguat aksial dan geser, serta melayani untuk membatasi beton dan mencegah terhadap dampak lingkungan, seperti korosi dan siklus beku.

B.1.c. Persyaratan Pekerjaan Bekisting / Perancah

Persyaratan harus memenuhi aspek bisnis dan teknologi seperti kekuatan (strength) dan kemampuan untuk dikerjakan (workability) karena itu harus memenuhi syarat:

1. Ekonomis
2. Kokoh dan kuat
3. Mudah dipasang dan dibongkar
4. Tidak bocor memenuhi persyaratan permukaan
5. Mampu menahan gaya horizontal

B.1.d. Persyaratan Khusus bekisting :

1. **Kualitas** : Bentuk dan ukuran sesuai dengan rencana yang di buat dan diinginkan, posisi dan bentuk acuan sesuai dengan rencana, hasil akhir permukaan beton rata/ tidak kropos
2. **Keamanan** : harus stabil pada posisinya, kokoh yaitu harus mampu menahan beban-beban khususnya vertical/horizontal, kekakuan yaitu harus mampu menahan beban horizontal sehingga tidak bergeser dari posisi sebenarnya.
3. **Ekonomis** : Mudah di kerjakan, tidak membutuhkan banyak tenaga kerja, mudah dipasang sehingga menghemat waktu, mudah dibongkar agar bahan bisa digunakan kembali, mudah disimpan

(sipil.uma.ac.id, 2022)

B.1.e. Faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih bekisting

1. Tipe konstruksi
2. Tipe beton
3. Lingkungan konstruksi
4. Durasi proyek
5. Anggaran

B.1.f. Proses pemasangan bekisting

1. Perencanaan dan persiapan
 - a. Menyiapkan desai dan perhitungan
 - b. Mengidentifikasi jenis bekisting yang akan digunakan
 - c. Menyiapkan alat dan peralatan yang dibutuhkan
2. Pemasangan kerangka penyangga
 - a. Menempatkan kerangka penyangga di lokasi yang tepat sesuai dengan desain yang telah dibuat.
 - b. Memastikan bahwa kerangka penyangga terpasang dengan kokoh dan stabil, dengan menggunakan paku atau penjepit untuk mengamankannya ke lantai atau struktur lainnya
3. Pemasangan panel bekisting
 - a. Meamasang panel bekisting di sekeliling kerangka penyangga
 - b. Mengamankan panel dengan menggunakan klem, paku, atau skrup dengan instruksi produsen
 - c. Memastikan bahwa panel terpasang secara rata dan rapat, membentuk dinding penahan yang solid untuk beton
4. Penyesuaian dan perapian
 - a. Memeriksa keakuratan posisi dan level bekisting dengan alat pengukur.
 - b. Menyesuaikan dan merapikan bekisting jika diperlukan untuk memastikan bahwa kontur dan dimensi yang diinginkan tercapai.
5. Penguatan bekisting

Jika diperlukan, bekisting dapat diperkuat dengan menggunakan balok penyangga tambahan atau sistem penahan tambahan untuk mengganggu tekanan beton yang lebih besar. Setelah bekisting terpasang, proses cor dapat dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang ditentukan dalam metode konstruksi yang direncanakan. Penting untuk memastikan bahwa bekisting dipasang dengan benar dan kuat agar mampu menahan tekanan beton yang dicorkan. (asiacon.co.id, 2020)

B.2. BETON

B.2.1 Peristilahan

Berdasarkan SNI 03–2847–2002, yang dimaksud dengan:

1. **Beton** adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat; agregat alam yang pecah; batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir.
2. **Beton normal** adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.
3. **Agregat halus** adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,00 mm.
4. **Agregat kasar** adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm.
5. **Kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c** adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).
6. **Kuat tekan beton yang ditargetkan F'_c** adalah kuat tekan rata-rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari f'_c .
7. **Kadar air bebas** adalah jumlah air yang dicampurkan ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang terserap oleh agregat.
8. **Faktor air semen** adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton.

B.2.2. Persyaratan Umum

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut:

- 1) Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:
 - a. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
 - b. Keawetan;
 - c. Kuat tekan;
 - d. Ekonomis.
- 2) Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah

B.2.3. Persyaratan Teknis

B.2.3.a. Persyaratan Proposal Campuran Beton

Pemilihan proporsi campuran beton harus dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada *data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan* dalam produksi beton;
- 2) Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.
- 3) Rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen;
- 4) Untuk beton dengan nilai f_c hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan;
- 5) Untuk beton nilai f'_c hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya boleh menggunakan perbandingan volume. Perbandingan volume bahan ini harus didasarkan pada perencanaan proporsi campuran dalam berat yang dikonversikan ke dalam volume melalui berat isi rata-rata antara gembur dan padat dari masing-masing bahan

B.2.3.b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus mengikuti persyaratan berikut:

- 1) Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah;
- 2) Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan

Air

Air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton menurut SK SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

- 1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- 2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- 3) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan "Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)" (ASTM C 109).

Semen

Semen harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang semen Portland:

- 1) **Semen Portland Tipe I**, adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
- 2) **Semen Portland Tipe II**, adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
- 3) **Semen Portland Tipe III**, adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) **Semen Portland Tipe IV**, adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- 5) **Semen Portland Tipe V**, adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Agregat

Agregat merupakan material granular: pasir, krikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolis (SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung).

- 1) Agregat Halus:

Menurut SNI-03-2847-2002, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Persyaratan agregat halus secara umum adalah sebagai berikut:

 - Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.

- Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

Menurut SNI 03-2461-1991, agregat halus memiliki modulus kehalusan atau finess modulus (FM) yang berada di kisaran antara 1,5 s/d 3,8.

