

**ANALISIS KUAT GESER RENCANA ELEMEN LENTUR GEDUNG  
LABORATORIUM KEBENCANAAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS  
BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SNI 2847:2019**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**ALEXANDRA SHANA SHAVIRA  
NIM. 175060100111026**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2021**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS KUAT GESER RENCANA ELEMEN LENTUR GEDUNG**  
**LABORATORIUM KEBENCANAAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS**  
**BRAWIJAYA MENGGUNAKAN SNI 2847:2019**  
**SKRIPSI**  
**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ALEXANDRA SHANA SHAVIRA**  
**NIM. 175060100111026**

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 27 Mei 2021

Dosen Pembimbing I



**Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.**  
NIP. 19850221 201903 2 003

Dosen Pembimbing II



**Dr. Ir. Wisnumurti, MT**  
NIP. 19641207 199002 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1



**Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng.(Prac.)**  
NIP. 19810220 200604 1 002



## RINGKASAN

**Alexandra Shana Shavira**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2021, *Analisis Kuat Geser Rencana Elemen Lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Menggunakan SNI 2847:2019*, Dosen pembimbing: Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT, dan Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Dalam perencanaan konstruksi, Indonesia mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). SNI merupakan standar yang berlaku secara nasional di Indonesia dengan pembuatannya melalui penelitian-penelitian terbaru atas kondisi yang ada di Indonesia. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berfokus pada SNI yang membahas tentang struktur beton pada bangunan gedung yang terbaru, yaitu SNI 2847:2019 dengan judul Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Apabila suatu gedung ingin memiliki Sertifikat Laik Fungsi (SLF), maka perlu dilakukan analisis kekuatan struktur untuk mengetahui kuat rencana gedung berdasarkan peraturan yang terbaru. Oleh sebab itu, penulis bermaksud melakukan analisis atas kuat geser rencana balok yang ada pada suatu gedung berdasarkan SNI 2847 :2019. Pada kesempatan ini, gedung yang diambil sebagai subjek kajian adalah Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, karena gedung ini mulai dibangun sebelum SNI 2847 :2019 terbit.

Analisis kuat geser rencana dilakukan pada balok B1 hingga balok B13 Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menggunakan data yang diperoleh dari dokumen gambar *As Built Drawing* dengan mengambil bagian elemen struktur balok dari Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya sebagai data primer dari objek yang akan dianalisis. Untuk menghitung kuat geser rencana dilakukan analisis nilai kuat geser nominal terlebih dahulu, kemudian dilakukan analisis kuat geser perlu untuk mengetahui kecukupan kuat geser rencana tersebut. *Output* atau hasil yang didapat dalam analisis ini merupakan diagram kecukupan kuat geser rencana terhadap kuat geser perlu elemen lentur balok dari Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Hasil yang didapatkan dari analisis kuat geser rencana elemen tersebut adalah didapatkannya nilai kuat geser nominal seluruh balok, serta nilai kuat geser rencana seluruh balok Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya yang ditampilkan dalam

bentuk diagram. Berdasarkan bentuk diagram kecukupan kuat geser rencana, ditemukan nilai kuat geser rencana yang berbeda pada daerah tumpuan dan lapangan. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah tulangan pada daerah tumpuan lebih banyak dibandingkan jumlah tulangan pada daerah lapangan. Berbeda dengan kuat geser rencana yang nilainya hampir sama di sepanjang bentang balok, bentuk diagram kuat geser perlu mengecil secara linear dari tumpuan ke arah bentang karena gaya geser terbesar terjadi pada daerah tumpuan

Kata Kunci: SNI 2847:2019, kuat geser rencana, kuat geser perlu, diagram kecukupan.





