

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini merupakan suatu studi kasus pekerjaan perbaikan struktur kantilever balok beton bertulang yang diakibatkan *overloading*/ beban yang berlebihan. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kinerja dan kapasitas dari balok beton yang mengalami perbaikan setelah runtuh karena *overloading* dengan bahan perbaikan Sikadur 31 & Sikadur 752 ditambah bahan perkuatan Sika Carbodur Plates & Sikadur 30 .

Penelitian dilakukan melalui studi literature dan juga dengan percobaan laboratorium, yaitu dengan membuat modelisasi berupa model balok kantilever dan melakukan simulasi kerusakan akibat *overloading* diikuti dengan perbaikan struktur dan pengujian terhadapnya terkait dengan kekuatan strukturnya.

3.2 Sistematika Penelitian

Dalam mencapai tujuan di atas diperlukan suatu sistematika penelitian yang akan dilakukan, antara lain adalah sebagai berikut :

- Mempelajari jenis kerusakan yang terjadi, termasuk di dalamnya penyebab dan metode pelaksanaan perbaikan kerusakan yang mungkin dilakukan, serta data-data teknis yang terkait di lapangan.
- Melakukan studi literature, terutama teori yang berkaitan dengan beton bertulang, kerusakan beton, bahan dan metode perbaikannya.
- Melakukan modelisasi, berupa model balok kantilever untuk kondisi perbaikan.
- Menetapkan parameter keberhasilan penelitian.
- Melakukan pengujian terhadap balok kantilever yang telah diperbaiki.
- Melakukan analisa terhadap data hasil pengujian.

- Melakukan analisa dengan membandingkan data hasil uji dengan literature.
- Mengambil kesimpulan.

3.3 Bahan Campuran Beton

Dalam menunjang tercapainya tujuan, akan dilakukan pengumpulan data yaitu dengan cara studi literature dari referensi yang ada yang berupa *text book* dan data pembuatan dan hasil uji laboratorium terhadap material beton dan bahan perbaikan, serta hasil uji dari modelisasi balok kantilever yang telah dilakukan perbaikan dan kekuatan.

Dalam penelitian ini dibutuhkan 9 sembilan buah model struktur balok kantilever beton bertulang yang kemudian disimulasikan telah mengalami keruntuhan akibat beban yang berlebihan (*overloading*), sehingga dalam pembuatan model tersebut diperlukan data-data bahan/ material penyusun beton.

Perbandingan campuran bahan beton harus dipilih untuk mendapatkan beton yang paling ekonomis, sehingga dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia akan menghasilkan beton yang mempunyai *workability*, *durability*, dan kekuatan seperti yang diinginkan.

Uji laboratorium dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara komponen material penyusun beton, namun perbandingan terakhir harus ditentukan dengan cara coba-coba dan disesuaikan dengan keadaan lapangan.

Prosedur perhitungan campuran beton pada garis besarnya adalah sebagai berikut:

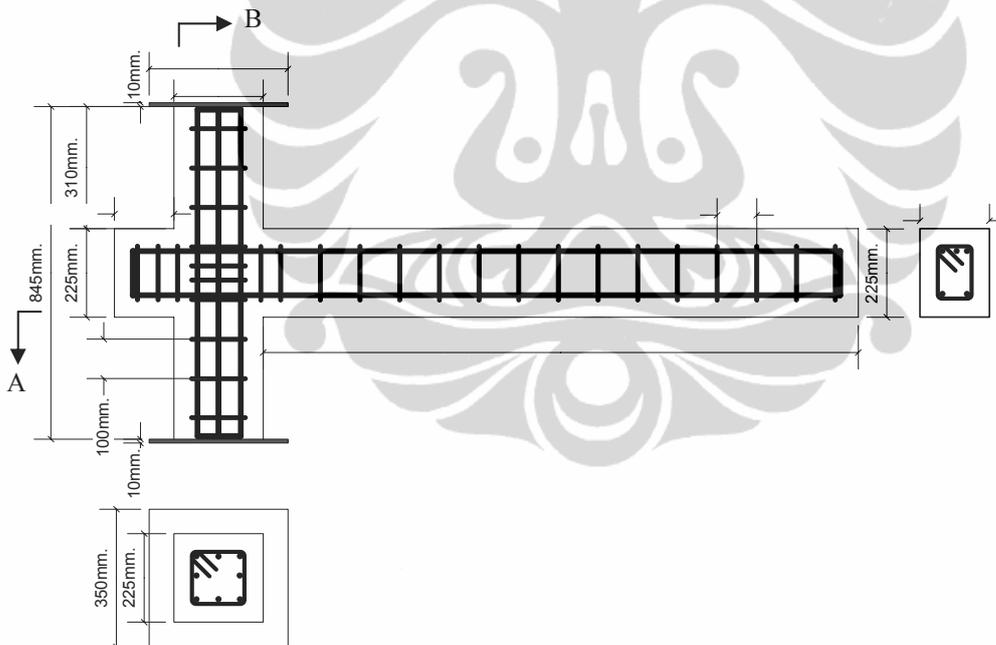
- Menentukan peruntukan beton rencana, sehingga didapat *target strength*, *workability*, dan *durability* rencana beton
- Tes material, untuk mendapatkan data properti material penyusun beton, juga untuk memeriksa kelayakan dari material
- Menentukan ukuran butiran maksimum agregat kasar, *slump*, dan kandungan udara yang didasarkan pada peruntukan beton sebelumnya.
- Berdasarkan ukuran butiran maksimum agregat kasar, dapat ditentukan berat satuan air dan persentase pasir terhadap agregat
- Menentukan besarnya *slump* yang diinginkan

