

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam pembuatan sampel penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

4.1. Bahan Penyusun Beton

Perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode ACI Committee 544 (1982). Sebagai penyusun beton digunakan bahan antara lain adalah sebagai berikut:

4.1.1. Semen

Dipakai semen portland jenis I Merk Nusantara. Semen dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan perekat adukan beton (*binder*). Semen jenis ini dipilih karena paling umum digunakan sebagai perekat adukan beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Sedangkan dalam penelitian ini, penilaian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap keutuhan kemasan dan kehalusan butirannya.

4.1.2. Agregat

Dalam penelitian ini digunakan dua macam agregat, yaitu:

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir yang diambil dari Kali Boyong, Sleman, Yogyakarta yang berdiameter lolos saringan 4,80 mm. Sebelum digunakan

terlebih dahulu pasir dicuci. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang terkandung didalam butiran-butiran pasir tersebut. Selain itu dilakukan pula penyelidikan pasir yang bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butir (gradasi) dan berat volume dalam keadaan jenuh kering muka (SSD).

b. Agregrat kasar

Agregrat kasar adalah batuan pecah yang didatangkan dari daerah Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Memperhatikan ukuran penampang model, dipilih batu pecah dengan ukuran butir maksimum 20 mm. Penyelidikan batu pecah bertujuan memperoleh data tentang berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD. Sebelum digunakan batu pecah dicuci dan fraksi batu-batu pecah dipisahkan menggunakan ayakan.

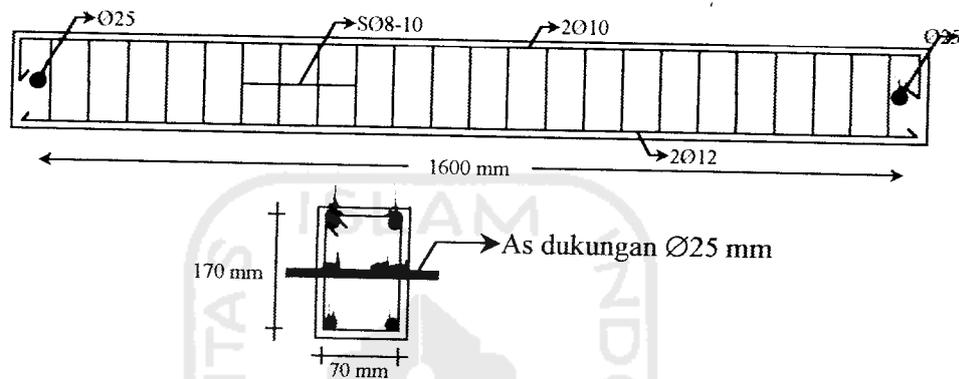
4.1.3. Air

Dalam penelitian ini fungsi air terutama adalah untuk membuat campuran adukan beton, rawatan keras (*curing*), mencuci agregat halus dan agregat kasar. Air yang digunakan berdasarkan pengamatan secara visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Sedangkan air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.1.4. Besi Tulangan Beton

Dalam pembuatan sampel penelitian digunakan baja tulangan polos (BJTP) \varnothing 10 mm sebagai tulangan memanjang atas, \varnothing 12 mm sebagai tulangan

memanjang bawah, dan \varnothing 8 mm untuk tulangan sengkang, sedangkan jarak sengkang yang dipakai 10 cm. Pengujian tarik baja dilakukan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan yang terpasang pada sample (Lihat Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Tulangan Benda Uji

4.1.5. Kawat Bendrat

Kawat bendrat \varnothing 0,8 mm digunakan untuk merangkai tulangan-tulangan, yaitu tulangan memanjang dan tulangan melintang.

4.1.6. Kayu Lapis

Dalam pembuatan sampel agar didapat ukuran yang tepat dan permukaan yang rata sesuai dengan apa yang telah direncanakan digunakan cetakan dari kayu lapis dengan ketebalan 9 mm.

4.1.7. Bahan Perbaikan

Sampel beton yang mengalami kerusakan akibat pembakaran (retak-retak) diperbaiki dengan menggunakan campuran pasta semen dan pasir tanpa menggunakan bahan tambah.

4.2. Alat yang Digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang dipergunakan adalah :

4.2.1. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan batu pecah. Sedangkan ukuran yang dipakai untuk memisahkan fraksi-fraksi dalam pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm, batu pecah 20; 9,6; 4,8 mm.