**DAFTAR ISI**

**LEMBAR PENGESAHAN ..... i**

**RINGKASAN ..... ii**

**KATA PENGANTAR ..... iv**

**DAFTAR GAMBAR ..... viii**

**DAFTAR TABEL ..... xii**

**BAB I PENDAHULUAN ..... 1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Identifikasi Masalah ..... 2

1.3 Rumusan Masalah ..... 2

1.4 Lingkup Pembahasan ..... 2

1.5 Tujuan ..... 3

1.6 Manfaat ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 4**

2.1 Material Konstruksi ..... 4

2.1.1 Beton ..... 4

2.2 Balok ..... 5

2.2.1 Keretakan pada Balok ..... 6

2.3 Tulangan Geser ..... 8

2.4 Konsep Tegangan Geser ..... 12



2.5	Kuat Geser Nominal .....	15
2.6	Amplop Kekuatan Nominal atau Kekuatan Rencana .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>18</b>
3.1	Metode Pengumpulan Data .....	18
3.2	Objek Analisis .....	18
3.3	Prosedur Analisis .....	29
<b>BAB 4 PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Analisis Kuat Geser Nominal Balok Berdasarkan SNI 2847:2019 .....	31
4.1.1	Data Umum .....	31
4.1.2	Perhitungan Kuat Geser Nominal Balok Berdasarkan SNI 2847:2019 .....	35
4.1.3	Gambar Diagram Kuat Geser Nominal Balok .....	78
4.2	Analisis Kuat Geser Rencana Balok Berdasarkan SNI 2847:2019 .....	91
4.3	Analisis Kuat Geser Perlu Balok .....	93
4.3.1	Data Umum .....	93
4.3.2	Perhitungan Tributary Area Pelat .....	93
4.3.3	Perhitungan Kuat Geser Perlu Balok .....	98
4.4	Analisis Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok Terhadap Kuat Perlu Balok .....	100
4.4.1	Gambar Diagram Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok Terhadap Kuat Geser Perlu Balok .....	101
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>		<b>114</b>



5.1 Kesimpulan ..... 114

5.2 Saran ..... 114

**DAFTAR PUSTAKA ..... 116**



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1: Keretakan pada Balok..... 6

Gambar 2.2 Balok pada Fase Uncracked Concrete..... 7

Gambar 2.3 Balok pada Fase Concrete Cracked..... 8

Gambar 2.4 Balok pada Fase Ultimate Strength..... 8

Gambar 2.5. Tipe-tipe Tulangan Geser Vertikal..... 9

Gambar 2.6 Perlawanan Geser Sengkok terhadap Retak Geser (Retak Miring)..... 10

Gambar 2.7. Tabel Spasi Maksimum Tulangan Geser..... 10

Gambar 2.8. Diagram Kuat Geser pada Penampang Balok..... 13

Gambar 2.9. Lintasan Tegangan Utama pada Balok Homogen..... 14

Gambar 2.10. Tegangan Geser pada Penampang Beton Bertulang yang Retak..... 14

Gambar 2.11. Diagram Kuat Rencana dan Kuat Perlu pada Elemen Lentur..... 17

Gambar 3.1 Tampak Depan Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil FT-UB ..... 18

Gambar 3.2 Potongan Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil FT-UB: (a)Potongan Melintang; (b)Potongan Memanjang..... 19

Gambar 3.3 Denah Balok Lantai 2..... 19

Gambar 3.4 Denah Balok Lantai 3 dan 4..... 20

Gambar 3.5 Denah Balok Lantai 5 dan 6..... 20

Gambar 3.6 Denah Balok Lantai Atap..... 21





Gambar 3.7 Denah Balok Atap Tangga dan Tandon.....	21
Gambar 3.8 Denah Balok Rangka Atap.....	22
Gambar 3.9 Detail Balok B1.....	22
Gambar 3.10 Detail Balok B2.....	23
Gambar 3.11 Detail Balok B3.....	23
Gambar 3.12 Detail Balok B4.....	24
Gambar 3.13 Detail Balok B5.....	24
Gambar 3.14 Detail Balok B5C.....	25
Gambar 3.15 Detail Balok B6.....	25
Gambar 3.16 Detail Balok B7.....	26
Gambar 3.17 Detail Balok B8.....	26
Gambar 3.18 Detail Balok B9 dan B10.....	27
Gambar 3.19 Detail Balok B11.....	27
Gambar 3.20 Detail Balok B12.....	28
Gambar 3.21 Detail Balok B13.....	28
Gambar 3.22 Diagram Alir Prosedur Analisis Kuat Nominal Elemen Lentur.....	30
Gambar 4.1 Tabel Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik.....	31
Gambar 4.2 Tabel Faktor Reduksi Kekuatan.....	32
Gambar 4.3 Tabel Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir.....	33