- Menentukan *water-cement ratio*, berdasarkan *target strength* dan *durability* beton rencana untuk mendapatkan jumlah perbandingan semen dan air yang diperlukan
- Dengan diketahui perbandingan dan persentase masing-masing bahan penyusun, maka kebutuhan jumlah semen, air, pasir, dan agregat untuk membuat beton dapat diketahui

3.4 Pembuatan Benda Uji

Modelisasi balok kantilever merupakan model utama penelitian ini, berikut ini adalah perincian secara umum metode pembuatan balok kantilever yang akan diuji :

- Membuat bekisting sebanyak 9 (sembilan) buah sebagai pembentuk struktur kantilever balok beton bertulang (Gambar 3.1).

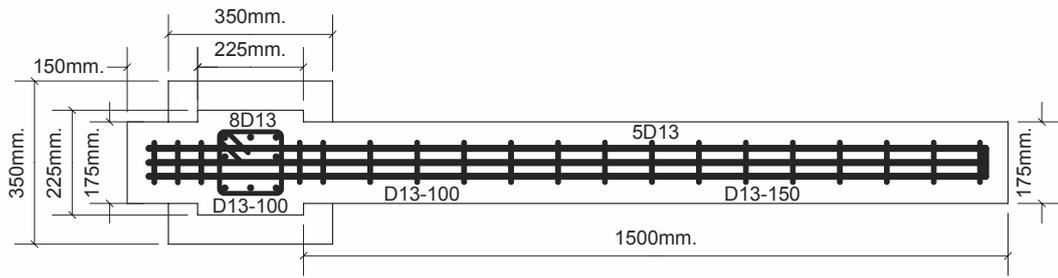


Gambar 3.1 Dimensi Struktur Kantilever Balok Beton Bertulang

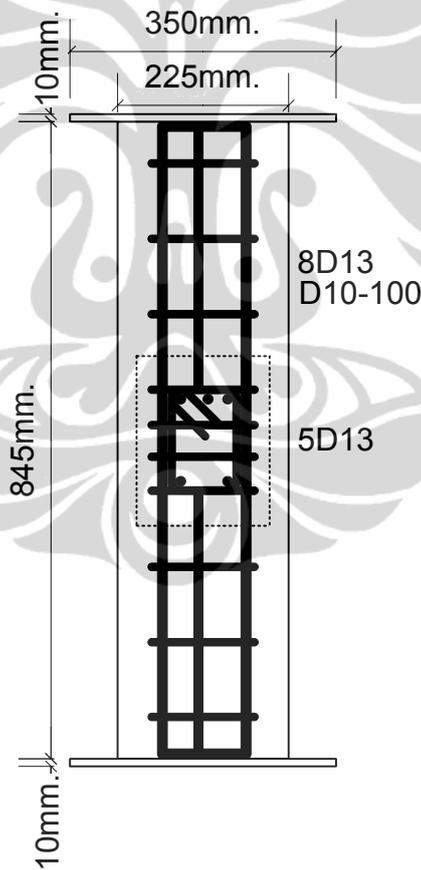
- Merangkai tulangan kolom 8D13 dan D10-100, tulangan balok 5D13 dan D10-100.

350mm.

225mm.

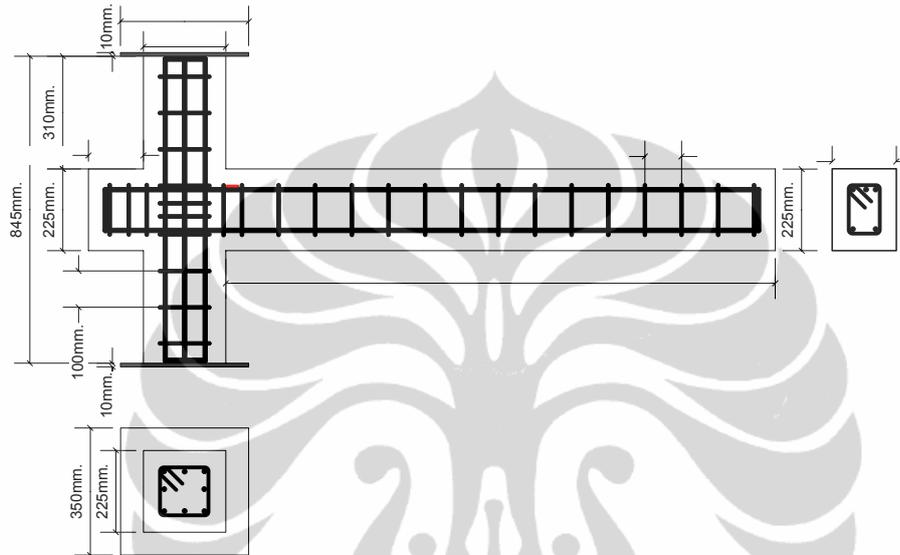


Gambar 3.2 Potongan A



Gambar 3.3 Potongan B

- Mengolesi bagian dalam bekisting dengan oli agar bekisting mudah dilepas.
- Mengatur tulangan baja di dalam bekisting, sedemikian rupa agar diperoleh selimut beton rencana.
- Memasang *strain Gages* pada tulangan tarik 1 buah (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Penempatan *Strain Gages* Sebelum Pemasangan Tulangan