4.2.2. Timbangan

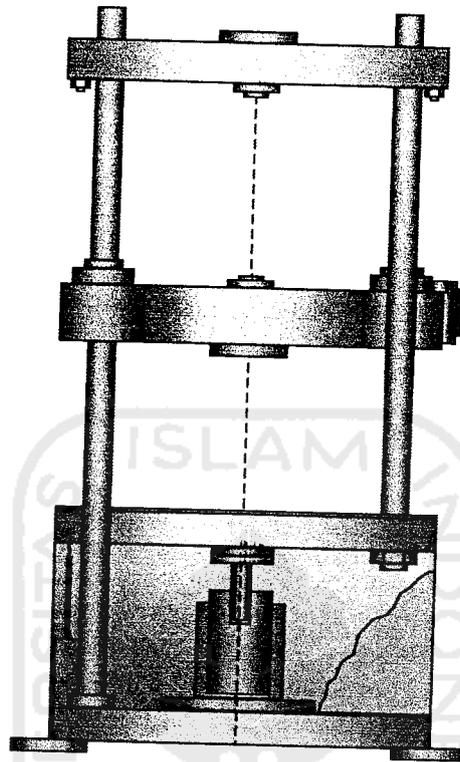
Timbangan merk Fa Gani kapasitas 500 kg, digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton (pasir, semen, kerikil). Timbangan halus merk O`house kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang batu pecah dan pasir ketika melakukan uji berat jenis, berat volume, agregat batu pecah dan modulus halus butir pasir.

4.2.3. Mistar dan Kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi cetakan model, sedangkan kaliper untuk mengukur diameter tulangan dan benda uji.

4.2.4. Mesin Uji Kuat Tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh baja tulangan. Pada penelitian ini digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) merk SHIMATSU type UMH 30, kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Universal Testing Material Shimadzu UMH30

4.2.5. Mesin Uji Kuat Desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia adalah 2000 KN merk *CONTROL*.

4.2.6. Mesin Pengaduk Beton

Agar diperoleh adukan bahan penyusun beton (semen, batu pecah, pasir, dan air) yang homogen digunakan mesin pengaduk beton.

4.2.7. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton kedalam cetakan balok dan silinder. Talam baja digunakan sebagai penampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4.2.8. Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton, tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi panjang 60 cm dengan diameter 16 mm.

4.2.9. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji dibuat dari kayu lapis dengan ketebalan 9 mm kemudian pada bagian luar dari cetakan diberi pengaku yang terbuat dari kayu reng ukuran 2x2 cm. Hal ini dimaksudkan agar dalam pembuatan sampel didapat ukuran yang tepat dan permukaan yang rata sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

4.2.10. Tungku Pembakaran

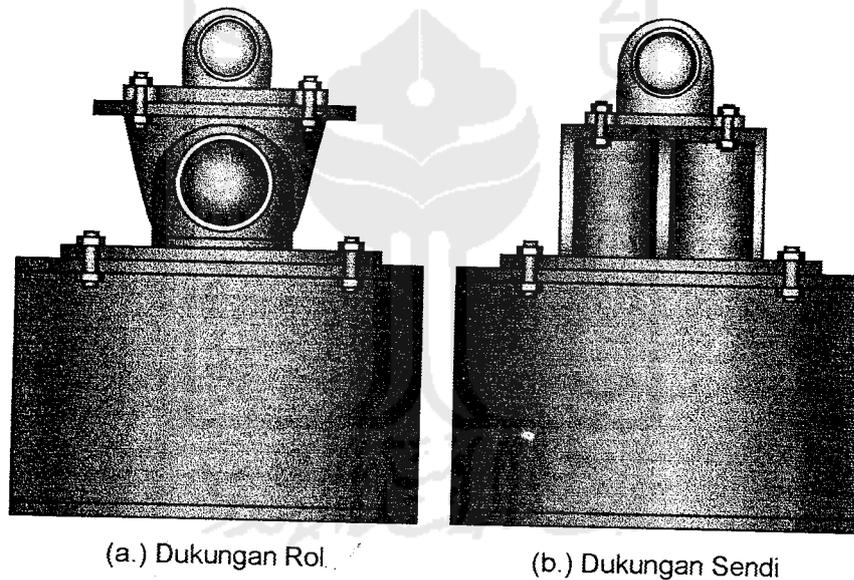
Dalam penelitian ini sengaja dibuat tungku pemanas yang mampu mencapai suhu sampai 1200° C. Hal ini dikarenakan tungku yang ada di UPT tidak mampu untuk melakukan penelitian, untuk itu kami sengaja membuat tungku sederhana yang mampu menampung benda uji sebanyak 4 buah setiap kali pembakaran.

