

DESAIN PERMODELAN DINDING BETON RINGAN PRECAST RUMAH TAHAN GEMPA BERBASIS KNOCKDOWN SYSTEM

Nama Mahasiswa : Moh. Yusuf Hasbi Avissena
NRP : 3110100128
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRAK

Indonesia terletak di daerah dengan intensitas gempa bumi tinggi sehingga rawan terjadi musibah gempa dikarenakan bertemunya tiga lempeng tektonik utama dunia. Sebagai solusi atas kerusakan rumah warga akibat gempa, Pemerintah membuat posko pengungsian sementara untuk warga. Dampak buruk terjadi ketika korban musibah gempa terlalu lama tinggal di pengungsian sehingga muncul permasalahan baru seperti permasalahan kesehatan dan sanitasi yang membuat kondisi korban musibah gempa semakin memburuk. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah rumah tahan gempa, cepat bangun dan aman digunakan untuk masyarakat agar tidak lama tinggal di pengungsian sehingga dampak negatif akibat terlalu lama tinggal di pengungsian dapat dikurangi. Desain rumah sederhana cepat bangun ini dimodelkan dengan menggunakan bantuan software SAP2000 dengan respon spektrum gempa didapat dari Kota Padang Sidempuan sebagai wilayah dengan intensitas gempa tinggi. Selain itu juga digunakan beton ringan pracetak dari material *Autoclaved Aerated Concrete* $f'c$ 11 MPa serta sistem bongkar pasang untuk memudahkan dan mempercepat waktu pelaksanaan. Hasil yang diperoleh yaitu digunakan dinding panel dengan dimensi 150 cm x 100 cm, tebal 15cm dengan tulangan vertikal dan horizontal D10-100. Digunakan ringbalk dan sloof dengan dimensi 15 cm x 20 cm dengan tulangan utama 4 D10 dan sengkang ϕ 6-80. Untuk pondasi digunakan pondasi telapak dimensi 100 cm x 100 cm x

20 cm dengan tulangan 8 D13. Kolom pondasi menggunakan tulangan 12 D8 dengan sengkang ϕ 10-100. Adapun sambungan, digunakan pelat baja t 6 mm BJ 37 dengan bentuk yang telah direncanakan. Digunakan juga angkur baut BJ 50 diameter 12 mm sebagai penghubung antar elemen *precast*.

Kata Kunci: **Beton Precast, Tahan Gempa, Knockdown System**

**PRECAST CONCRETE WALL MODELLING DESIGN FOR
EARTHQUAKE RESISTANT HOUSE BASED ON
KNOCKDOWN SYSTEM**

Name : Moh. Yusuf Hasbi Avissena
NRP : 3110100128
Department/ Major : Civil Engineering/ Structure Eng.
Supervisor : 1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRACT

Indonesia is located in an area with a high intensity earthquake. It is occurred due to the convergence of three major tectonic plates of the world. As a solution to the destruction of homes due to the earthquake, the Government made a temporary evacuation shelters for citizens. The adverse effects occurred when the earthquake victims living in camps for too long so that new problems arise such as health and sanitation issues that make the victim's earthquake condition worse. As a solution, they need earthquake resistant house, quickly got up and safe to use for people in refugee camps to reduce the negative impact of too long living in refugee camps. Design of this simple house is modeled with the help of software SAP 2000 and the response spectrum earthquake is in the city Padang Sidempuan as a region of high seismic intensity. In addition, all of element use precast lightweight concrete material Autoclaved Aerated Concrete f_c 11 MPa based on knockdown systems to facilitate and speed up the execution time. The results obtained are used wall panels with dimensions of 150cm x 100cm x 15cm with the vertical and horizontal main reinforcement D10-100. The sloof beam and ring beam use main reinforcement 4D10 and crossbar ϕ 6-80. For the base foundation, the dimensions is 100cm x 100cm x 20 cm, with the main reinforcement 8D13. And the column of foundation use the main reinforcement 12 D13 with the crossbar ϕ 6-100. And

for the connector of every precast element use the t 6mm steel BJ 37 by the shaped that have been designed. And also use the bolt diameter 12 mm BJ 50 as an anchor to each precast element.

Keywords: Precast Concrete, Earthquake Resistant, Knockdown System

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Menurut SNI 2847-2002, beton pracetak merupakan beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit. Beton dibuat terlebih dahulu di pabrik sesuai cetakan lalu setelah jadi maka beton akan diangkut dan dipasang di tempat konstruksi bangunan. Beton pracetak dibuat di pabrik berdasarkan standar material dan pelaksanaan yang telah memenuhi berbagai ketentuan yang berlaku. Sehingga produk akhir beton akan memiliki tampilan yang alami.

Beton pracetak juga telah terbukti dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan era sekarang. Pembuatan beton berlangsung di pabrik akan lebih ramah lingkungan dan menghemat biaya konstruksi bangunan. Beton konvensional yang memerlukan biaya cetakan (bekisting) dan tidak dapat langsung dibebani karena menunggu umur beton dapat digantikan dengan beton pracetak yang telah dibuat di pabrik dan dapat langsung dipasang pada tempatnya. Yang perlu diingat dari sistem struktur beton pracetak baru akan efektif dan efisien jika diterapkan dalam skala yang besar, berulang dan massal. (Tjahjono, 2004)

2.2. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah berguncangnya permukaan bumi yang disebabkan oleh pergeseran antar lempeng bumi, patahan aktif atau aktivitas gunung berapi. Berdasarkan asal dan sumber kejadian gempa dikelompokkan menjadi dua, yaitu gempa vulkanik dan gempa tektonik.

Gempa bumi vulkanik diakibatkan oleh aktivitas gunung berapi, namun biasanya gempa vulkanik ini memiliki kekuatan yang tidak terlalu besar. Sementara gempa bumi tektonik diakibatkan oleh pergeseran lempeng bumi karena pengaruh aktivitas magma di dalam bumi dan kekuatan yang dihasilkan bisa menjadi sangat besar sehingga dapat merusak infrastruktur sekitarnya.

Kejadian gempa bumi berlangsung sangat singkat, dengan kekuatan gempa tertentu, waktu tertentu, dan tidak diduga-duga datangnya. Dengan sifat gempa bumi yang demikian maka setiap daerah yang ditinjau akan diperoleh data yang berbeda-beda, baik ditinjau dari segi waktu dan tempatnya. Kekuatan gempa yang dirasakan berupa percepatan gempa di permukaan. (*Peak Ground Acceleration / PGA*)

2.3. Perbandingan Sistem Konvensional dan Sistem Pracetak

Perbandingan antara sistem konvensional dan sistem pracetak terdiri dari desain, bentuk dan ukurannya, waktu pelaksanaan, teknologi pelaksanaan, pengawasan/kontrol kerja, kondisi lahan, kondisi cuaca, ketepatan/ akurasi ukuran dan kualitas. Dari berbagai perbandingan tersebut disajikan dalam tabel 2.1:

Tabel 2.1 Perbandingan Sistem Beton Konvensional dan Beton Pracetak

ITEM	KONVENSIONAL	PRACETAK
Desain	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang lebih terutama perihal fabrikasi, sistem transportasi, metode pelaksanaan pemasangan komponen, sambungan, dsb
Bentuk dan ukurannya	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentang-bentang yang tidak mengulang	Efisien untuk bentuk yang teratur/ relatif besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang
Waktu pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga lebih hemat waktu 20-25%
Teknologi pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang mempunyai keahlian
Koordinasi pelaksanaan	Kompleks	Lebih sederhana karena semua pengecoran elemen struktur pracetak telah dilakukan di pabrik.
Pengawasan/kontrol kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan secara terus menerus	Kontrol lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan dan kualitas kontrol di pabrik.
Kondisi lahan	Butuh area yang relatif luas karena dibutuhkan lokasi	Tidak memerlukan lahan yang luas untuk penyimpanan material

	penempatan material dan ruang gerak.	selama proses pengerjaan konstruksi berlangsung, sehingga lebih bersih terhadap lingkungan.
Kondisi cuaca	Banyak dipengaruhi oleh keadaan cuaca	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik.
Ketepatan/akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian perencana dan pelaksana	Karena dilaksanakan dipabrik, maka ketepatan ukuran lebih terjamin.
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena dikerjakan dipabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik.

2.4. Desain Struktur Dinding

Perencanaan komponen struktur beton pracetak dan sambungannya harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kekangan deformasi mulai dari saat fabrikasi awal, hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan dan pemasangan.

Apabila komponen struktur pracetak dimasukkan dalam sistem struktural, maka gaya-gaya dan deformasi yang terjadi di dan dekat sambungan harus diperhitungkan di dalam perencanaan.

Untuk penulangan, panel dinding pracetak harus mempunyai sedikitnya dua tulangan pengikat per panel dengan kuat tarik nominal tidak kurang dari 45 kN per tulangan pengikat. (SNI 03-2847-2002 Pasal 18)

2.5. Beton Ringan

Beton ringan adalah salah satu jenis beton yang mempunyai berat jenis dibawah 2000 kg/m^3 dan biasanya digunakan sebagai dinding pemisah atau dinding isolasi. Salah satu pertimbangan pemakaian beton ringan adalah beratnya yang ringan sehingga membuat beban konstruksi lebih ringan.

Beton dapat dibuat ringan dengan membuat *micro bubble* dalam adukan beton dengan memasukkan busa (*foam*) pada adonan pasir, semen dan air. Semakin banyak busa yang digunakan maka akan semakin ringan beton yang dihasilkan, namun kekuatannya akan

semakin menurun. Sehingga berat dan kekuatan beton harus dikendalikan agar mendapatkan performa beton yang diinginkan.

Salah satu bahan alternatif yang dipakai untuk beton ringan adalah campuran *styrofoam* (*Styrofoam-Concrete*, yang biasanya disingkat menjadi *Styrocon*). Penggunaan *styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara yang bisa mengurangi kekuatan beton. Setiap penambahan udara 1% dari volume udara, maka kekuatan beton akan berkurang 5,5%. (Giri, 2008)

Kelebihan pemakaian *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik, sehingga selain membuat beton menjadi ringan, juga menambah kekuatan beton itu sendiri. Dari hasil uji beton dengan *styrofoam* yang pernah dilakukan, dipakai kekuatan beton 20 MPa dan berat satuan 2000 kg/m³. (Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.12, No. 1, Januari 2008)

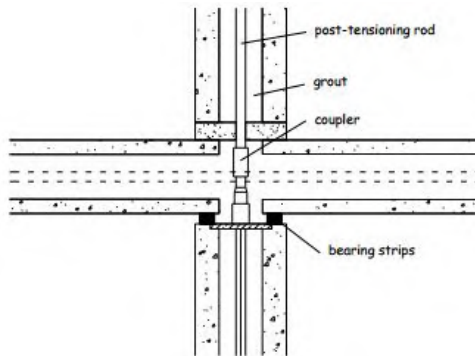
2.6. Sambungan

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 18.6 gaya-gaya disalurkan antara komponen-komponen struktur dengan menggunakan sambungan grouting, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut.

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang amat penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan seluruh komponen tersebut sehingga struktur keseluruhan dapat berperilaku monolit. (M. Ali Affandi, 2004)

- **Sambungan Daktail Mekanik**

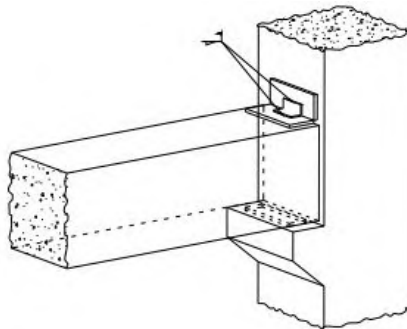
French and friends (1989) mengembangkan sambungan yang menggunakan *post-tension* untuk mengubungkan antara balok dan kolom. Pada sambungan *post-tension* ini dirancang pelelehan terjadi pada daerah lokasi antara pertemuan balok dan kolom. sebagai alat penyambung, digunakanlah *treaded coupler* yang dipasang pada ujung tulangan. dengan adanya *treaded coupler*, maka ujung tulangan baja dapat dimasukkan pada lubang tersebut. Satu hal yang perlu mendapatkan perhatian adalah ketelitian, ketrampilan dan keahlian khusus dalam memasang sambungan ini.



Gambar 2.1 Sambungan Daktail Mekanik

- **Sambungan Daktail Menggunakan Las**

Ochs dan Ehsani (1993) mengusulkan dua sambungan pada penempatan di lokasi sendi plastis pada permukaan kolom sesuai dengan konsep *Strong Column Weak Beam*.

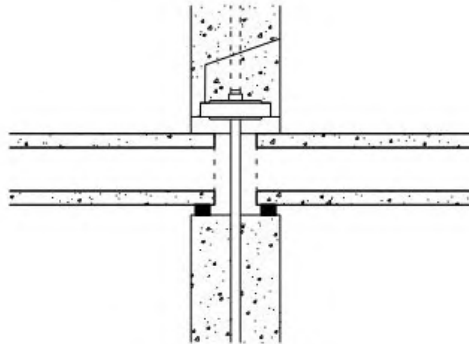


Gambar 2.2 Sambungan Daktail Dengan Las

- **Sambungan Daktail Menggunakan Baut**

Engelkirk dan Nakaki, Irvine California dan Dwydag System International USA, Inc. Ling Beach California telah mengembangkan sistem dengan menggunakan penyambungan daktail yang dikenal dengan DPCF System (Ductile Precast Concrete Frame System) Penyambungan ini dilakukan menggunakan baut untuk menghubungkan elemen satu dengan yang lain. dari hasil percobaan, system DPCF ini

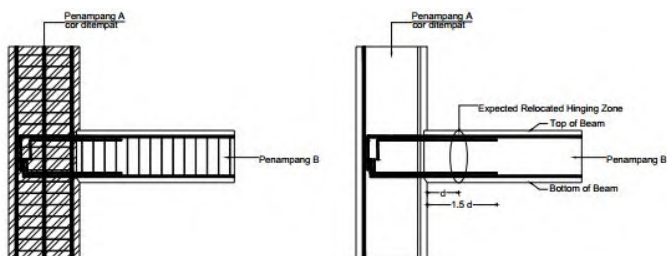
berperilaku monolit lebih baik, khususnya untuk moment Resisting Space Frame karena memberikan drift gedung 4% tanpa kehilangan kekuatan pada saat terjadi *post yield cycles*.



Gambar 2.3 Sambungan Daktail Dengan Baut

- **Sambungan Daktail Cor Setempat**

Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunkan tulangan biasa sebagai penyambung/ penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara penyambung dengacor ditempat. Elemen pracetak yang sudah benar tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambung elemen satu dengan yang lain adar menjafi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah.



Sambungan Daktail dengan Cor Ditempat

Skematis dari detail balok dengan penempatan sendi plastis

Gambar 2.4 Sambungan Daktail Cor Setempat

2.7. Pemampatan

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. (Das dalam Mochtar, 1998) Secara umum, pemampatan (*settlement*) pada tanah disebabkan oleh pembebanan yang dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Pemampatan konsolidasi dibagi menjadi dua bagian, yaitu konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder. Namun pada perhitungan pemampatan tanah akibat reklamasi, pemampatan sekunder umumnya diabaikan karena besar pemampatan sangat kecil (Wahyudi, 1997)
- b. Pemampatan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

2.7.1. Pemampatan Konsolidasi/ *Consolidation Settlement* (S_c)

Menurut Wahyudi (1997), besar pemampatan tanah akibat konsolidasi primer dari tanah lempung ini tergantung dari kondisi sejarah tanahnya, yaitu *normally consolidated* (NC) atau *overconsolidated* (OC).

- a. Kondisi *Normally Consolidated* (NC)

Tekanan efektif *overburden* pada saat itu adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu. Besarnya pemampatan NC dapat dihitung sebagai berikut:

$$S_{c\sim} = \frac{H}{1 + e_o} \left[C_c \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right]$$

dimana :

H = tebal lapisan lempung (*compressible soil*)

e_o = angka pori awal (*initial void ratio*)

C_c = *Compression index* \

σ_o' = *Overburden pressure efective*

b. Kondisi *Overconsolidated* (OC)

Tekanan efektif *overburden* yang dialami tanah saat itu lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah tersebut sebelumnya. Perumusan pemampatan konsolidasi untuk tanah ini dirumuskan sebagai berikut :

- Bila : $(\sigma_o' + \Delta\sigma) \leq \sigma_o'$
Maka :

$$S_{c\sim} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right]$$

- Bila : $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_o'$
Maka :

$$S_{c\sim} = \left[\frac{H}{1+e_o} C_s \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \right] + \left[\frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right]$$

dimana :

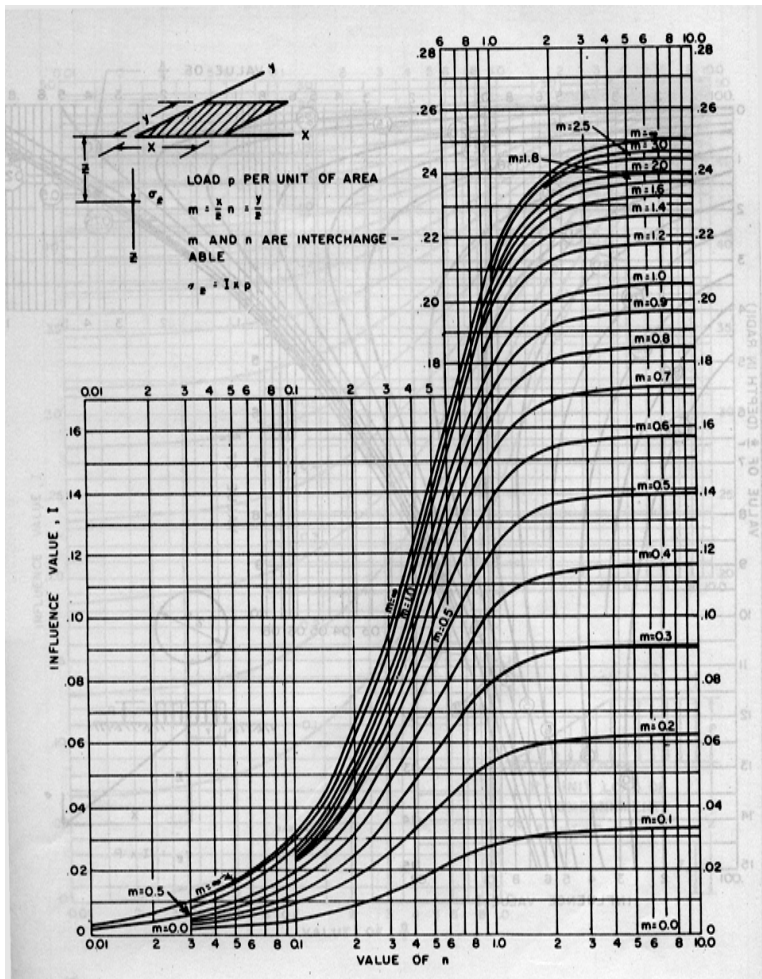
- H = tebal lapisan lempung (*compressible soil*)
 e_o = angka pori awal (*initial void ratio*)
 C_c = *Compression Index*
 C_s = *Swelling Index*
 $\Delta\sigma$ = *Surcharge* (besarnya tegangan di muka tanah)
 σ_o' = *Overburden pressure efective*
 σ_c' = tegangan prakonsolidasi efektif

Apabila lapisan tanahnya heterogen (berlapis-lapis) maka formula perhitungan dapat dilakukan di setiap lapisannya, sehingga totalnya adalah :

$$S_{c\sim} = \frac{Hi}{1+e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\Delta\sigma_i}{\sigma_o' i} \right) \right] \quad (2.10)$$

dimana :

- H_i = tebal sub lapisan i
 $\sigma_o' i$ = *Overburden pressure* pada lapisan i
 $\Delta\sigma_i$ = variasi tegangan vertikal yang diterima oleh lapisan ke-i



Gambar 2.5 Grafik faktor pengaruh untuk beban bentuk persegi (sumber : Mochtar, 2000)

2.8. Peraturan yang Digunakan

Permodelan dilakukan dengan mengacu pada beberapa peraturan sebagai berikut, antara lain:

- SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- PCI 2010 (*Precast Concrete Institute*)
- SNI 03-1729-2002 Tata Cara Pembangunan Struktur Baja
- Pedoman Perancangan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung (PPIUG) 1983
- Artikel-artikel atau jurnal ilmiah lain yang berhubungan dengan dengan topik karya ilmiah ini

2.9. Keuntungan Konstruksi Bongkar Pasang (*Knockdown System*)

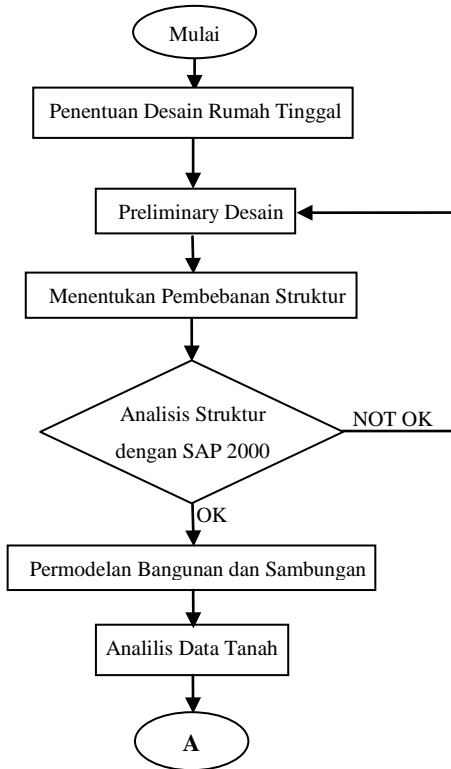
Meninjau latar belakang penelitian ini, dibutuhkan sebuah teknik membangun rumah sederhana tahan gempa yang cepat agar rumah ini juga lebih cepat digunakan. Maka diperlukan sebuah teknik membangun rumah yang disebut dengan *knockdown system* atau sistem bongkar pasang. Sistem *knockdown* ini dapat dilaksanakan menggunakan material yang telah siap pakai yakni beton *precast*.

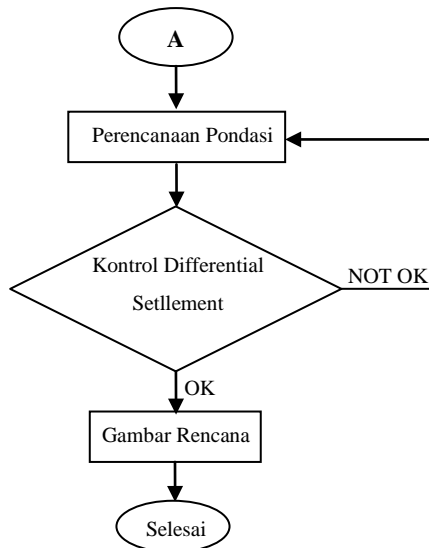
Sistem *knockdown* memiliki beberapa kelebihan antara lain karena komponennya sudah merupakan komponen pracetak sehingga pembangunan dapat lebih mudah dan membutuhkan waktu lebih singkat. Lahan yang digunakan untuk proyek tidak luas serta mengurangi kebisingan. Adapun kelebihan yang lain adalah struktur dapat dibongkar kembali jika suatu saat ingin dimodifikasi atau dipindahkan.

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Dalam tugas akhir ini, metodologi pengerjaan tugas besar digambarkan seperti gambar berikut.





Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2. Penjelasan Diagram Alir

Diagram alir diatas masih berupa poin-poinnya saja, untuk penjelasan detail tentang diagram diatas terdapat dalam beberapa subbab dibawah ini.

3.2.1. Penentuan Desain Rumah Tinggal

Penentuan desain rumah tinggal ditujukan untuk menetapkan model rumah sederhana yang akan direncanakan dinding pracetaknya. Adapun desain rumah yang akan digunakan yaitu tipe 36 atau luas 36m^2 dengan satu lantai.

3.2.2. Preliminary Desain

Pada preliminary desain ini kita menentukan dimensi elemen struktur rumah untuk digunakan dalam tahap perencanaan selanjutnya. Adapun desain awal dimensi dinding

dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847-2002 Pasal 16.5 dan 16.6.

3.2.3. Menentukan Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur berdasarkan peraturan PPIUG 1987 dan untuk pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726 – 2012.

Beban-beban pada suatu konstruksi dibagi dalam dua tipe, yaitu beban mati dan beban hidup (beban guna). Beban mati adalah beban-beban yang secara umum permanen dan konstan selama umur konstruksi. Sedangkan beban hidup adalah beban-beban yang bersifat tidak tetap atau sementara. Sebagai contoh adalah beban angin, beban akibat gempa dan beban orang-orang yang menempati bangunan. Namun dengan sifatnya yang khusus, beban gempa ditinjau secara terpisah. Secara singkat akan dibahas masing-masing beban berikut:

1. Beban Mati

Merupakan beban dari semua bagian bangunan yang bersifat permanen termasuk dinding, kolom, lantai, atap serta peralatan lainnya yang tidak terpisahkan dari bangunan. Khusus pada rumah dengan dinding beton ringan *precast* ini yang menjadi beban mati adalah berat sendiri, berat atap dan kuda-kuda, berat rangka plafon dan berat plafon sendiri.

Untuk jenis-jenis pembebanan ini terdapat dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (1983). Beban mati dapat dihitung secara teliti, sehingga faktor pengali untuk beban mati diambil lebih kecil daripada beban hidup.

2. Beban Hidup

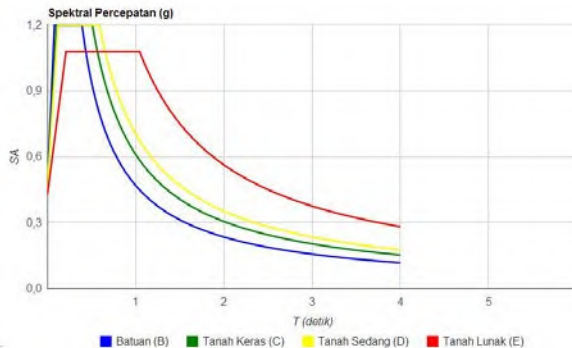
Beban ini lebih sulit ditentukan dengan teliti, jika dibandingkan dengan beban mati oleh karena itu faktor pengali yang digunakan lebih besar, contoh beban hidup pada bangunan adalah berat penggunanya, perabotan atau mesin-mesin yang dapat dipindahkan selama umur bangunan.

3. Beban Gempa

Beban gempa pada dasarnya mencakup semua beban yang memberikan getaran pada bangunan. Namun yang lazim sebagai

pengertian adalah akibat gempa bumi. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan untuk mempertahankan diri dari getaran. Gaya-gaya yang terjadi tergantung beberapa faktor, antara lain: kekakuan struktur, kekuatan tanah, jenis pondasi dan lainnya.

Adapun pembebanan akan dilakukan mengacu pada respon spektrum Kabupaten Padang Sidempuan, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 3.2. Respon Spektrum Kabupaten Padang Sidempuan

Pada perhitungan dinding beton ringan *precast* untuk rumah tahan gempa ini, pembebanannya menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan yang disyaratkan. Kombinasi pembebanan dimaksudkan untuk menentukan jenis-jenis pembebanan pada suatu struktur. Karena pada dasarnya ada dua macam pembebanan, yaitu pembebanan tetap dan pembebanan sementara. Sedangkan beban-beban yang dapat dikombinasikan adalah:

1. Beban mati
2. Beban hidup
3. Beban angin
4. Beban gempa

Sesuai dengan acuan yang digunakan yaitu *RSNI 1727-201X Pasal 2.3.2* maka kombinasi beban yang ada adalah

1. 1,4 DL

2. $1,2 DL + 1,6 LL$
3. $1,2 DL + LL + Ex + 0,3Ey$
4. $1,2 DL + LL + 0,3Ex + Ey$
5. $0,9 DL + Ex + 0,3Ey$
6. $0,9 DL + 0,3Ex + Ey$
7. $DL + LL$
8. $DL + 0,7(Ex + 0,3Ey)$
9. $DL + 0,7(0,3Ex + Ey)$

Dimana :

DL = beban mati

LL = beban hidup

E = beban gempa

W = beban angin

A = Beban atap

R = Beban Hujan

Dari kombinasi di atas, maka diambil kombinasi yang menghasilkan gaya reaksi terbesar.

3.2.4. Analisis Struktur dengan SAP 2000

Evaluasi hasil perhitungan struktur menggunakan SAP 2000 versi 14 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam untuk perencanaan struktur bangunan.

Dengan perhitungan menggunakan SAP 2000, maka beban mati untuk untuk dinding panel sendiri telah dihiitung oleh program SAP sendiri, sedangkan untuk beban hidupnya didasarkan pada R-SNI 2003.

Untuk perhitungan pada pemodelan dinding ini digunakan element shell. Elemen ini diwujudkan dalam bentuk 3D untuk dianalisis. Elemen Shell pada program SAP 2000 hanya terbatas untuk analisa struktur *elastic-linear*. Meskipun demikian, dengan mempelajari perilaku *elastic-linier* dari struktur yang ditinjau, maka sudah dapat diketahui bagian-bagian struktur mana yang mengalami tegangan yang berlebih dan bagian mana yang tidak, serta perilaku yang mungkin terjadi. Itu semua sudah cukup untuk mendapatkan struktur yang kuat, kaku dan aman.