2) Agregat Kasar:

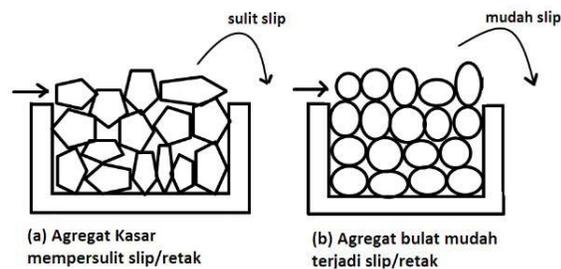
Menurut SNI-03-2847-2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi *alami* dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Dalam penggunaannya harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
- Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
- Agregat kasar yang berbutir *pipih* hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah **kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya**.

Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang.

Menurut SNI 03-2461-1991, agregat kasar memiliki modulus kehalusan atau *finess modulus* (FM) yang berada di kisaran antara 6,0 s/d 7,1



Agregat kasar yang baik untuk pengikatan dengan pasta dan mortar semen adalah yang bertekstur cukup kasar, bentuk bersudut banyak/kubikal, idak pipih, bulat ataupun panjang.

Gambar.1 Agregat Kasar

B.2.4. Perawatan Beton

Perawatan beton, bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai.

Tujuan pelaksanaan curing/perawatan beton adalah: memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada

beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak.

Pelaksanaan curing/perawatan beton dilakukan segera setelah beton mengalami atau memasuki fase hardening (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah pembukaan cetakan/acuan/bekisting, selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton

Metoda dan lama pelaksanaan *curing* tergantung dari:

- Jenis atau tipe semen dan beton yang digunakan, termasuk bahan tambahan atau pengganti yang dipakai;
- Jenis/tipe dan luasan elemen struktur yang dilaksanakan;
- Kondisi cuaca, suhu dan kelembaban di area atau lokasi pekerjaan;
- Penetapan nilai dan waktu yang digunakan untuk kuat tekan karakteristik beton (28 hari atau selain 28 hari, tergantung dari spesifikasi yang ditentukan oleh konsultan perencana/desain).

Kualitas dan durasi/lama pelaksanaan curing/perawatan beton berpengaruh pada:

- Mutu/kekuatan beton (*strength*);
- Keawetan struktur beton (*durability*);
- Kedekatan air beton (*water-tightness*);
- Ketahanan permukaan beton, misal terhadap keausan (*wear resistance*).

Beberapa peraturan menetapkan acuan pelaksanaan *curing*/perawatan beton, yang sama-sama bertujuan untuk menjaga dan menjamin mutu pelaksanaan pembeconan.

Beberapa metoda yang mudah digunakan untuk *curing*/perawatan beton di lapangan, antara lain:

- 1) Membasahi permukaan beton secara berkala dengan air supaya selalu lembab selama perawatan (bisa dengan sistem *sprinkler* supaya praktis).
- 2) Merendam beton dengan air (dengan penggenangan permukaan beton).
- 3) Membungkus beton dengan bahan yang dapat menahan penguapan air (misal plastik, dsb.)
- 4) Menutup permukaan beton dengan bahan yang dapat mengurangi penguapan air dan dibasahi secara berkala (misal dengan plastik berpori atau *nonwoven geotextile* dan disiram secara berkala selama perawatan).
- 5) Menggunakan material khusus untuk perawatan beton (*curing compound*).

SNI 03-2847-2002 mensyaratkan *curing* selama:

- 7 (tujuh) hari untuk beton normal.
- 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi.

ACI² 318 mensyaratkan *curing* dilakukan: sampai tercapai min 70% kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c')

ASTM C-150 mensyaratkan:

- Semen tipe I, waktu minimum *curing* 7 hari.
- Semen tipe II, waktu minimum *curing* 10 hari.
- Semen tipe III, waktu minimum *curing* 3 hari.
- Semen tipe IV atau V minimum *curing* 14 hari.

B.3. TULANGAN

B.3.1. Persyaratan Umum

Menurut SNI-07-2052-2002, baja tulangan beton adalah baja berbentuk batang berpenampang bundar yang digunakan untuk penulangan beton, yang diproduksi dari bahan baku *billet* dengan cara canai panas (*hot*

rolling). Billet adalah baja batangan yang dibuat dari hasil pengecoran biji besi (pig iron). Memiliki penampang bulat atau persegi, dengan luas kurang dari 36 in² (230 cm²).

Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua), baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip.

1. Baja tulangan beton polos, adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tapi tidak bersirip, disingkat BJTP
2. Baja tulangan beton sirip (ulir), adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton, disingkat BJTS.

B.3.2 Persyaratan Teknis

B.3.2.a. Syarat Mutu Baja Tulangan Beton

Syarat mutu baja tulangan beton antara lain:

- a. Baja tulangan beton tidak boleh mengandung serpihan, lipatan, retakan, cema (luka pd besi beton yang terjadi karena proses cenai) yang dalam dan hanya diperkenankan berkara ringan pada permukaan.
- b. Bentuk; Baja tulangan beton harus mempunyai sirip yang teratur. Setiap batang diperkenankan mempunyai rusuk memanjang yang sejajar dan sejajar dengan sumbu batang, serta sirip-sirip lainnya dengan arah melintang sumbu batang.
- c. Sirip-sirip melintang sepanjang batang baja tulangan beton harus terletak pada jarak yang teratur. Serta mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Bila diperlukan tanda atau huruf-huruf pada permukaan baja tulangan beton, maka sirip melintang pada posisi di mana angka atau huruf dapat di abaikan.