Gambar 4.4 Tabel Ukuran Baja Tulangan Beton Polos.....	34
Gambar 4.5 Detail Balok B1 Typical (pot d1-d1) .....	35
Gambar 4.6 Detail B2 Typical (pot d2-d2).....	38
Gambar 4.7 Detail Balok B3 Typical (pot d3-d3) .....	40
Gambar 4.8 Detail Balok B4 Typical (pot d4-d4) .....	42
Gambar 4.9 Detail Balok B5 Typical (pot d5-d5) .....	45
Gambar 4.10 Detail Balok B5 Typical (pot d6-d6) .....	48
Gambar 4.11 Detail Balok B6 Typical (pot d7-d7) .....	50
Gambar 4.12 Detail Balok B6 Typical (pot d8-d8) .....	53
Gambar 4.13 Detail Balok B7 Typical (pot d9-d9) .....	55
Gambar 4.14 Detail Balok B7 Typical (pot d10-d10) .....	58
Gambar 4.15 Detail Balok B8 Typical (d11-d11) .....	60
Gambar 4.16 Detail Balok B9 Typical (pot d11-d11) .....	63
Gambar 4.17 Detail Balok B10 Typical (pot d12-d12) .....	66
Gambar 4.18 Detail Balok B11 Typical (pot d13-d13).....	68
Gambar 4.19 Detail Balok B12 Typical (pot d14-d14) .....	70
Gambar 4.20 Detail Balok B13 Typical (pot d15-d15).....	72
Gambar 4.21 Detail Balok B13 Typical (pot d16-d16) .....	75
Gambar 4.22 Tabel Faktor Reduksi Kekuatan.....	91
Gambar 4.23 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Atap Tangga & Tandon.....	94



Gambar 4.24 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Rangka Atap ..... 94

Gambar 4.25 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Lantai Atap ..... 95

Gambar 4.26 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Lantai (typical)..... 95

Gambar 4.27 Tributary Equivalent Load pada Balok B3 ..... 96

Gambar 4.28 Tributary Equivalent Load pada Balok B12 ..... 97



**DAFTAR TABEL**

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Kuat Geser Rencana Balok ..... 92

**Tabel 4.2** Perhitungan perataan Tributary Load Balok B3 ..... 96

**Tabel 4.3** Perhitungan perataan Tributary Load Balok B12 ..... 97

**Tabel 4.4** Rekapitulasi Perataan Tributary Load Balok ..... 97

**Tabel 4.5** Rekapitulasi kuat geser perlu balok Atap ..... 98

**Tabel 4.6** Rekapitulasi kuat geser perlu balok lantai ..... 99

**Tabel 4.7** Perbandingan kuat geser rencana terhadap kuat geser perlu balok ..... 100





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bangunan Gedung adalah salah satu hasil pekerjaan konstruksi yang berfungsi sebagai tempat manusia dapat melakukan kegiatan dengan tujuan sesuai guna gedung tersebut, seperti gedung rumah sakit, gedung sekolah, mall, maupun kegiatan khusus lainnya. Seluruh konstruksi struktur gedung telah direncanakan secara matang berdasarkan aturan-aturan yang berlaku. Peraturan-peraturan tersebut dapat diperbarui sesuai dengan riset dan penelitian yang terbaru. Dalam perencanaan konstruksi, Indonesia mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI merupakan standar yang berlaku secara nasional di Indonesia dengan pembuatannya melalui penelitian-penelitian terbaru atas kondisi yang ada di Indonesia. Beberapa SNI yang harus digunakan dalam suatu perencanaan konstruksi adalah SNI mengenai beton, baja, gempa, dan lain-lain. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berfokus pada SNI yang membahas tentang struktur beton pada bangunan gedung.

SNI 2847:2019 adalah SNI yang membahas tentang struktur beton pada bangunan gedung dengan judul Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. SNI 2847:2019 merupakan pembaruan dari SNI 2847:2013 dengan mengadopsi secara modifikasi dari American Concrete Institute (ACI) 318M-14. Dalam penyusunan SNI, tim penyusun mengacu pada ACI yang dipersiapkan oleh Komite Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil (91-01) melalui Gugus Kerja Bahan Bangunan pada Subkomite Teknis Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan (91-01-S4) dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi di Indonesia agar dapat menghasilkan standar yang cocok untuk Indonesia.