- Membuat campuran beton dari hasil perhitungan ($f_c' = 30 \text{ Mpa}$)
- Mengecor campuran beton pada bekisting yang telah selesai dilakukan pemadatan dengan bantuan vibrator.
- Meratakan permukaan.
- Melakukan *curing*, dengan cara menyelimuti balok kantilever hasil cor dengan karung goni yang disiram dengan air bersih setiap hari (selama 28 hari)

D13-50

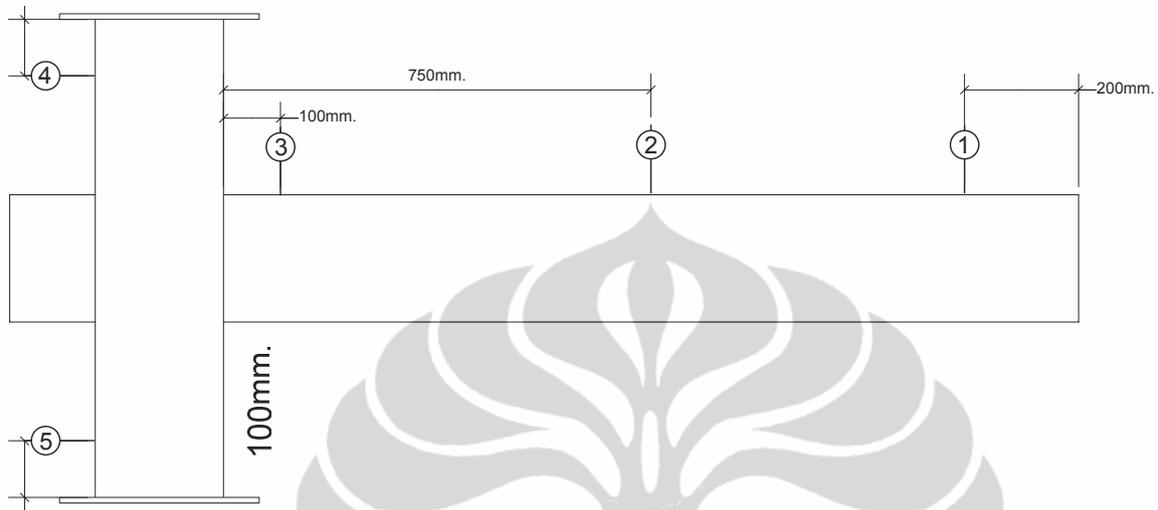
3.5 Pengujian Laboratorium

3.5.1 Pengujian Benda Uji Sampai Runtuh

Prosedur umum pengerjaan yang akan dilakukan untuk mendapatkan data penelitian di laboratorium, antara lain pengujian-pengujian terhadap benda uji tanpa perkuatan dan dengan perkuatan. Dilakukan pengujian pembebanan pada

8D13

ujung struktur kantilever balok beton bertulang secara monotonik sampai tercapai keadaan runtuh. Pada ujung dan tengah sisi atas struktur kantilever balok beton bertulang dipasang *Dial Gauge* masing-masing 1 buah.



Gambar 3.5 Penempatan *Dial Gauge*

3.5.2 Perbaikan Benda Uji Yang Runtuh

Dalam perbaikan Benda Uji sebanyak 9 (sembilan) buah, berupa balok beton kantilever yang telah mengalami keruntuhan/ kerusakan dibagi atas 3 (tiga) kelompok :

1. Metode perbaikan dengan model menggunakan bahan Sikadur 31 & Sikadur 752 dan untuk perkuatan menggunakan bahan Sika Carbodur Plates & Sikadur 30.
2. Metode perbaikan dengan model menggunakan bahan Sikadur 31 & Sikadur 752 dan untuk perkuatan menggunakan bahan Sika Carbodur Plates & Sikadur 30 diperkuat arah melintang.
3. Metode perbaikan dengan model menggunakan bahan Sikadur 31 & Sikadur 752 dan untuk perkuatan menggunakan bahan Sika Carbodur Plates & Sikadur 30 diperkuat Plat 50x5.

Juga dipasang 2 (dua) buah strain Gages untuk masing-masing model struktur kantilever balok beton bertulang.

Metode perbaikan dan perkuatan yang akan dilakukan meliputi :

3.5.2.1 Perbaikan Struktur Balok Kantilever

Prosedur yang harus dipenuhi untuk pekerjaan perbaikan retak dengan metode injeksi bertekanan yang harus dipenuhi dan mendapatkan hasil yang dapat diterima adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan persiapan permukaan

- Bagian retak dan permukaan sekitarnya harus bersih, padat dan bebas dari bahan yang menghambat lekatan, dengan menggunakan air secara mekanis.
- Dibuat lubang injeksi diameter 5 mm, kedalaman 50 mm.
- Dibuat takikan berbentuk V sepanjang retak dengan lebar 5 mm dan kedalaman 5 mm.
- Bersihkan bagian retak dengan kompresor udara atau *vacum cleaner*.
- Pada saat dilakukan aplikasi injeksi *epoxy resin* daerah perbaikan harus kering atau boleh sedikit lembab tetapi tidak boleh ada air yang menggenang.