3.2.5. Permodelan Sambungan dan Elemen Struktur

Setelah didapatkan dimensi dinding dan kebutuhan tulangan optimal telah diperoleh, maka elemen dinding panel dan sambungannya perlu dimodelkan dan dilakukan analisis perilakunya dengan baik.

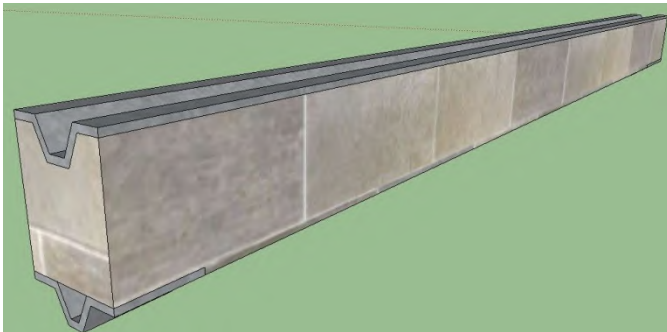
Terdapat 2 tipe dinding yang akan digunakan, dinding tipe 1 dan 2. Sebelum dipasang dinding, juga harus dilakukan pemasangan sloof yang juga dari beton pracetak seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dan dilanjutkan dengan pemasangan ringbalk.

3.2.5.1. Perencanaan Sloof dan Ring Balk

Penentuan tinggi balok minimum, h_{\min} dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2.3b dimana jika persyaratan ini telah terpenuhi maka tidak perlu dilakukan kontrol terhadap lendutan.

$$h = \frac{1}{16}L$$

Dengan menggunakan persamaan (2.23) dan (2.24) maka akan didapatkan dimensi awal dari balok.



Gambar 3.3 Permodelan Sloof



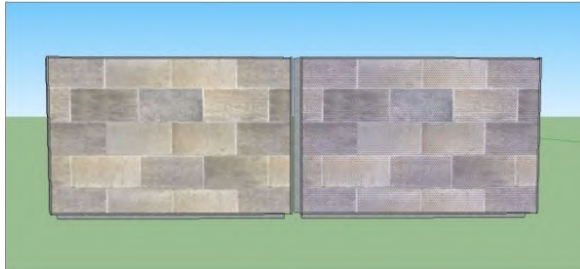
Gambar 3.4 Permodelan Ring Balk

3.2.5.2. Perencanaan Dimensi Dinding

Acuan yang digunakan dalam melakukan perencanaan dimensi dinding menggunakan persyaratan pada SNI 03-2847-2002. Dinding beton bertulang ini diasumsikan perhitungannya seperti desain pelat.



Gambar 3.5 Ilustrasi Dinding Sudut



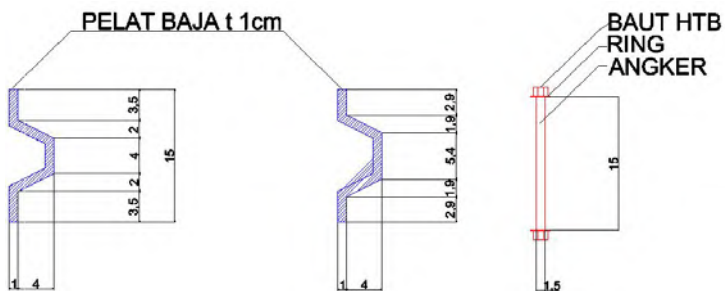
Gambar 3.6 Ilustrasi Dinding Memanjang

3.2.5.3. Perencanaan Sambungan

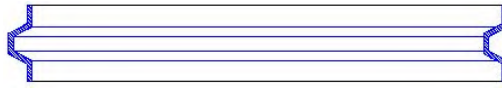
Akan diuraikan kriteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan.

Dalam perencanaan sambungan pracetak, gaya-gaya disalurkan dengan cara menggunakan sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi cara-cara tersebut.

Sambungan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sambungan mekanis, dipasang pada pertemuan antar balok, pertemuan antar dinding dan pertemuan antara sloof dan dinding.



Gambar 3.7 Permodelan Sambungan



Gambar 3.8 Detail Pelat Baja t 1 cm

Adapun spesifikasi dinding:

- Dimensi: panjang = 150 cm; lebar = 15 cm; tinggi = 100 cm
- Material: *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC), $f'c = 11$ MPa, berat jenis= 900 kg/cm^3
- Sambungan: Baut HTB (High Tension Bolt)

Adapun spesifikasi sloof:

- Dimensi: panjang = 300 cm; ; lebar = 15 cm; tinggi = 20 cm
- Material: *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC), $f'c = 11$ MPa, massa jenis= 900 kg/cm^3 , Sambungan Baut = HTB

Dinding tipe 1 jika dihubungkan dengan dinding tipe 1 akan menghasilkan dinding yang menerus. Sementara jika dinding tipe 1 dihubungkan dengan dinding tipe 2 akan dihasilkan dinding untuk sudut bangunan.

Untuk sambungan akan digunakan *High Tension Bolt* (baut mutu tinggi), sehingga didapatkan sambungan yang lebih kuat dari baut biasa.

Terdapat gambar visualisasi konstruksi dinding yang diawali dari sloof, lalu dipasanglah antar tiap elemen dinding mulai dari yang terbawah dan disambung menggunakan *High Tension Bolt* dan berlanjut hingga dinding bagian atas dengan sambungan yang sejenis seperti pada gambar 3.7 dan 3.8.

3.2.6. Analisis Data Tanah

Berdasarkan ketentuan SNI 03-1726-2003 tentang jenis-jenis tanah berdasarkan hasil SPT

1. Tanah keras bila $N_{\text{rata-rata}} \geq 50$
2. Tanah sedang bila $15 \leq N_{\text{rata-rata}} < 50$

3. Tanah lunak bila $N_{rata-rata} < 15$

3.2.7. Perencanaan Pondasi

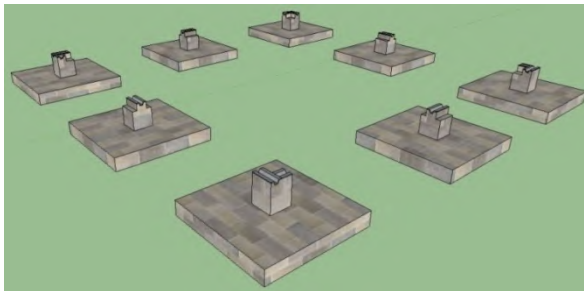
Pondasi yang akan direncanakan pada Rumah Tahan Gempa yang bertempat di daerah Padang Sidempuan ini menggunakan pondasi dangkal dengan tipe pondasi telapak. Dalam hal ini pembahasannya meliputi tahap-tahap berikut:

1. Dipakai pondasi tipe pondasi dangkal telapak
2. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja (aksial, horizontal dan momen) akibat dari struktur atas.
3. Perhitungan daya dukung tanah dasar

3.2.8. Kontrol Differential Settlement

Kontrol *differential settlement* dilakukan untuk mengetahui selisih penurunan tanah akibat beban yang ada diatas tanah tersebut.. Setelah didapatkan hasil penurunan tanahnya lalu dikontrol dengan mengacu pada ketentuan *National Facilities Engineering Command Design manual 7*.

Jika memenuhi ketentuan maka pondasi dapat digunakan, namun jika tidak memenuhi ketentuan maka desain pondasi harus diubah.



Gambar 3.9 Permodelan Pondasi

3.2.9. Menggambar Gambar Rencana

Menggambar gambar rencana dari Rumah Tahan Gempa ini dengan software Auto Cad. Gambar mencakup gambar

tampak, denah, pondasi, detail sambungan dan gambar-gambar penulangan.

3.2.10. Finish

Tahap ini merupakan tahap menganalisa hasil dari penelitian untuk kemudian didapatkan kesimpulan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1 Penentuan Material Rumah *Knockdown* Tahan Gempa

Material yang dipakai untuk struktur rumah tahan gempa knockdown adalah sebagai berikut:

Type Bangunan	: Rumah Sederhana Tahan Gempa
Letak Bangunan	: Jauh dari pantai
Kota	: Padang Sidempuan
Tinggi bangunan	: 4 m
Panjang bangunan	: 6 m
Lebar bangunan	: 6 m
Mutu beton ($f'c$)	: 11 MPa
Mutu Baja (f_y)	: 240 Mpa
Berat Beton Ringan	: 900 Kg/m ³
Kuda-kuda	: Baja Ringan
Lapisan Atap	: Genteng Metal, Aluminium foil
Sambungan mutu tinggi)	: Pelat baja 6 mm, HTB (baut

4.2 *Pre-liminary Design* Struktur Primer

4.2.1 Perencanaan Sloof dan Ring Balk

Balok induk memanjang

$$h = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \times (1,65 - 0,0003 \times Wc)$$

$$h = \frac{3000}{16} \times \left(0,4 + \frac{240}{700}\right) \times (1,65 - 0,0003 \times 900)$$

$$h = 192,21mm \approx 20 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 20 = 133,33 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Didapatkan perencanaan dimensi ring balk dan sloof 15/20 cm

4.3 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan terdiri dari perhitungan beban mati (DL), perhitungan beban hidup (LL) dan perhitungan beban mati merata (DL).

4.3.1 Perhitungan Beban Mati

Perhitungan beban mati berdasarkan PPIUG tabel 2.1, sehingga diperoleh perhitungan beban mati seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pembebanan Beban Mati Pada Dinding

Dead Load	P	L	T	Jml	Berat Jenis	Total Berat	
Ring balk	3	0,15	0,2	1	900	81	Kg
Plafon	3	3		1	11	99	Kg
Penggantung	3	3		1	7	63	Kg
Genteng Metal	0,5 x 6 x 3,7			1	6,95	77,14 5	Kg
Kuda-kuda truss	0,5 x 6 x 3,7			1	10	111	Kg
Reng		3		9	1,55	41,85	Kg
					$\sum W_d$ =	472,9 95	Kg

Jadi total beban mati = **472,995 Kg**

4.3.2 Perhitungan Beban Hidup

Berdasarkan PPIUG tabel 3.1 diperoleh jumlah beban hidup seperti pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Pembebanan Beban Hidup Pada Dinding

LL	P	L	T	JML	W	Total	
Hujan	0,5 x 3,7	6		1	20	222	Kg

					$\sum w_l$	222	Kg
--	--	--	--	--	------------	-----	----

Didapatkan total beban hidup = **222 Kg**

$$\begin{aligned} \text{Jadi bebat total } W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (472,995) + 1,6 (222) \\ &= 922,794 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SK-SNI 3.2.3-2.2 (b) untuk komponen struktur dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat, maka $\emptyset = 0.7$, akan tetapi \emptyset tersebut hanya memperhitungkan akibat gaya aksial saja, maka agar dinding struktural juga mampu menahan gaya momen diambil $\emptyset = 0.35 \sim 0.3$.

$$\text{Rencana awal } A = \frac{W}{\emptyset f'c} = \frac{2698,794}{0,3 \times 90} = 99,95$$

$$\text{Dimensi } b^2 = 99,95 \text{ cm}^2 \quad b = 9,99 \text{ cm}^2 \quad \textbf{Tidak Proporsional}$$

Jadi digunakan dinding dengan dimensi 15 cm x 600 cm

4.3.3 Perhitungan Beban Mati Merata (diatas satu sloof)

Perhitungan beban mati merata diatas satu sloof yaitu pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Beban Mati Merata (diatas satu sloof)

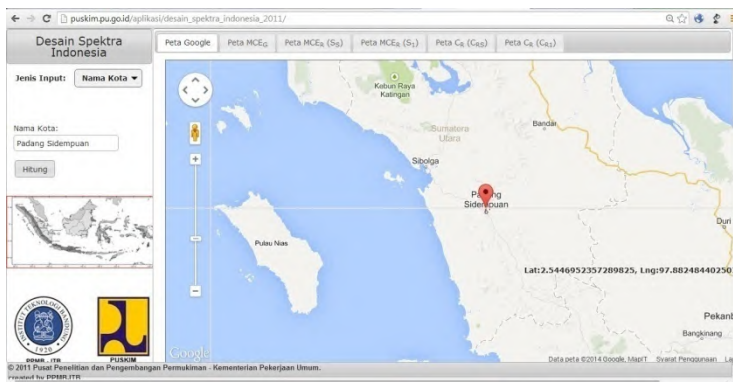
DL	P	I	T	Jumlah	W	Total	
Berat sendiri dinding	1,5	1	0,15	6	900	972	Kg
Berat Ring Balk	0,15	3	0,2	1	900	81	
					$\sum w_d$	1053	Kg

Didapatkan total beban mati merata pada tiap sloof = $\frac{1053}{3} = 351 \text{ kg/m}$

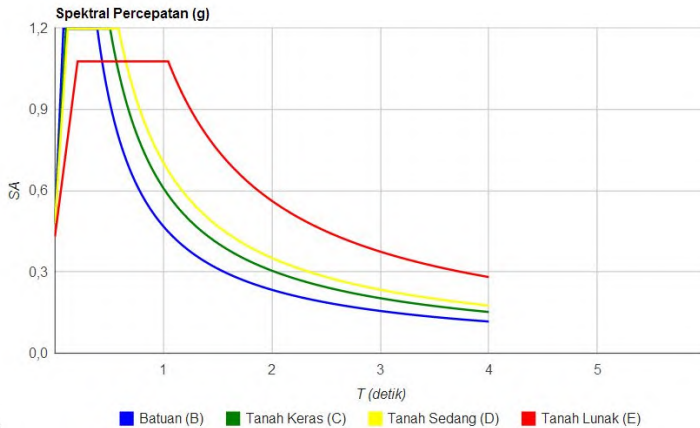
4.4 Perhitungan Beban Gempa

4.4.1. Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respond spectra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dengan 5 persen redaman kritis dalam Peta Zonasi Gempa Indonesia dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Penentuan nilai S_s dan S_1 sesuai dengan Peta Zonasi Gempa Indonesia dengan bantuan aplikasi desain spectra Indonesia 2011 oleh PUSKIM PU dengan alamat website http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dengan kota yang ditinjau adalah **Kabupaten Padang Sidempuan, Provinsi Sumatera Barat** seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Hasilnya $S_s = 1,794 \text{ g}$ dan $S_1 = 0,703 \text{ g}$.



Gambar 4.1 Peninjauan Spektra Kabupaten Padang Sidempuan



Gambar 4.2 Grafik Peninjauan Spektra Kota Padang Sidempuan

4.4.2. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektra Percepatan Gempa

Penentuan respons spectral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik yaitu nilai F_a (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan F_v (koefisien situs untuk periode 1 detik) yang didapat dari aplikasi desain spectra Indonesia 2011 oleh PUSKIM PU yang sesuai dengan SNI 03-1726-2012 tabel 4 dan tabel 5.

Dari data tersebut diperoleh data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_s &= 1,794 \text{ g} \\
 S_1 &= 0,703 \text{ g} \\
 F_a &= 0,900 \\
 F_v &= 2,400 \\
 S_{MS} &= 1,614 \text{ g} \\
 S_{M1} &= 1,686 \text{ g}
 \end{aligned}$$

4.4.3. Parameter Percepatan Spektra Desain

Parameter percepatan spektra desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD_1 , ditentukan melalui perumusan yang ada pada SNI 03-1726-2012 pasal 6.3. data ini

juga tercantum pada aplikasi desain spectra Indonesia 2011 oleh PUSKIM PU.

$$S_{DS} = 1,076 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 1,124 \text{ g}$$

4.4.4. Periode Struktur Fundamental

Periode struktur fundamental T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 6.2 dikali periode fundamental pendekatan, T_a .

$$T < C_{ux} T_a$$

Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menemukan periode fundamental T , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan T_a , yang dihitung sesuai dengan *SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1 tabel 14*.

Tabel 4.4 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektra Disain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

4.4.5. Periode Fundamental Pendekatan

Sebagai alternatif diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1 N$$

Keterangan:

N = jumlah tingkat

Diketahui bangunan 1 tingkat, didapatkan nilai T_a ;

$$\begin{aligned} T_a &= 0,1 \times 1 \\ &= 0,1 \text{ detik} \end{aligned}$$

Sehingga T yang nantinya didapat dari hasil analisa struktur harus kurang dari $C_u \times T_a$.

$$T < 1,4 \times 0,1 = 0,14 \text{ detik.}$$

4.4.6. Periode Fundamental Pendekatan Lanjutan

Nilai T yang didapat dari aplikasi desain spectra Indonesia 2011 oleh PUSKIM PU yang sesuai dengan SNI 03-1726-2012 menunjukkan bahwa $T = 0,934$ detik.

#Dipakai $T = 0,934$

4.4.7. Kategori Desain Seismik

Apabila $S_1 < 0,75$ maka kategori desain seismik diijinkan ditentukan berdasarkan Tabel 6.3 dan Tabel 6.4 yang sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

Tabel 4.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 03-1726-2012 pasal 6.5 tabel 6)

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

#Kategori Desain Seismik D

Tabel 4.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik (SNI 03-1726-2012 pasal 6.5 tabel 7)

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 < S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

#Kategori Desain Seismik D

4.4.8. Kekakuan Struktur

Kekakuan struktur digunakan untuk mengetahui apakah struktur tersebut kaku atau fleksibel dengan rumus :

$D/S < 3$ maka struktur tersebut kaku

Dimana : D = lebar total struktur bangunan

S = panjang struktur total bangunan

Perhitungan :

$D/S = 6/6 = 1 < 3 \rightarrow$ OK (Struktur dinyatakan kaku)

4.4.9. Gaya Lateral Ekuivalen

Geser dasar seismik, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \times W \text{ (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1)}$$

dimana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1.

W = berat seismik efektif menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.7.2.

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \text{ (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \text{ (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1)}$$

C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad \text{(SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1)}$$

dari perhitungan diatas didapat data perencanaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 1,076 \text{ g} \\ S_{D1} &= 1,124 \text{ g} \\ I &= 1,0 \text{ (dengan kategori risiko II yaitu perumahan)} \\ R &= 2 \text{ (dinding geser beton polos didetail)} \\ T &= 0,934 \\ S_1 &= 0,703 \text{ g} \\ W &= 1251,5196 \text{ kg} \end{aligned}$$

Didapat *Scale Factor*: $g.I_e/R = 9,81.1/2 = 4,90$

Perhitungan :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1,076}{\left(\frac{2}{1}\right)} = 0,538$$

$$C_{smin} = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,044 \times 1,076 \times 1,0 \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,047 \geq 0,01 \dots\dots \text{OK}$$

$$C_{smax} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1,124}{0,934\left(\frac{2}{1}\right)} = 1,868 \dots\dots \text{OK}$$

Sehingga dipakai $C_s = 0,538$, jadi dapat dipakai untuk perhitungan :

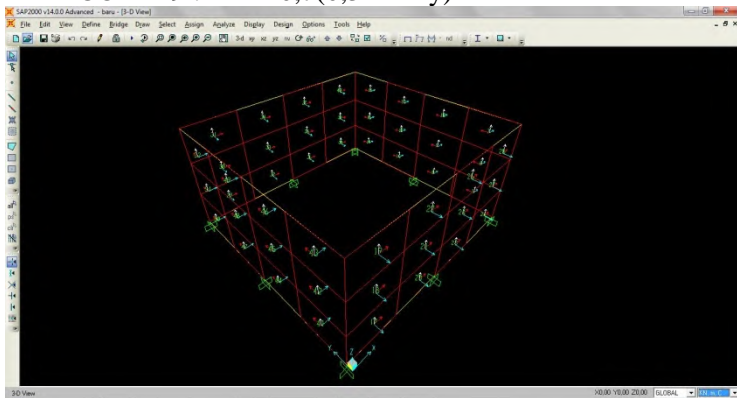
$$V = C_s \times W_t$$

$$V = 0,538 \times 12,51 \text{ kg} = 36.219,03 \text{ kg}$$

4.5 Kontrol SAP 2000

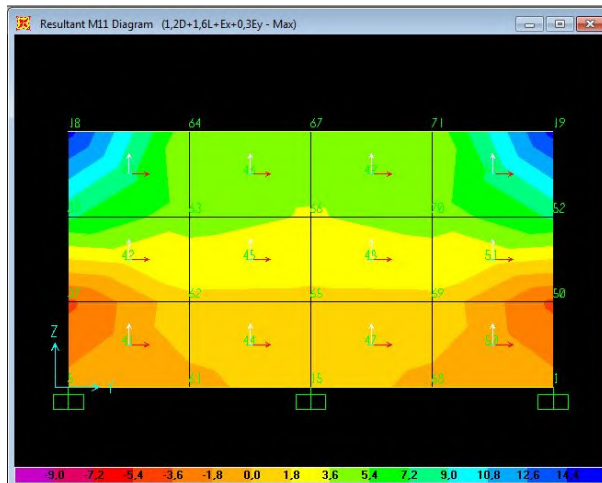
Adapun hasil analisis design struktur dengan program SAP 2000 tampak pada gambar 4.2 dan gambar 4.3. Terdapat beberapa kombinasi beban yang digunakan berdasarkan *RSNI 1727-201X Pasal 2.3.2*, beberapa kombinasi tersebut antara lain:

- COMB 1 : 1,4 DL
- COMB 2 : 1,2 DL + 1,6 LL
- COMB 3 : 1,2 DL + LL + Ex +0,3Ey
- COMB 4 : 1,2 DL + LL + 0,3Ex +Ey
- COMB 5 : 0,9 DL + Ex + 0,3Ey
- COMB 6 : 0,9 DL + 0,3Ex + Ey
- COMB 7 : DL + LL
- COMB 8 : DL + 0,7(Ex+0,3Ey)
- COMB 9 : DL + 0,7(0,3Ex+Ey)

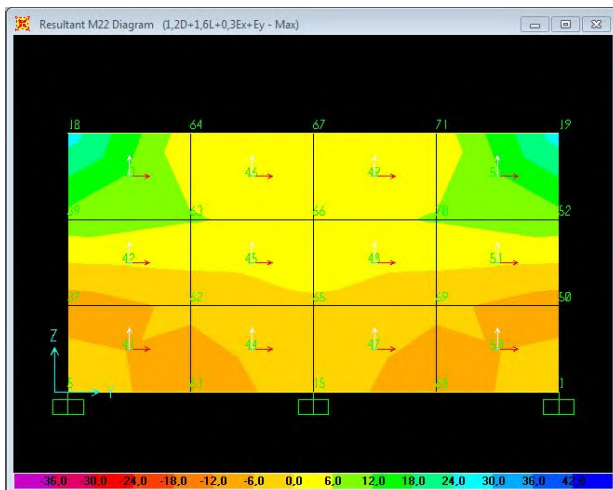


Gambar 4.3 Ilustrasi Kontrol SAP 2000

Hasil dari kontrol terhadap SAP 2000 sesuai dengan kriteria preliminary design dan dinyatakan memenuhi cek tegangan/kapasitas dinding. Untuk hasil dari *run* SAP2000 menggunakan gempa arah X dan gempa arah Y seperti pada gambar 4.3 dan gambar 4.4



Gambar 4.4 Hasil Kontrol SAP 2000 M11



Gambar 4.5 Hasil Kontrol SAP 2000 M22

4.6 Perencanaan Sloof dan Ring Balk

Sloof dan *Ring balk* yang direncanakan adalah *sloof* dan *ring balk* yang direncanakan dengan sistem pracetak setelah

mengetahui momen maksimum (M_u) dan Gaya geser maksimum (V_u) yang didapat dari hasil kontrol menggunakan software bantu SAP 2000.

4.6.1. Perencanaan Sloof

Mutu Bahan: Baja (f_y) = 240 MPa
 Beton (f'_c) = 11 MPa

Selimut beton = 20 mm

Ukuran tulangan balok diameter 10 mm

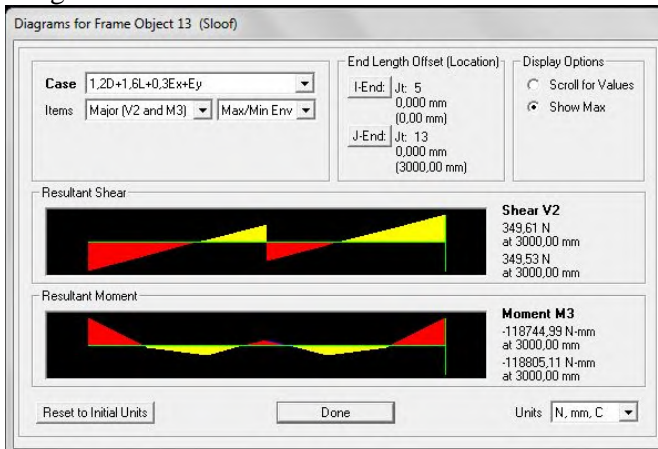
Ukuran tulangan sengkang diameter 8 mm.

Dari hasil perhitungan analisa struktur dengan SAP 2000 didapat :

Mu lapangan max = 40167,55 Nmm (Pada jarak 2,00 m)

Mu tumpuan max = 118795,40 Nmm

Catatan : Mu tumpuan/ lapangan maximum didapat dari analisa SAP 2000 (1,2D + 1,6L + 0,3Ex + Ey dan 1,2D + 1,6L + Ex + 0,3Ey) dan diambil dari sloof yang menghasilkan Mu paling besar pada bangunan ini.



Gambar 4.6. Hasil running *Sloof* dengan Program SAP 2000

Tulangan tumpuan :

Tulangan Tarik

Direncanakan : $h = 200$ mm ; D tulangan utama = 10 mm

$$\begin{aligned}
 b &= 150 \text{ mm} ; \text{Ø sengkang} = 8 \text{ mm} \\
 p &= 20 \text{ mm (decking beton)} \\
 d &= 200 - 20 - 8 - 0,5 \times 10 = 167 \text{ mm} \\
 d' &= 20 + 8 + 0,5 \times 10 = 33 \text{ mm} \\
 \delta &= 0,5 \text{ (pada tumpuan)} \\
 Mu &= 118795,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\text{Ø} \cdot b \cdot d^2} = \frac{118795,4}{0,8 \cdot 150 \cdot 167^2} = 0,0355 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 f_y} = \frac{\sqrt{11}}{4 \times 240} = 0,003455$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \beta_1 \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 11}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0236
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,0236 = 0,0177$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{240}{0,85 \cdot 11} = 25,660$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{25,66} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 25,66 \cdot 0,345}{240} \right)} \right) \\
 &= 0,000148
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} + \rho_{\text{perlu}} / 2 = 0,005907$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0059 \cdot 150 \cdot 167$$

$$= 147,981 \text{ mm}^2$$

Dipakai : $A_s = 157,143 \text{ mm}^2 \dots\dots(2 \text{ D10})$

Untuk Tulangan Tekan : 50 % tulangan tarik

Maka untuk tulangan tekan: 2 D10 ($A_s = 157,143 \text{ mm}^2$) alasan kemudahan pelaksanaan.

Tulangan Lapangan :

Tulangan Tarik

Direncanakan : $\emptyset = 10 \text{ mm}$

\emptyset sengkang = 8 mm

$p = 20 \text{ mm}$ (decking beton)

$d = 200 - 20 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 167 \text{ mm}$

$M_u = 40167,55 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{40167,55}{0,8 \cdot 150 \cdot 167^2} = 0,012 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 240 = 0,00583$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 11}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0236$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,0236 = 0,0177$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 11} = 25,66$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{25,66} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 25,66 \cdot 0,012}{240} \right)} \right) = 0,0005$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} + \rho_{\text{perlu}} / 2 = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0058 \cdot 150 \cdot 167 \\ &= 146,751 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai : As} = 157,143 \text{ mm}^2 \dots\dots(2 \text{ D } 10)$$

Untuk Tulangan Tekan : 50 % tulangan tarik

Maka untuk tulangan tekan : 2 D 10 (As = 157,1429 mm²) alasan kemudahan pelaksanaan.

4.6.2. Tulangan Geser Sloof

L Balok = 300 cm; dimensi *sloof* = 15 x 20 cm

Hitungan SAP	:
Vu Kr (0 m)	= -349,61 N
Vu Kn	= 349,61 N
Vu (pd 0,25 m)	= 251,11 N
Vu (pd 1,25 m)	= 130,48 N
Tebal <i>Decking</i>	= 20 mm
D tulangan utama	= 10 mm
f _y	= 300 MPa
D sengkang	= 8 mm
Dipakai : d'	= 20 + 8 + (½ x 10)

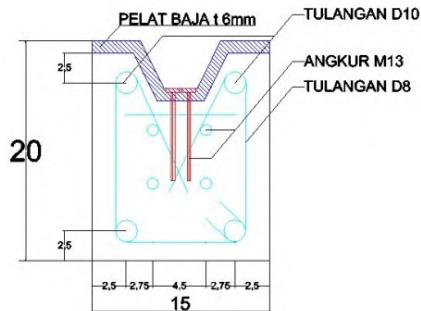
$$\begin{aligned} dx &= 33 \text{ mm} \\ dx &= 200 - 20 - 8 - \left(\frac{1}{2} \times 10\right) \\ dx &= 167 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_u = 526,51 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{11} \cdot 150 \cdot 167 \\ &= 8308,1451 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c/2 = 8308,1451/2 = 4154,072$$

Sepanjang *sloof* gaya geser yang terjadi $< \phi V_c/2$, mestinya tidak digunakan begel, namun praktis digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jarak $d/2 = 167/2 = 83,5\text{mm}$, dipakai begel $\phi 6-80$.