Apabila suatu gedung ingin memiliki Sertifikat Laik Fungsi (SLF), maka perlu dilakukan analisis kekuatan struktur untuk mengetahui kuat rencana gedung berdasarkan peraturan yang terbaru. Saat ini, SNI 2847:2019 adalah peraturan yang paling baru, sehingga sebagian besar perencanaan konstruksi gedung yang sudah berdiri masih didasarkan pada peraturan lama (SNI sebelumnya). Oleh sebab itu, penulis bermaksud melakukan analisis atas kuat rencana geser balok yang ada pada suatu gedung berdasarkan SNI 2847:2019. Pada kesempatan ini, gedung yang diambil sebagai subjek kajian adalah Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, karena gedung ini mulai dibangun sebelum SNI 2847:2019 terbit.



## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, identifikasi masalah dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kecukupan kuat perlu terhadap kuat rencana geser elemen lentur

Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019.

## 1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai kuat geser nominal penampang elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019?
2. Bagaimana nilai kuat geser rencana elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019?
3. Bagaimana kecukupan kuat geser perlu terhadap kuat rencana geser elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019?

## 1.4 Lingkup Pembahasan

Untuk mencegah terjadi pembahasan yang meluas dan menyimpang, maka perlu adanya suatu batasan permasalahan. Adapun lingkup pembahasan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Objek analisis yang akan digunakan adalah Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
2. Analisis dilakukan pada balok-balok utama atau balok induk portal sebagai bagian dari Struktur Rangka Pemikul Momen.
3. Analisis berfokus pada nilai kuat geser nominal penampang dan kuat geser rencana elemen struktur balok.
4. Perhitungan Kuat Geser Perlu dilakukan secara sederhana dengan meninjau dari As kolom.
5. Pembebanan untuk seluruh balok atap disamakan.
6. Pembebanan untuk seluruh balok lantai disamakan.
7. Data bangunan berdasarkan As *Built Drawing*.
8. Tulangan tekan balok diabaikan.
9. Kait pada tulangan balok diabaikan.



### 1.5 Tujuan

1. Mengetahui nilai kuat geser nominal penampang elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019.
2. Mengetahui nilai kuat rencana geser elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019.
3. Mengetahui kecukupan kuat perlu terhadap kuat rencana geser elemen lentur Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menurut SNI 2847:2019.

### 1.6 Manfaat

Berikut merupakan manfaat yang dapat diambil dari hasil kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang analisis kuat geser rencana pada elemen lentur suatu Gedung berdasarkan SNI 2847:2019.
2. Kajian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang SNI 2847:2019 dengan judul *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan* agar dapat digunakan dalam perencanaan suatu Gedung.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Material Konstruksi

Material konstruksi atau bahan bangunan adalah bahan baku utama untuk kepentingan pembangunan, baik yang telah tersedia di sekitar manusia maupun yang sengaja diproduksi. Bahan bangunan yang terbentuk secara alami seperti tanah liat, pasir, kayu, dan batu telah digunakan untuk menunjang pembangunan. Material konstruksi buatan manusia juga sering digunakan dan terus dikembangkan seiring waktu.

#### 2.1.1 Beton

Beton polos (*plain concrete*) merupakan kombinasi dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air, namun dalam beberapa kasus juga ditambahkan sejenis bahan tambahan (*admixtures*) guna mencapai kondisi yang diinginkan.

Pada dasarnya, material beton memiliki kekuatan tekan yang sangat besar namun di satu sisi beton juga memiliki kelemahan dalam memikul tegangan tarik yang berkisar hanya sepersepuluh dari kuat tekan yang dimilikinya (Nilson, dkk., 2010). Kekuatan beton ditentukan dari komposisi bahan penyusun beton tersebut, dengan parameter nilai sebagai berikut:

**1. Kuat tekan**, merupakan parameter yang didapat dari hasil pengujian tekan *uniaxial* terhadap benda uji dan dijadikan parameter untuk menyatakan mutu dari campuran beton dengan notasi  $f'c$  (MPa). Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat tekan, (MPa)

$P$  = Beban tekan, (N)

$A$  = Luas penampang benda uji, ( $\text{mm}^2$ )

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya terutama *water to cement ratio* ( $w/c$ ). Semakin rendah nilai *ratio*, maka semakin besar kekuatan dari beton tersebut. Umumnya tes uji tekan beton dilakukan saat beton telah berumur 28 hari.

**2. Kuat tarik**, merupakan salah satu parameter penting dalam desain struktur beton guna memperhitungkan fenomena retak (*crack*) pada struktur beton. Penentuan kuat tarik dari



beton biasanya dilakukan dengan *split-cylinder test* yang sesuai dengan ASTM C496M atau dengan *direct tensile method*. *Direct tensile method* umumnya membandingkan rasio kuat tarik belah dengan kuat tekannya yang berkisar  $\pm 10\%$ , dan rasio kuat lentur beton normal dengan kuat tekannya berkisar  $\pm 15\%$ .