4.2.11. Thermokopel

Thermokopel dipakai untuk mengetahui/mengukur besar suhu didalam tungku pembakaran .Pengukuran suhu pada alat ini dapat mencapai 1600°C.

4.2.12. Dukungan Sendi dan Rol

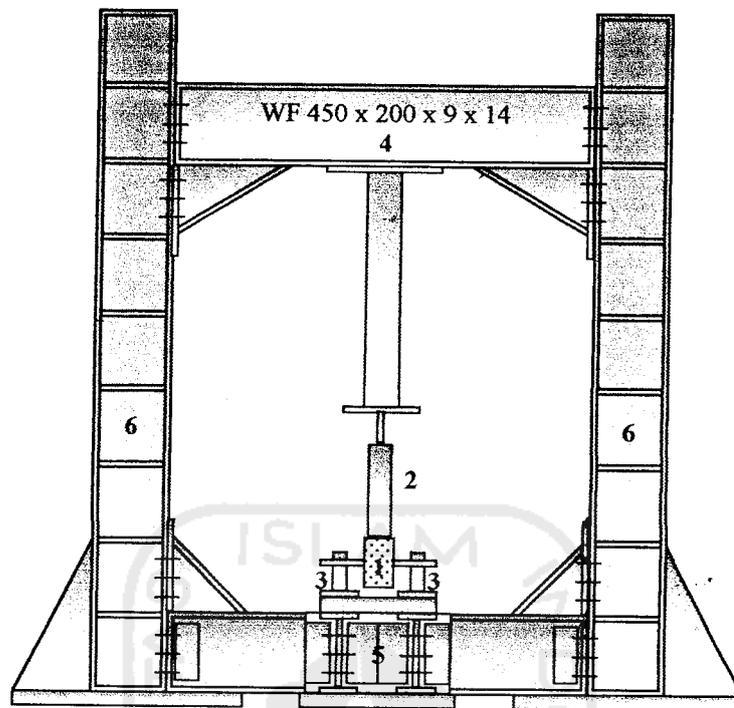
Untuk membuat model balok mendekati balok sederhana (*simple beam*), maka pada salah satu ujung model balok dipasang dukungan rol, sedangkan pada ujung yang lain dipasang dukungan sendi (*engsel*) lihat Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Dukungan Sendi dan Rol

4.2.13. Loading Frame

Untuk keperluan penelitian ini dan penelitian-penelitian yang akan datang, dibuat Loading frame dari bahan baja profil WF 450x200x9x14. Seperti pada Gambar 4.4



Keterangan:

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1. Model balok | 4. Balok portal (bisa digeser) |
| 2. Hydraulic Jack | 5. Balok lintang |
| 3. Dukungan | 6. Kolom |

Gambar 4.4 Bentuk fisik *Loading Frame*

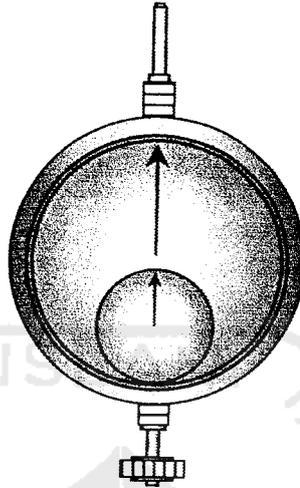
Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame* tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x9x14mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.

4.2.14. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian 0,01 mm. Pada pengujian balok kecil dipakai

dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm – ketelitian 0,01 mm.