Gambar 4.6 Penampang Tulangan Lapangan dan Tumpuan Sloof

4.6.3. Perencanaan Ring Balk

Mutu Bahan : Baja (f_y) = 240 MPa

Beton ($f'c$) = 11 MPa

Selimut beton = 20 mm

Ukuran tulangan balok diameter 10 mm

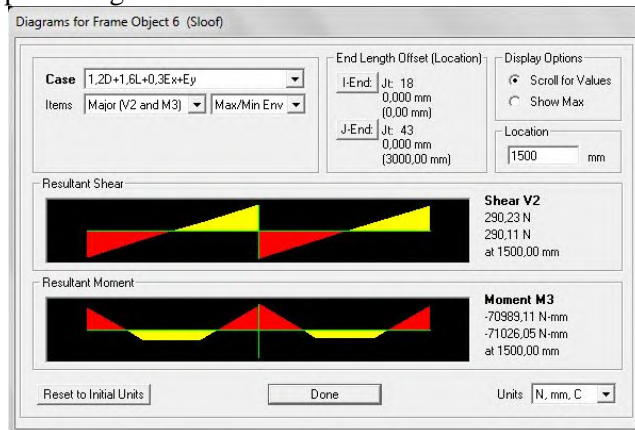
Ukuran tulangan sengkang diameter 8 mm

Dari hasil perhitungan analisa struktur dengan SAP 2000 didapat :

Mu tumpuan max = -276885 Nmm

Mu lapangan max = -71026,05 Nmm

Catatan : Mu tumpuan/lapangan maximum didapat dari analisis SAP 2000 (1,2D + 1,6L + 0,3Ex +Ey dan 1,2D + 1,6L + Ex + 0,3Ey) dan diambil dari ringbalk yang menghasilkan Mu paling besar pada bangunan ini.



Gambar 4.7. Hasil running Ringbalk dengan Program SAP 2000
Tulangan Tumpuan :

Tulangan Tarik

Direncanakan : $h = 200$ mm; D tul utama = 10 mm

$b = 150$ mm; \emptyset sengkang = 8 mm

$p = 20$ mm.....decking beton

$d = 200 - 20 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 167$ mm

$d^2 = 20 + 8 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 33$ mm

$\delta = 0,5$ (pada tumpuan)

$M_u = 276885$ Nmm

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = \frac{276885}{0,8 \cdot 150 \cdot 167^2} = 0,0827 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} = \frac{\sqrt{11}}{4 \times 240} = 0,006$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 11}{240} \left(\frac{600}{600+240} \right) = 0,0236$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,0236 = 0,0177$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 11} = 25,668$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$= \frac{1}{25,66} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 25,66 \cdot 0,0314}{240} \right)} \right)$$

$$= 0,000013$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} + \rho_{\text{perlu}} / 2 = 0,006$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,006 \cdot 150 \cdot 167 \\ &= 147,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai : } A_s = 157,143 \text{ mm}^2 \dots\dots(2 \text{ D}10)$$

Untuk Tulangan Tekan : 50 % tulangan tarik

Maka untuk tulangan tekan : 2 D 10 ($A_s = 157,143 \text{ mm}^2$) alasan kemudahan pelaksanaan.

Tulangan Lapangan :

Tulangan Tarik

Direncanakan : $\emptyset = 10 \text{ mm}$

\emptyset sengkang = 8 mm

$$p = 20 \text{ mm (decking beton)}$$

$$d = 200 - 20 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 167 \text{ mm}$$

$$M_u = 152175,00 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\Phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{152175,00}{0,8 \cdot 150 \cdot 167^2} = 0,0454 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 240 = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 11}{240} \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0236 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \times 0,0236 = 0,0177$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 11} = 25,66$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{25,66} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 25,66 \cdot 0,2814}{240} \right)} \right) = 0,0003 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} + \rho_{\text{perlu}} / 2 = 0,006$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d = 0,006 \cdot 150 \cdot 167 \\ &= 150,461 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai : $A_s = 157,143 \text{ mm}^2 \dots\dots(2 \text{ D } 10)$

Untuk Tulangan Tekan : 50 % tulangan tarik

Maka untuk tulangan tekan : 2 D 10 ($A_s = 157,1429 \text{ mm}^2$) alasan kemudahan pelaksanaan.

4.6.4. Perencanaan Tulangan Geser Ring Balk

L Balok = 300 cm; dimensi *Ringbalk* = 15 x 20 cm

Hitungan SAP :

$$V_u \text{ Kr (0 m)} = -290,23 \text{ N}$$

$$V_u \text{ Kn} = 290,23 \text{ N}$$

$$V_u \text{ (pd 0,25 m)} = 186,5 \text{ N}$$

$$V_u \text{ (pd 1,25 m)} = 194,91 \text{ N}$$

$$\text{Tebal Decking} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 10 \text{ mm}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$D \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai : } d' = 20 + 8 + (1/2 \times 10)$$

$$= 33 \text{ mm}$$

$$dx = 200 - 20 - 8 - (1/2 \times 10)$$

$$= 167 \text{ mm}$$

$$V_u = 526,51 \text{ N}$$

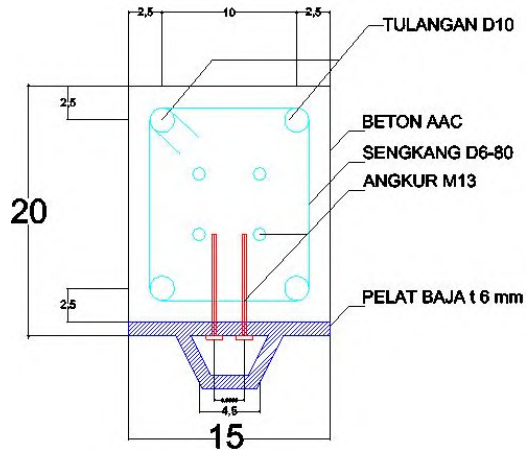
$$\emptyset V_c = \emptyset \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{11} \cdot 150 \cdot 167$$

$$= 8308,1451 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c/2 = 8308,1451/2 = 4154,072$$

Sepanjang sloop gaya geser yang terjadi $< \emptyset V_c/2$, mestinya tidak digunakan begel, namun praktis digunakan begel dengan diameter terkecil ($\emptyset 6$) dengan jarak $d/2 = 167/2 = 83,5 \text{ mm}$, dipakai begel $\emptyset 6-80$.



Gambar 4.7 Penampang Tulangan Lapangan dan Tumpuan Ring Balk

4.7 Perencanaan Tulangan Dinding

Berikut merupakan tabel dari perhitungan analisis software SAP 2000 terhadap konstruksi dinding panel yang memiliki nilai tertinggi. Momen yang dihasilkan dalam tabel 4.7 dibawah ini merupakan hasil dari beban gempa arah X dan arah Y dengan diambil nilai yang terbesar.

Tabel 4.7 Momen terbesar akibat gempa X dan gempa Y

No	Area Object/ Elements	Momen gempa X (Nmm)	Momen gempa Y (Nmm)	Force (N)
1.	13	1954,265	16647,038	0
2.	15	16412,942	1659,509	0

Direncanakan dinding didesain menghasilkan dinding yang tipikal atau memiliki kesamaan desain. Dipilih momen terbesar dengan nilai **$M_x \max = 16412,942 \text{ Nmm}$** dan **$M_y \max = 16647,038 \text{ Nmm}$** .

4.7.1 Penulangan Arah X

Direncanakan : $h = 150 \text{ mm}$
 $b = 1000 \text{ mm}$
 decking = 20 mm
 D.tul.utama = 10 mm
 D.tul.sengkan = 6 mm
 $d' = 31 \text{ mm}$
 $d = 119 \text{ mm}$
 $f_c' = 11 \text{ MPa}$
 $f_y = 240 \text{ MPa}$

$$K = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{16413}{0,8 \cdot 1000 \cdot 119^2} = 0,00145 \text{ MP}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,00145}{0,85 \cdot 11}} \right) \cdot 119 = 0,018$$

$$\text{Tulangan pokok: } A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} \cdot d$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 11 \cdot 0,018 \cdot 1000}{240} \cdot 119 = 0,7184 \text{ mm}^2$$

$$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$$

jadi

$$A_{su} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= (1,4 \cdot 1000 \cdot 119) / 240 = 694,167 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 694,167 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{694,167} = 113,2 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm})$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai $s = 100 \text{ mm}$

Luas tulangan

$$= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} = 785,714 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi: $A_{sb} = 20\% \cdot A_{su} = 20\% \cdot 694,167 = 138,833 \text{ mm}^2$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{sb,u} = 300 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan:

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 1000}{300} = 94,3 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm}).$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 80 \text{ mm}$

Luas tulangan

$$= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{80}$$

$$= 353,57 \text{ mm}^2 \geq A_{sb,u} \quad (\text{Oke})$$

Jadi digunakan tulangan pokok searah sumbu x $A_x = 15\text{-D}10$

$$= \text{D}10 - 100 = 1178,6 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi tidak digunakan dikarenakan digantikan perannya oleh tulangan utama arah sumbu Y.

4.7.2 Penulangan Arah Y

Direncanakan $h = 150 \text{ mm}$
 $b = 1000 \text{ mm}$
 decking = 20 mm
 D.tul.utama = 10 mm
 D.tul.senggang = 6 mm
 $d' = 31 \text{ mm}$
 $d = 119 \text{ mm}$
 $f_c' = 11 \text{ MPa}$
 $f_y = 240 \text{ MPa}$

$$K = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{16647}{0,8 \cdot 1000 \cdot 119^2} = 0,00147 \text{ MPa}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,00147}{0,85 \cdot 11}} \right) \cdot 119 = 0,019$$

Tulangan pokok: $A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} \cdot d$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 11 \cdot 0,019 \cdot 1000}{240} \cdot 119 = 0,7286 \text{ mm}^2$$

$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$ jadi $A_{s,u} =$

$$\geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= (1,4 \cdot 1000 \cdot 119) / 240 = 694,167 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 694,167 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{694,167} = 113,2\text{mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450\text{mm})$$

Dipilih yang terkecil, jadi pakai $s = 100\text{ mm}$

Luas tulangan

$$= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{100} = 785,714\text{mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi: } A_{sb} = 20\% \cdot A_{su} = 20\% \cdot 694,167 = 138,833\text{mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300\text{mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{sb,u} = 300\text{mm}^2$

Jarak tulangan:

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 1000}{300} = 94,3\text{mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 150 = 750\text{mm}).$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 75\text{mm}$

Luas tulangan

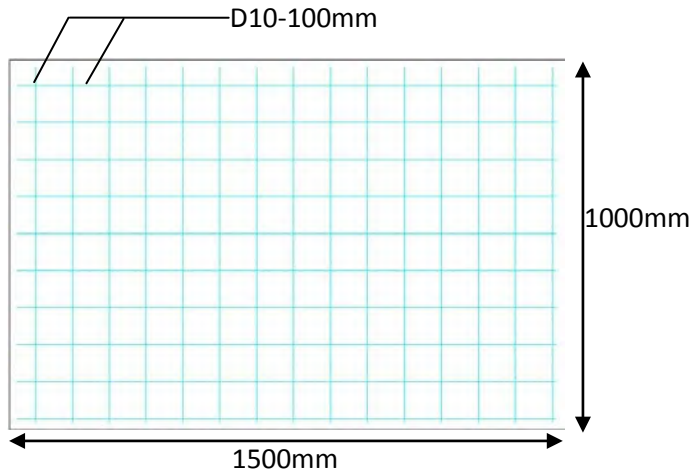
$$= \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{80}$$

$$= 353,6\text{mm}^2 \geq A_{sb,u} \quad (\text{Oke})$$

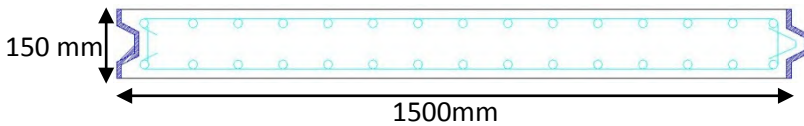
Jadi digunakan tulangan pokok $A_s = D10 - 100 = 785,71\text{mm}^2$

$$\text{Tulangan bagi } A_{sb} = D6 - 75 = 565,71\text{mm}^2$$

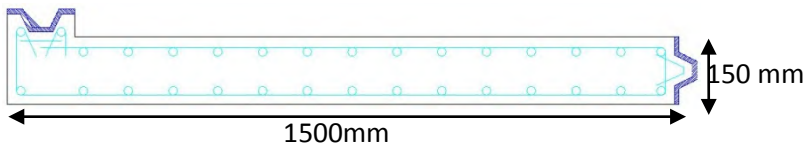
Tulangan bagi tidak digunakan dikarenakan digantikan perannya oleh tulangan utama arah sumbu X.



Gambar 4.8 Detail Tulangan Dinding Panel



Gambar 4.9 Potongan Pada Dinding Panel Menerus



Gambar 4.10 Potongan Pada Dinding Panel Sudut

4.8 Perencanaan Sambungan Tiap Elemen

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu

desain sambungan dibuat untuk menyalurkan gaya-gaya yang terjadi sehingga menciptakan kestabilan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu ditinjau *serviceability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan beberapa kombinasi dari beban-beban tersebut.

4.8.1 Kriteria Perencanaan Sambungan

Kriteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain, karena ada perbedaan kriteria untuk masing-masing tipe sambungan. Persyaratan suatu sambungan dapat menjadi syarat yang tidak terlalu penting untuk sambungan lain. Hal ini diakibatkan karena perbedaan asumsi/ anggapan atau perbedaan spesifikasi dari pihak perancang dan pemilik struktur.

- **Kekuatan**

Suatu sambungan harus mempunyai kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang diterapkan sepanjang umur dari sambungan. Beberapa dari gaya ini disebabkan oleh gaya gravitasi, angin, gempa dan perubahan volume.

- **Daktilitas**

Daktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relatif struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami runtuh. Untuk material struktur, daktilitas diukur dengan total deformasi yang terjadi saat leleh awal terhadap leleh batas (*ultimate failure*).

Daktilitas pada portal sering digabungkan dengan tahanan terhadap momen, hal ini dipakai dalam perencanaan gempa. Pada elemen sambungan untuk menahan momen dan lentur biasanya ditahan oleh komponen baja. Dan kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putusnya baja, hancurnya beton atau kegagalan dari sambungan.

- **Perubahan Volume**

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkai, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak, sambungan ataupun perletakkannya.

- **Kesederhanaan Sambungan**

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis sehingga dapat berpengaruh terhadap harga.

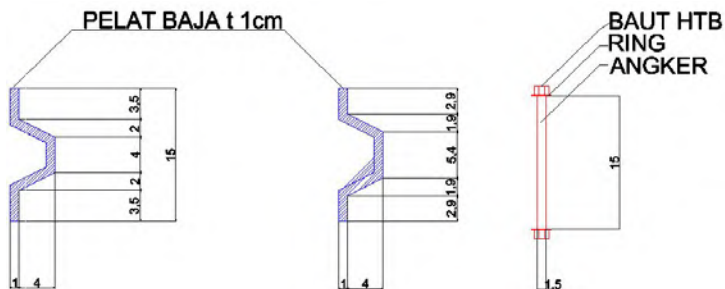
Kriteria penyederhanaan sambungan adalah:

- Memakai bahan-bahan standar
- Menggunakan detail yang sama atau berulang
- Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya.

- **Kesederhanaan Pemasangan**

Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan aplikasi konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan tipe sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin kemudahan pemasangan.

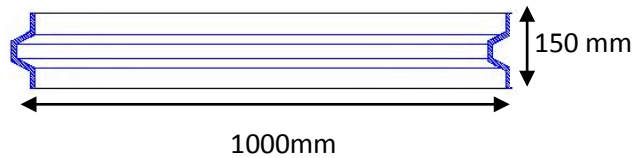
Adapun desain yang dirancang yaitu menggunakan sambungan yang terbuat dari pelat baja hasil fabrikasi dengan spesifikasi model dengan tebal 6 mm/ BJ 41 dan dilengkapi dengan baut BJ50 tipe Ø13 mm (kuat tumpu = 370 MPa; kuat geser = 240 MPa) (ulir tidak pada bidang geser) dengan jenis sambungan ekor burung terbalik seperti gambar dibawah ini.



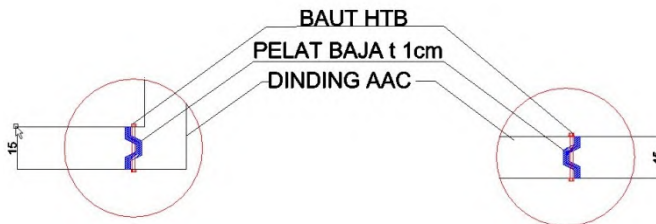
Gambar 4.11 Permodelan Sambungan

Adapun alasan pemilihan sambungan tipe ekor burung terbalik ini dikarenakan sambungan jenis ini yang paling memudahkan saat pelaksanaan lapangan dan kuat untuk menahan gaya-gaya yang terjadi pada setiap komponen pracetak dengan lebih efektif dibandingkan sambungan tipe lain .

Hasil desain sambungan yang direncanakan berdasarkan kemudahan pemasangan dan pengerjaan yaitu gambar potongan pada **gambar 4.5** dan **gambar 4.6**



Gambar 4.12 Detail Pelat Baja t 1 cm



Gambar 4.13 Gambar Potongan Dinding



Gambar 4.14 Ilustrasi Dinding Sudut



Gambar 4.15 Ilustrasi Dinding Memanjang

Sambungan *Knockdown* ini dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan elemen yang disambungkan. Semua sambungan antara pondasi dengan sloof diberi nama sambungan tipe A. Adapun sambungan tipe A terdapat dua jenis yakni sambungan tipe A sudut dan sambungan tipe A menerus.

Sementara sambungan antara dinding dengan sloof disebut sambungan tipe B. Sedangkan yang menghubungkan antar dinding disebut sambungan tipe C. Sambungan tipe C dibagi menjadi sambungan tipe C vertikal dan horizontal. Berikutnya yaitu sambungan yang menghubungkan antara dinding dan ring balk yang disebut dengan sambungan tipe D. Adapun gaya-gaya maksimum didapat dari program SAP 2000 terdapat dalam tabel 4.1.

Kemudian untuk pemilihan gaya yang digunakan dalam perhitungan sambungan selalu digunakan gaya-gaya yang terbesar baik itu dari sumbu X, sumbu Y maupun sumbu Z yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan *software* bantu SAP 2000.

Tabel 4.8 Gaya-gaya maksimum pada pondasi

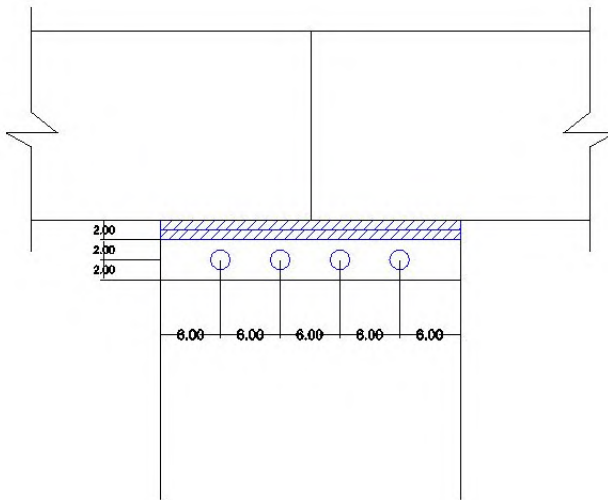
No.	1,2D+1,6L+Ex+0,3Ey						1,2D+1,6L+0,3Ex+Ey					
	F1	F2	F3	M1	M2	M3	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Pondasi	3553,866	-3362,977	20437,603	-414841	-408092	-1671,817	3545,965	-3370,808	20438,246	-415274	-407774	-1622,819
Pondasi	21,564	-6,878	20755,322	5926,343	501,922	1954,256	6,469	-19,761	20760,244	17579,27	150,577	-586,277
Pondasi	3553,866	3362,977	20437,603	-414841	-408092	1671,817	3545,965	3370,808	20438,246	-415274	407774	1622,819
Pondasi	-17,582	6,504	19878,954	-156,73	14801,792	-497,853	-6,212	21,681	19873,762	-522,434	4887,733	1659,509
Pondasi	3553,866	3362,977	20437,603	-414841	-408092	1671,817	3545,965	3370,808	20438,246	415274	407774	1622,819
Pondasi	21,564	6,878	20755,322	5926,343	501,922	1954,256	6,469	19,761	20760,244	17579,27	150,577	586,277
Pondasi	3553,866	3362,977	20437,603	-414841	-408092	1671,817	3545,965	3370,808	20438,246	415274	-407774	1622,819
Pondasi	17,582	6,504	19878,954	-156,73	14801,792	497,853	6,212	21,681	19873,762	-522,434	4887,733	1659,509

Didapatkan gaya-gaya terbesar F1 = 3553,866 N; F2 = 3370,808 N; F3 = 20760,24 N; M1 = 415274 Nmm; M2 = 408092 Nmm; M3 = 1954,26 Nmm.

4.8.2 Kontrol Sambungan *Knockdown* Antara Pondasi Dengan Sloof (Tipe A)

- Sambungan Tipe A Dengan Pondasi Tengah

Gambar 4.8 dibawah ini merupakan gambar permodelan sambungan tipe A pondasi tengah.



Gambar 4.16 Detail Sambungan Tipe A Tengah

$$P_u = 20760,24 \text{ N}$$

$$M_u = 415274 \text{ Nmm (dipilih antara M1 dan M2 yang terbesar)}$$

$$V_u = 3553,866 \text{ N}$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 2$$

$$\text{Panjang Pelat} : 150 \text{ mm}$$

$$\text{jarak antar baut} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{diameter baut} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Baut BJ 50} \rightarrow F_{nt} = 290 \text{ MPa}; F_{nv} = 500 \text{ MPa}$$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 150 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 13416,41 \text{ mm}^2$$

$$P_u = \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)}$$

$$= 0,9 \times 13416,41 \times 240 = 2897944,1 \text{ N}$$

$$\phi_{\text{perlemahan}} = \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$A_n = 13416,41 - 13,5 \times 6 = 13335,41 \text{ cm}^2$$

$$A_e = \mu \times A_n = 1 \times 13335,41 = 13335,41 \text{ cm}^2$$

Kuat putus :

$$P_u = \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)}$$

$$= 0,75 \times 13335,41 \times 240 = 3700575,7 \text{ N}$$

Kekuatan baut:

Kuat Geser:

$$V_d = \phi_t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 113,14 \times 2$$

$$= 42428,6 \text{ N}$$

Kuat tumpu :

$$R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 6 \times 290$$

$$= 37584 \text{ kN (menentukan!)}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = P_u/n = 10380,12 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 1776,933 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } M_u : \sum(x^2 + y^2) = 25^2 \times 2 = 1250 \text{ mm}^2$$

$$F_v2 = M_u \times X / \sum(x^2 + y^2)$$

$$= 415274 \times 50 / 1250$$

$$= 16610,96 \text{ N}$$

$$K_u = (\sqrt{(\sum F_v)^2 + (\sum F_h)^2})$$

$$= \sqrt{(10380,12 + 8305,5)^2 + (1776,933)^2}$$

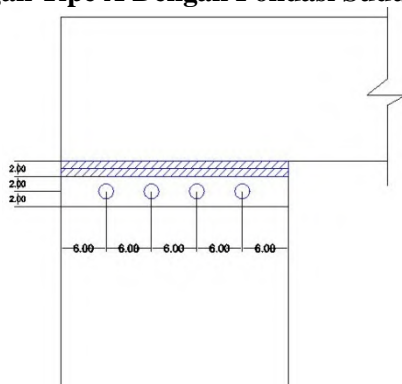
$$= 27049,51N$$

Kekuatan Sambungan:

$$P_s = 75168,00 N$$

$$K_u = 75168 N < P_s$$

- **Sambungan Tipe A Dengan Pondasi Sudut**



Gambar 4.17 Detail Sambungan Tipe A Sudut

$$P_u = 20760,24 N$$

$$M_u = 415274 Nmm \text{ (dipilih antara } M_1 \text{ dan } M_2 \text{ yang terbesar)}$$

$$V_u = 3553,866 N$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 2$$

Panjang Pelat : 300 mm

jarak antar baut = 100 mm

diameter baut = 12 mm

Baut BJ 50 \rightarrow $F_u^p = 290 \text{ MPa}$; $F_u^b = 500 \text{ MPa}$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 300 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 26832,81 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)} \\
 &= 0,9 \times 26832,81 \times 240 = 7423628,86 \text{ N} \\
 \phi_{\text{perlemahan}} &= \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} \\
 A_n &= 26832,81 - 13,5 \times 6 = 26751,81 \text{ mm}^2 \\
 A_e &= \mu \times A_n = 1 \times 26751,81 = 26751,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)} \\
 &= 0,75 \times 26751,81 \times 240 = 10380,12 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kekuatan baut:

Kuat geser:

$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi_t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 113,14 \times 1 \\
 &= 42428,57 \text{ N (menentukan!)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 6 \times 370 \\
 &= 37584 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = P_u/n = 20760,24/2 = 10380,12 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 3553,866/2 = 1777 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } M_u : \sum(x^2 + y^2) = 50^2 \times 2 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 F_v2 &= M_u \times X / \sum(x^2 + y^2) \\
 &= 415274 \times 100/5000 \\
 &= 8305,48 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_u &= (\sqrt{(\sum F_v)^2 + (\sum F_h)^2}) \\
 &= (\sqrt{(16611 + 10380,12)^2 + (1777)^2}) \\
 &= 18769,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

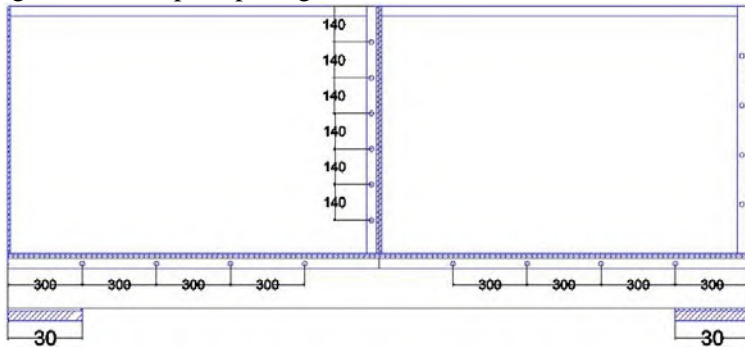
Kekuatan Sambungan:

$$P_s = 75168 \text{ N}$$

$$K_u = 18769,89 \text{ N} < P_s$$

4.8.3 Kontrol Sambungan Knockdown Dinding dengan Sloof (Tipe B)

Sambungan Tipe B merupakan sambungan yang menghubungkan antara dinding dengan sloof. Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan antara dinding dengan sloof digambarkan seperti pada gambar 4.10



Gambar 4.18 Detail Sambungan Tipe B

Gaya yang terjadi

$$P_u = 20760,24 \text{ N}$$

$$M_u = 415274 \text{ Nmm (dipilih antara M1 dan M2 yang terbesar)}$$

$$V_u = 3553,866 \text{ N}$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 4$$

$$\text{Panjang Pelat} : 1500 \text{ mm}$$

$$\text{jarak antar baut} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{diameter baut} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Baut BJ 50} \rightarrow F_u^p = 370 \text{ MPa}; F_u^b = 500 \text{ MPa}$$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 1500 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 134164,1 \text{ mm}^2$$

$$P_u = \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)}$$

$$= 0,9 \times 134164,1 \times 240 = 28979440,99 \text{ N}$$

$$\phi_{\text{perlemahan}} = \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm}$$

$$A_n = 134164,1 - 13,5 \times 10 = 134083,1 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \mu \times A_n = 1 \times 134083,1 = 134083,1 \text{ mm}^2$$

Kuat putus :

$$P_u = \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)}$$

$$= 0,75 \times 134083,1 \times 370$$

$$= 37181969,33 \text{ N}$$

Kekuatan baut:

Kuat Geser:

$$V_d = \phi_t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 113,143 \times 1$$

$$= 42428,6 \text{ N (menentukan!)}$$

Kuat tumpu :

$$R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 6 \times 290$$

$$= 37584 \text{ N}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = P_u/n = 5190,06 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 888,4665 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } M_u : \sum(x^2 + y^2) = 150^2 \times 2 + 450^2 \times 2 = 450000 \text{ mm}^2$$

$$F_v2 = M_u \times X / \sum(x^2 + y^2)$$

$$= 415274 \times 300 / 450000$$

$$= 415,274 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 K_u &= (\sqrt{(\sum F_v)^2 + (\sum F_h)^2}) \\
 &= (\sqrt{(5190,06 + 415,27)^2 + (888,5)^2}) \\
 &= 5675,31 N
 \end{aligned}$$