- 3. Kuat geser**, merupakan parameter yg selalu diikuti oleh tekan dan tarik akibat lenturan. Pengaruh-pengaruh geser yang ditimbulkan merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Chu-kia Wang dan Charles G.Salmon, 1983).
- 4. Rangkak**, merupakan parameter kuat beton di mana beton akan terus berdeformasi akibat adanya beban yang bekerja selama umur struktur beton tersebut.
- 5. Susut**, merupakan fenomena perubahan volume beton selama proses pengerasan dan perawatan dari struktur beton serta tidak dipeengaruhi oleh beban yang bekerja pada elemen beton. Hal utama yang mempengaruhi nilai susut beton adalah hilangnya kadar air dikarenakan pengeringan atau pengerasan.

## 2.2 Balok

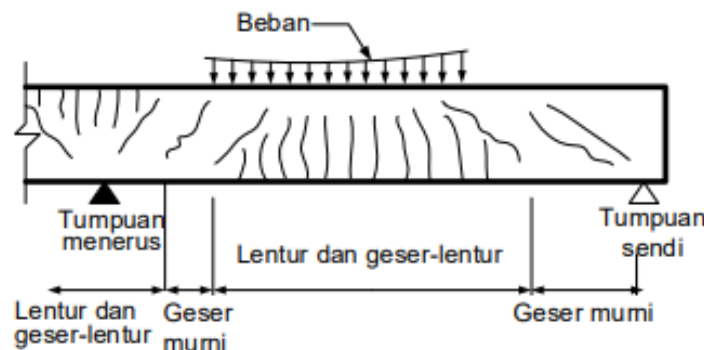
Menurut SNI 2847: 2019, Balok (*beam*) merupakan komponen struktur yang utamanya menahan gaya gravitasi, lentur dan geser dengan atau tanpa gaya aksial atau torsi. Gaya-gaya tersebut kemudian disalurkan menuju girder, kolom, maupun tembok. Balok dalam rangka momen yang merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral umumnya komponen horizontal dengan bentuk persegi atau bentuk-T yang terdiri dari badan dan sayap. Terdapat berbagai jenis balok seperti balok prategang, balok *cast-in-place*, balok pracetak, dan balok komposit.

Balok dapat dihitung menggunakan berbagai macam metode yang memenuhi kesetimbangan gaya dan kompatibilitas geometris, asalkan memenuhi kekuatan desain dan persyaratan batas layan. Perhitungan gaya-gaya dalam dan defleksi sepanjang balok dapat dianalisis menggunakan metode analisis struktur elastis dasar yang menggunakan besaran momen inersia dan modulus elastisitas. Selain itu, untuk perhitungan gaya dalam tersebut, juga dapat menggunakan metode elemen hingga dengan mempertimbangkan momen inersia dan modulus elastisitas untuk mendapatkan hasil pendekatan gaya dan defleksi yang realistis. Sedangkan perhitungan redistribusi gaya diizinkan menggunakan kedua metode tersebut.



### 2.2.1 Keretakan pada Balok

Terdapat dua jenis retak miring yang dapat terjadi pada balok, yaitu retak geser lentur (*flexure-shear cracking*) dan retak geser murni (*web-shear cracking*). Retak geser lentur terjadi ketika kombinasi tegangan geser dan tegangan lentur tarik melebihi kekuatan tarik beton. Retak geser lentur bermula dari retak lentur. Ketika retak lentur terjadi, tegangan geser pada beton akan meningkat. Biasanya, retak lentur tidak berbahaya kecuali terjadi kondisi kritis di mana tegangan geser dan tegangan lentur terjadi di bagian atas salah satu retakan lentur.



Gambar 2.1. Keretakan pada Balok.