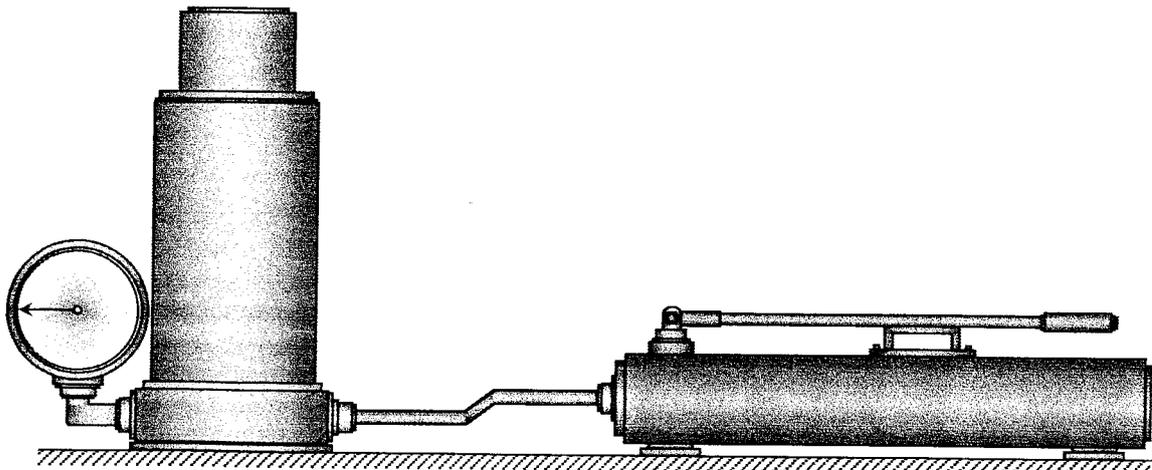
Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan *dial gauge* sebanyak tiga buah.



Gambar 4.5 Dial Gauge

4.2.15. Hidraulic Jack

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur balok skala penuh. Dalam penelitian ini digunakan hidraulic jack dengan kapasitas maksimum yang dimiliki adalah 25 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0.5 ton. Bentuk fisik dari *hidraulic jack* dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Hidraulic Jack

4.3. Pelaksanaan Penelitian

4.3.1. Persiapan Bahan

Pekerjaan persiapan meliputi: uji sifat-sifat teknis bahan susun beton (pasir, agregat dan semen), perancangan adukan beton, uji kuat desak silinder beton, uji kuat tarik baja tulangan, kalibrasi peralatan, set-up instrument pengujian dan uji pendahuluan. Sedangkan uji sifat-sifat teknis bahan susun beton dan uji pendahuluan yang perlu dilakukan antara lain meliputi:

a. Uji pasir

Uji pasir bertujuan memperoleh berat jenis keadaan SSD dan modulus kehalusan pasir. Didapat berat jenis SSD 2,63 dan modulus kehalusan butir 2,36.

b. Uji batu pecah

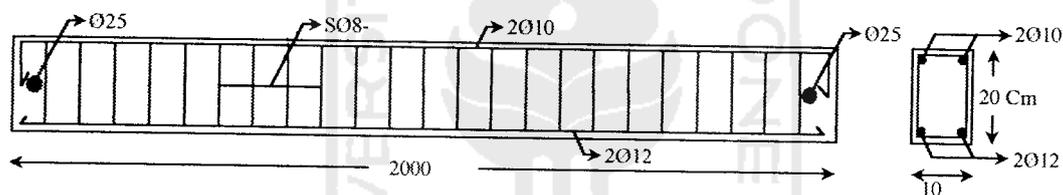
Uji batu pecah bertujuan mendapatkan berat jenis dan berat volume batu pecah keadaan SSD. Didapat berat jenis SSD 2,63 dan berat volume SSD 1,5095 T/m³

c. Perencanaan campuran adukan beton

Perencanaan campuran adukan beton menggunakan cara yang direkomendasikan oleh American Concrete Institute (ACI), hitungannya disajikan dalam lampiran 1. Untuk setiap satu sampel balok (100x200x2000)mm dan dua buah silinder beton (150x300)mm dengan kuat desak rencana 20 MPa diperlukan bahan penyusun sebagai berikut: semen 18,5 kg, pasir 34,2 kg, batu pecah 53,2 kg dan air 9,5 lt.

4.3.2. Pembuatan Sample

1. Membuat sepuluh buah balok beton ukuran (100x200x2000)mm (lihat Gambar 4.7). Rawatan keras (*curing*) terhadap balok uji dilaksanakan dengan menyelimuti balok dengan karung basah yang disiram setiap hari. Dengan cara ini diharapkan proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik. Setelah balok berumur 28 hari baru dilakukan penelitian, yaitu: dengan pembakaran dan uji desak beban statis.
2. Dibuat 2 buah silinder beton dari setiap pencetakan balok. dengan tujuan memperoleh kuat desak beton pada setiap balok.