Kekuatan Sambungan:

$$P_s = n \times V_d = 150336 N$$

$$K_u = 5675,31 N < P_s$$

4.8.4 Kontrol sambungan *knockdown* antara dinding dengan dinding (Tipe C)

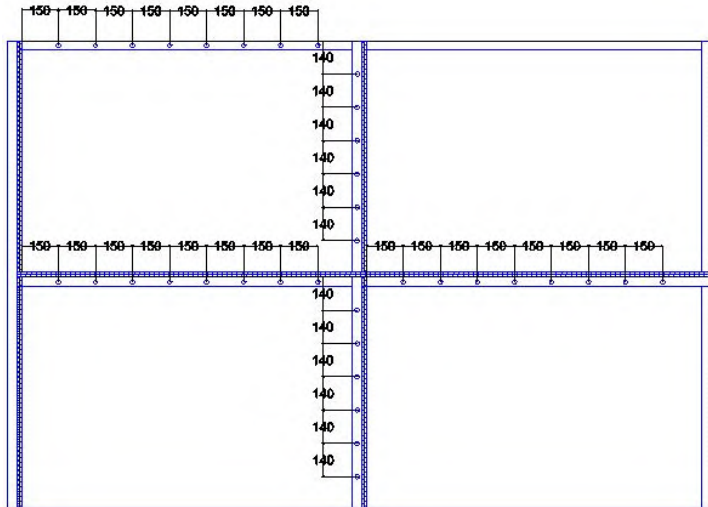
Untuk elemen dinding, digunakan data dari bantuan software SAP 2000 berupa *Element Force-Area Shells* dengan mengambil nilai yang terbesar. Data hasil perhitungan tersebut terdapat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Gaya-gaya pada dinding panel (Nmm/mm)

Beban Terpusat	F11 1816,25	F22 1700,1	F12 921,43	Fmax 2211,76
Beban Momen	M11 (N-mm/mm) 29780,68	M22 (N-mm/mm) 23361,9	M12 (N-mm/mm) 10146,42	Mmax 29857,42
Beban Geser	V13 40,17	V23 19,9	Vmax 26,69	

- **Sambungan Tipe C Horizontal**

Detail pada sambungan antar dinding tipe C horizontal (searah sumbu x atau y) digambarkan seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4.19 Detail Sambungan Tipe C Horizontal dan vertikal

Sementara hasil dari perhitungan gaya momen dan geser dengan menggunakan bantuan software SAP2000 terdapat pada tabel 4.9

Gaya yang terjadi

$$P_u = 1816,25 \times 1500 = 2724375 \text{ N}$$

$$M_u = 29760,68 \times 1500 = 44671020 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 0 \text{ N}$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 8$$

Panjang Pelat : 1500 mm

jarak antar baut = 167 mm (ambil 150 mm)

diameter baut = 16 mm

Baut BJ 50 $\rightarrow F_u^p = 290 \text{ MPa}$; $F_u^b = 500 \text{ MPa}$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 1500 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 134164,1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)} \\
 &= 0,9 \times 134164,1 \times 240 = 28979441 \text{ N} \\
 \phi_{\text{perlemahan}} &= \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} \\
 A_n &= 134164,1 - 16,5 \times 6 = 134059,1 \text{ mm}^2 \\
 A_e &= \mu \times A_n = 1 \times 134059,1 = 134059,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat putus :

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)} \\
 &= 0,75 \times 134059,1 \times 370 \\
 &= 37201394,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kekuatan baut:

$$\begin{aligned}
 &\text{Kuat Geser:} \\
 V_d &= \phi_t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 201,143 \times 1 \\
 &= 75428,57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 16 \times 6 \times 290 \\
 &= 50112 \text{ N (menentukan!)}
 \end{aligned}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = P_u/n = 340546,875 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 0 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } M_u : \sum(x^2 + y^2) = ((150/2)^2 + (3 \times 150/2)^2 + (5 \times 150/2)^2 + (7 \times 150/2)^2) = 1023750 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 F_v2 &= M_u \times X / \sum(x^2 + y^2) \\
 &= 4671020 \times 150 / 1023750 \\
 &= 220908,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_u &= (\sqrt{(\sum F_v)^2 + (\sum F_h)^2}) \\
 &= (\sqrt{(340546,875 + 1023750)^2 + (0)^2})
 \end{aligned}$$

$$= 36455,1N$$

Kekuatan Sambungan:

$$P_s = n \times V_d = 8 \times 50112 = 400896 N$$

$$K_u = 363455,22 N < P_s$$

- **Sambungan Tipe C Vertikal**

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan antar dinding tipe C horizontal (searah sumbu x atau y) digambarkan seperti pada gambar 4.19.

Gaya yang terjadi

$$P_u = 1816,25 \times 1000 = 1816250 N$$

$$M_u = 29760,68 \times 1000 = 29780680 Nmm$$

$$V_u = 0 N$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 8$$

$$\text{Panjang Pelat : } 1000 \text{ mm}$$

$$\text{jarak antar baut} = 111,11 \text{ mm (ambil 100 mm)}$$

$$\text{diameter baut} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Baut BJ 50} \rightarrow F_u^p = 290 \text{ MPa}; F_u^b = 500 \text{ MPa}$$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 1000 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 89442,72 \text{ mm}^2$$

$$P_u = \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)}$$

$$= 0,9 \times 89442,72 \times 240 = 19319627,33 N$$

$$\phi_{\text{perlemahan}} = \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm}$$

$$A_n = 89442,72 - 17,5 \times 6 = 89337,72 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \mu \times A_n = 1 \times 89337,72 = 89337,72 \text{ mm}^2$$

Kuat putus :

$$P_u = \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)}$$

$$= 0,75 \times 89337,72 \times 370$$

$$= 24791217,05 N$$

Kekuatan baut:

Kuat Geser:

$$\begin{aligned} Vd &= \phi t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 201,143 \times 1 \\ &= 75248,57 \text{ N (menentukan!)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned} Rd &= \phi f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 16 \times 6 \times 290 \\ &= 50112 \text{ N} \end{aligned}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = 227031,25 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 0 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Akibat } M_u : \sum(x^2 + y^2) &= ((100/2)^2 + (3 \times 100/2)^2 + \\ &+ (5 \times 100/2)^2 + (5 \times 100/2)^2) \times 2 = 420000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_v2 &= M_u \times X / \sum(x^2 + y^2) \\ &= 29780680 \times 350 / 392000 \\ &= 24817,233 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ku &= (\sqrt{(\sum F_v)^2 + (\sum F_h)^2}) \\ &= (\sqrt{(302708,33 + 26589,9)^2 + (0)^2}) \\ &= 251848,48 \text{ N} \end{aligned}$$

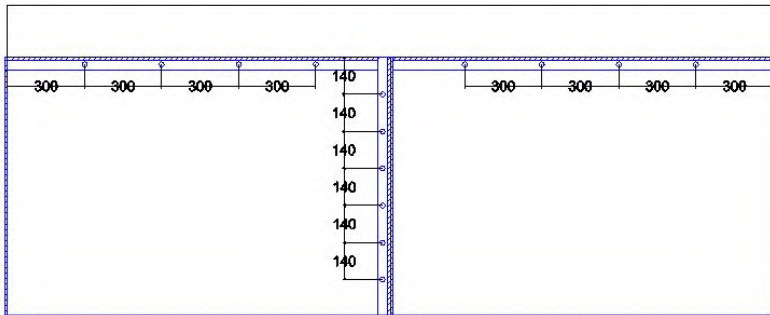
Kekuatan Sambungan:

$$P_s = 400896 \text{ N}$$

$$K_u = 251848,48 \text{ N} < P_s$$

4.8.5 Kontrol Sambungan *knockdown* Antara Dinding dengan Ring Balk (Tipe D)

Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan antara dinding memanjang dan sudut dengan *Ring Balk* atau sambungan tipe D digambarkan seperti pada gambar 4.12



Gambar 4.20 Detail Sambungan Tipe D

Sementara hasil dari perhitungan gaya momen dan geser dengan menggunakan bantuan software SAP2000 terdapat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan Momen dan Geser pada Ring Balk
(Nmm)

No.	1,2D+1,6L+Ex+0,3Ey			1,2D+1,6L+0,3Ex+Ey		
	P	V	M	P	V	M
1	38,6	290,25	-75644,15	38,9	290,23	-75639,73
2	38,6	290,25	-75644,15	38,9	290,23	-75639,73
3	78,7	276,31	-68622,11	78,48	276,33	68628,21
4	78,7	276,31	-68622,11	78,48	276,33	68628,21
5	38,6	290,25	-75574,73	38,9	290,23	-75639,73
6	38,6	290,25	-75574,73	38,9	290,23	-75639,73
7	78,7	276,31	-68622,11	78,48	276,33	68628,21
8	78,7	276,31	-68622,11	78,48	276,33	68628,21

Gaya yang terjadi

$$P_u = 28979441 \text{ N}$$

$$M_u = 75644,15 \text{ Nmm (dipilih yang terbesar)}$$

$$V_u = 0 \text{ N}$$

$$n \text{ (jumlah baut)} = 4$$

Panjang Pelat : 1000 mm

jarak antar baut = 142 mm (ambil 140 mm)

diameter baut = 16 mm

Baut BJ 50 \rightarrow $F_u^p = 370 \text{ MPa}$; $F_u^b = 500 \text{ MPa}$

Kekuatan pelat:

Kuat leleh :

$$A_g = (2 \times 1500 \times \sqrt{20^2 + 40^2}) = 134164 \text{ mm}^2$$

$$P_u = \phi_t \times A_g \times f_y \text{ (pelat)}$$

$$= 0,9 \times 134164 \times 240 = 28979441 \text{ N}$$

$$\phi_{\text{perlemahan}} = \phi_{\text{baut}} + 1,5 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm}$$

$$A_n = 134164 - 17,5 \times 10 = 133989,1 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \mu \times A_n = 1 \times 133989,1 = 133989,1 \text{ mm}^2$$

Kuat putus :

$$P_u = \phi_t \times A_e \times f_u \text{ (pelat)}$$

$$= 0,75 \times 133989,1 \times 370$$

$$= 44676638 \text{ N}$$

Kekuatan baut:

Kuat Geser:

$$V_d = \phi_t \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 500 \times 113,143 \times 1$$

$$= 42428,6 \text{ N (menentukan!)}$$

Kuat tumpu :

$$R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u^p$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 10 \times 370$$

$$= 37584 \text{ N}$$

Cara Elastis (Ku)

$$\text{Akibat } P_u : F_v1 = P_u/n = 72,75 \text{ N}$$

$$\text{Akibat } V_u : F_h = V_u/n = 0 \text{ N}$$

$$\text{Akibat Mu} : \sum(x^2 + y^2) = (150^2 \times 2) + (300+150)^2 \times 2 = 450000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} Fv2 &= Mu \times X / \sum(x^2 + y^2) \\ &= 75644,115 \times 450 / 450.000 \\ &= 75,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ku &= (\sqrt{(\sum Fv)^2 + (\sum Fh)^2}) \\ &= (\sqrt{(75,64 + 72,75)^2 + (0)^2}) \\ &= 148,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Kekuatan Sambungan:

$$Ps = n \times Vd = 150336, \text{ N}$$

$$Ku = 148,4 \text{ N} < Ps$$

4.9 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak pada bagian terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang biasa digunakan, yakni pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenisnya antara lain pondasi tiang panjang, pondasi tiang bor, pondasi caisson dan sebagainya.

Sementara itu untuk pondasi dangkal merupakan pondasi yang digunakan untuk bangunan yang memiliki beban yang tidak terlalu besar. Macam-macam pondasi dangkal antara lain pondasi batu kali menerus, pondasi telapak menerus, pondasi umpak, pondasi rakit dan pondasi telapak.

Pondasi yang direncanakan dalam Rumah Sederhana Tahan Gempa dengan sistem *Knockdown* ini menggunakan pondasi dangkal berjenis pondasi telapak.

4.9.1 Pembebanan Pondasi

Pembebanan untuk pondasi didapatkan dari akumulasi total dari berat bangunan Rumah Tahan Gempa. Detail perhitungan didapat dari tabel.

Tabel 4.11 Pembebanan untuk Pondasi

No.	Elemen Struktur	P	L	t	n	BJ (t/m)	Berat Total	
1.	Ring balk	3	0,15	0,2	8	0,9	0,648	
2.	Dinding Panel	1,5	1	0,15	48	0,9	9,72	
3.	Sloof	3	0,2	0,15	8	0,9	0,648	
4.	Penyambung	0,1					1,1016	
		Sub Jumlah						12,117
5.	Plafon	3	3		1	0,011	0,009	
6.	Penggantung	3	3		1	0,007	0,063	
7.	Genteng	0,5	6	3,7	1	0,007	0,077	
8.	Kuda2	0,5	6	3,7	1	0,01	0,111	
9.	Reng		3		9		0,0412	
		Sub Jumlah						0,392
		Jumlah Total						12,509

Dari tabel didapatkan berat total dari Rumah Tahan Gempa yaitu 12,51 ton. Direncanakan terdapat 8 buah pondasi, dari hasil perhitungan dari SAP2000 didapatkan beban yang ditanggung tiap pondasi adalah $Q_z = 20,75$ N/mm.

4.9.2 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Berdasarkan literatur “Daya Dukung Pondasi Dangkal” yang ditulis oleh Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, untuk mencari daya dukung pondasi persegi digunakan rumus Terzaghi sebagai berikut.

$$Q_{ult} = 0,4 \cdot \gamma_d \cdot B \cdot N_y + 1,3 \cdot C \cdot N_c + \gamma_d \cdot D \cdot N_q$$

Terdapat tiga *term* yang diperhatikan dalam mencari daya dukung pondasi dangkal. Ketiga *term* tersebut yaitu term permukaan atau luasan dibawah pondasi, term kohesi di sepanjang bidang gelincir dan term kedalaman dan surcharge.

Dari perhitungan dengan bantuan program SAP2000, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.12 Pembebanan untuk Pondasi (N dan Nmm)

N o.	Nomor Pondasi	1,2D+1,6L+Ex+0,3Ey		1,2D+1,6L+0,3Ex+Ey	
		Gaya P	Gaya M	Gaya P	Gaya M
1.	Pondasi 1	20437,60	414841	20438,25	415274
2.	Pondasi 2	20755,32	5926,343	20760,24	17579,27
3.	Pondasi 3	20437,60	414841	20438,25	415274
4.	Pondasi 4	19878,95	14801,79	20760,24	17579,27
5.	Pondasi 5	20437,60	414841	20438,25	415274
6.	Pondasi 6	20755,32	5926,343	20760,24	17579,27
7.	Pondasi 7	20437,60	414841	20438,25	415274
8.	Pondasi 8	19878,95	14801,79	20760,24	17579,27

Dari data tanah, didapat nilai *cohesion* = 0,056 kg/cm², dan nilai Φ (sudut geser tanah) = 8 dengan jenis tanah lempung berpasir halus berbatu karang.

Mencari nilai N_q ,

$$N_q = tg^2 (45^\circ + \phi/2) e^{\pi \cdot tg \cdot \phi}$$

$$N_q = tg^2 (45^\circ + 8/2) e^{\pi \cdot tg 8^\circ} = 2,06$$

Mencari nilai N_y menggunakan Rumus Meyerhof

$$N_y = (N_q - 1) \cdot tg(1,4\phi)$$

$$N_y = (2,06 - 1) \cdot tg(1,4 \cdot 8) = 0,21$$

Mencari nilai N_c

$$N_c = \frac{N_q - 1}{tg\phi} = 7,54$$

Berikut merupakan perhitungan $Q_{ultimate}$ dari pondasi telapak, jika diketahui;

$$N_q = 2,06$$

$$N_c = 7,54$$

$$N_y = 0,21$$

$$\gamma_d = 1,31 \text{ gr/cc}$$

$$C = 0,0745 \text{ kg/cm}^2$$

$$SF = 2,5$$

Maka didapatkan daya dukung tanah (Q_{ult})

$$Q_{ult} = 0,4 \cdot \gamma_d \cdot B \cdot N_y + 1,3 \cdot C \cdot N_c + \gamma_d \cdot D \cdot N_q$$

$$Q_{ult} = 0,4 \cdot 1,31 \cdot 1,00 \cdot 0,21 + 1,3 \cdot 7,45 \cdot 7,54 + 1,31 \cdot 1,00 \cdot 2,06$$

$$= 75,3 \text{ KPa}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{75,301}{2,5} = 30,345 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{work} = \sigma_{ijin}$$

$$Q_z = \sigma_{work} \cdot xB$$

$$B = \frac{Q_{work}}{\sigma_{work}} = \frac{20,755}{30,345} = 0,683m$$

Digunakan $B = L = 1m$

4.9.3 Tegangan yang Terjadi Akibat Gaya

Pondasi menerima beban aksial dan beban lateral yang mengakibatkan momen terhadap dasar pondasi, distribusi tekanan tanah pada dasar pondasi seperti pada gambar dibawah ini. Adapun tekanan tanah di bawah pondasi ditulis pada persamaan berikut.

$$q = P/A \pm \frac{Mx \cdot x}{Iy} \pm \frac{My \cdot y}{Ix}$$

Diketahui;

$$P = 20760,24N$$

$$Mx = 49503448,5Nmm$$

$$My = 415274Nmm$$

$$A = 1000000mm^2$$

$$x500mm$$

$$Iy = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 1000^3 = 8,33 \times 10^{10} mm^4$$

Sehingga didapat

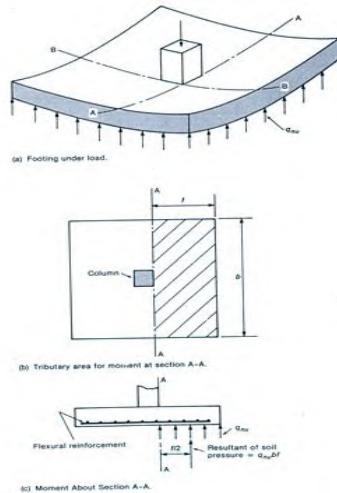
$$Q_{akibatGaya} = \frac{20760,24}{1000000} \pm \frac{415274 \cdot 500}{83333333333}$$

$$Q_{akibatGaya} = 0,02325 N/mm^2 = 23,25 KPa$$

Dari perhitungan didapat bahwa $Q_{akibat\ gaya} = 23,25 KPa < Q_{ult} = 30,345 KPa$ sehingga pondasi dapat digunakan.

4.9.4 Perencanaan Penulangan Pondasi

Tekanan net tanah yang bekerja pada dasar pondasi seperti yang dijelaskan pada gambar 4.11.



Gambar 4.21 Lebar Area Tekan f Pada Pondasi Telapak Akibat Momen

Besarnya gaya – gaya dalam kolom pondasi diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 pada perletakan, yaitu :

$$M_u = 415274 \text{ N}$$

$$P_u = 20755,32 \text{ N}$$

$$V_u = 3546 \text{ N}$$

Data perencanaan kolom :

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$A_g = 90000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 11 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

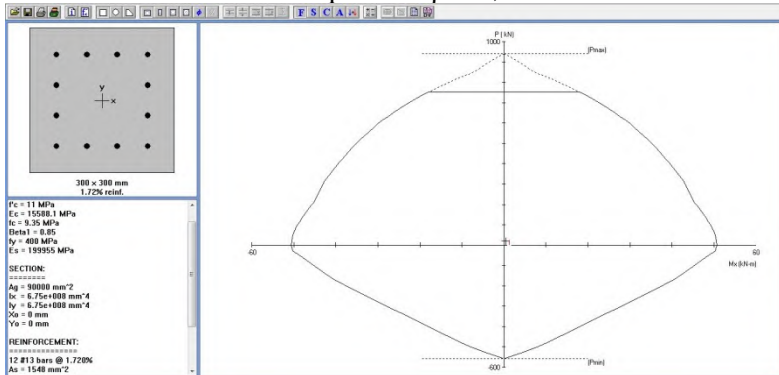
Tulangan sengkang = $\varnothing 6$ mm

Tulangan utama = $\varnothing 8$ mm

Tinggi efektif = $300 - (40 + 6 + \frac{1}{2} \cdot 8) = 250,0$ mm

Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,72\%$



Gambar 4.22 Hasil Analisis Kolom Pondasi dengan *Software* PCA Col

$$A_s = 0,0172 \cdot 300 \cdot 250 = 1290 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 12 D13 = $1595,43 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 3546 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \cdot d \\ &= 2 \left(1 + \frac{2075,532.9,81}{14 \times 90000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{11} \times 300 \times 250 \\ &= 84255,49 \text{ N} \\ \varnothing V_c &= 0,6V_c = 50553,3 \text{ N} \end{aligned}$$

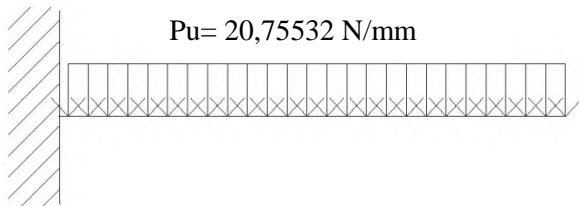
Karena $V_u < \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser
Jadi dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 10 - 200$, sengkang dua kaki.

Penghitungan pada pondasi telapak sebagai berikut.

Tulangan lentur pada pondasi telapak tidak boleh kurang dari $0,0018.b.h$ dan jarak tulangan pondasi tidak boleh melebihi nilai terkecil diantara tiga kali tebal pondasi telapak atau 50 cm.

Besarnya beban terpusat dalam kolom pondasi diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 pada perletakan, yaitu :

$$P_u = 20755,32 \text{ N} \rightarrow P_u \text{ merata} = 20755,32 \text{ N/mm}$$



Gambar 4.23 Permodelan Mekanika Gaya Pada Pondasi

Didapatkan Mu akibat P_u merata sebesar

$$= 20,75532 \cdot 500 \cdot 0,5 \cdot 500$$

$$= 2.594.415 \text{ Nmm}$$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \left(\frac{2594415}{0,85 \cdot 1000 \cdot (200 - (40 + 0,5 \cdot 13 + 13))} \right) = 0,155 \text{ mm}^2$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,155}{0,85 \cdot 11}} \right) \cdot 140,5 = 2,343$$

$f'c < 31,36MPa$ jadi,

$$A_s \geq \frac{0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b}{f_y} = \left(\frac{0,85 \cdot 11,2 \cdot 343 \cdot 1000}{240} \right) = 91,2786mm^2$$

$$A_{su} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= (1,4 \cdot 1000 \cdot 140,5) / 240 = 819,583mm^2$$

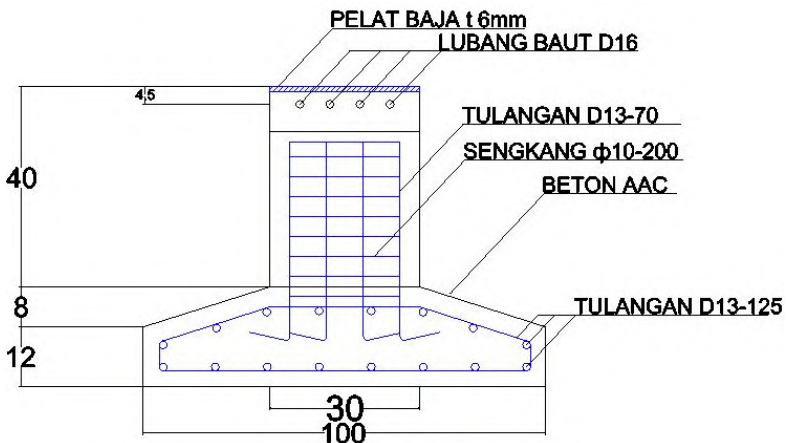
Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 819,583mm^2$

$$\text{Jarak tulangan } S = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{819,583} = 162mm$$

$$S \leq 3 \cdot h = 3 \cdot 200 = 600mm$$

Pilih yang terkecil, jadi $S = 150$ mm

Jadi digunakan tulangan pokok searah sumbu x dan sumbu y yaitu, $A_s = 8D13 = 1062,285mm^2$



Gambar 4.24 Rencana Penulangan Pondasi

4.9.4 Kontrol *Differential Settlement*

Kontrol *Differential Settlement* merupakan penghitungan atau yang dilakukan untuk mendapatkan angka perbedaan penurunan pondasi dangkal, antara pondasi satu dengan pondasi yang lain.

Apabila kontrol *Differential Settlement* yang dilakukan menghasilkan daya dukung tanah yang tidak memenuhi syarat untuk dibangun suatu bangunan diatasnya maka dilakukan beberapa alternatif untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut, antaran lain:

- a) Dengan memperbaiki tanah tersebut terlebih dahulu
- b) Memperlebar dan memperpanjang alas pondasi dari bagnunan
- c) Gabungan antara alterenatif pertama dan kedua

Dibawah ini merupakan tabel kriteria toleransi penurunan differensial mengacu kepada *Naval Facilities Engineering Command Design Manual 7*.

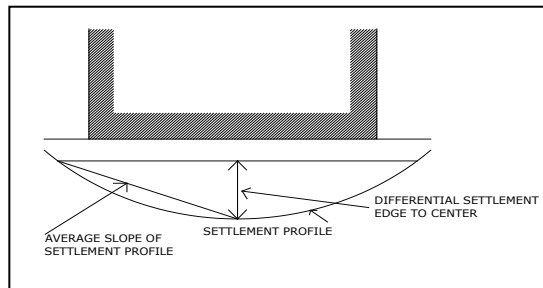
Tabel 4.12 Tolerable Differential Settlements of Structures

Type Of Structures	Tollerable Differential Settlement	Qualifying Condition
Tracks for overhead travelling Crane	0,003	Value taken longitudinally along track. Settlement between tracks

		generally does not control
Rigid Circular mat or ring footing for tall and slender rigid structures such as stacks, chimneys or water tanks	0,002 (cross slope of rigid foundation)	
Jointed rigid concrete pressure pipe conduit	0,015 (radian of angle change of joint)	Maximum angle change at joint generally 2 to 4 times average slope of settlement profile. Damage to joint also depends on longitudinal extension
One or two story steel frame, truss roof, warehouse with flexible siding	0,006 to 0,008	Presence of overhead crane, utility lines, or operation of forklifts or warehouse floor would limit tolerable settlement.
One or two story houses with plain brick bearing walls and light structural frame	0,002 to 0,003	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before interior finish is complete
Structures with sensitive interior	0,001 to 0,002	Larger value is tolerable if significant portion of

exterior finish such as plaster, ornamental stone or tile facing		settlement occurred before finish is complete
Structures with relatively insensitive interior or exterior finish such as dry wall, moveable panels	0,002 to 0,003	Damage to structural frame may limit tolerable settlements
Multistory heavy concrete rigid frame on structural mat foundation if thick	0,0015	Damage to interior or exterior finish may limit tolerable settlement

Untuk memperjelas, nilai *Tollerable Differential Settlement* merupakan angka yang didapat dari perbandingan antara penurunan pondasi dengan jarak antar kedua pondasi tersebut. misalkan angka 0,001 memiliki pengertian telah terjadi selisih penurunan sebesar 0,3 cm dengan jarak antar pondasi 300 cm.



Gambar 4.25 Permodelan *Differential Settlement*

Data tanah didapat dari Lab Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS dan terlampir di lampiran.