(Sumber: SNI 2847:2019)

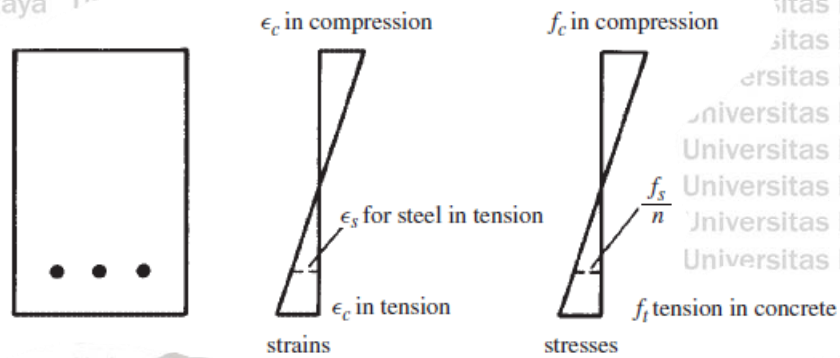
Terkadang, retak miring akan tetap terjadi meskipun tanpa adanya retak lentur di lokasi tersebut yang biasa disebut dengan retak geser murni. Retak geser murni dapat terjadi pada balok bagian prategang, terutama yang memiliki flens lebar dan balok tipis, serta pada lokasi dengan momen kecil dan kuat geser tinggi. Jenis retakan ini akan terbentuk di dekat bagian tengah balok dan bergerak secara diagonal hingga ke permukaan tegangan.

Apabila elemen balok beton bertulang dengan tulangan tunggal diberi beban lateral yang terus bertambah, balok tersebut akan mengalami 3 fase sebelum balok tersebut mencapai titik kehancuran struktur. Fase-fase tersebut yaitu:

1. Beton belum retak (*Uncracked Concrete*)

Kondisi beton pada saat menerima beban yang kecil dan belum mengalami retak yang besar. Seluruh bagian potongan melintang balok mulai menahan momen yang membuat balok memiliki kecenderungan untuk melengkung. Akibat dari momen tersebut, balok mengalami tekan pada serat atas dan tarik pada serat bawah. Pada fase ini, tegangan tarik masih lebih kecil daripada *modulus of rupture* (kuat tarik lentur dimana beton mulai timbul retakan).





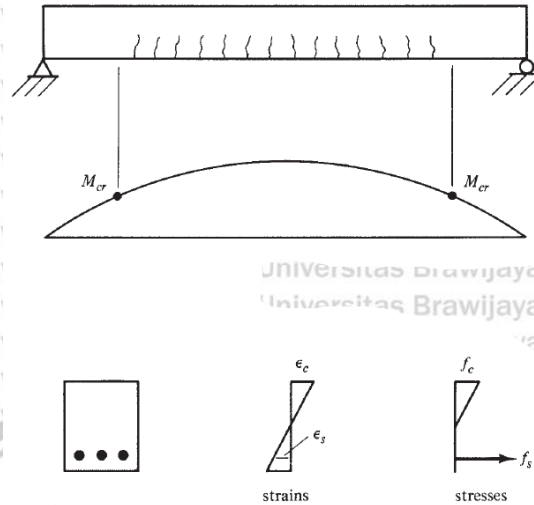
Gambar 2.2 Balok pada Fase Uncracked Concrete.

(sumber : McCormac, Jack C. and Russel H. Brown, 2014)

## 2. Beton Retak (*Concrete Cracked-Elastic Stresses*)

Kondisi beton pada saat menerima beban hingga beton mulai mengalami retak pada bagian bawah. Retakan yang terjadi akan menyebar ke sumbu netral dan mulai menuju ke bagian atas apabila beban semakin besar. Apabila balok tidak diberi tulangan, maka fase ini menjadi fase terakhir dan balok akan mengalami kehancuran atau kegagalan struktur. Sedangkan apabila balok diberi tulangan (pada bagian tarik), maka fase ini masih bisa bertahan karena retakan yang terjadi akibat tegangan tarik dapat ditahan oleh tulangan.

Pada fase ini, terjadi tegangan tarik yang sama besar dengan *modulus of rupture* (kuat tarik lentur dimana beton mulai timbul retakan). Momen yang terjadi pada saat kondisi tersebut dapat diartikan sebagai *cracking moment*,  $M_{cr}$ . Fase ini dapat bertahan selama tegangan tekan pada serat atas balok lebih kecil dari setengah kuat tekan beton ( $0,5 f_c'$ ) serta selama tegangan pada baja tulangan kurang dari tegangan lelehnya.