Sirip melintang tidak boleh membentuk sudut kurang dari 45 derajat terhadap sumbu batang, apabila membentuk sudut antara 45 sampai dengan 75 derajat, arah sirip melintang pada satu sisi atau kedua sisi dibuat berlawanan. Bila sudutnya di atas 70 derajat arah berlawanan tidak diperlukan.

B.3.2.b. Sambungan Baja

Suatu konstruksi bangunan baja tersusun atas batang-batang baja yang digabung membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Adapun fungsi/tujuan sambungan baja antara lain:

1. Menggabungkan beberapa batang baja membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
2. Mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan sebagainya).
3. Memudahkan dalam penyetelan konstruksi baja di lapangan.
4. Memudahkan penggantian bila suatu bagian/batang konstruksi mengalami rusak.
5. Memberikan kemungkinan adanya bagian/batang konstruksi yang dapat bergerak, misal: peristiwa muai-susut baja akibat perubahan suhu.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 dan ACI 318, sambungan lewatan dilakukan untuk elemen struktur yang panjang dan menerus sehingga tulangan yang dipasang memerlukan penyambungan di samping. Jenis sambungan ini merupakan yang paling umum dilakukan dalam pelaksanaan di lapangan.

Tabel 1.

No	Pena- maan	Dia- meter nominal (d)	Luas penam- pang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter	
		mm		mm ²	min				maks
					mm				mm
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222	
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395	
3	S 10	10	79	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617	
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042	
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578	
6	S 19	19	284	1,0	1,9	13,3	14,9	2,226	
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,984	
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853	
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185	
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313	
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,990	
12	S 40	40	1257	2,0	4,0	28,0	31,4	9,865	
13	S 50	50	1964	2,5	5,0	35,0	39,3	15,413	
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,978	
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	44,6	20,031	

CATATAN:

- Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut:
 - Luas penampang nominal (A)
 $A = 0,7854 \times d^2$ (mm²)
d = diameter nominal (mm)
 - Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \times 0,7$ (kg/m)
 - Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d
 - Tinggi sirip minimum = 0,05 d
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d
 - Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K
Keliling nominal (K)
K = 0,3142 x d (mm)

1) Sambungan Lewatan Dalam Kondisi Tarik

Sambungan ini terdiri atas dua kelas, yaitu: sambungan kelas A dan sambungan kelas B.

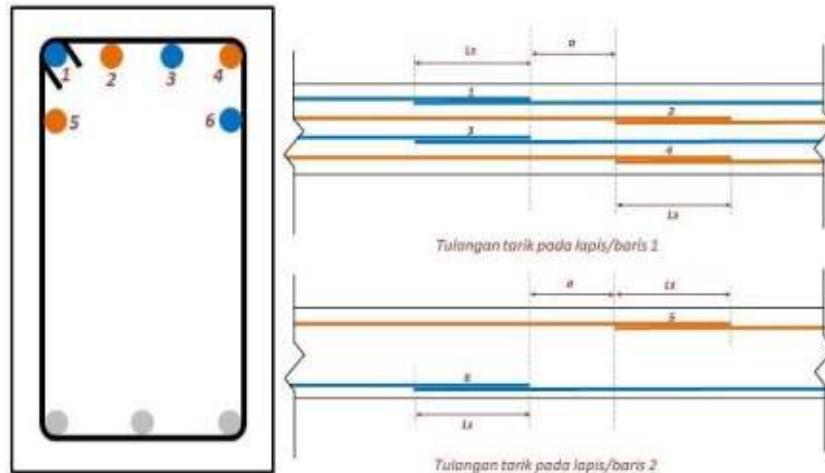
Sambungan kelas A diperbolehkan apabila dua kondisi berikut ini dapat dipenuhi:

- Luas tulangan terpasang tidak kurang dari 2 kali luas tulangan perlu dalam analisis pada keseluruhan panjang sambungan.

Misalkan: Pada daerah sambungan diperlukan tulangan untuk menahan momen (pada umumnya tulangan tarik) sebanyak 3 buah tulangan dan yang masih terpasang atau diteruskan di dalam daerah penampang tersebut minimal 6 tulangan, maka dapat dinyatakan memenuhi satu syarat ini.

- Paling banyak 50% dari jumlah tulangan yang disambung dalam daerah panjang lewatan diperlukan apabila:

- Dalam satu penampang pada posisi daerah yang akan disambung ada 6 buah tulangan dan yang disambung hanya maksimal 3 tulangan sedangkan yang minimal 3 sisanya menerus (sambungan untuk 3 tulangan yang lain di luar daerah sambungan lewatan perlu 3 tulangan yang disambung) maka dapat dinyatakan memenuhi satu syarat ini.
- Sambungan yang ditempatkan berselang seling dapat dianggap di luar daerah panjang lewatan perlu jika ditempatkan pada jarak antara sambungan yang tidak segaris, yaitu $a_{min} = Ld$ (PBI N.I.-2 ps 8.12.2.b memberikan nilai $a_{min} = 40 db$).



Sumber: SNI-03-2847-2002

Gambar .2 Sambungan Kelas A

Apabila dua kondisi tersebut tidak dipenuhi maka diklasifikasikan sebagai **sambungan kelas B**. Panjang minimum sambungan lewatan tarik (ps. 14.15.(1-2) SNI-03-2847-2002):

- Sambungan kelas A : $Ls_{min} = 1,0 Ld$ dan tidak kurang dari 300 mm
- Sambungan kelas B : $Ls_{min} = 1,3 Ld$ dan tidak kurang dari 300 mm

Perhitungan Ld mengikuti ketentuan yang dapat dilihat pada bagian **Penyaluran Tulangan Tanpa Kait** dengan menghitung nilainya **tanpa faktor modifikasi**.