Gambar 4.7 Model Balok

4.3.3. Perawatan

Salah satu aspek dari pembuatan beton yang tidak layak dan kadangkala diabaikan adalah pada proses perawatan (*curing process*). Perawatan diartikan sebagai kegiatan yang bertujuan agar struktur tetap memenuhi atau mempunyai keadaan yang baik. Untuk menghasilkan beton yang baik, proses hidrasi yang terjadi harus diusahakan berlangsung secara kontinyu tanpa hambatan sejak awal penguangan beton sampai dengan pengerasan beton. Rawatan keras (*curing*) terhadap balok uji dilaksanakan dengan menyelimuti balok dengan karung basah

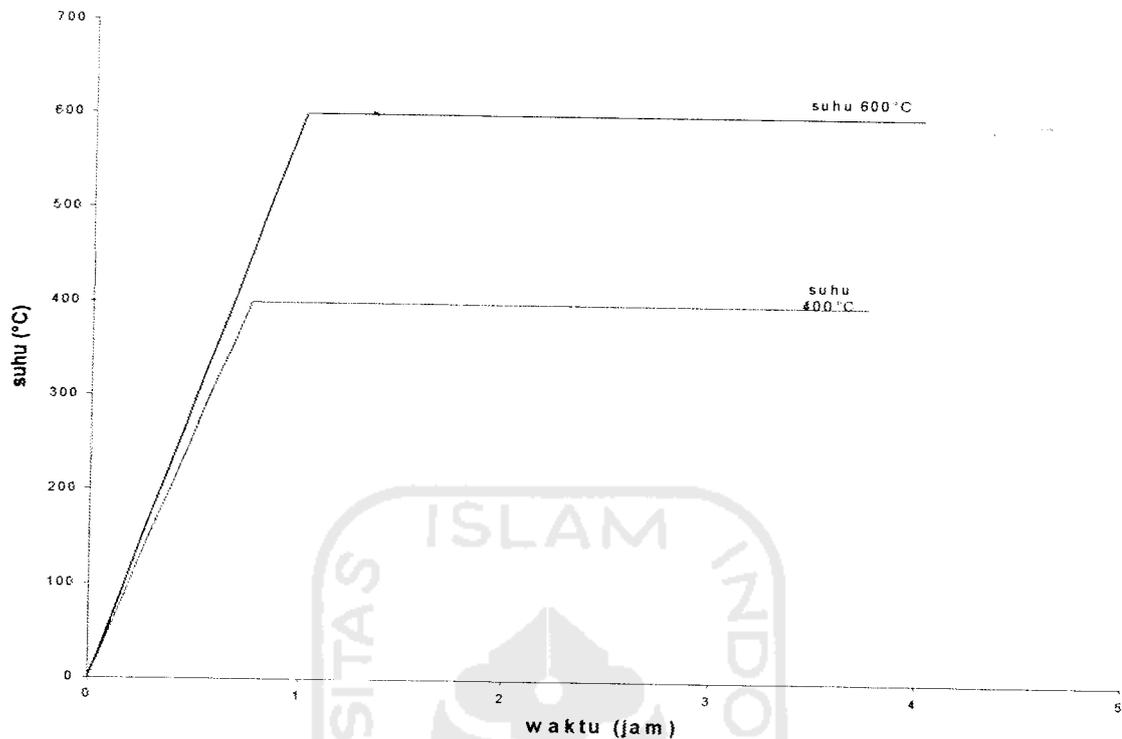
yang disiram setiap hari. Dengan cara ini diharapkan proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik.

4.3.4. Pembakaran Sample

Dalam penelitian ini pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan tungku bakar yang bisa mencapai suhu 1200°C.

Penggunaan tungku bakar ini dimaksudkan untuk mendekati kebakaran secara nyata yang terjadi pada kasus sebenarnya. Hal tersebut tidak seperti pembakaran dengan menggunakan oven yang mana hanya terjadi perambatan panas. Pendeteksian suhu pada pembakaran ini menggunakan thermokopel dan pengendalian suhu menggunakan keran yang dihubungkan menggunakan selang ke tungku bakar

Pembakaran sampel dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari atau lebih. Pembakaran dilakukan dengan dua variasi suhu yang berbeda yaitu 400°C dan 600°C. Sampel yang dibakar sebanyak 4 buah untuk setiap variasi suhu. Lama pembakaran untuk setiap variasi suhu adalah 3 jam yang dihitung apabila suhu yang diinginkan telah tercapai. Pembakaran dilakukan di UPT Keramik, Kasongan, Bantul.