2. Cara pencampuran :

a. Bahan perekat Sikadur 31

- Bahan Sikadur 31 ini terdiri dari dua komponen, yaitu berupa pasta (A) dan *viscous liquid* (B).
- Sebelum digunakan aduk terlebih dahulu dari masing-masing komponen tersebut.
- Campurkan kedua komponen tersebut dalam suatu wadah pengaduk yang kering dan bersih dengan perbandingan campuran A : B = 2 : 1 atau sesuai rekomendasi pabrik.
- Diaduk secara merata selama 3 menit dengan tangkai pengaduk elektrik.
- Jumlah bahan yang dicampurkan harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat diaplikasikan sebelum terlampauinya waktu *potlife*.

b. Bahan injeksi resin Sikadur 752 pengisi celah retak :

- Bahan injeksi resin Sikadur 752 ini terdiri dari dua komponen, dimana keduanya berupa *thin liquid*.
- Sebelum digunakan aduk terlebih dahulu dari masing-masing komponen tersebut.
- Campurkan kedua komponen tersebut dalam suatu wadah pengaduk yang kering dan bersih dengan perbandingan campuran A : B = 2 : 1 atau sesuai rekomendasi pabrik.
- Jumlah bahan yang dicampurkan harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat diaplikasikan sebelum terlampainya waktu *potlife* (35 menit pada suhu 30° C).

3. Prosedur Pelaksanaan Perbaikan

- a. Bahan perekat Sikadur 31 untuk menutup retakan dan pipa injeksi :
 - Pasang pipa injeksi dengan jarak antar pipa tidak melebihi ketebalan permukaan.
 - Jarak antar pipa injeksi harus diatur sedemikian rupa sehingga bahan Sikadur 31 dapat mengalir di antara pipa dan mengisi penuh celah retak yang ada.
 - Pada bagian struktur yang mempunyai dua sisi retak, pemasangan pipa injeksi dilakukan pada kedua sisinya dengan letak yang bersilangan.
 - Aplikasi campuran Sikadur 31 untuk menutup retak dan sekitar pipa agar kedap untuk mencegah keluarnya bahan injeksi resin Sikadur 752.
- b. Bahan injeksi resin Sikadur 752 untuk injeksi dengan tekanan :
 - Masukkan campuran injeksi resin Sikadur 752 ke dalam tangki penampung resin dari alat injeksi.
 - Injeksikan bahan injeksi Sikadur 752 ke dalam retak dengan tekanan konstan 1 – 70 bar, agar retak dapat terisi penuh tanpa adanya rongga atau udara yang terjebak.
 - Pengisian retak dimulai pada pipa yang terendah dan dilanjutkan hingga bahan injeksi resin Sikadur 752 keluar pada pipa di sebelahnya, dimana hal ini menunjukkan adanya aliran bahan tersebut.
 - Lanjutkan prosedur injeksi seperti tersebut di atas hingga seluruh celah retak terisi.

4. Pembersihan Permukaan

- Setelah bahan injeksi resin Sikadur 752 mengeras, potong pipa injeksi dan lakukan perataan bekas bahan perekat Sikadur 31 dengan menggunakan gerinda. Pembersihan permukaan dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang diinginkan sesuai persyaratan.
- Bahan perekat Sikadur 31 dan injeksi resin Sikadur 752 dapat dibersihkan dari peralatan dengan menggunakan bahan *solven* yang telah disetujui.
- Bahan perekat Sikadur 31 dan injeksi resin Sikadur 752 yang telah mengeras hanya dapat dibersihkan secara mekanis.
- Setelah pekerjaan selesai, daerah pekerjaan injeksi dan daerah kerja sekitarnya harus ditinggalkan dalam keadaan rapi, bersih dan tidak terdapat tumpahan bahan-bahan sisa di sekitar daerah kerja.

5. Finishing

Setelah selesai pekerjaan pembersihan permukaan bagian struktur yang mengalami perbaikan harus siap untuk dilakukan pekerjaan perkuatan pada elemen struktur yang akan dilakukan perkuatan.

3.5.2.2 Pemasangan Sika Carbodur Plates & Sikadur 30

Prosedur yang harus dipenuhi untuk pekerjaan perkuatan dengan *carbon fibre* yang harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil yang dapat diterima adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan permukaan

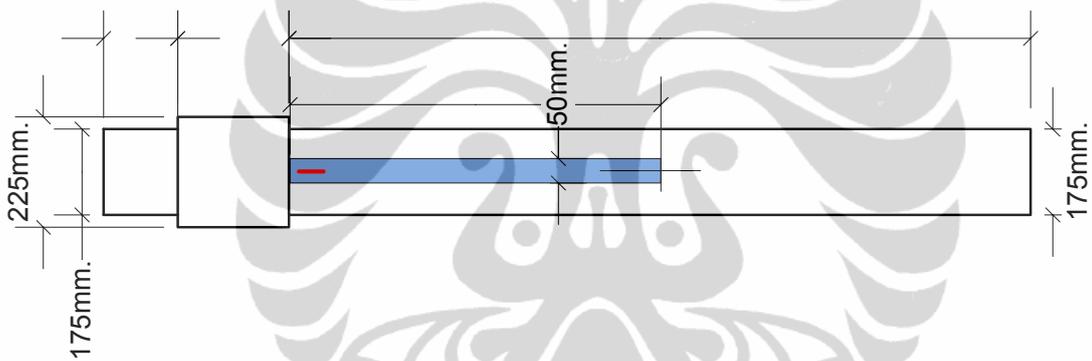
- Permukaan harus bersih, padat dan bebas dari material penghambat lekatan.
- Permukaan beton harus dikasarkan dengan alat mekanis.
- Permukaan yang mengalami kerusakan atau terdapat lubang-lubang besar harus diperbaiki dengan mengisi/ menutup permukaan tersebut.
- Bersihkan permukaan dari debu dengan menggunakan kompresor udara atau *vacum cleaner*.