Tabel 4.13 Perhitungan Gaya-gaya tanah

	h	z	γ	γ_w	γ'	σ'_o	Pp
	(m)	(m)	(t/m ³)	(t/m ³)	(t/m ³)	(t/m ²)	(t/m ²)
	A	B	C	D	E = C-D	E*A	
5	1	0,5	1,35	1	0,35	0,175	
6	1	0,5	1,35	1	0,35	0,525	17,00
7	1	0,5	1,35	1	0,35	0,875	17,00
8	1	0,5	1,43	1	0,43	1,265	17,00
9	1	0,5	1,43	1	0,43	1,695	17,00
10	1	0,5	1,43	1	0,43	2,125	17,00
11	1	0,5	1,45	1	0,45	2,565	21,00
12	1	0,5	1,45	1	0,45	3,015	21,00
13	1	0,5	1,45	1	0,45	3,465	21,00
14	1	0,5	1,46	1	0,46	3,920	21,00
15	1	0,5	1,46	1	0,46	4,380	27,80

16	1	0,5	1,46	1	0,46	4,840	27,80	
17	1	0,5	1,46	1	0,46	5,300	27,80	
18	1	0,5	1,46	1	0,46	5,760	27,80	
19	1	0,5	1,46	1	0,46	6,220	27,80	
20	1	0,5	1,48	1	0,48	6,690	27,80	
21	1	0,5	1,48	1	0,48	7,170	27,80	
22	1	0,5	1,48	1	0,48	7,650	27,80	
23	1	0,5	1,48	1	0,48	8,130	27,80	
24	1	0,5	1,48	1	0,48	8,610	27,80	
25	1	0,5	1,48	1	0,48	9,090	27,80	
26	1	0,5	1,49	1	0,49	9,575	27,80	
27	1	0,5	1,49	1	0,49	10,065	27,80	
28	1	0,5	1,49	1	0,49	10,555	27,80	
29	1	0,5	1,50	1	0,50	11,050	27,80	
30	1	0,5	1,50	1	0,50	11,550	27,80	
31	1	0,5	1,50	1	0,50	12,050	27,80	
32	1	0,5	1,52	1	0,52	12,560	27,80	
33	1	0,5	1,52	1	0,52	13,080	27,80	
34	1	0,5	1,52	1	0,52	13,600	27,80	
35	1	0,5	1,53	1	0,53	14,125	27,80	
						Jumlah	155,94	769,80

Data tanah yang telah diolah menunjukkan bahwa tanah merupakan OC (*Over consolidated*) Soil, dengan $\sigma_{\text{total}} \leq \sigma'_c$ sehingga untuk mencari tingkat penurunan pondasi baik pondasi sudut maupun pondasi tengah digunakan rumus

$$S_{c'} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \right]$$

Dengan

H = Tebal lapisan tanah

e_o = Angka pori awal (*initial void ratio*)

C_s = *Swelling Index*

σ'_o = *Overburden Pressure* efektif (t/m^2)

$\Delta\sigma$ = *Surcharge* (besarnya tegangan di muka tanah)

Tabel 4.14 Perhitungan Sc Pondasi Sudut

No	s	z	2.325		l	6,00		6		e'c	OCR	log ((e'c+δe')/e'c)	log (e'c / e'c)	log ((e'c+δe')/e'c)	Sci			
			x/z	y/z		cc	cs	eo	δe'							e'a	e'aw	
5	1	0,5	12,0	12,00	0,25	0,442	0,06	1,09	2,33	0,175	2,900	lebih kecil	17,000	97,14	1,155	1,987	-0,833	0,035
6	1	1,5	4,0	4,00	0,25	0,442	0,06	1,09	2,33	0,525	2,850	lebih kecil	17,000	32,38	0,735	1,510	-0,776	0,022
7	1	2,5	2,4	2,40	0,24	0,442	0,06	1,09	2,23	0,875	3,107	lebih kecil	17,000	19,43	0,550	1,288	-0,738	0,017
8	1	3,5	1,7	1,71	0,23	0,442	0,06	1,09	2,14	1,265	3,404	lebih kecil	17,000	13,44	0,430	1,128	-0,698	0,013
9	1	4,5	1,3	1,33	0,22	0,442	0,06	1,09	2,05	1,695	3,741	lebih kecil	17,000	10,03	0,344	1,001	-0,657	0,010
10	1	5,5	1,1	1,09	0,22	0,442	0,06	1,09	2,05	2,125	4,171	lebih kecil	17,000	8,00	0,293	0,903	-0,610	0,009
11	1	6,5	0,9	0,92	0,19	0,637	0,09	1,44	1,77	2,565	4,332	lebih kecil	21,000	8,19	0,228	0,913	-0,686	0,008
12	1	7,5	0,8	0,80	0,18	0,637	0,09	1,44	1,67	3,015	4,689	lebih kecil	21,000	6,97	0,192	0,843	-0,651	0,007
13	1	8,5	0,7	0,71	0,15	0,637	0,09	1,44	1,40	3,465	4,860	lebih kecil	21,000	6,06	0,147	0,783	-0,636	0,005
14	1	9,5	0,6	0,63	0,13	0,637	0,09	1,44	1,21	3,920	5,129	lebih kecil	21,000	5,36	0,117	0,729	-0,612	0,004
15	1	10,5	0,6	0,57	0,12	1,483	0,21	1,65	1,12	4,380	5,496	lebih kecil	27,800	6,55	0,099	0,805	-0,704	0,008
16	1	11,5	0,5	0,52	0,10	1,483	0,21	1,65	0,93	4,840	5,770	lebih kecil	27,800	5,74	0,076	0,759	-0,683	0,006
17	1	12,5	0,5	0,48	0,09	1,483	0,21	1,65	0,84	5,300	6,137	lebih kecil	27,800	5,25	0,064	0,720	-0,656	0,005
18	1	13,5	0,4	0,44	0,08	1,483	0,21	1,65	0,74	5,760	6,504	lebih kecil	27,800	4,83	0,053	0,684	-0,631	0,004
19	1	14,5	0,4	0,41	0,07	1,483	0,21	1,65	0,65	6,220	6,871	lebih kecil	27,800	4,47	0,043	0,650	-0,607	0,003
20	1	15,5	0,4	0,39	0,06	1,483	0,21	1,65	0,56	6,690	7,248	lebih kecil	27,800	4,16	0,035	0,619	-0,584	0,003
21	1	16,5	0,4	0,36	0,05	1,483	0,21	1,65	0,47	7,170	7,635	lebih kecil	27,800	3,88	0,027	0,589	-0,561	0,002
22	1	17,5	0,3	0,34	0,05	1,483	0,21	1,65	0,47	7,650	8,115	lebih kecil	27,800	3,63	0,026	0,560	-0,533	0,002
23	1	18,5	0,3	0,32	0,05	1,483	0,21	1,65	0,47	8,130	8,595	lebih kecil	27,800	3,42	0,024	0,534	-0,510	0,002
24	1	19,5	0,3	0,31	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	8,610	8,982	lebih kecil	27,800	3,23	0,018	0,509	-0,491	0,001
25	1	20,5	0,3	0,29	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	9,090	9,462	lebih kecil	27,800	3,06	0,017	0,485	-0,468	0,001
26	1	21,5	0,3	0,28	0,04	0,446	0,06	1,63	0,37	9,575	9,947	lebih kecil	27,800	2,90	0,017	0,463	-0,446	0,000
27	1	22,5	0,3	0,27	0,04	0,446	0,06	1,63	0,37	10,065	10,437	lebih kecil	27,800	2,76	0,016	0,441	-0,425	0,000
28	1	23,5	0,3	0,26	0,03	0,446	0,06	1,63	0,28	10,555	10,834	lebih kecil	27,800	2,63	0,011	0,421	-0,409	0,000
29	1	24,5	0,2	0,24	0,03	0,446	0,06	1,63	0,28	11,050	11,329	lebih kecil	27,800	2,52	0,011	0,401	-0,390	0,000
30	1	25,5	0,2	0,24	0,03	0,446	0,06	1,63	0,28	11,550	11,829	lebih kecil	27,800	2,41	0,010	0,381	-0,371	0,000
31	1	26,5	0,2	0,23	0,03	0,446	0,06	1,63	0,28	12,050	12,329	lebih kecil	27,800	2,31	0,010	0,363	-0,353	0,000
32	1	27,5	0,2	0,22	0,03	0,446	0,06	1,63	0,28	12,560	12,839	lebih kecil	27,800	2,21	0,010	0,345	-0,336	0,000
33	1	28,5	0,2	0,21	0,02	0,567	0,08	1,31	0,19	13,080	13,266	lebih kecil	27,800	2,13	0,006	0,327	-0,321	0,000
34	1	29,5	0,2	0,20	0,02	0,567	0,08	1,31	0,19	13,600	13,786	lebih kecil	27,800	2,04	0,006	0,311	-0,305	0,000
35	1	30,5	0,2	0,20	0,02	0,567	0,08	1,31	0,19	14,125	14,311	lebih kecil	27,800	1,97	0,006	0,294	-0,288	0,000
															Sc=	0,138		

Didapatkan penurunan pondasi sudut sebesar 0,138 m.

Tabel 4.15 Perhitungan Sc Pondasi Tengah

q	=	2.325	t/m ²	x	=	6,00	m	y'	=	3	m														
Hi	z	x/z	y/z	l	Cc	Cs	ea	Δσ	σ'a	σ'asal		σ'c	OCR	log ((σ'+Δσ)/σ'a)	log (σ'c / σ'a)	log ((σ'+Δσ)/σ'c)	Sc								
(m)	(m)						(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)	(t/m ²)		(t/m ²)					(m)								
5	1	0,5	12,0	6,00	0,50	0,442	0,06	1,09	4,65	0,175	4,825	lebih kecil	17,000	97,14	1,440	1,987	-0,547	0,044							
6	1	1,5	4,0	2,00	0,42	0,442	0,06	1,09	3,91	0,525	4,431	lebih kecil	17,000	32,38	0,926	1,510	-0,584	0,028							
7	1	2,5	2,4	1,20	0,40	0,442	0,06	1,09	3,72	0,875	4,595	lebih kecil	17,000	19,43	0,720	1,288	-0,568	0,022							
8	1	3,5	1,7	0,88	0,32	0,442	0,06	1,09	2,98	1,265	4,241	lebih kecil	17,000	13,44	0,525	1,128	-0,603	0,016							
9	1	4,5	1,3	0,67	0,24	0,442	0,06	1,09	2,23	1,695	3,927	lebih kecil	17,000	10,03	0,365	1,001	-0,636	0,011							
10	1	5,5	1,1	0,55	0,24	0,442	0,06	1,09	2,23	2,125	4,557	lebih kecil	17,000	8,00	0,312	0,903	-0,591	0,009							
11	1	6,5	0,9	0,48	0,32	0,637	0,09	1,44	2,98	2,565	5,541	lebih kecil	21,000	8,19	0,335	0,913	-0,579	0,012							
12	1	7,5	0,8	0,40	0,18	0,637	0,09	1,44	1,67	3,015	4,689	lebih kecil	21,000	6,97	0,192	0,843	-0,651	0,007							
13	1	8,5	0,7	0,35	0,14	0,637	0,09	1,44	1,30	3,465	4,767	lebih kecil	21,000	6,06	0,139	0,783	-0,644	0,005							
14	1	9,5	0,6	0,32	0,14	0,637	0,09	1,44	1,30	3,920	5,222	lebih kecil	21,000	5,36	0,125	0,729	-0,604	0,005							
15	1	10,5	0,6	0,29	0,14	1,483	0,21	1,65	1,30	4,380	5,682	lebih kecil	27,800	6,35	0,113	0,803	-0,690	0,009							
16	1	11,5	0,5	0,26	0,08	1,483	0,21	1,65	0,74	4,840	5,584	lebih kecil	27,800	5,74	0,062	0,759	-0,697	0,005							
17	1	12,5	0,5	0,24	0,08	1,483	0,21	1,65	0,74	5,300	6,044	lebih kecil	27,800	5,25	0,057	0,720	-0,663	0,005							
18	1	13,5	0,4	0,22	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	5,760	6,132	lebih kecil	27,800	4,83	0,027	0,684	-0,656	0,002							
19	1	14,5	0,4	0,21	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	6,220	6,592	lebih kecil	27,800	4,47	0,025	0,620	-0,625	0,002							
20	1	15,5	0,4	0,19	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	6,690	7,062	lebih kecil	27,800	4,16	0,024	0,619	-0,595	0,002							
21	1	16,5	0,4	0,18	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	7,170	7,542	lebih kecil	27,800	3,88	0,022	0,589	-0,567	0,002							
22	1	17,5	0,3	0,17	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	7,650	8,022	lebih kecil	27,800	3,63	0,021	0,560	-0,540	0,002							
23	1	18,5	0,3	0,16	0,04	1,483	0,21	1,65	0,37	8,130	8,502	lebih kecil	27,800	3,42	0,019	0,534	-0,515	0,002							
24	1	19,5	0,3	0,15	0,02	1,483	0,21	1,65	0,19	8,610	8,796	lebih kecil	27,800	3,23	0,009	0,509	-0,500	0,001							
25	1	20,5	0,3	0,15	0,02	1,483	0,21	1,65	0,19	9,090	9,276	lebih kecil	27,800	3,06	0,009	0,485	-0,477	0,001							
26	1	21,5	0,3	0,14	0,02	0,446	0,06	1,63	0,19	9,575	9,761	lebih kecil	27,800	2,90	0,008	0,463	-0,455	0,000							
27	1	22,5	0,3	0,13	0,02	0,446	0,06	1,63	0,19	10,065	10,251	lebih kecil	27,800	2,76	0,008	0,441	-0,433	0,000							
28	1	23,5	0,3	0,13	0,02	0,446	0,06	1,63	0,19	10,555	10,741	lebih kecil	27,800	2,63	0,008	0,421	-0,413	0,000							
29	1	24,5	0,2	0,12	0,02	0,446	0,06	1,63	0,15	11,050	11,199	lebih kecil	27,800	2,52	0,006	0,401	-0,395	0,000							
30	1	25,5	0,2	0,12	0,02	0,446	0,06	1,63	0,15	11,550	11,736	lebih kecil	27,800	2,41	0,007	0,381	-0,375	0,000							
31	1	26,5	0,2	0,11	0,02	0,446	0,06	1,63	0,15	12,050	12,236	lebih kecil	27,800	2,31	0,007	0,363	-0,356	0,000							
32	1	27,5	0,2	0,11	0,02	0,446	0,06	1,63	0,15	12,560	12,746	lebih kecil	27,800	2,21	0,006	0,345	-0,339	0,000							
33	1	28,5	0,2	0,11	0,02	0,567	0,08	1,31	0,15	13,080	13,266	lebih kecil	27,800	2,13	0,006	0,327	-0,321	0,000							
34	1	29,5	0,2	0,10	0,02	0,567	0,08	1,31	0,15	13,600	13,749	lebih kecil	27,800	2,04	0,005	0,311	-0,306	0,000							
35	1	30,5	0,2	0,10	0,02	0,567	0,08	1,31	0,15	14,125	14,274	lebih kecil	27,800	1,97	0,005	0,294	-0,290	0,000							
																		Sc'	0,148						

Didapatkan penurunan pondasi tengah sebesar 0,168 m.

Selisih penurunan = $0,168 - 0,138 = 0,01$ m

Jarak antar pondasi = 3,00 m

Differential Settlement = $0,01 / 3,00 = 0,003 \rightarrow \text{OK}$

Diketahui toleransi = 0,002 hingga 0,003, sehingga telah memenuhi syarat dan pondasi dapat digunakan.

BAB V

TAHAPAN PELAKSANAAN

5.1. Umum

Pada bab tahap pelaksanaan ini diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai tahapan pelaksanaan yang berkaitan dengan pembuatan dinding panel untuk rumah sederhana tahan gempa. Ada dua proses pekerjaan yang dapat dilaksanakan, yaitu:

1. Proses pembuatan beton pracetak secara fabrikasi di Industri Beton Pracetak. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses fabrikasi antara lain;
 - a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapatdiaplikasikan secara umum di pasaran.
 - b. Terbatasnya fleksibilitas variasi ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
 - c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.
2. Proses percetakan di lapangan/ lokasi proyek
Sedangkan untuk proses yang kedua, hal-hal yang perlu untuk dipertimbangkan adalah:
 - a. Proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek lokal
 - b. Umur dari proses produksi percetakan disesuaikan dengan usia proyek
 - c. Proses ini cenderung lebih disukai bila dimungkinkan untuk dilaksanakan dikarenakan standarisasi hasil percetakan disesuaikan dengan keperluan proyek.

5.2. Proses Produksi Elemen Beton Pracetak

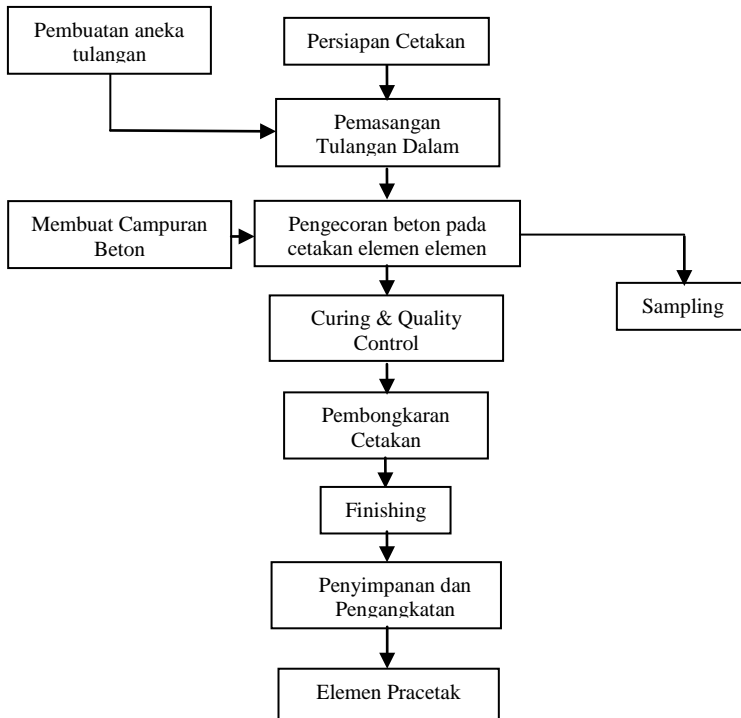
Setelah Pengecoran dilaksanakan, pada beton pracetakdilakukan curing untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan terpenuhi. Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton

antara 20%-60% dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih umur 3-7 hari pada suhu kamar.

Adapun syarat dari cetakan elemen beton pracetak adalah:

- a. Volume dari cetakan stabil untuk percetakan berulang
- b. Mudah ditangani dan tidak bocor
- c. Mudah untuk dipindahkan, khusus untuk pelaksanaan pengecoran di lapangan/ proyek.

Setelah pembongkaran bekisting, tahapan berikutnya adalah finishing elemen beton pracetak. secara skematis proses produksi elemen beton pracetak mulai dari persiapan untuk cetakan sampai pada penyimpanan elemen beton pracetak dijelaskan seperti pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Proses Pembuatan Beton Pracetak

5.3. Proses Pelaksanaan Rumah Tahan Gempa

Secara garis besar tahapan pelaksanaan proses pemasangan elemen beton pracetak adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan pondasi
3. Pekerjaan sloof
4. Pekerjaan elemen dinding
5. Pekerjaan ring balk
6. Pekerjaan atap

Adapun berat setiap elemen *precast* antara lain;

- Balok *Sloof* 15/20 (panjang 3,00 m)
 $W = 0,15 \times 0,20 \times 3,00 \times 900 = 81 \text{ kg}$
- Balok *Ring Balk* (panjang 3,00 m)
 $W = 0,15 \times 0,20 \times 3,00 \times 900 = 81 \text{ kg}$
- Dinding panel tipe menerus
 $W = 0,15 \times 1,00 \times 1,50 \times 900 = 202,5 \text{ kg}$
- Dinding panel tipe sudut
 $W = 0,15 \times 1,00 \times 1,50 \times 900 = 202,5 \text{ kg}$
- Pondasi
 $W = (0,06+0,112+0,036) \times 900 = 187,2 \text{ kg}$

Jika diasumsikan tiap pekerja mampu memikul beban sebesar 50 kg, maka dibutuhkan 2 orang pekerja untuk mengangkat dan memasang *sloof* dan *ringbalk*, 3-4 pekerja untuk mengangkat dan memasang dinding dan pondasi.

Keberhasilan pelaksanaan metode pracetak tergantung pada organisasi pelaksanaan, teknikal skill personil yang terlibat, kerjasama dan koordinasi yang baik, serta kontrol yang baik dalam organisasi tersebut.

5.3.1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi penyiapan lokasi dan pembersihan lahan sampai lokasi siap untuk dibangun sebuah bangunan di atasnya. Adapun disiapkan lahan untuk ukuran bangunan 6m x 6m. Untuk pondasi digunakan pondasi menerus menggunakan batu kali biasa atau digunakan pondasi setempat

beton bertulang atau pondasi setempat beton bertulang dengan mempertimbangkan kondisi lokasi.

5.3.2. Pekerjaan Pondasi

Adapun langkah-langkah pekerjaan pondasi sebagai berikut:

1. Penggalian dan persiapan tanah untuk dipasangkan pondasi
2. Pemasangan pondasi setempat precast
3. Pengurugan tanah

Untuk peralatan yang digunakan:

1. Benang (untuk mengetahui kelurusan antar pondasi)
2. Peralatan penunjang untuk sambungan (baut dsb.)

5.3.3. Pekerjaan Sloof

Beberapa langkah-langkah dalam pekerjaan sloof sebagai berikut:

1. Penggalian dan persiapan tanah untuk dipasangkan sloof
2. Pemasangan sloof precast
3. Pengurugan tanah

5.3.4. Pekerjaan Elemen Dinding

Langkah-langkah dalam pekerjaan dinding antara lain;

1. Pemasangan dinding panel

Peralatan yang digunakan:

1. Benang (untuk mengetahui kelurusan antar pondasi)
2. Peralatan penunjang untuk sambungan (baut dsb.)
3. Tripod (untuk mengangkat dinding panel jika diperlukan)

5.3.5. Pekerjaan Ring Balk

Langkah-langkah dalam pekerjaan dinding antara lain;

1. Pemasangan Ring Balk

Peralatan yang digunakan:

1. Peralatan penunjang untuk sambungan (baut dsb.)
2. Tripod (untuk mengangkat ringbalk jika diperlukan)

5.3.6. Pekerjaan Atap

Konstruksi atap digunakan tipe genteng metal, diawali dengan pemasangan kuda-kuda dan dilanjutkan dengan komponen-komponen lainnya. Adapun cara memasang konstruksi atap dilakukan secara manual.

5.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak

5.4.1. Sistem Transportasi

Sistem Transportasi yang dimaksud adalah:

1. Pindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek
3. Pindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

Pemilihan jenis, ukuran dan kapasitas alat angkut dan angkat seperti truk, tripod dipengaruhi oleh ukuran beton pracetaknya dan lokasi dimana beton pracetak tersebut akan ditempatkan. Untuk pengangkutan dari lokasi fabrikasi ke lokasi proyek biasa digunakan sarana truk seperti truk tunggal maupun tandem. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16m x 18m dengan kapasitas angkut barang kurang lebih 50 ton.

Untuk komponen tertentu dimana panjang panjang komponen cukup panjang bisa digunakan truk tempel dengan kapasitas yang mampu mencapai 80 ton. Kendala yang dipertimbangkan dalam pemilihan jenis truk adalah kondisi jalan yang akan dilalui meliputi kekuatan jalan, lebar jalan, fasilitas untuk menikung, memutar dan lain-lain.

5.4.2. Jadwal Pengangkutan Elemen Beton Pracetak

Jadwal pengangkutan atau pindahan beton pracetak membutuhkan beberapa pertimbangan tertentu antara lain sebagai berikut:

1. Ijin penggunaan jalan utama untuk mobil jenis truk yang diperbolehkan untuk dilewatkan menuju areal proyek.

2. Tersedianya peralatan angkat misalkan berupa *mobile crane* maupun *tripod* untuk menaikkan dan menurunkan komponen beton pracetak dari dan ke alat angkut baik dari areal pabrik maupun lokasi proyek.

BAB VI PENUTUP

Telah didapatkan beberapa kesimpulan dan saran serta rekomendasi dari Tugas Akhir ini.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Digunakan material beton pracetak berupa *Autoclaved Aerated Concrete* $f'c$ 11 MPa
2. Dari hasil perhitungan didapatkan data-data perencanaan sebagai berikut:
 - a. Digunakan pondasi telapak setempat dengan dimensi 1,00m x 1,00 x 0,2m dengan kedalaman 0,6m. (tulangan telapak searah sumbu x dan y 8 D13, tulangan kolom pondasi 12 D13 sengkang ϕ 10-100)
 - b. Dimensi sloof dan ringbalk 0,15m x 0,2m (tulangan utama 4 D10mm dan sengkang ϕ 6 - 80 mm)
 - c. Dimensi dinding 1,00m x 1,50m, tebal 0,15m (tulangan D10- 100 mm)
3. Digunakan material sambungan berupa pelat baja t 6 mm dengan angkur berupa baut BJ 50 diameter 13 mm. Tabel 6.1 dibawah ini menunjukkan elemen sambungan yang digunakan.

Tabel 6.1 Jumlah baut yang terpasang

Jenis Pondasi	Jumlah baut	Jarak antar baut
Tipe A- tengah	2	150 mm
Tipe A- sudut	2	150 mm
Tipe B	4	300 mm
Tipe C – Horizontal	8	150 mm
Tipe C- Vertikal	6	140 mm
Tipe D	4	300 mm

4. Sambungan antar elemen seperti sambungan sloof dengan dinding, antara dinding dengan dinding dan dinding dengan sloof diusahakan supaya memenuhi kriteria jenis sambungan agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.
5. Ditemukan beberapa kekurangan dalam rumah tahan gempa ini, antara lain kurang ekonomis, sambungan baja yang cenderung mudah berkarat.

6.2. Saran

1. Diperlukan simulasi pengujian miniatur bangunan rumah tahan gempa agar diketahui performansinya.
2. Untuk menghemat biaya, sambungan baja tidak dipasang pada sepanjang elemen precast, namun hanya pada elemen tertentu saja sebagai sambungan.
3. Untukantisipasi karat, pelat dan angkur dapat dilapisi dengan cat, oli atau ditutup dengan plastik

6.3. Rencana Pengembangan Kedepan

1. Dilakukan uji coba yang sebenarnya dalam laboratorium pengujian agar diketahui performan dari rumah tahan gempa ini.
2. Jika sudah lulus tahap uji coba, maka dapat diproduksi secara massal dan dibuatkan modul pembangunan Rumah Tahan Gempa agar memudahkan masyarakat.
3. Dilakukan uji kelayakan finansial agar dapat diketahui nilai-nilai ekonominya saat diproduksi
4. Agar lebih layak huni, komponen arsitektural juga diperhatikan