Gambar 4.8 Grafik hubungan suhu dan waktu pembakaran

4.3.5. Perbaikan Struktur Beton

a. Tingkat Kerusakan

Sebelum diputuskan metode perbaikan yang akan dilakukan perlu diketahui tingkat kerusakan pada struktur. Jenis kerusakan yang sering terjadi akibat kebakaran antara lain:

1. Retak ringan ; pecah pada bagian luar beton yang berupa garis-garis yang sempit dan tidak terlalu panjang dengan pola menyebar. Retak ini diakibatkan oleh proses penyusutan beton yang pada saat terjadi kebakaran.
2. Retak berat/struktur : ukuran retak lebih dalam dibandingkan dengan retak ringan yang terjadi secara tunggal atau kelompok yang kadang-kadang disertai dengan lendutan elemen struktur misalnya pada balok.

3. Beton pecah/terkelupas : permukaan beton terlepas dalam kepingan atau bongkahan kecil yang disebabkan oleh perbedaan pemuaian antara agregat dan mortar yang keduanya saling kontradiktif. Pada suhu yang membesar, agregat akan memuai, setelah suhu normal kembali ukuran agregat akan kembali seperti semula. Sedangkan mortar memuai hanya sampai sekitar suhu 200°C , setelah itu menyusut yang berlanjut sampai suhu normal. Perbedaan sifat ini dapat menimbulkan retak/pecah.
4. Beton terkelupas/tulangan tampak : pada balok bagian bawah pada daerah yang suhu kebakaran cukup tinggi.
5. Lendutan balok : terjadi akibat adanya pembebanan dan degradasi material (beton dan baja tulangan). Pada suhu tinggi terjadi penurunan tegangan leleh baja tulangan. Dimungkinkan pada saat kebakaran baja sudah leleh, regangan balok bagian tarik cukup besar, terjadi retak pada beton yang disertai lendutan pada balok. Pada suhu normal tegangan leleh balok kembali seperti semula, tetapi lendutan yang sudah terjadi tidak dapat kembali.
6. Tulangan putus atau tertekuk : terjadi akibat ketidakmampuan elemen menahan beban yang dapat diikuti oleh deformasi yang besar dan hancurnya beton bagian inti.

Melihat tingkatan kerusakan diatas, berdasar hasil pengamatan maka balok beton yang dibakar pada suhu 300°C dapat dikatagorikan pada kerusakan nomer satu. Balok beton dibakar pada suhu 600°C dapat dikategorikan pada kerusakkan nomer dua.

b. Metode perbaikan

Agar bangunan dapat difungsikan kembali, diperlukan usaha perbaikan (*retrofitting*) pada elemen-elemen struktur. Adapun konsep perbaikan harus tetap memperhatikan faktor-faktor antara lain: biaya, kekuatan, kekakuan dan stabilitas.

Beberapa metoda perbaikan yang dapat digunakan untuk menangani struktur pasca bakar diantaranya:

1. **Coating** : melapisi permukaan beton dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan bahan yang bersifat cair. Bahan ini berfungsi untuk menyelimuti beton terhadap lingkungan yang membahayakan/merusak beton. Cara paling mudah dan murah adalah dengan memberi acian pasta semen (akan lebih baik jika menggunakan zat aditif) pada permukaan beton.
2. **Injeksi (grout)** : digunakan untuk perbaikan elemen yang retak. Dengan cara memasukkan bahan injeksi yang bersifat cair pada celah/retakan kemudian dipompa sampai cairan terlihat keluar dari retakan. Akan tetapi sebelumnya dibuat lubang-lubang dengan jarak tertentu sebagai tempat masuknya bahan injeksi. Kemudian setelah itu ditutup dengan plesteran.
3. **Shotcrete** : metode ini dilakukan dengan cara menembakkan mortar atau adukan beton (biasanya dengan menggunakan agregat yang kecil) pada permukaan beton yang diperbaiki. **Shotcrete** dapat digunakan untuk perbaikan permukaan struktur yang vertikal ataupun horisantal. Penggunaan bekisting sangat membantu dalam pekerjaan perbaikan.
4. **Prepacked Concrete** : yaitu dilakukan jika kerusakan beton sudah terlampaui parah. Misalnya jika keretakannya sangat besar dan mengalami penurunan