2) Sambungan Lewatan Dalam Kondisi Tekan

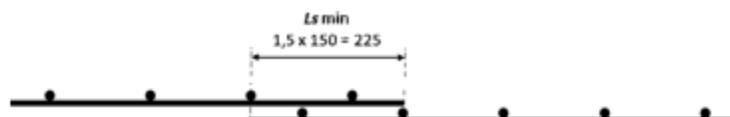
Panjang minimum sambungan lewatan tekan (ps. 14.16.(1-2) SNI-03-2847-2002):

- Untuk $f_y \leq 400$ MPa : $Ls_{min} = 0,07 \cdot f_y \cdot db$ dan tidak kurang dari 300 mm.
- Untuk $f_y > 400$ MPa : $Ls_{min} = (0,13 \cdot f_y - 24) \cdot db$ dan tidak kurang dari 300 mm.

Di mana db adalah diameter nominal tulangan yang disambung, jika terdapat perbedaan diameter tulangan nominal maka diambil nilai terbesar.

3) Sambungan Lewatan Untuk Jaring Kawat

Untuk jaring kawat atau *wiremesh*, ketentuan panjang sambungan lewatan sebaiknya mengikuti ketentuan dari brosur teknis atau standar gambar yang ditetapkan oleh produsen, atau jika tidak ada ketentuan yang ditetapkan dapat diambil nilai yang relatif praktis dan aman, yaitu Ls_{min} sebesar 1,5 kali jarak antar kawat atau besi tulangan wiremesh.



Sumber SNI-03-2847-2002

Gambar .3 Jarak antar Kawat atau Besi Tulangan Wiremesh

4) **Sambungan Lewatan untuk Sengkang Spiral**

Sambungan lewatan untuk sengkang spiral harus mengikuti ketentuan pasal 9.10.4.5.a pada SNI-03-2847-2002 sebagai berikut:

- Sambungan lewatan yang tidak kurang dari pada nilai terbesar dari 300 mm
- Panjang yang dihasilkan dari salah satu ketentuan-ketentuan pada tabel berikut.

Tabel .2 Ketentuan Panjang Sambungan Lewatan

Batang atau kawat ulir tanpa lapisan	48d_b
Batang atau kawat polos tanpa lapisan	72d_b
Batang atau kawat ulir berlapis	72d_b
Batang atau kawat polos tanpa lapisan dengan kait standar atau kait pengikat (yang sesuai dengan ketentuan 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait-kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	48d_b
Batang atau kawat ulir berlapis epoksi dengan sengkang atau sengkang ikat standar (yang sesuai 9.1(3)) pada ujung-ujung tulangan spiral yang disambung lewatan. Kait tersebut harus tertanam di dalam inti beton yang terkekang oleh tulangan spiral yang dimaksud	48d_b

Sumber: SNI-03-2847-2002

B.4. SCAFFOLDING

Menurut SKKNI 2022-046 Scaffolding/perancah tetap adalah bangunan sementara/temporer yang dibangun secara spesifik untuk mendukung akses lantai kerja (platform). Perancah banyak digunakan Selama konstruksi dan renovasi,. Dalam bentuknya yang paling sederhana, perancah adalah permukaan kerja yang ditanggihkan atau ditinggikan untuk menopang pekerja dan/atau material.

Scaffolding berfungsi untuk memberikan dukungan fisik kepada pekerja konstruksi untuk mencapai area kerja yang tinggi dan sulit seperti dinding bertingkat, atap, atau bagian luar gedung. Fungsi scafffolding tidak hanya sebatas itu saja ada beberapa fungsi lain dari scaffolding yaitu:

a. Fungsi Pendukung

Scaffolding digunakan sebagian besar untuk memberikan dukungan fisik bagi pekerja konstruksi agar mereka dapat mencapai lokasi kerja yang tinggi dan sulit dijangkau. Tanpa scaffolding, pekerja tidak akan dapat melakukan pekerjaan mereka dengan aman dan efisien. Scaffolding memberi pekerja platform yang kuat dan stabil untuk berdiri, berjalan, atau bekerja dengan peralatan berat seperti bor dan pemotong.

b. Fungsi Keselamatan

Scaffolding juga memiliki fungsi keselamatan yang sangat penting di dalam dunia industry konstruksi. Scaffolding membantu kita para pekerja konstruksi untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman lagi. Dengan adanya platform yang aman dan stabil resiko jatuh dari ketinggian pun dapat diminimalisasi

c. Fungsi akses

Fungsi ini adalah memberikan akses yang mudah ke berbagai bagian bangunan atau struktur. Melalui penggunaan scaffolding pekerja dapat dengan cepat mencapai tempat tempat yang sulit dijangkau seperti pada dinding exterior, jendela tinggi atau atap. Ini sangat memungkinkan pekerja untuk melakukan tugas perbiakan atau perawatan dengan lebih efisien.

C. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan konsep desain bangunan.
2. Mendapatkan rumusan teknis perhitungan struktur bangunan.
3. Melakukan studi pustaka tentang teori dasar pelaksanaan pekerjaan bangunan beton, maupun jurnal hasil pengamatan pelaksanaan pekerjaan beton dari berbagai kegiatan yang telah selesai dibuat dan didokumentasikan.
4. Membuat urutan penahapan pekerjaan.
5. Membuat penjelasan setiap tahap kegiatan.