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

TAMPAK-TAMPAK RUMAH

SKALA

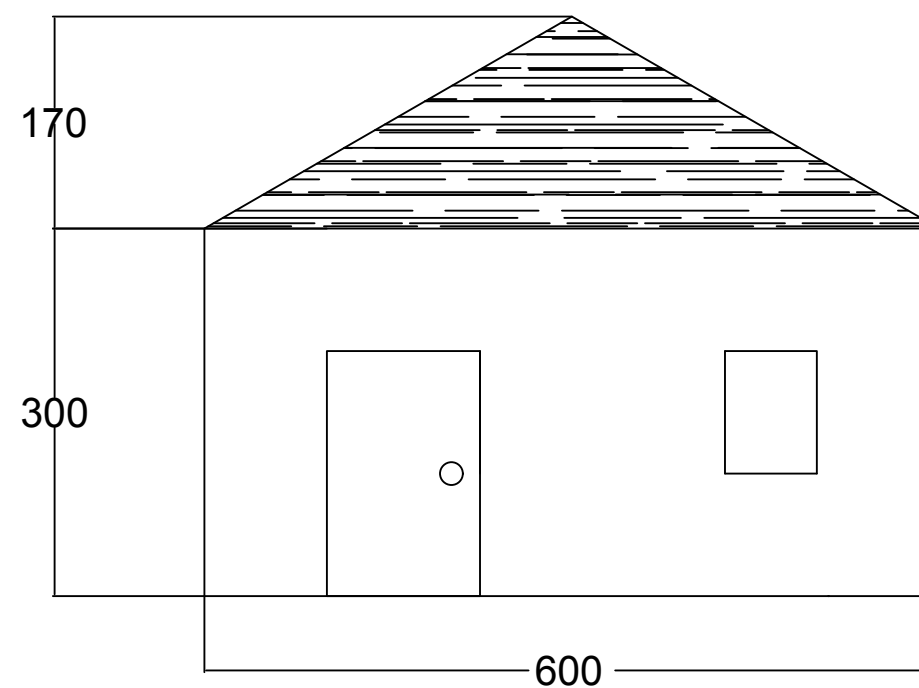
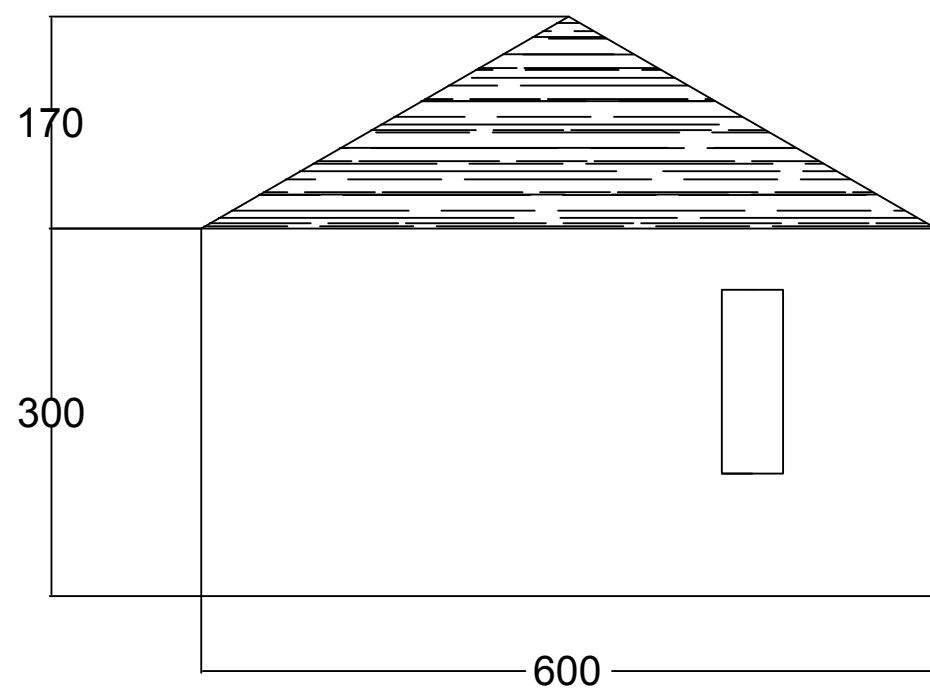
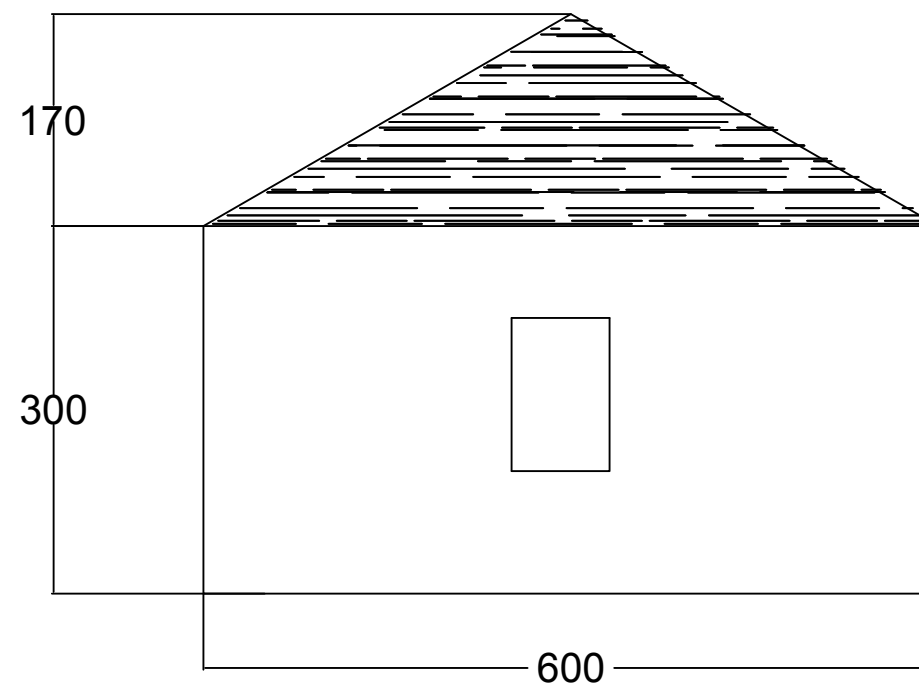
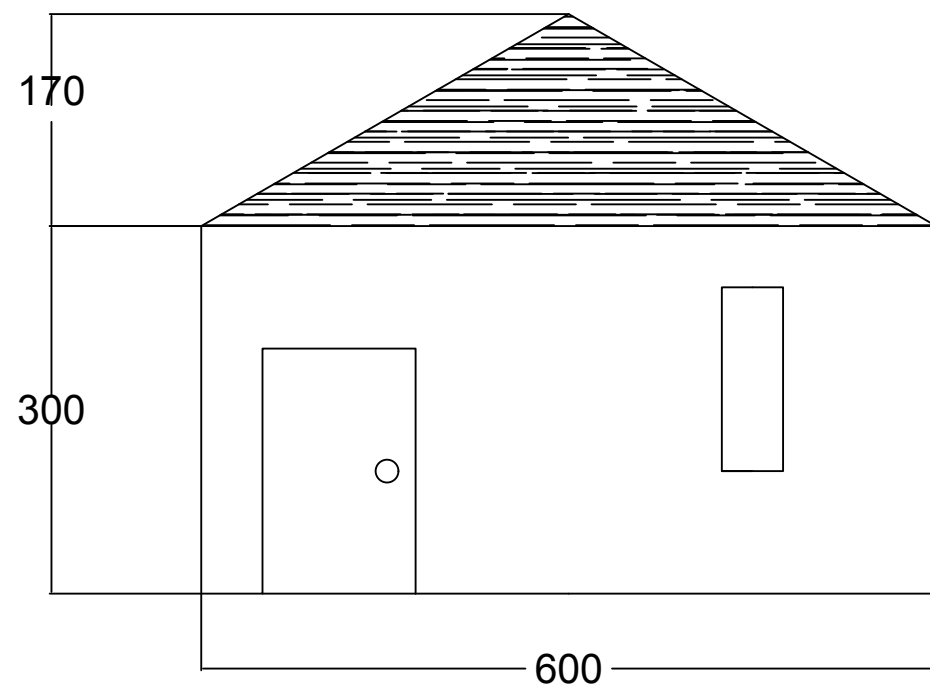
1 : 150

NO. GAMBAR

01

18

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DENAH RUMAH

SKALA

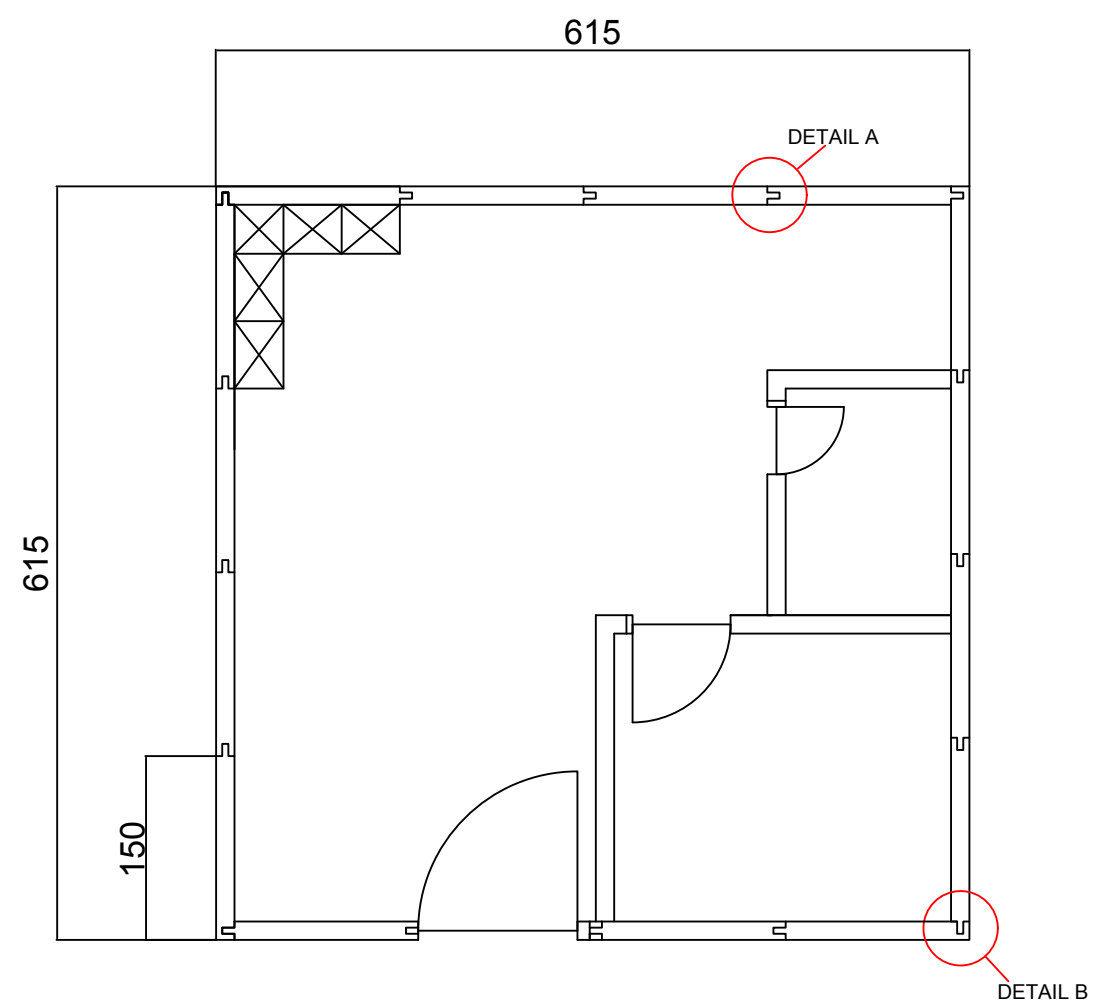
1 : 150

NO. GAMBAR

02

18

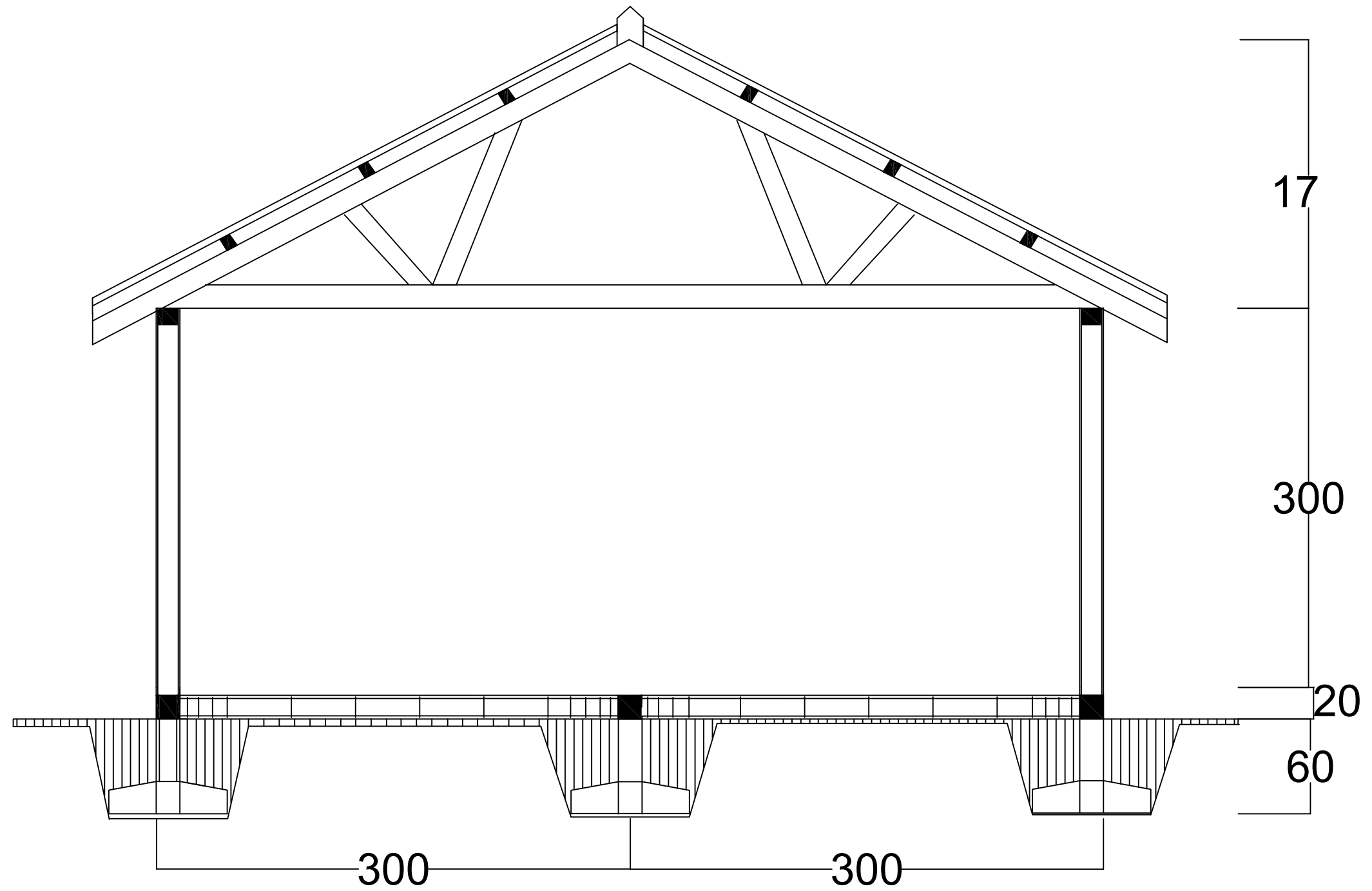
CATATAN



 DENAH RUMAH SEDERHANA

SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.
Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PONDASI

SKALA

1 : 150

NO. GAMBAR

03

18

CATATAN

TA LP ULA A₀₁ P AS
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PONDASI TENGAH

SKALA

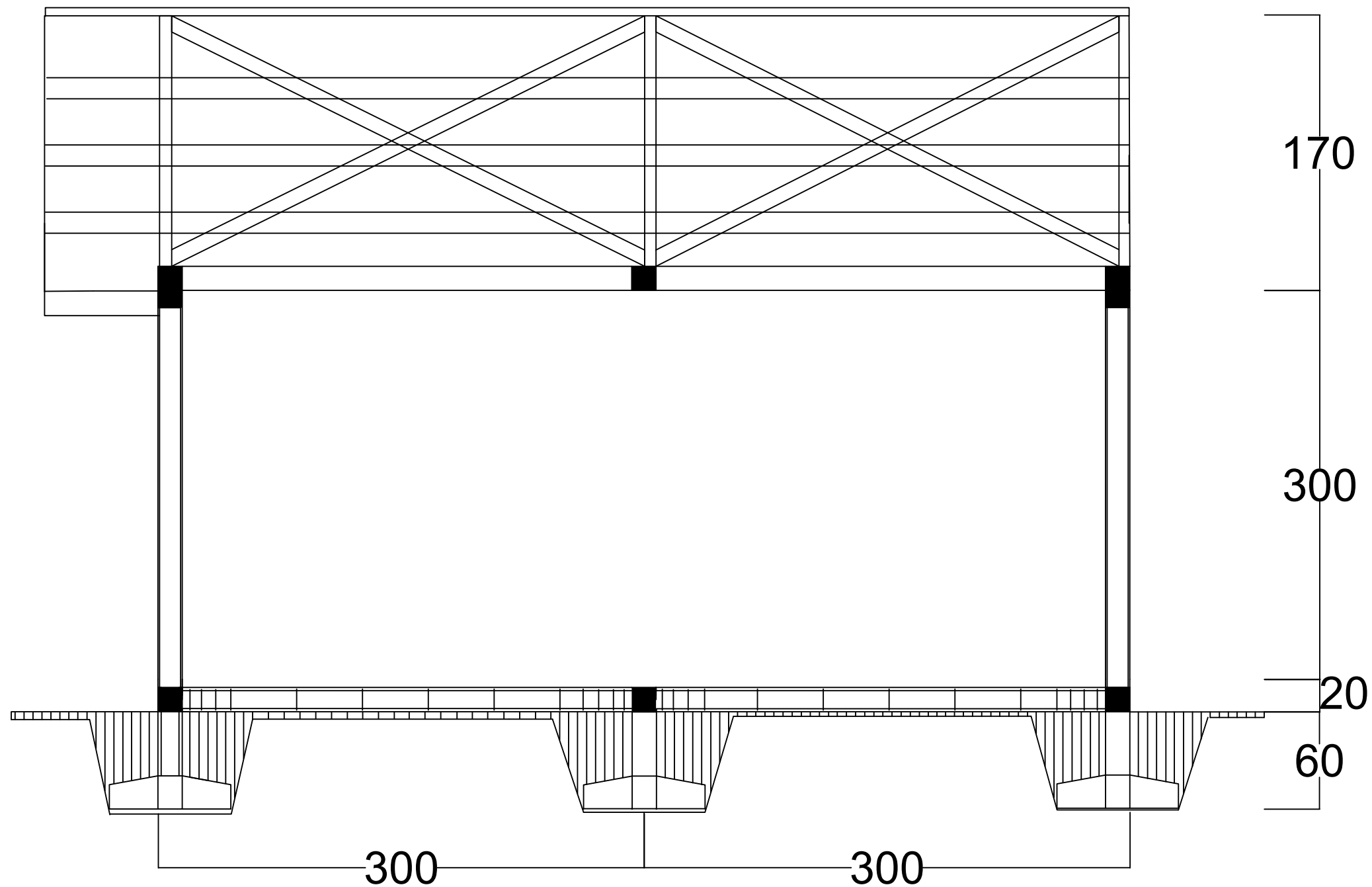
1 : 150

NO. GAMBAR

04

18

CATATAN



 **DETAIL PONDASI TENGAH**
SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN ANTAR
DINDING

SKALA

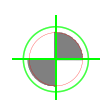
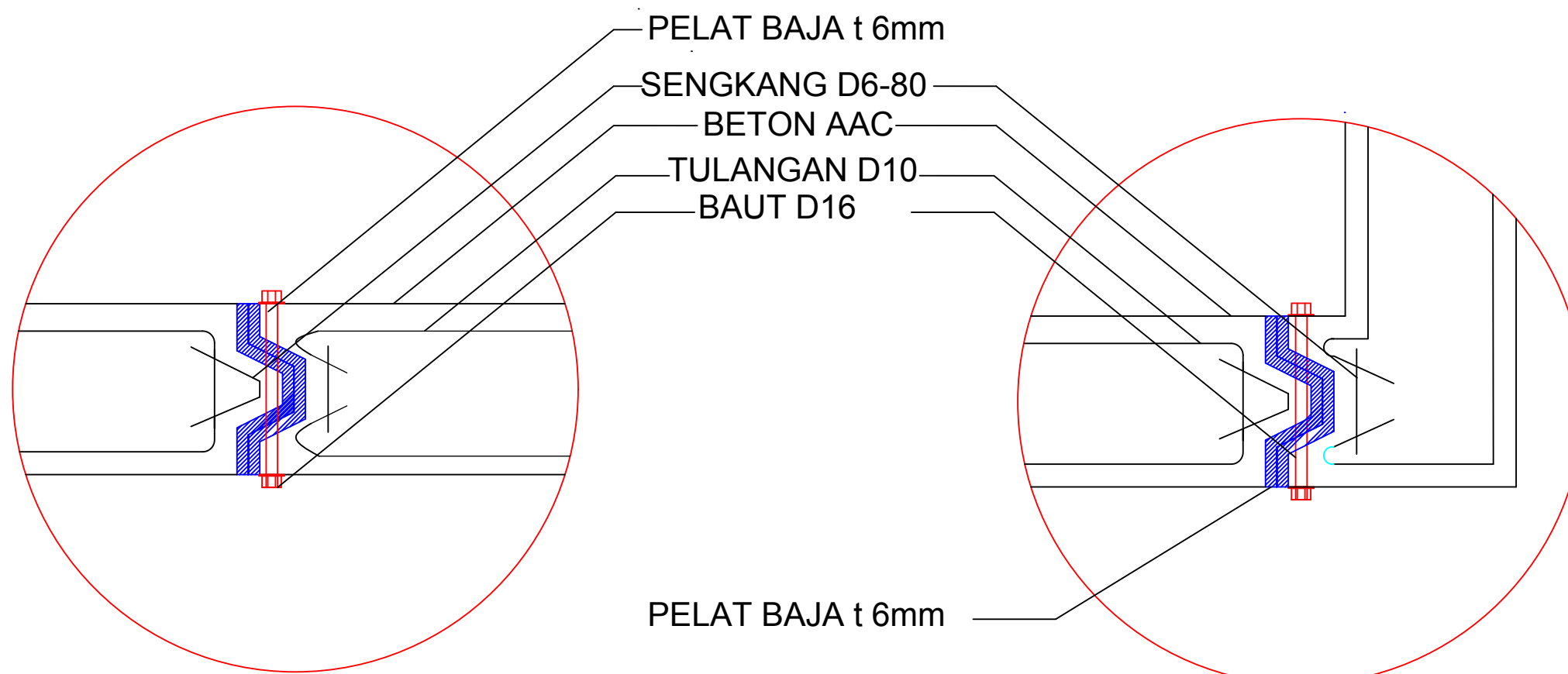
1 : 150

NO. GAMBAR

05

18

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN ANTAR DINDING PANEL

SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL BAUT DAN PELAT

SKALA

1 : 150

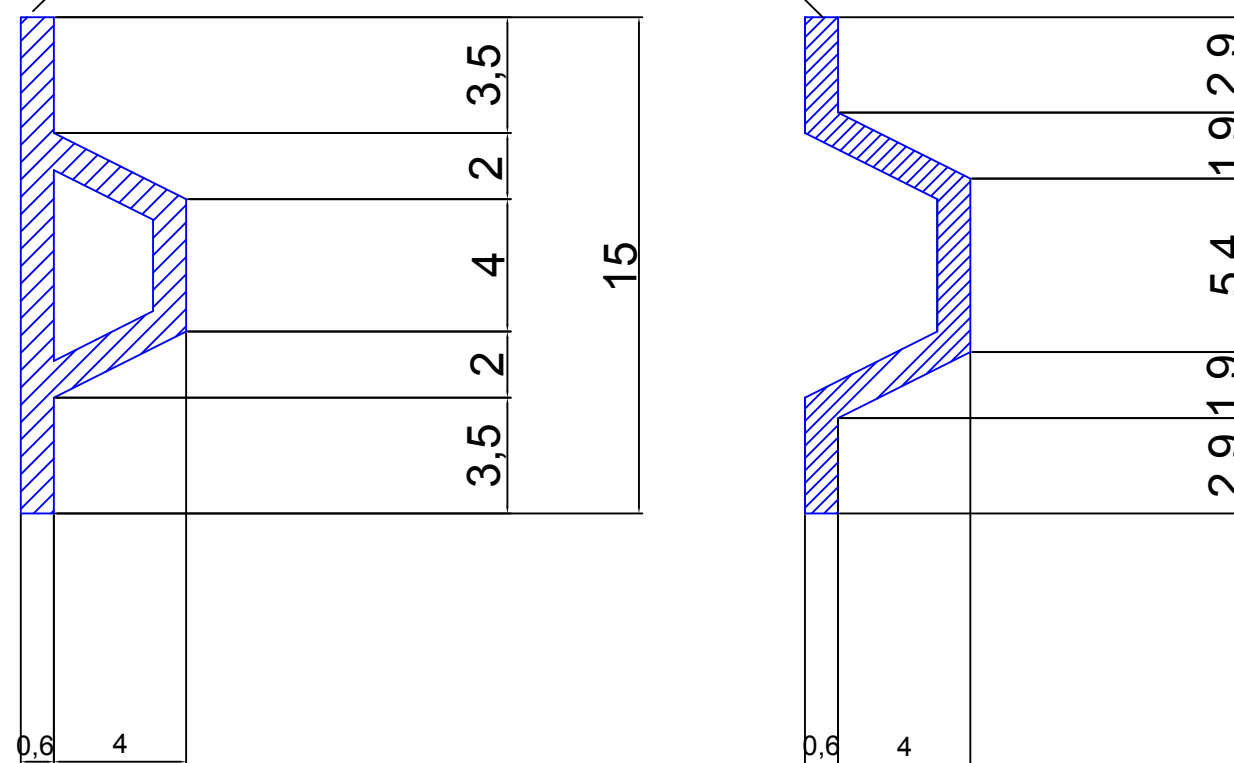
NO. GAMBAR

06

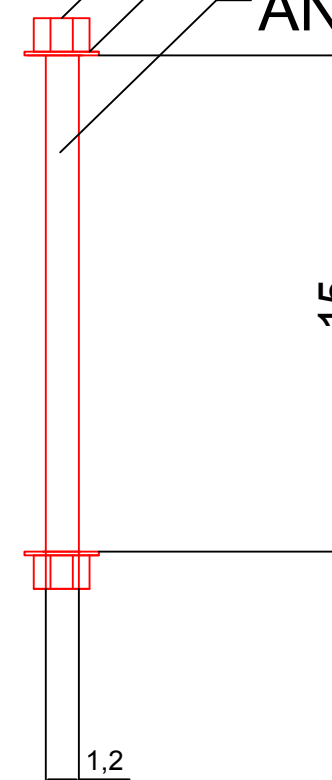
18

CATATAN

PELAT BAJA t 6mm

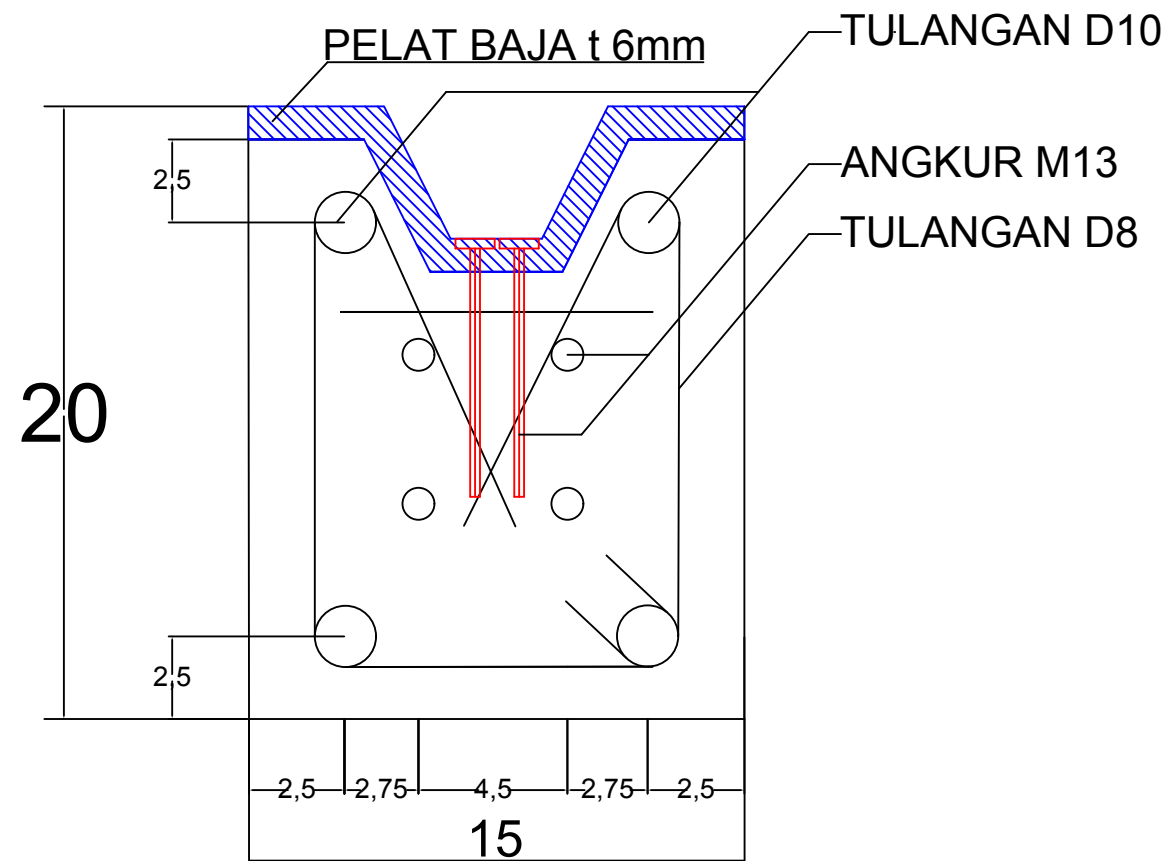
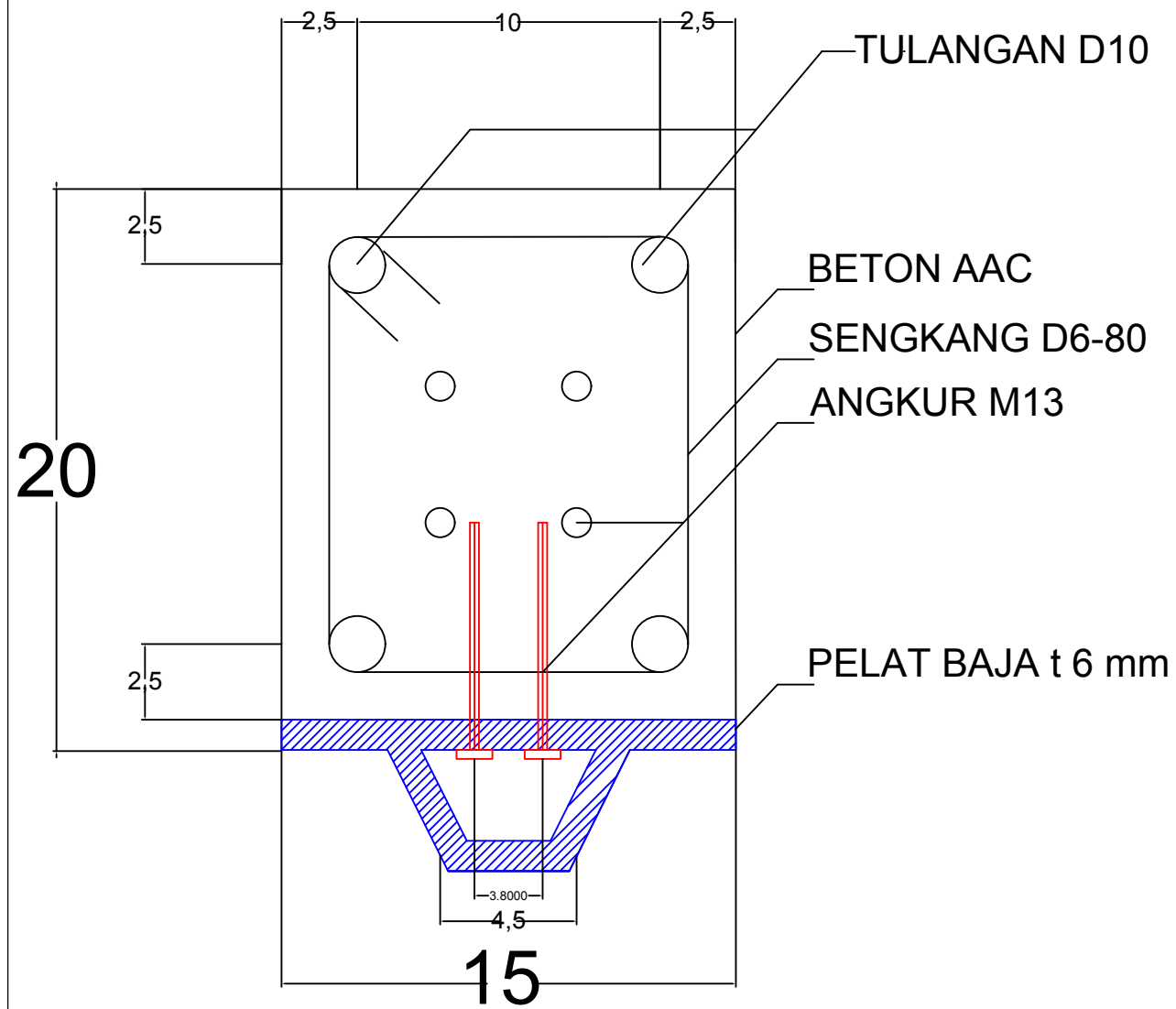