2. Cara pencampuran :

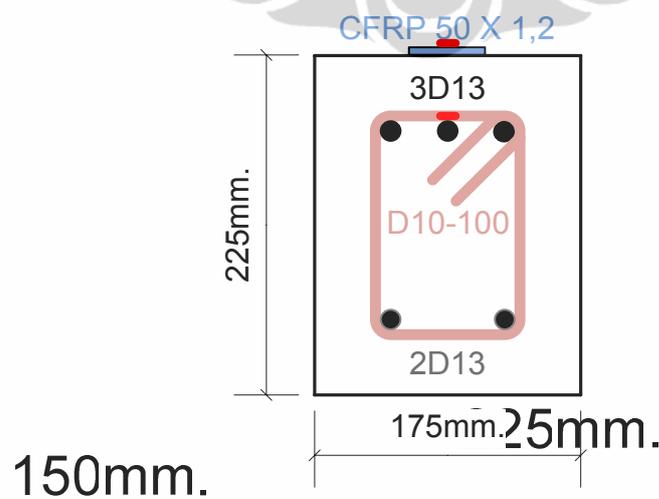
Bahan perekat *epoxy resin* Sikadur 30

- Bahan Sikadur 30 ini terdiri dari dua komponen, yaitu *base resin* dan *liquid hardener*.
 - Sebelum digunakan aduk terlebih dahulu dari masing-masing komponen tersebut.
 - Tuangkan komponen liquid hardener ke komponen base resin dengan menggunakan spatula dengan perbandingan campuran base resin : liquid hardener = 1 : 3 atau sesuai rekomendasi pabrik.
 - Diaduk secara merata selama 3 menit dengan tangkai pengaduk elektrik dengan putaran maksimum 500 putaran per menit.
 - Jumlah bahan yang dicampurkan harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat diaplikasikan sebelum terlampauinya waktu *potlife*.
3. Prosedur Aplikasi (3 model seperti tergambar)
- Aplikasikan campuran bahan perekat *epoxy resin* pada permukaan beton yang telah dipersiapkan dengan menggunakan kuas dengan perkiraan pemakaian $0,7 - 1,2 \text{ kg/m}^2$ tergantung kekasaran permukaan.
 - Lapisan perekat *epoxy resin* harus membentuk lapisan lekatan yang benar-benar baik pada permukaan beton.
 - Lekatkan *carbon fibre* pada permukaan beton yang telah dilapisi dengan bahan perekat *epoxy resin* sesuai dengan arah serat yang dibutuhkan .
 - Tekan *carbon fibre* hingga *epoxy resin* terdesak keluar melalui celah antar anyaman.
 - Ratakan kelebihan *epoxy resin* dengan menggunakan kuas sebagai lapisan pelindung dari *carbon fibre*.
4. Pembersihan
- Bahan perekat *epoxy resin* dapat dibersihkan dari peralatan dengan menggunakan air.
 - Bahan perekat yang telah mengeras hanya dapat dibersihkan secara mekanis.

- Setelah pekerjaan selesai, lokasi perkuatan dan daerah kerja sekitarnya harus ditinggalkan dalam keadaan rapi, bersih dan tidak terdapat tumpahan bahan perkuatan lainnya.
5. Finishing
Setelah selesai pekerjaan pembersihan, permukaan bagian struktur yang mengalami perkuatan harus siap untuk dilakukan pengujian benda uji yang telah diperbaiki.
 6. Gambar model pemasangan CFRP dan penempatan *strain Gages*
 - a. CFRP pada Balok



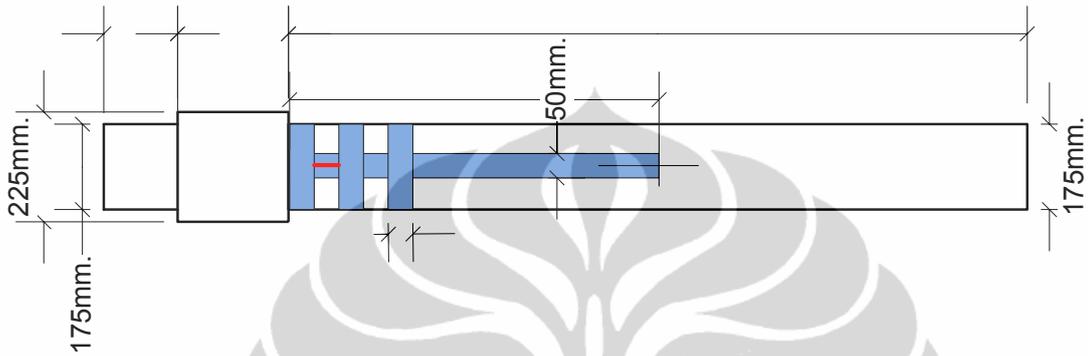
Gambar 3.6 Penempatan *Strain Gages* model-1 dengan Perkuatan