D. PEMBAHASAN

D.1. Ringkasan Dari Perencanaan Struktur Atap

1. Bentuk geometri limas segi 16 disederhanakan menjadi kerucut.
2. Mengestimasi mutu baja pasaran yaitu U24, tegan leleh 2.400 kg/cm^2 , atau $f_y = 240 \text{ MPa}$.
3. Menentukan Mutu Beton campuran 1 : 2 : 3 dengan nilai $f_c' = 17 \text{ MPa}$.
4. Menentukan tebal plat = 14 cm
5. Kemiringan simpangan dari sumbu vertikal $6,2^\circ$
6. Ketebalan cor h = 8 cm
7. Besi tulangan polos diameter 8 mm, spasi 8 cm

D.2. Metode Pelaksanaan

1. Membuat Detail Desain Atap

a. Desain Umum

Pekerjaan bangunan menara di Masjid As Su'ada adalah pekerjaan membuat replika yang mencontoh menara yang sudah ada, yaitu menara Babus Salam di Masjid Nabawi, Madinah. Karena itu pendekatan desain dilakukan secara skalatis. Desain umum yang dibuat dapat dilihat pada perbandingan gambar berikut.

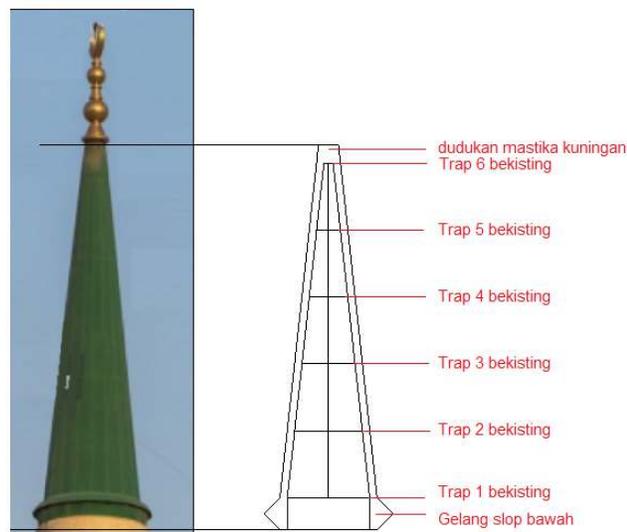


Gambar 4. Perbandingan bangunan acuan dan desain replika

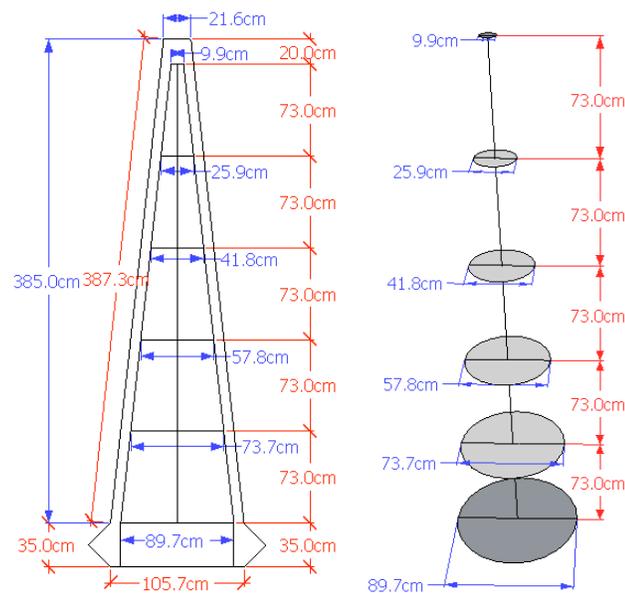
b. Desain Atap Kerucut

Langkah-langkah melakukan duplikasi desain adalah

- Mengambil gambar bangunan asli, menempelnya di halaman kerja program gambar komputer. Dalam pekerjaan ini software yang digunakan adalah SketchUp.
- Mengambil mengecek sumbu simetris objek gambar.
- Membuat desain serupa.
- Melakukan penyesuaian bentuk desain yang mungkin diaplikasikan di lapangan.
- Ukuran desain diturunkan dari tinggi menara di desain umum. Dan desain umum (menara) didapat dengan melakukan penyesuaian dan kepatutan dari perbandingan ukuran menara terhadap bangunan masjid secara keseluruhan.
- Menentukan ukuran bagian bangunan atap replika menara Bab As Salam: tinggi, diameter, dan lain-lain.
- Merencanakan struktur dalam yang mendukung bentuk desain: tulangan dan tebal cor.
- Merencanakan bekisting.



- Gambar 5. Duplikasi desain atap kerucut menara.



Gambar 6. Desain rencana awal

2. Memasang Scaffolding

Menara sebagai struktur tinggi dan langsing sangat membutuhkan rangka pijakan yang bersifat sementara yang kuat, memadai, mudah diakses, dan dapat menjamin mendapatkan sumbu vertikal mudah didapatkan secara lurus. Selain itu durasi kerja yang cukup lama akan membuat kebutuhan bahan yang sanggup melawan cuaca dan kelembaban. Karena itulah dipilih perancah dari bahan besi.



Gambar 7 Scaffolding

Gambar 7 menunjukkan Scaffolding yang dirangkai mulai dari dak teras.

Jarak bukaan brace/pengencang X sebesar 170 cm cukup untuk mengurung bangunan Menara yang memiliki lebar 140 cm. akan tetapi lebar dua kaki bekisting yang hanya 120 cm tentu tidak cukup, sehingga dalam arah memanjang teras cukup 1 bekisting, sedangkan dalam arah lurus ke depan masjid diperlukan 2 lapis. Karena brace tidak bias dipasang di tengah, maka digunakan ikatan tali. Digunakan tali berbahan karet. Tali ini terus kembali kencang setelah gangguan, tetapi harus dicek secara berkala karena tarikan membuatnya meregang dan mudah rapuh.