BAUT BJ50 D13
RING
ANGKER



DETAIL BAUT DAN PLAT

SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.
Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL SLOOF DAN
RINGBALK

SKALA

1 : 150

NO. GAMBAR

7

18

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL POTONGAN DINDING
PANEL

SKALA

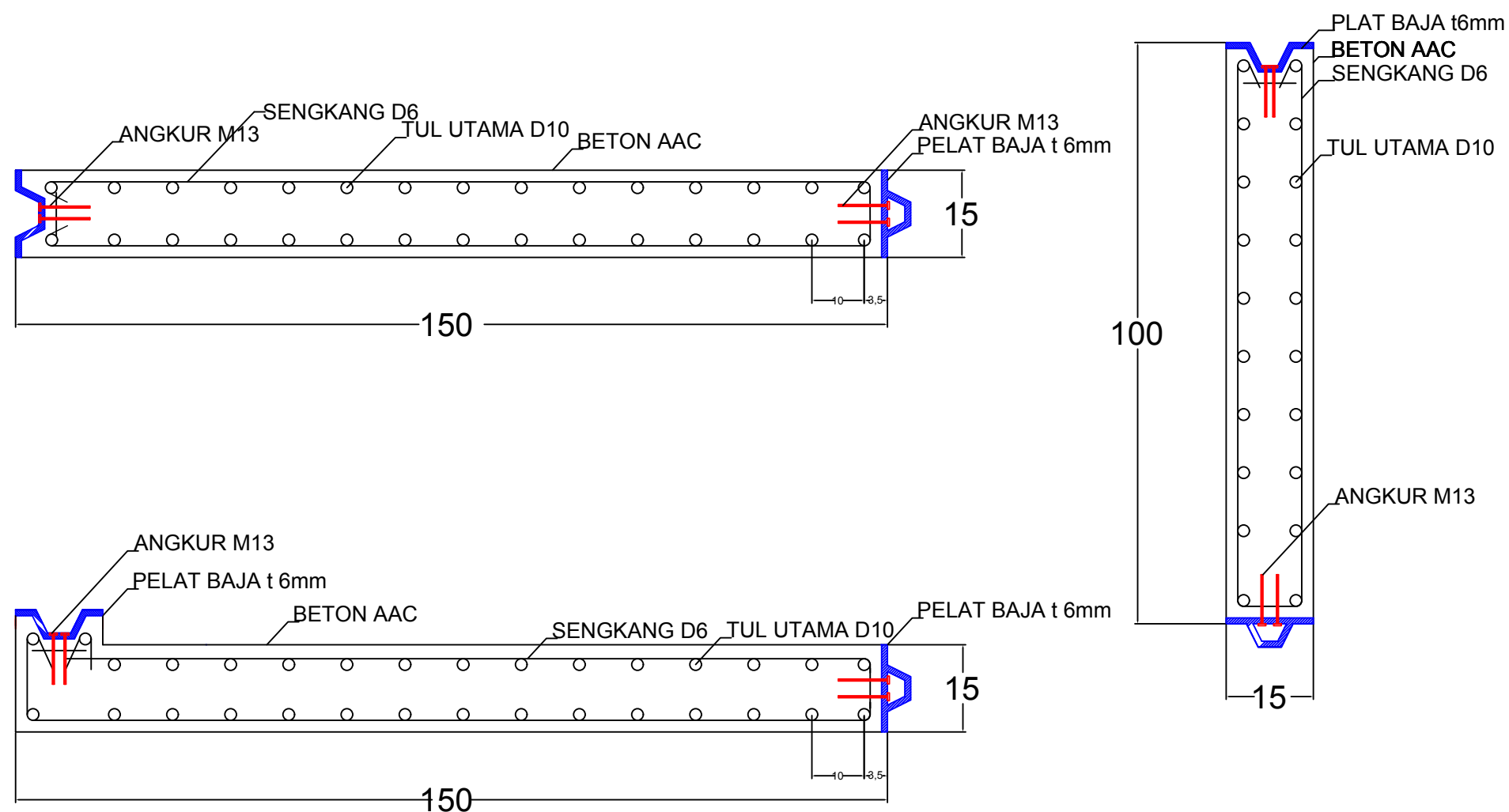
1 : 150

NO. GAMBAR

8

18

CATATAN



 **DETAIL POTONGAN DINDING PANEL**
SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
DINDING PANEL A

SKALA

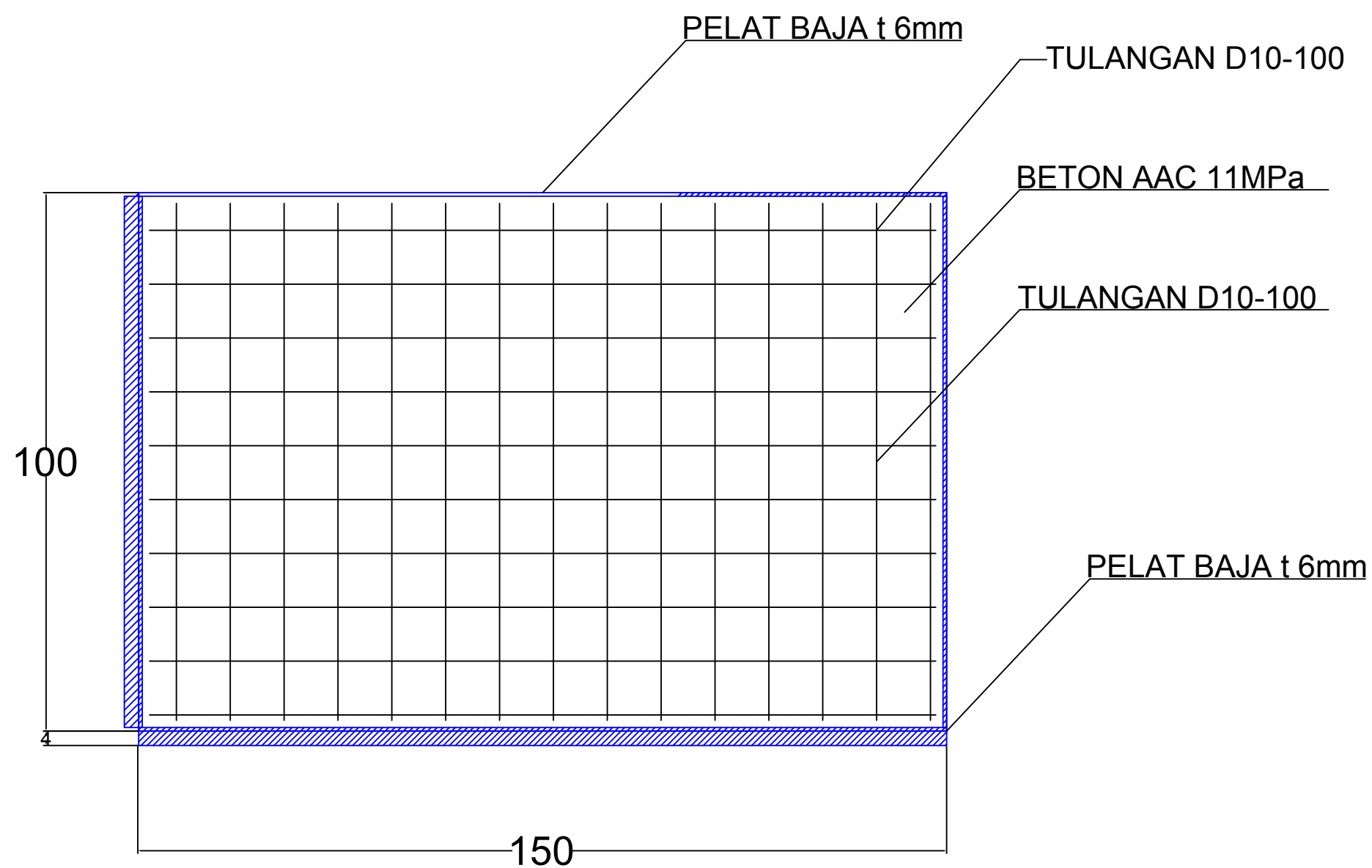
1 : 150

NO. GAMBAR

9

18

CATATAN



 **DETAIL PENULANGAN DINDING PANEL A**
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
DINDING PANEL B

SKALA

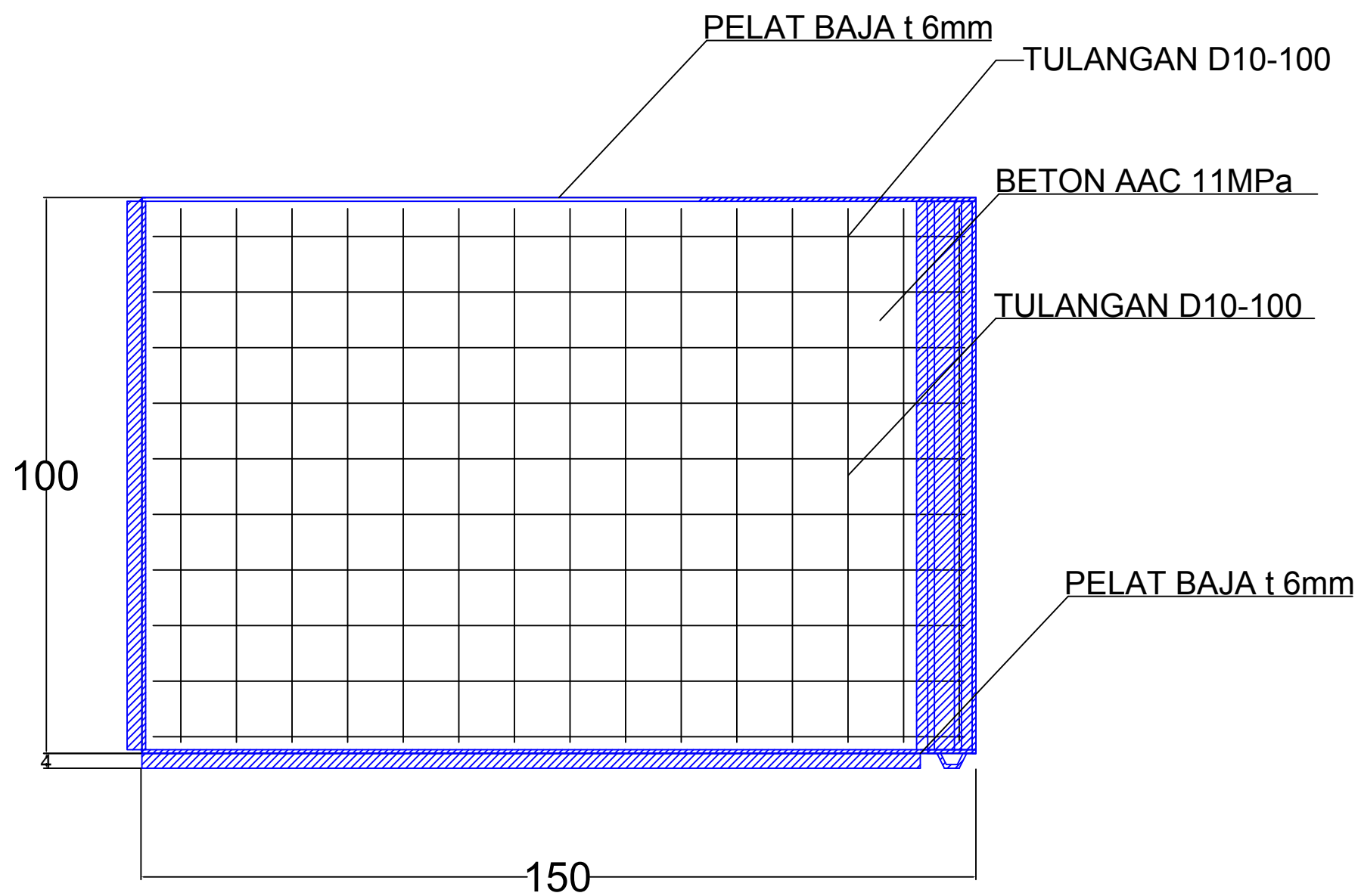
1 : 150

NO. GAMBAR

10

18

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SLOOF-DINDING

SKALA

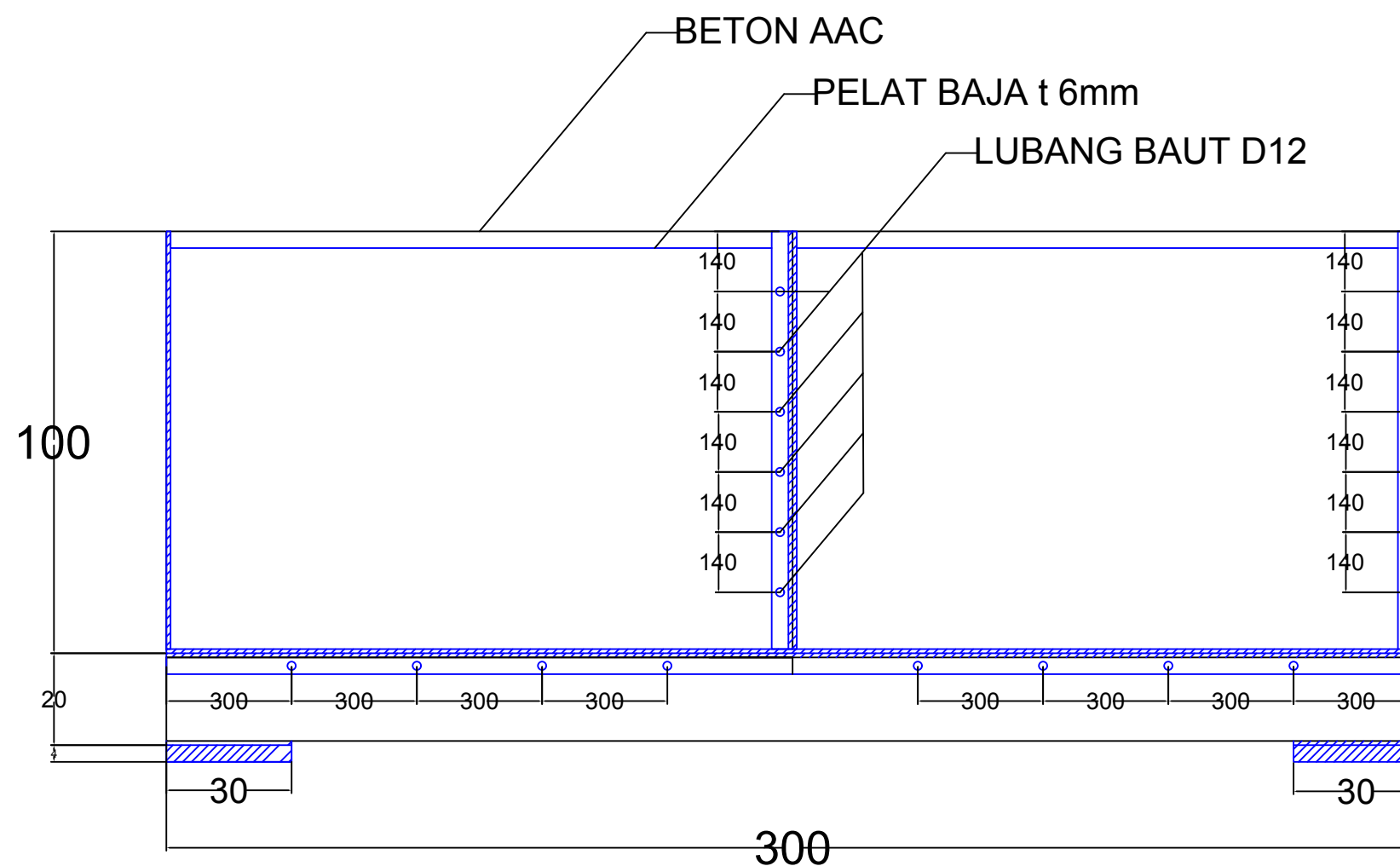
1 : 150

NO. GAMBAR

11

18

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN SLOOF-DINDING
SKALA 1 : 150 01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
DINDING-RINGBALK

SKALA

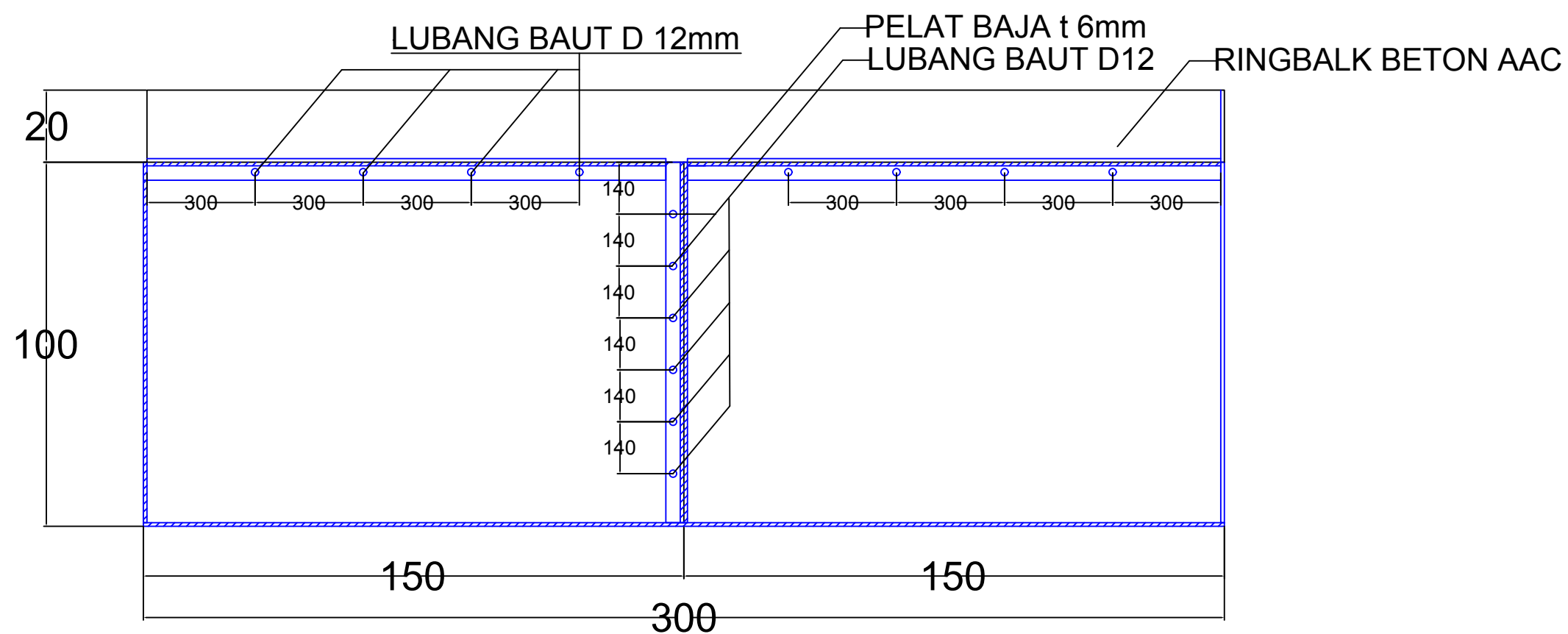
1 : 150

NO. GAMBAR

12

18

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN DINDING-RINGBALK
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN ANTAR
DINDING PANEL