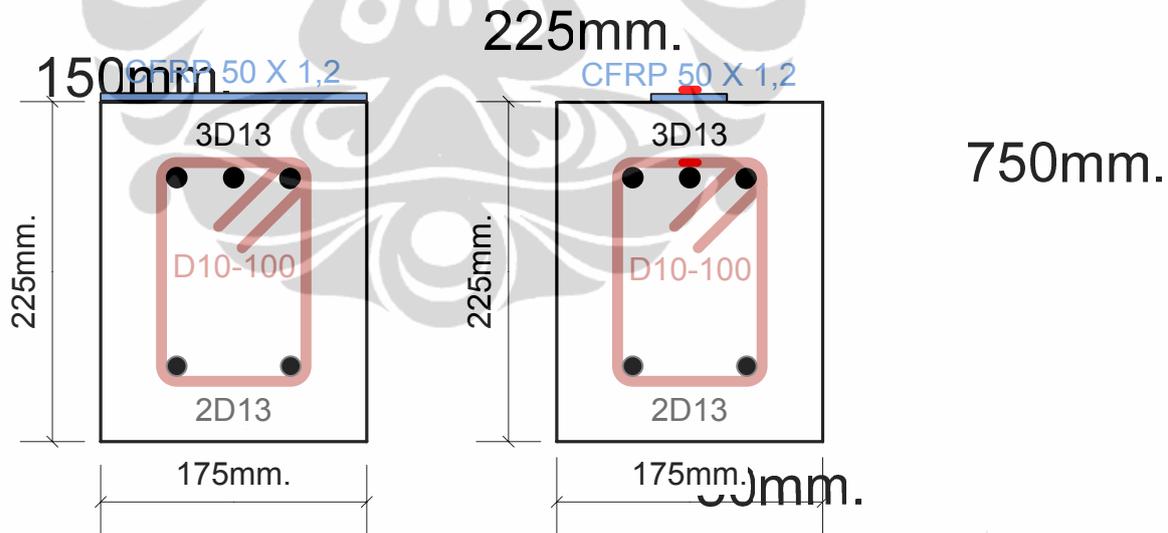
Gambar 3.7 Potongan Penempatan *Strain Gages* Model-1 dengan Perkuatan

750mm.

b. CFRP+ pada Balok

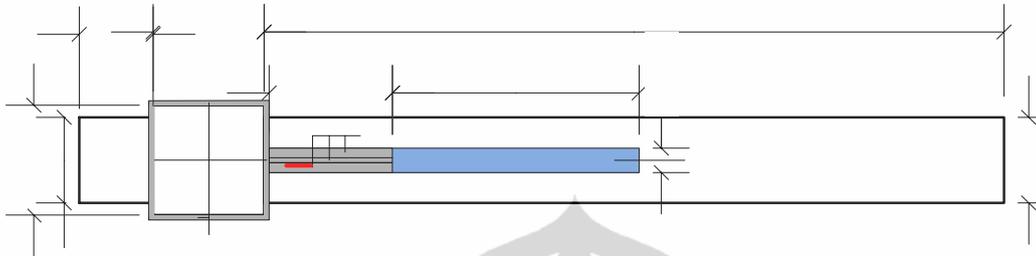


Gambar 3.8 Penempatan *Strain Gages* Model-2 dengan Perkuatan



Gambar 3.9 Potongan Penempatan *Strain Gages* Model-2 dengan Perkuatan

c. CFRP & Plat 50x5



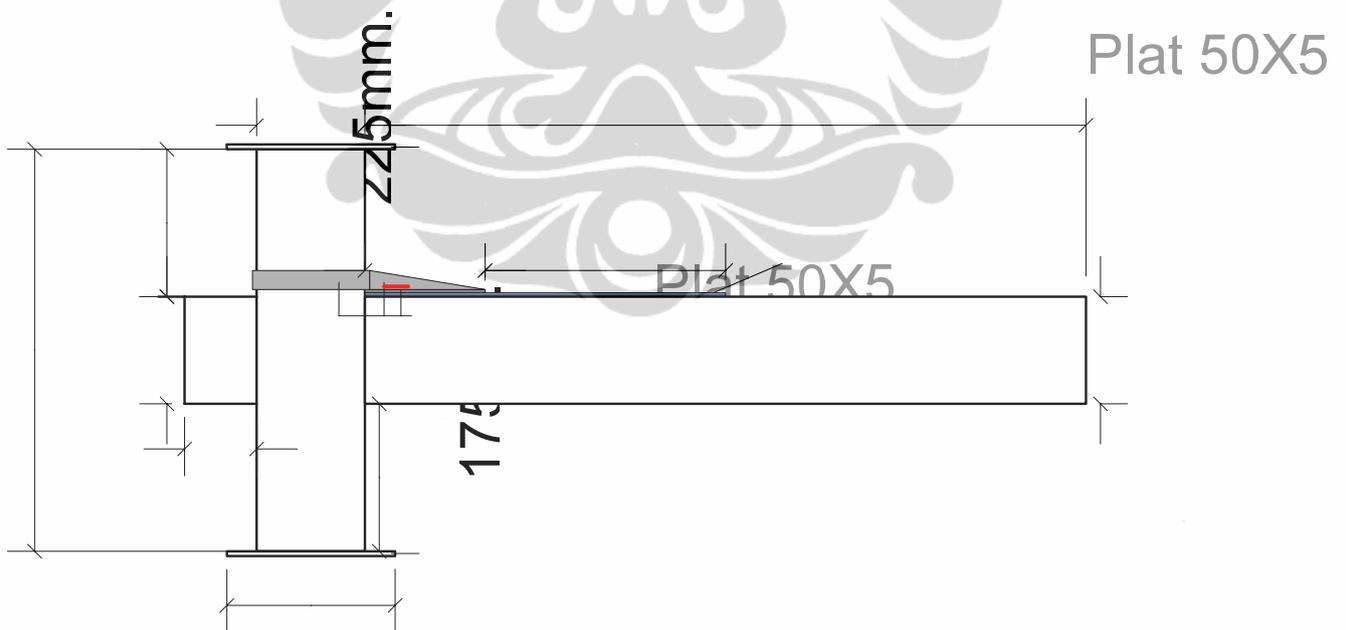
Gambar 3.10 Penempatan *Strain Gages* Model-3 dengan Perkuatan