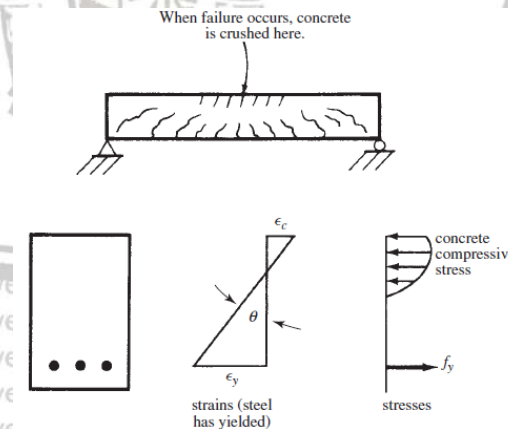


Gambar 2.3 Balok pada Fase Concrete Cracked.

(sumber : McCormac, Jack C. and Russel H. Brown, 2014)

### 3. Kegagalan Struktur (*Beam Failure-Ultimate Strength*)

Kondisi beton pada saat menerima beban lebih besar daripada setengah kuat tekan beton ( $0,5 f_c'$ ) sehingga menyebabkan retakan yang terjadi melebihi sumbu netral dan menuju ke serat bagian atas. Pada fase ini, balok dikatakan runtuh karena retakan sudah terjadi pada serata, dimana serata menahan tegangan tekan.



Gambar 2.4 Balok pada Fase Ultimate Strength

(sumber : McCormac, Jack C. and Russel H. Brown, 2014)

### 2.3 Tulangan Geser

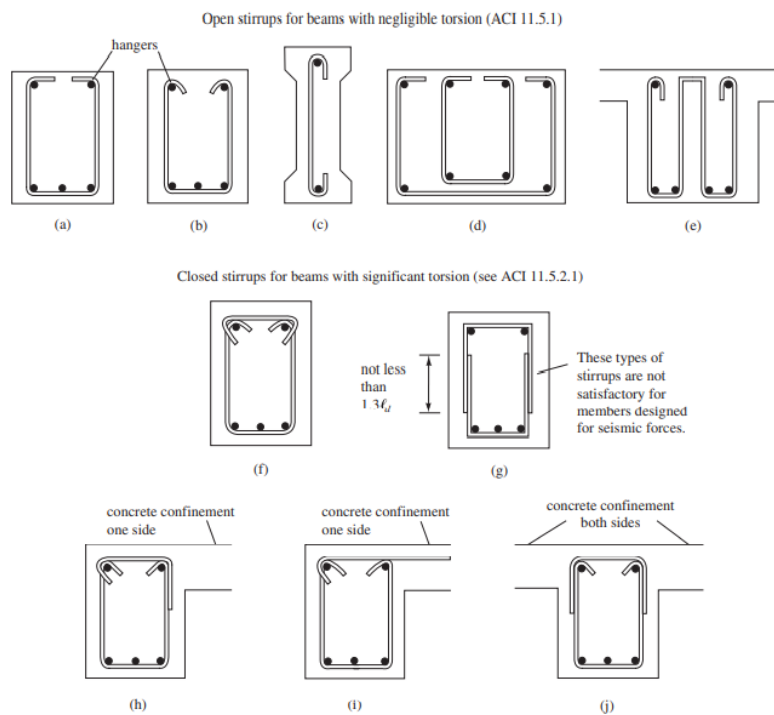
Pada umumnya penulangan balok beton terdiri dari tulangan lentur dan tulangan geser. Apabila tulangan lentur dipasang secara horizontal dari sumbu balok dan berfungsi menahan beban



momentum lentur, tulangan geser atau sering disebut begel, dipasang secara melintang terhadap sumbu balok beton dan berfungsi untuk menahan beban gaya geser. Beban akibat gaya geser dapat menyebabkan kegagalan pada struktur, oleh sebab itu, perencanaan tulangan geser harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memenuhi ketentuan teknis, kuat, serta mampu memikul beban geser.

Tipe tulangan geser yang umum digunakan pada beton nonprategang yang sesuai dengan SNI 2847:2019, meliputi:

- a. Tulangan geser vertical
- b. Tulangan geser *welded wire fabric*
- c. Tulangan geser sipral

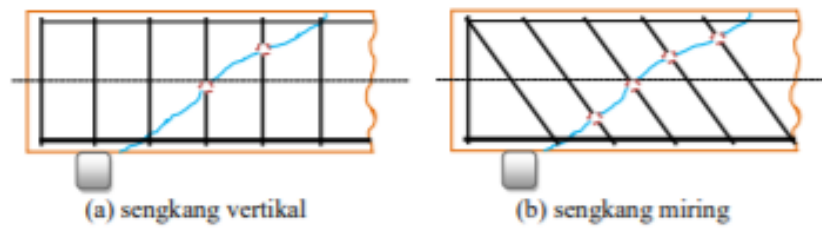


Gambar 2.5. Tipe-tipe Tulangan Geser Vertikal.