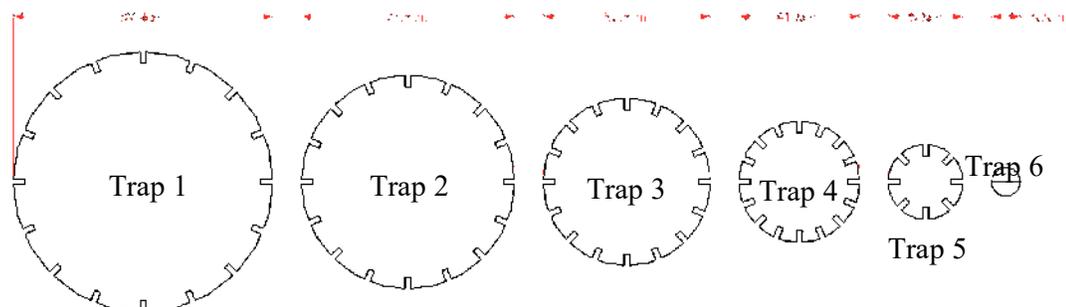
Di bagian kanan dipasang scaffolding tambahan untuk stabilitas susunan utama, dan akses menaikkan barang.

Scaffolding dipasang bertahap sesuai ketinggian pekerjaan. Setiap selesai cor perbagian lalu naik ke pekerjaan di atasnya, maka scaffolding diikatkan pada beton yang sudah mengeras untuk memberikan kekakuan dan kestabilan rangkaian scaffolding seluruhnya.

3. Membuat Bekisting

Pembuatan bekisting dilakukan dengan memperhatikan desain atap menara seperti Gambar di atas. Langkah-langkahnya dapat disebutkan sebagai berikut:

- Membuat trap-trap pembentuk kerucut, disusun berurut dengan jarak 73 cm dari kecil ke besar. Piringan trap ini selain untuk mempertahankan bentuk kerucut sesuai rencana, tetapi juga menjadi sangkutan bilah rusuk agar tetap lurus tidak mengalami lentur.
- Trap dilubangi sedemikian rupa agar kemudian rusuk bekisting bisa ditautkan.
- Jumlah rusuk direncanakan sebanyak 16 bilah, terbagi merata di sekeliling lingkaran trap.
- Kecuali rusuk pada trap 5 ke 6 jumlah rusuk tinggal 8, jika diteruskan maka rusuk akan terlalu rapat
- Trap dibuat dari bahan multiplex 9 mm
- Apabila dirasa kurang kaku, maka ditambahkan bilah pengaku di bagian bawahnya.
- Trap paling ujung rusuk dapat tidak dilubangi karena akan dipaku dari arah sejajar panjang rusuk

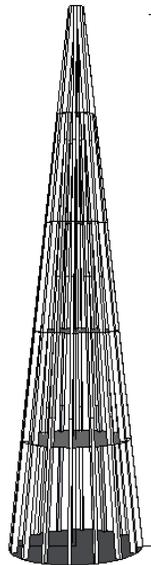


Gambar 8. Rencana Trap



Gambar 9. Pembuatan trap bekisting

- Memasang rusuk kerucut yang ditautkan ke tiap trap.



Gambar 10. Pemasangan rusuk bekisting

Panduan kunci pemasangan trap adalah trap 1 dan 6 sebagai ujung bawah dan atas rusuk. Adapun jarak 73 cm antar trap dapat saja disesuaikan di lapangan, yang penting rusuk terpasang dengan lurus. Hal ini bisa terjadi karena kurang telitian pembuatan lubang dan dimensi kayu rusuk yang tidak konsisten dipabrikasi.

- Membuat dinding bekisting. Karena kelengkungan sangat tajam, maka tidak mungkin menggunakan bahan plywood. Digunakan bahan seng.



Gambar 11. Pemasangan dinding bekisting berbahan seng.

- Karena dinding bekisting berbahan seng, dan pengecoran direncanakan dilakukan secara vertikal bahan seng, akan ada kemungkinan bahan cor ambruk. Karena itu dipasangkah kawat harmonika yang selain untuk memegang bahan cor yang masih basah, ketika kering juga bisa bersenyawa dengan bahan beton, sekaligus memberikan ketahanan tarik tambahan selain tulangan utamanya.
- Kawat harmonika dipasang sepanjang daerah seng, yang berarti seluruh dinding bekisting.



Gambar 12 Pemasangan kawat harmonika

- Menaikkan bekisting adalah pekerjaan tersendiri, karena bentuk yang besar dan posisi yang tinggi. Dalam pekerjaan ini, yang pertama adalah memasang jangkar agar kuat ditarik dari atas. Selain itu bantuan secara manual dilakukan dengan dorongan pekerja yang meniti naik di scaffolding. Jangkar dibuat dari besi tulangan 6 yang dimasukkan dari pusat trap 1 hingga tembus trap 6, agar pengangkatan bisa lebih stabil dan kuat.