150mm.

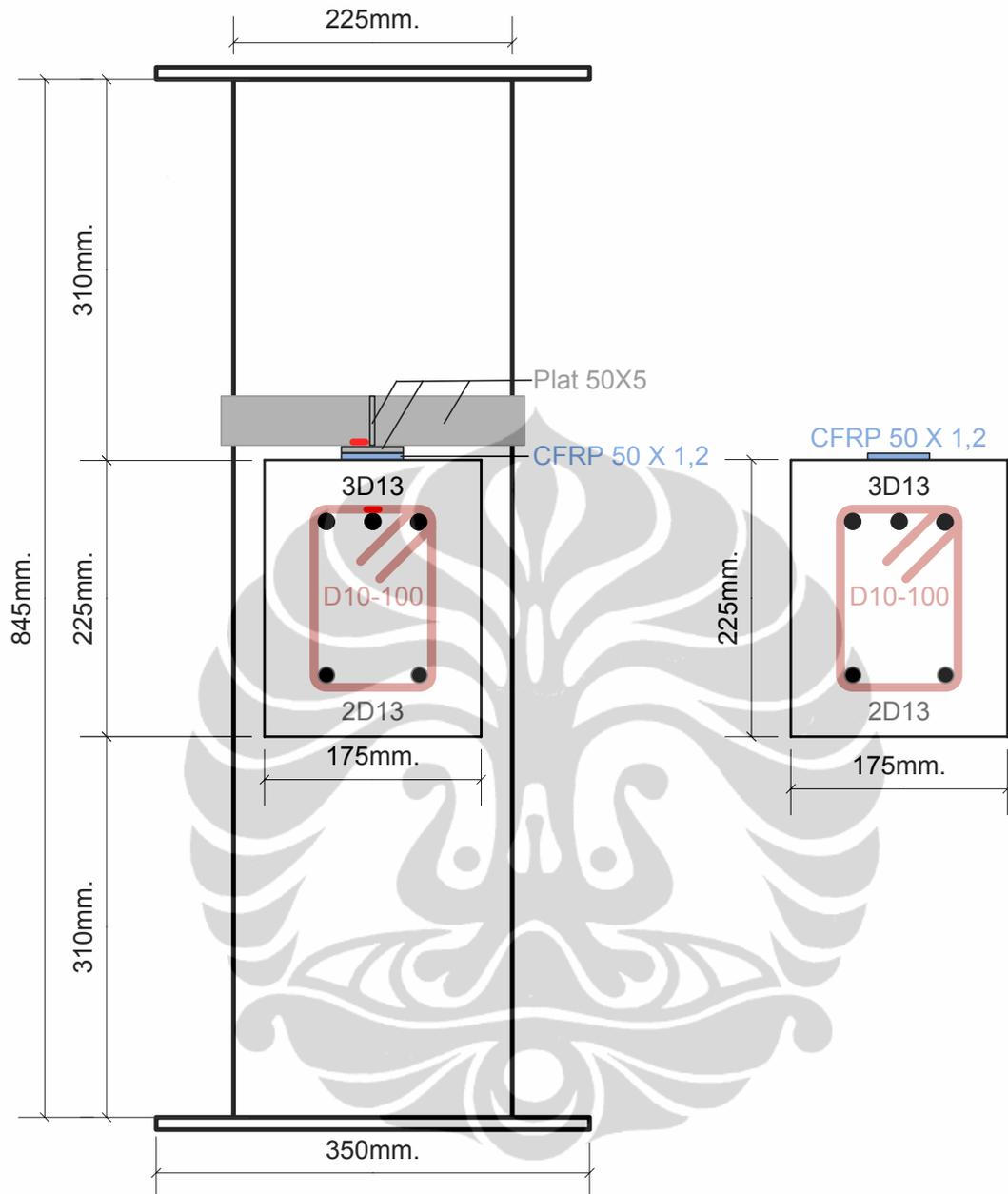
225mm.

250mm.