kuat tekan. Terlebih dahulu permukaan yang mengalami keretakan dikelupas dan dibersihkan lalu pada bagian yang kosong diberi agregat dan kemudian diinjeksi dengan mortar yang mempunyai sifat susutnya kecil dan mempunyai nilai ikatan yang baik dengan beton lama. Penggunaan bekisting pada daerah vertikal atau permukaan bawah sangat membantu dalam pekerjaan perbaikan ini.

5. **Penambahan baja** : digunakan untuk memperkuat elemen struktur yang mengalami kerusakan parah, agar dapat berfungsi kembali memikul beban. Perkuatan pada balok dilakukan jika balok sudah melendut dan berdasarkan analisis kekuatan sisa tidak mampu lagi memikul beban rencana. Penambahan tersebut dapat berupa tulangan longitudinal ataupun vertikal, begel atau plat baja. Cara ini hampir sama dengan *Prepacked Concrete* yaitu setelah beton dikupas sampai pada tulangan dan diberi tambahan tulangan atau plat baja kemudian ditutup dengan beton. Perlu diingat bahwa tulangan atau plat baja tambahan harus diangkerkan pada pondasi, balok atau pelat.

Pada penelitian ini digunakan metode perbaikan *Coating*. Balok beton setelah dibakar akan mengalami kerusakan yang berupa retak-retak rambut pada permukaan beton. Perbaikan dilakukan dengan cara mengelupas permukaan beton yang retak. Pengelupasan dengan menggunakan betel dan gerinda sedalam bagian yang mengalami retak. Untuk menghindari keretakan lebih lanjut, pengelupasan dilakukan dengan cermat dan hati-hati. Setelah pengelupasan selesai, beton dicor kembali dengan campuran semen, pasir dan air kemudian dilapisi pasta semen dengan sedikit memperbesar dimensi menjadi



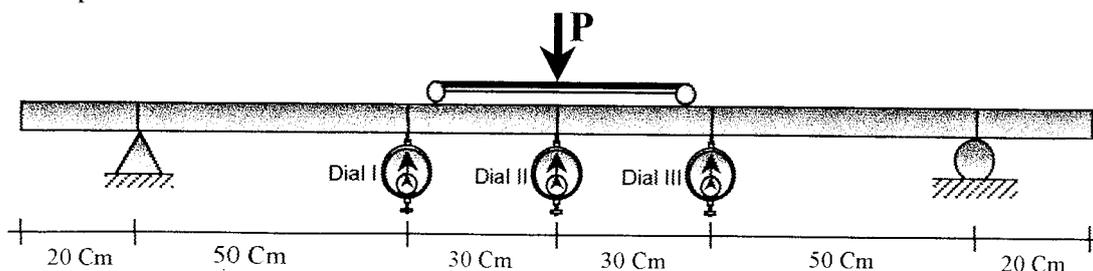
120x220x2020mm. Selanjutnya dilakukan perawatan beton selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian.

4.3.6. Pengujian Sample

Pengujian sampel dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari atau lebih. Hal ini dikarenakan pada umur 28 hari atau lebih kuat tekan beton cenderung stabil, sehingga pengujian balok beton dapat dilakukan setelah beton mengalami perawatan selama 28 hari atau lebih.

Sedangkan tahap-tahap pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain :

- Menguji kuat tekan beton dengan cara uji desak benda uji silinder.
- Menguji kuat tarik baja tulangan yang dipakai model balok beton, dengan tujuan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh baja tulangan
- Pengujian balok beton dengan beban statis 2 titik secara bertahap bertujuan untuk memperoleh kerusakan sample, dikerjakan bertahap dari nol sampai terjadi retak pertama dengan penambahan beban 0,5 Ton, kemudian beban ditingkatkan berdasarkan kondisi sample menggunakan alat *Loading Frame* dengan tujuan untuk mengetahui besar defleksi balok uji seperti pada gambar 4.8. Pencatatan hasil pengujian yang berupa defleksi balok dilakukan setiap penambahan beban



Gambar 4.9. Metoda Pembebanan