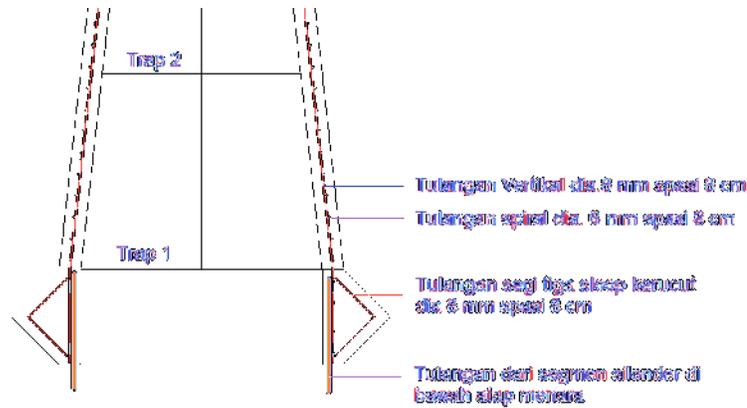


Gambar 13. Jangkar tarikan naik



Gambar 14. Kondisi terpasang

4. Merakit Tulangan



Gambar 15. Rencana penulangan

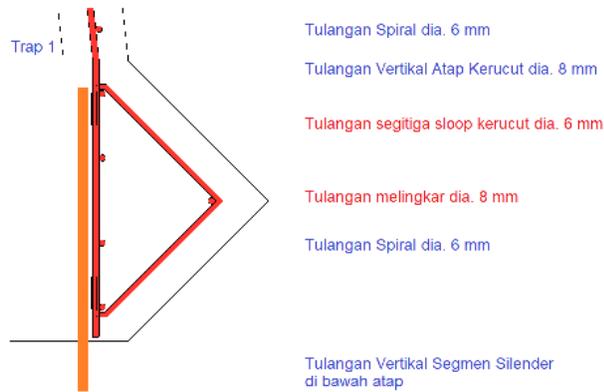
Langkah-langkah penulangan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Tulangan vertikal adalah perpanjangan dari posisi penulangan di bawahnya, yaitu penulangan segmen menara segi silinder. Tulangan ini dimulai dari menyambung tulangan di bawahnya, yaitu tulangan vertikal segmen silinder di bawah atap kerucut. Kemudian dipatahkan mengikuti kemiringan atap kerucut menuju pucuk atap (mastika).
- Tulangan dimaksud adalah tulangan yang terbagi rata diluar silinder berdiameter 100 cm, yaitu 40 buah tulangan $\phi 8$ dipasang vertikal dengan spasi 8 cm.
- Hindari penumpukan tulangan vertikal di bagian pucuk dengan memotong secara berselang dan teratur panjang tulangan vertikal hingga jarak tulangan minimum tetap tegaja, sehingga tidak menghalangi pengecoran.



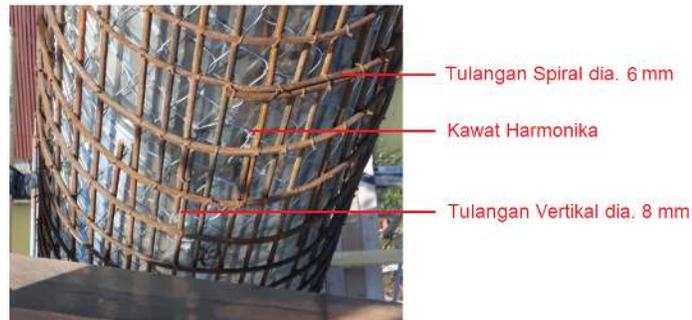
Gambar 16. Tulangan vertikal sloop yang menerus dari tulangan bawahnya.

- Tulangan sloop adalah tulangan berbentuk segitiga yang memberi kekuatan dan sangkutan bagi ekspansi beton ke luar kerucut bagian bawah sebagai variasi bentuk.



Gambar 17. Rencana tulangan bagian sloop

- Tulangan spiral adalah pengganti tulangan horizontal untuk mempertahankan bentuk geometris kerucut. Diameter 6 mm. Ini lebih kecil dari tulangan vertikal karena workability pekerja yang akan kesulitan melilitkan spiral dengan bentuk yang konsisten jika menggunakan besi diameter 8 cm.



Gambar 18. Pelaksanaan penulangan atap kerucut

- Tulangan spiral sloop mastika, adalah tulangan praktis untuk melilit tulangan vertikal di atas Trap 6. Bagian ini sekaligus sebagai struktur dudukan yang nantinya memegang mastika kuning.



Gambar 19. Penulangan dudukan mastika

5. Pengecoran

Pengecoran atap menara ini dapat dijelaskan dalam langkah-langkah berikut:

- Memilih agregat kasar yang berukuran paling kecil yaitu split 1/1. Hal ini agar pasta beton yang akan dicor dengan dilempar, ditekan, dan digosok pekerja lebih mudah memasuki sela-sela tulangan dan kawat.
- Memilih pasir yang berbutir lebih kecil.
- Menyiapkan mal panduan yang akan menjaga konsistensi bentuk geometri dan ketebalan cor. Mal ini dibuat sekaligus dari puncak atap kerucut hingga sloop di bagian bawah. Pertemuan tulangan vertikal di atas Trap 1 bisa dimanfaatkan sebagai sumbu putar sekaligus engsel putar penahan mal tidak jatuh. Sedangkan bagian bawah memanfaatkan bundarnya segmen silender di bawah atap kerucut.
- Pengecoran dengan pekerja mengambil adukan dengan cetok dan melemparkannya dengan kuat ke arah dinding bekisting.
- Pengecoran dilakukan dalam tiga tahap ketebalan:
 - i. Ketebalan yang menutupi tulangan terluar, yaitu tulangan spiral. Campuran beton split dan pasir agak kental dan tua (1:2:3). Berikan permukaan yang kasar karena akan diteruskan dengan pengecoran kedua. Tahap ini belum memakai mal.
 - ii. Ketebalan mal, yaitu 8 cm. hal ini sekaligus sebagai selimut beton bagi tulangan. Karena panjangnya section ini, mak diperlukan paling tidak 2 pekerja yang memegang mal bagian atas dan bawah guna memastikan mal berfungsi maksimal. Campuran yang digunakan sama dengan bagian (i) tetapi mengurangi unsur splitnya setengahnya saja. Hal ini agar mudah dibentuk mengikuti mal.
 - iii. Pengacian guna mendapatkan permukaan yang mulus. Sebaiknya dilakukan sesudah memasang mastika, agar noda semen akibat pemasangan mastika bisa dihilangkan pada proses acian.



Gambar 20. Mal cor bagian bawah

- Pengecoran sloop dengan menyiapkan tuangan pembentuk sloop, segitiga. Menariknya secara berputar dengan mengikuti lingkaran silender di bawahnya.
- Pengecoran atap kerucut mengikuti mal papan lurus.