500



Gambar 3.11 Potongan Penempatan *Strain Gages* Model-3 dengan Perkuatan

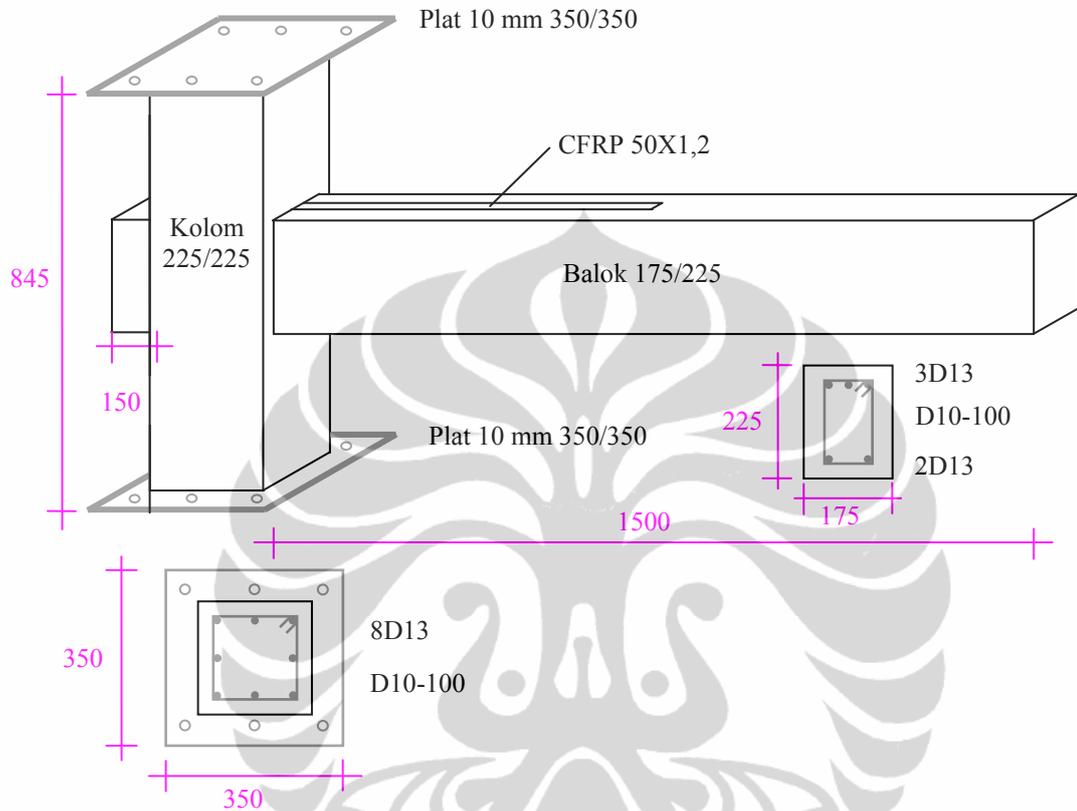


Gambar 3.12 Potongan Penempatan *Strain Gages* Model-3 dengan Perkuatan

3.5.3 Pengujian Benda Uji Yang Telah Diperbaiki

Pada benda uji yang telah diperbaiki akan dilakukan pengujian untuk mengetahui kapasitas dan performa kantilever beton perbaikan tersebut. Metode pengujian yang akan dilakukan pada modelisasi Model kantilever balok adalah *monotonik*, yaitu membebani balok uji dengan sebuah gaya terpusat pada ujung

kantilever. Gaya terpusat dibebankan kepada balok kantilever secara bertahap, sampai mengalami kehancuran, atau dengan kata lain sampai dengan melewati daya layan desain dari balok kantilever. (Gambar 3.2)



Gambar 3.13 Model Pengujian Struktur Kantilever Balok Beton Bertulang yang Telah Diperbaiki

Hal yang diamati dari uji balok kantilever ini antara lain deformasi yang terjadi termasuk lendutan, tegangan, dan regangan serta kerusakan dan pola retak yang terjadi.

3.6 Parameter Keberhasilan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan panjang penyaluran, mengetahui kinerja dan kapasitas dari hasil perbaikan balok beton kantilever yang mengalami keruntuhan akibat *overloading* (kelebihan beban), dengan bahan

perbaikan Sikadur 31 & Sikadur 752 dan bahan perkuatan Sikadur 30 & Sika Carbodur Plates.

Tujuan tersebut dapat dikatakan berhasil apabila material bahan perbaikan memenuhi persyaratan dan pengujian model balok kantilever, dengan modelisasi balok kantilever yang telah mengalami keruntuhan dan melakukan perbaikan, sehingga menunjukkan hasil/ kinerja yang menyerupai modelisasi balok kantilever normal atau sebelum mengalami keruntuhan, baik dalam hal deformasi juga kapasitas layan beton, dengan toleransi $\pm 10\%$. Dengan demikian perbaikan struktur beton kantilever dengan material tersebut di atas, layak digunakan sebagai alternatif pekerjaan perbaikan berat pada struktur kantilever beton bertulang yang mengalami keruntuhan akibat *overloading*.

Hasil pengujian tersebut juga diverifikasi dengan hasil perhitungan secara teoritis sesuai dengan SNI 03-2847-2002 untuk mendapatkan panjang penyaluran *carbon fibre* yang efektif dan efisien.