SKALA

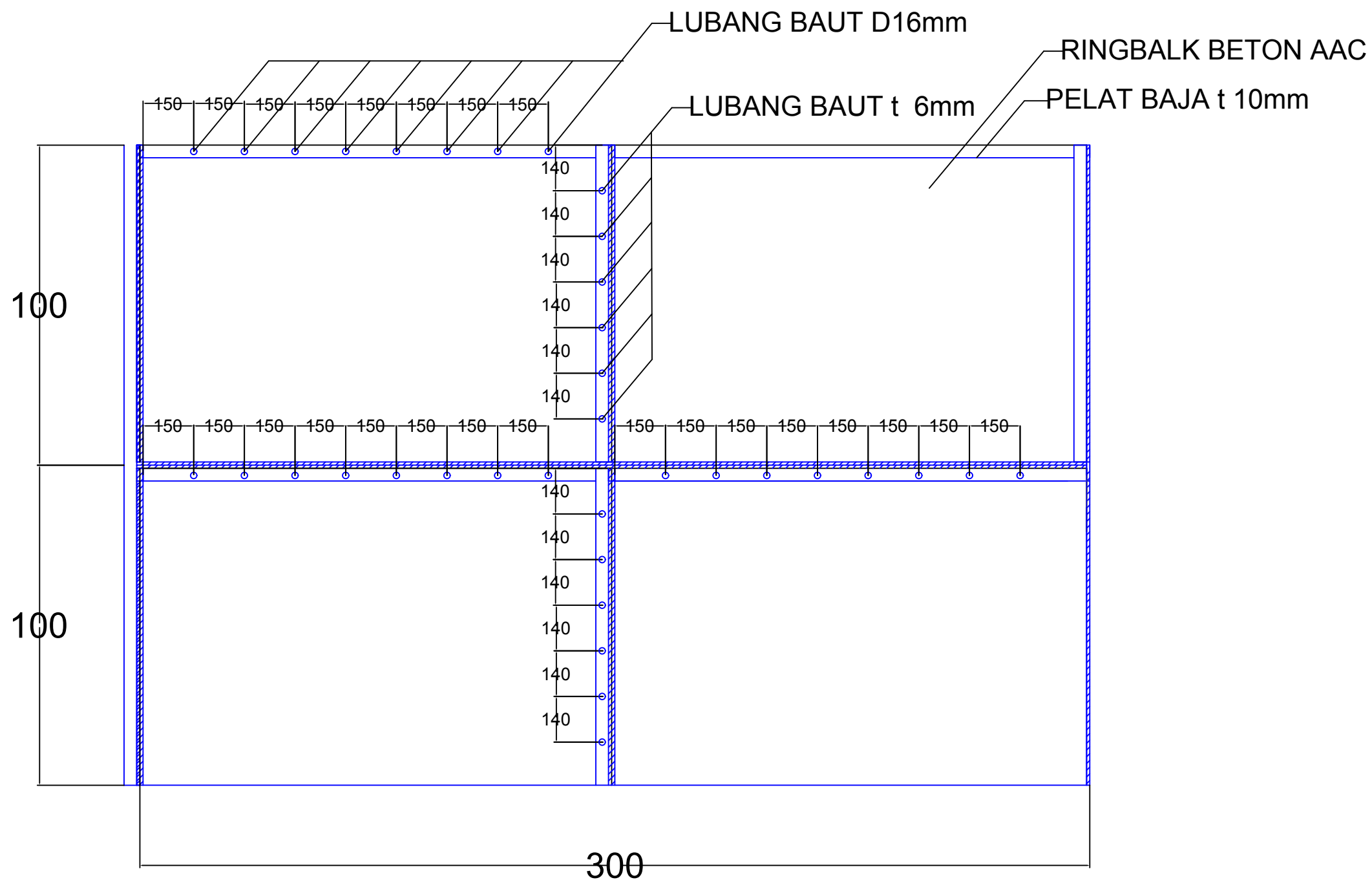
1 : 150

NO. GAMBAR

13

18

CATATAN



 **DETAIL SAMBUNGAN ANTAR DINDING PANEL** 01
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
RINGBALK PRECAST

SKALA

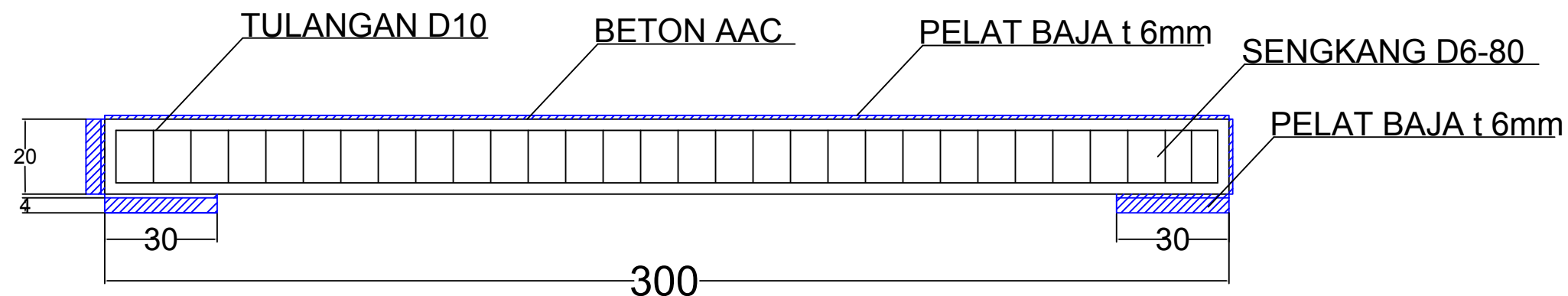
1 : 150

NO. GAMBAR

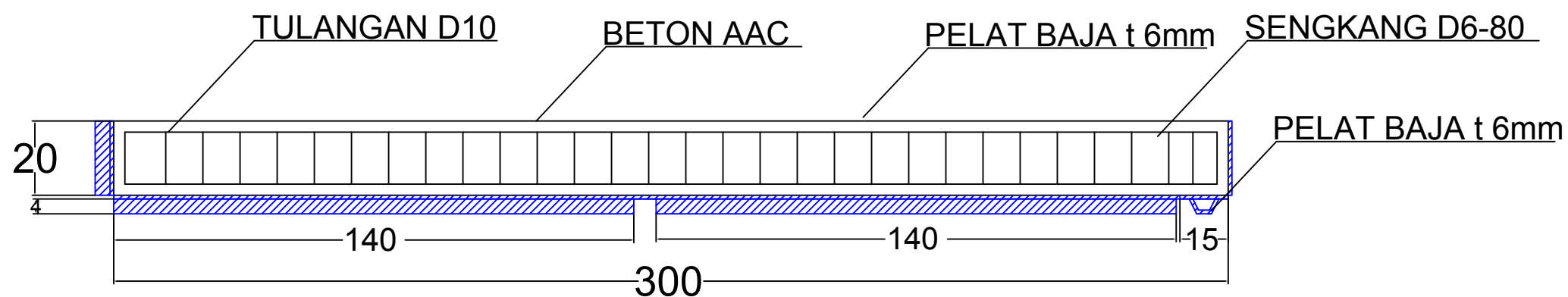
14

18

CATATAN



DETAIL PENULANGAN SLOOF PRECAST
SKALA 1 : 150 01



DETAIL PENULANGAN RING-BALK PRECAST
SKALA 1 : 150 01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PONDASI

SKALA

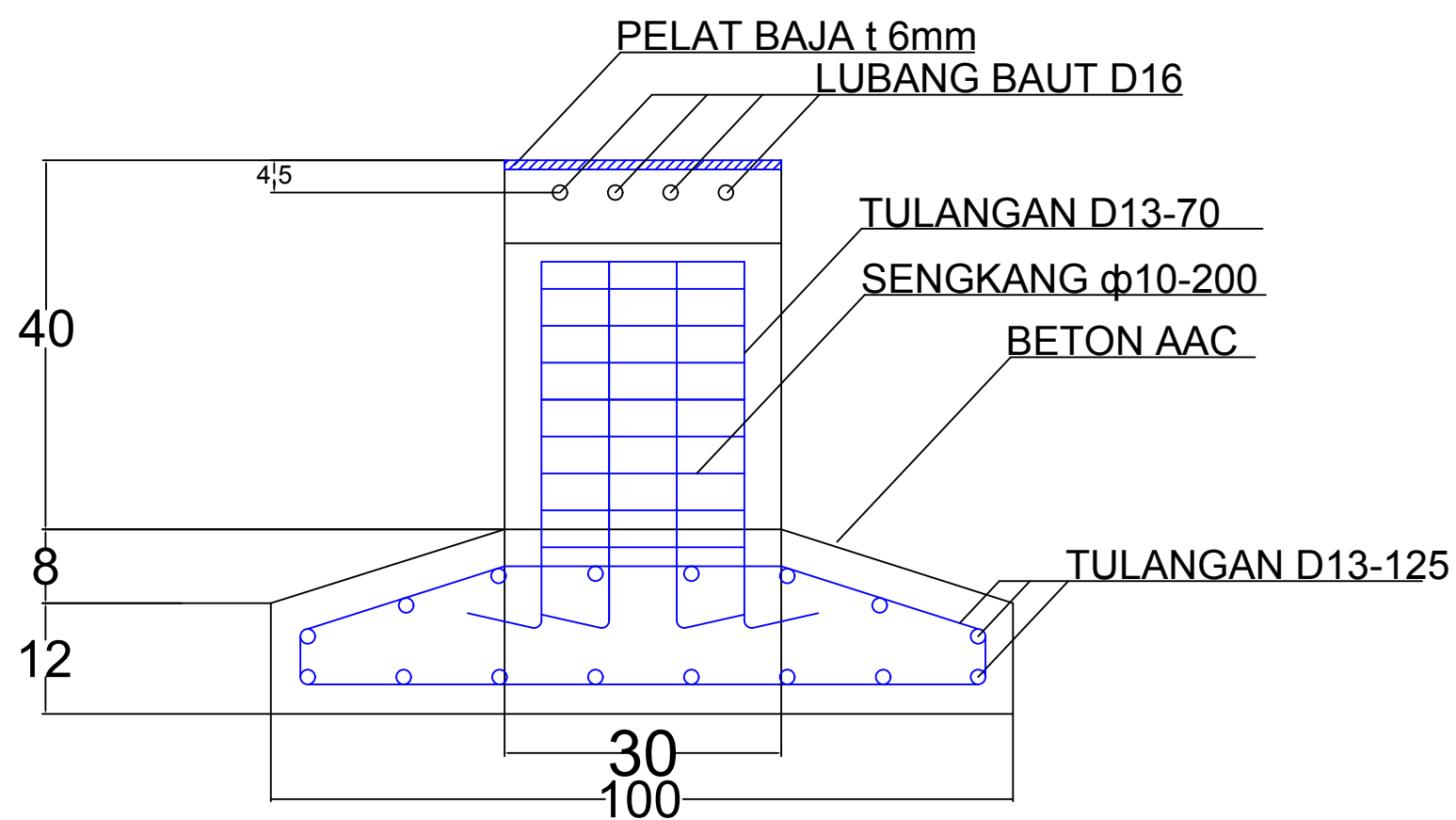
1 : 150

NO. GAMBAR

15

18

CATATAN



 **DETAIL PENULANGAN PONDASI**
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PONDASI TENGAH

SKALA

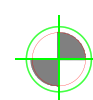
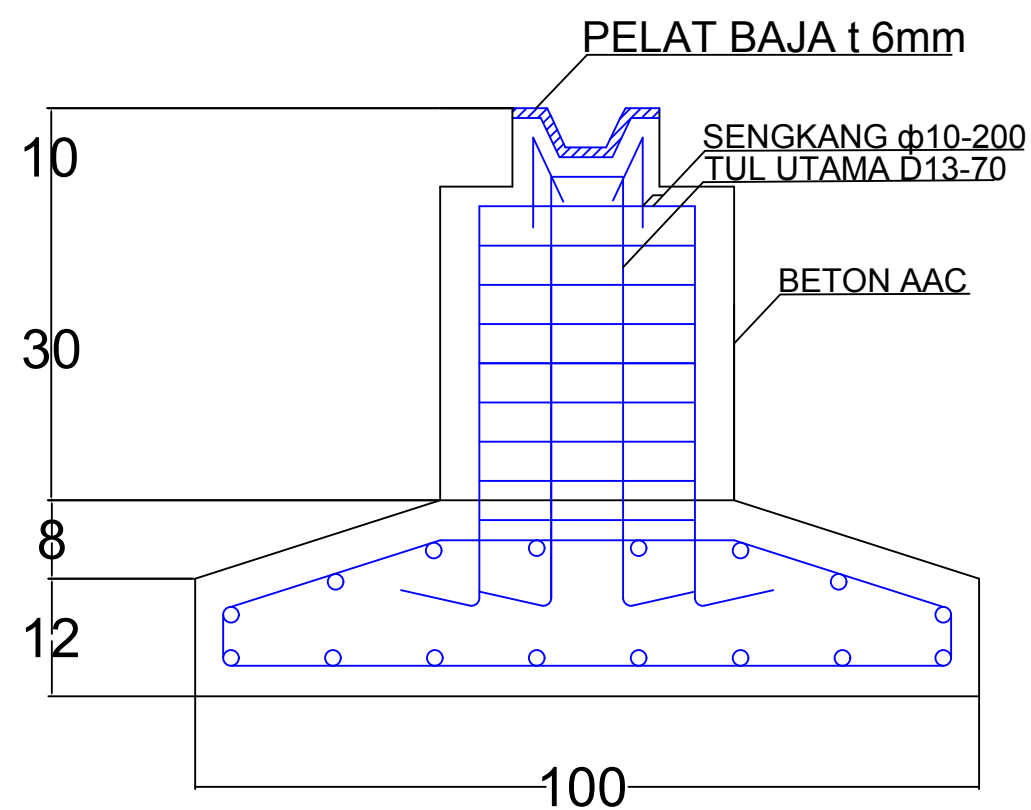
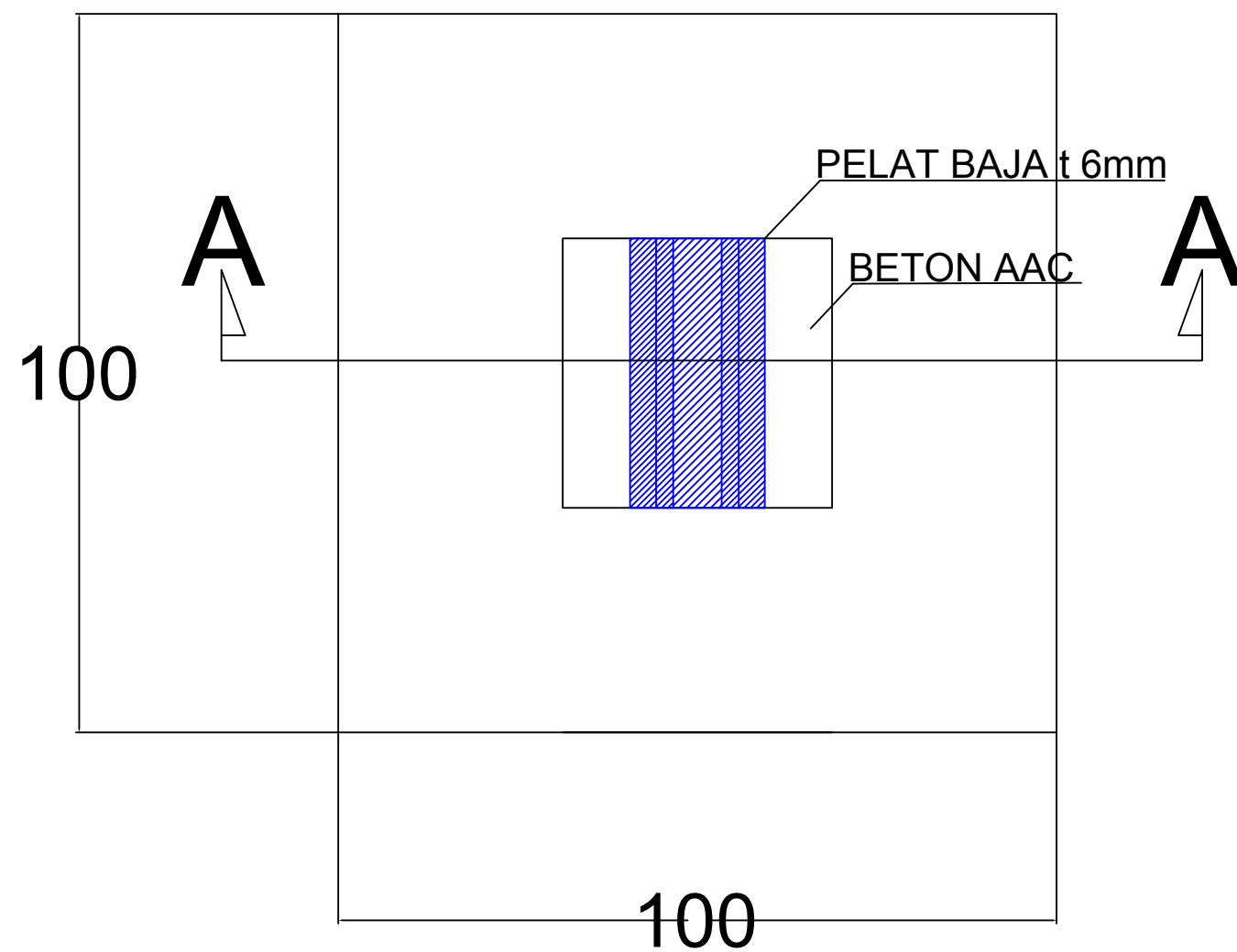
1 : 150

NO. GAMBAR

16

18

CATATAN



DETAIL PONDASI TENGAH

SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.
Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PONDASI SUDUT

SKALA

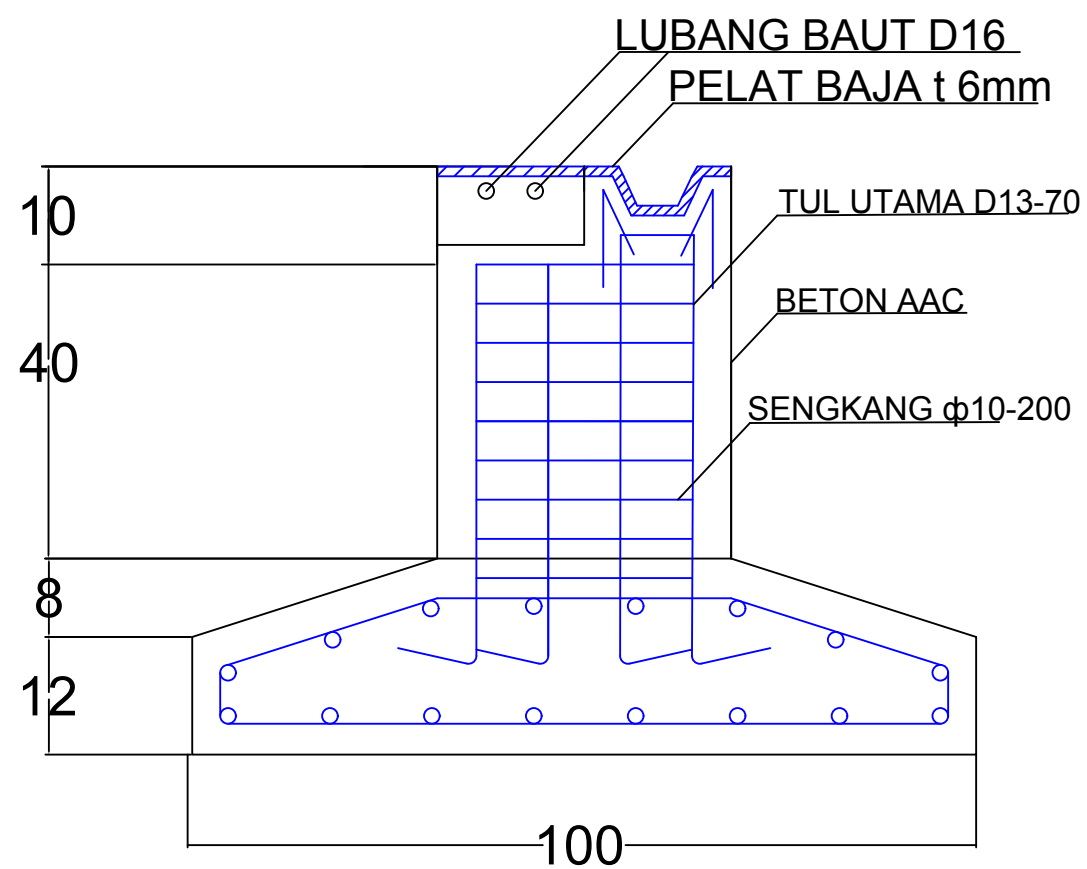
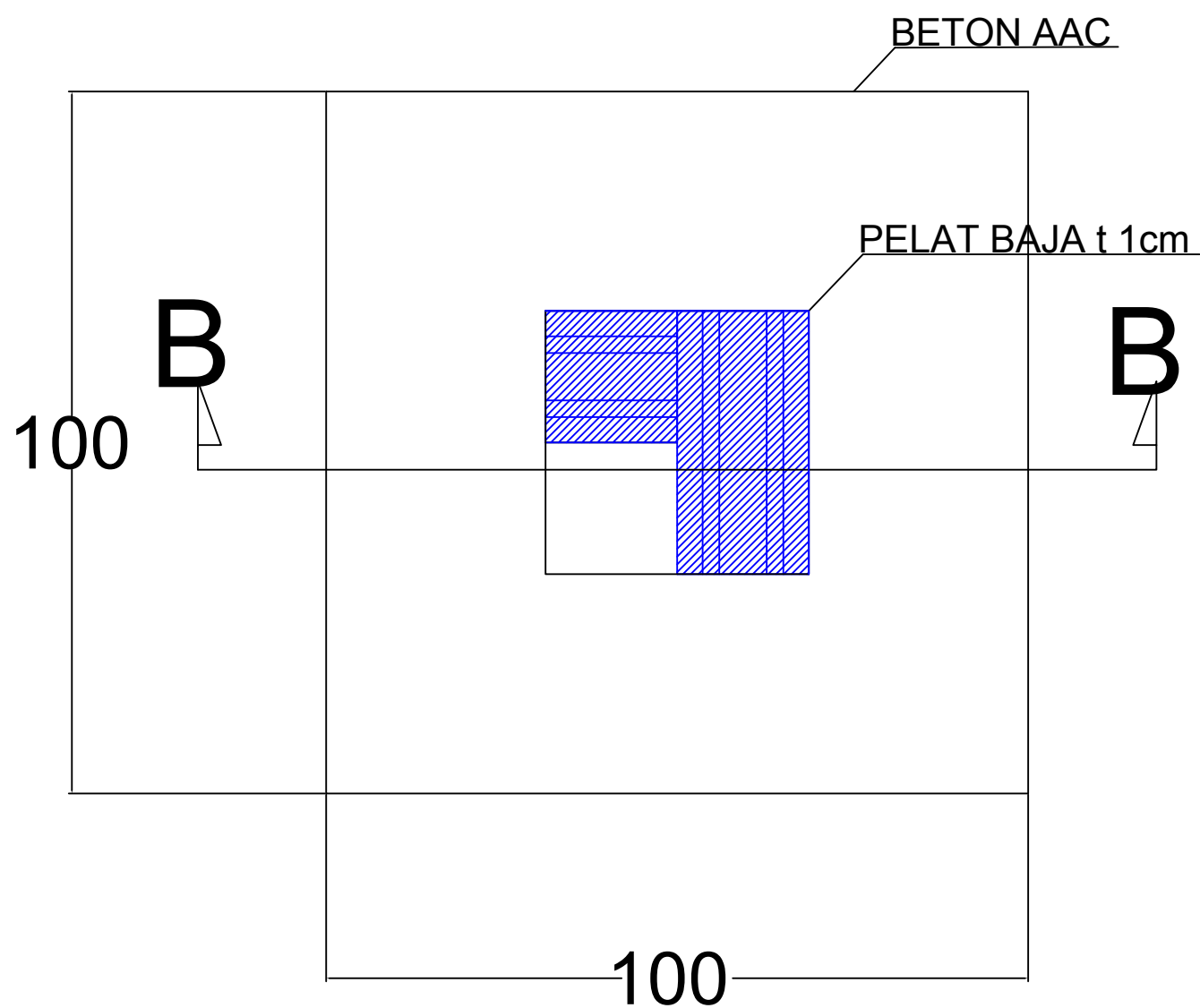
1 : 150

NO. GAMBAR

17

18

CATATAN



 **DETAIL PONDASI SUDUT**
SKALA 1 : 150

01



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

RUMAH BETON RINGAN
PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.
Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

MOH.YUSUF HASBI AVISSENA
3110 100 128

GAMBAR

DETAIL PONDASI SUDUT

SKALA

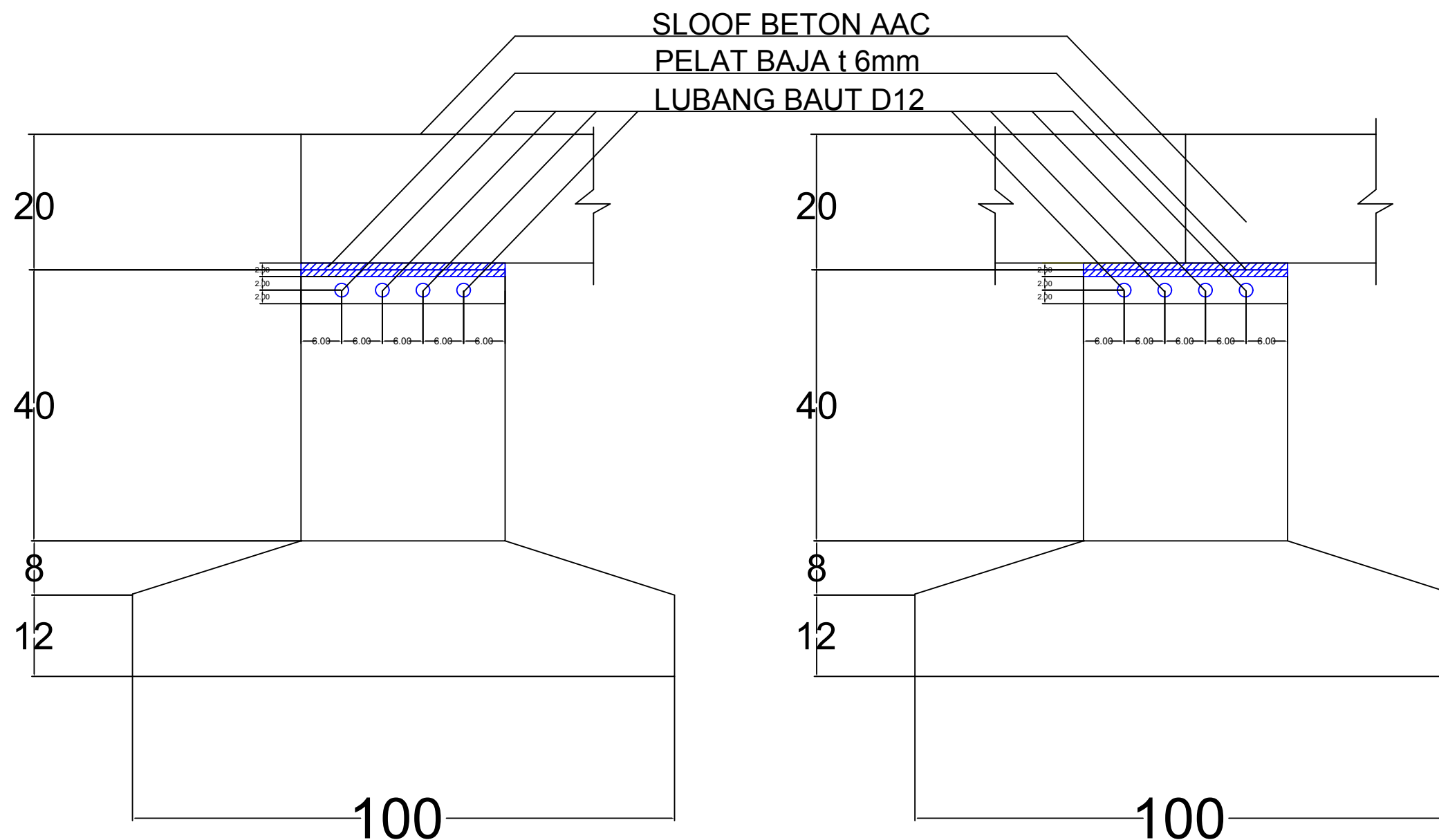
1 : 150

NO. GAMBAR

18

18

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN PONDASI-SLOOF
SKALA 1 : 150

01

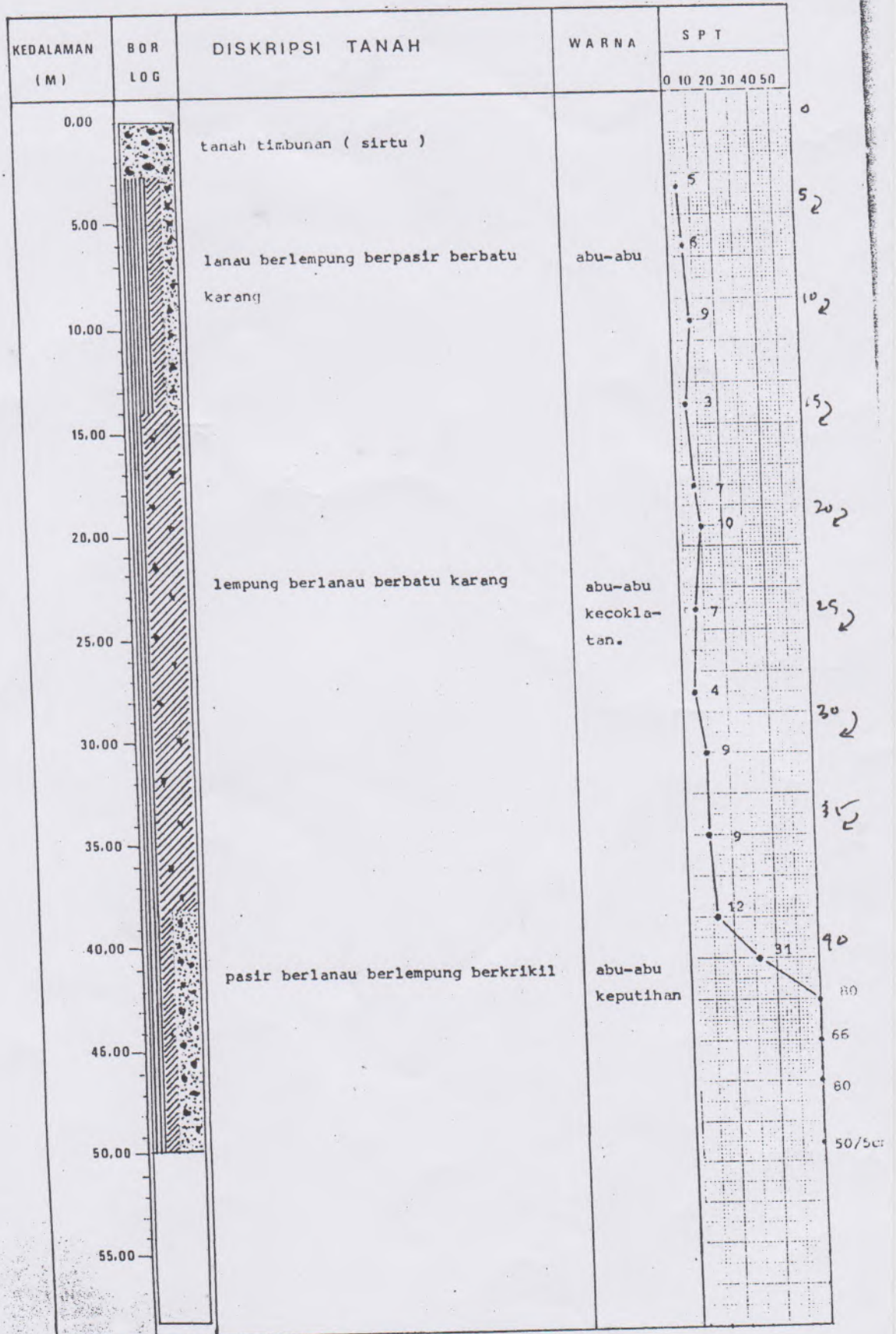


Borlog berdasar Undisturbed sample

LOKASI : TELUK BAYUR - PADANG.

TITIK BOR : B . II

GAMB. PROFIL BORING



φ =
C =

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

Depth (m)	Sieve & Hydrometer (%)			Grading Passing Sieve No. (%)			Atterberg-Limits (%)			Soil Specif- Classi- fic gra- ficati- vity on	Natural state					Uncon- fined	Triaxial				Consolidation				Direc Shear		Vane Test		
	G	S	S+C	10	40	200	LL	PL	PI		Gs	Yt	Wc	Yd	e		n	qu	C	0	C	0	Pp	Cc	mv	cv	C	0	T
6.0-6.5	48	30	22	52	65	22	39.5	22.3	16.7	CL	2.756	1.206	36.39	1.31	1.39	52.30	*	*	*	*	*	1.7	0.442	0.0344	2.526E-03	0.154	18	*	
11.0-11.5	15	43	42	17	32	42	38	22.27	15.73	CL	2.668	1.651	51.56	1.08	1.44	59.17	*	*	*	*	*	2.1	0.637	0.0277	5.472E-03	0.104	12	*	
15.0-15.5	11	14	75	13	19	75	52.5	29.67	23.83	CH	2.748	1.601	54.87	1.03	1.65	62.38	*	*	*	*	*	2.78	1.483	0.0248	1.094E-03	*	*	0.04	
25.5-26.0	18	13	69	20	25	69	53	27.8	25.2	CH	2.622	1.586	59.44	0.99	1.63	62.06	*	0.05	0	0	3	14	**	0.446	**	2.432E-03	*	*	*
33.5-34.0	30	13	57	30	35	57	52	24.26	27.74	CH	2.871	1.749	40.79	1.24	1.31	56.73	*	0.07	0	0	3	42	**	0.567	**	2.627E-03	*	*	*
42.0-42.5	4	43	53	10	31	53	41.6	25.16	16.44	CL	2.786	1.319	29.77	1.40	0.98	49.68	*	0.3	0	0.15	4	16	**	0.332	**	1.989E-03	*	*	*

REMARKS :

- | | | | |
|-----------------------|--------------------------|--|----------------------------------|
| G = GRAVEL | Yt = WET DENSITY (gr/cc) | qu = ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH (kg/cm ²) | CH = CLAY WITH HIGH PLASTICITY |
| S = SAND | Wc = WATER CONTENT (%) | C = COHESION (kg/cm ²) | CL = CLAY WITH LOW PLASTICITY |
| S+C = SILT + CLAY | Yd = DR/ DENSITY (gr/cc) | D = ANGLE OF INTERNAL FRICTION (degree, minutes) | |
| LL = LIQUID LIMIT | e = VOID RATIO | Pp = PRECONSOLIDATION PRESSURE (kg/cm ²) | * = NOT TESTED |
| PL = PLASTIC LIMIT | n = POROSITY (%) | Cc = COMPRESSION INDEX | ** = VIRGIN CURVE |
| PI = PLASTICITY INDEX | | mv = COEFFICIENT OF VOLUME COMPRESSIBILITY (cm ² /kg) | |
| Gs = SPECIFIC GRAVITY | | cv = COEFFICIENT OF CONSOLIDATION (cm ² /sec) | T = TORQUE (kg/cm ²) |

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
 KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA



RIWAYAT PENULIS



Terlahir dari sebuah keluarga sederhana di Kabupaten Nganjuk pada tanggal 2 Februari 1993, penulis diberinama oleh kedua orang tuanya Mohammad Yusuf Hasbi Avissena. Berbekal mimpi, kerja keras dan karunia Allah swt tentunya, satu demi satu impian penulis dapat penulis gapai.

Penulis menempuh pendidikan di SDN Tanjungnom 2, SMPN 1 Tanjunganom, SMAN 2 Kediri dan menamatkan pendidikan S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil.

Penulis dikenal sebagai orang yang aktif dalam kegiatan organisasi sejak sekolah. Begitupun saat di kampus, penulis pernah diamanahkan menjadi Ketua HMS periode 2012-2013 dan menjadi salah seorang Kabinet BEM ITS periode 2013-2014.

Minatnya terhadap bidang studi struktur membuat penulis mengambil tema permodelan dinding untuk rumah tahan gempa dengan harapan dapat menghasilkan rumah tinggal bagi masyarakat terdampak gempa yang cepat bangun. Tulisan-tulisan penulis yang lain dapat dilihat di twitter **@avicciena**, blog pribadi **avissenamuhammad.wordpress.com** dan penulis dapat dihubungi melalui email **avissenamuhammad@gmail.com**