Gambar 21. Pengecoran atap kerucut



Gambar 22. Pengecoran Pertama



Gambar 23 Pengecoran kedua



Gambar 24. Pengacian awal



Gambar 25. Pengacian akhir

6. Pemasangan Mastika

Pemasangan mastika sebaiknya dilakukan sebelum pengacian atap kerucut.

- Siapkan panjang berlebih/stek dari tulangan vertikal atap kerucut sedemikian hingga masuk ke mastika (dalam keadaan kosong).
- Potong besi yang panjangnya melebihi ruang kosong mastika.
- Isi mastika dengan beton campuran muda hingga sekiranya kalau dibalik akan memenuhi dari bawah hingga level bundaran kedua. Beton ini diharapkan membuat mastika stabil dari goyangan.
- Bentuk mastika yang bundar-bundar menyulitkan jika kontrol keseimbangan dan simetrisitas mastika dilakukan dengan lot dan water pass langsung di mastikanya. Apalagi mastika berada pada ketinggian. Dan kondisi lapangan dimana tidak terdapat lagi scaffolding di atasnya. Sehingga kontrol dilakukan dari pengamat yang ada di bawah, dari arah depan dan samping.
- Pengamat memberikan komando, dan pekerja mengarahkan keseimbangan mastika.

7. Pengecatan

Setelah selesai pengacian, lakukan finishing dengan pengecatan. Pilih bahan cat yang tahan dari rembesan air dan suhu panas terik matahari. Lakukan dengan minimal dua lapis cat. Pengecatan lebih bagus jika dilakukan dalam keadaan cuaca panas, karena beton akan menyerap material cat hingga menutup pori-pori yang bagus untuk menghalangi masuknya air ke dalam beton hingga tulangan terhindar dari korosi.



Gambar 26 Pemasangan Mastika



Gambar 27 Pengecatan

KESIMPULAN

Dari desain dan pengamatan lapangan ditemukan kecocokan:

1. Perancah media untuk bekerja para pekerja menggunakan scaffolding.
2. Bekisting menggunakan multiplex tebal 9 mm untuk piringan pengencang dengan 6 macam diameter sesuai perubahannya sesuai trapnya dalam level ketinggian dalam kerucut.
3. Tulangan yang digunakan besi polos diameter 8 mm $f_y = 240$ MPa.
4. Jarak antar tulangan sebesar 80 mm.
5. Beton yang dicgunakan campuran 1 : 2 : 3 mutu $f_c' = 17$ MPa.
6. Finishing menggunakan cat tahan air.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agung Sasongko, Menara Masjid Damaskus dan Masjid Nabawi Jadi Trend-Setter, Jakarta, Republika, 18 Jul 2019,
<https://khazanah.republika.co.id/berita/puu19e313/menara-masjid-damaskus-dan-masjid-nabawi-jadi-trendsetter>
2. Agung Sasongko, Ragam Bentuk Menara Masjid, Republika, 26 Maret 2017
<https://khazanah.republika.co.id/berita/onfcdw313/ragam-bentuk-menara-masjid>
3. Aminullah, *Tinjauan Kekakuan Struktur Menara Bangunan Mesjid Akibat Posisi Penempatan Struktur Menara*, Jurnal Kacapuri FT , Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, Volume 3 Nomor 2 Edisi Desember 2020
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/jurnalkacapuri/article/view/4071>
4. Andarias R. Sirampun, Pemeriksaan Mutu Dan Ukuran Baja Tulangan Di Pasaran Kota Palu, Media Litbang Sulteng, 2009
5. Bekisting Atau Formwork Dan Jenisnya, <https://sipil.uma.ac.id/bekisting-atau-formwork-dan-jenisnya/>
6. Cara Memilih Bekisting Dan Proses Pemasangannya, <https://asiacon.co.id/blog/penjelasan-bekisting-dan-fungsi-bekisting>
7. Editors of the Madain Project, Minarets of Masjid al-Nabawi,
https://madainproject.com/minarets_of_masjid_al_nabawi
8. Fachriza Noor Abdi, Heri Sutanto, Agus Al Fithrah, Kuat Tekan Beton Dengan Rasio Volume 1 : 2 : 3 Menggunakan Agregat Di Kalimantan Timur (Senoni, Long Iram, Batu Besaung, Penajam Dan Sambera) Berdasarkan SNI 032834-2000, Universitas Mulawarman Samarinda, 2019
9. Gusthia, B., S.T., M.T., Mengenal Tentang Scaffolding Peran dalam Konstruksi Bangunan, 2024
<https://www.garudasystrain.co.id/mengenal-tentang-scaffolding-peran-dalam-konstruksi-bangunan/>
10. Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang, Gramedia, Jakarta, 1991
11. Mohamad K., dkk, Pemenuhan Kaidah-kaidah Struktur pada Masjid Berkubah yang Dibangun Berbasis Partisipasi Masyarakat. IPLBI , 2018 <https://doi.org/10.32315/ti.7.g075>.
12. PUPR, Buku Saku Petunjuk Umum Konstruksi, Tim Pelaksana Pengawasan dan Pengendalian Pusat Kegiatan IBM Direktorat PKP, 2022
13. Redaksi Antar Nusa, Mari Mengenal Asal mula Menara Masjid, 23 April 2024
<https://antaranusa.com/antaranusa/Mari-Mengenal-Asal-mula-Menara-Masjid>
14. Rony Ardiansyah, Ir., MT, IP-U *Apakah Boleh Ditukar Diameternya?*
<https://ronymedia.wordpress.com/2010/04/25/baja-tulangan/>
15. Wahzudi, Andang Widjaja, Studi Pengaruh Tebal Pelat Terhadap Lentutan Pelat Menerus Ditinjau Dari Fungsi Bangunan, UNS