(sumber : McCormac, Jack C. and Russel H. Brown, 2014)

Retak miring pada balok merupakan awal dari runtuh geser, sehingga pengamanan yang dapat dilakukan salah satunya dengan memasang sejumlah tulangan geser yang dibuat miring di dekat tumpuan untuk menahan gaya tarik tegak lurus terhadap retak tarik miring sehingga kemungkinan mampu mencegah retak geser. Retak miring berawal dari daerah tumpuan dan naik menuju titik pembebanan. Sehingga apabila tumpuan balok dipasang sengkang miring, retak akan melewati

lebih banyak Sengkang yang tegak lurus terhadap retak dan lebih banyak memberikan perlawanan terhadap retak miring dibandingkan dengan Sengkang vertical.



Gambar 2.6 Perlawanan Geser Sengkang terhadap Retak Geser (Retak Miring)

(sumber: Pengaruh Sudut Sengkang Miring pada Balok Pendek terhadap Pola Runtuh oleh Achmad David dan Bambang Sabariman (2013))

SNI 2847:2019 menyatakan bahwa tulangan harus disediakan sepanjang bentang di mana tulangan tekan longitudinal diperlukan. Dukungan lateral tulangan tekan longitudinal harus disediakan Sengkang tertutup, dengan ukuran tulangan transversal ditentukan sebagai berikut:

- a) D10 untuk tulangan longitudinal dengan diameter D32 atau lebih kecil.
- b) D13 untuk tulangan longitudinal dengan diameter D36 dan lebih besar dan untuk bundle tulangan longitudinal

Menurut SNI 2847:2019, bila diperlukan, tulangan geser harus disediakan menggunakan sengkang, Sengkang tertutup, atau tulangan longitudinal yang dibengkokkan, dengan spasi maksimum tulangan geser harus sesuai dengan tabel berikut:

$V_s$		Maksimum $s$ , mm	
		Balok nonprategang	Balok prategang
$\leq 0,33\sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$	Terkecil dari:	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0,33\sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$	Terkecil dari:	$d/4$	$3h/8$
		300	

Gambar 2.7: Tabel Spasi Maksimum Tulangan Geser.

(sumber : SNI 2847:2019)

Menurut SNI 2847:2019 pasal 9.7.6.2.3, Sengkang miring harus memiliki spasi sehingga setiap garis 45 derajat, menerus  $d/2$  ke arah reaksi dari setengah tinggi komponen ke tulangan tarik longitudinal, harus disilang sekurang-kurangnya satu garis tulangan geser.



Dalam aplikasinya, luasan tulangan geser ( $A_v$ ) yang digunakan diharapkan tidak terlalu kecil atau terlalu besar, guna mencegah keruntuhan gatas bila terjadi retak pada balok. Selain itu, pembatasan ini juga dimaksudkan agar memastikan tulangan geser yang digunakan mengalami leleh saat terjadi retak. Semua itu dilakukan agar struktur balok berperilaku duktail dan tidak runtuh secara tiba-tiba. Oleh sebab itu, SNI 2847:2019 pasal 9.6.3.3 mengatur jumlah luasan minimum untuk tulangan geser. Nilai  $A_v$  yang diambil adalah nilai terbesar dari dua persamaan berikut ini:

$$A_{vmin} = 0,062 \sqrt{f'c} \frac{bws}{fyt}$$

atau

$$A_{vmin} = \frac{(0,35bws)}{fyt}$$

Nilai kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser ( $V_s$ ) harus dihitung dengan menggunakan persamaan sesuai di SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

$$V_s = \frac{A_v \times fyt \times d}{s}$$

Nilai  $V_s$  ini sendiri disarankan tidak boleh diambil lebih besar dari:

$$V_{smax} = 0,66 \sqrt{f'c} bwd$$

Dengan diperolehnya nilai  $A_{vmin}$ , maka nilai  $V_{smin}$  dapat ditentukan dari nilai terbesar dari dua persamaan berikut ini:

$$V_{smin} = 0,35bwd$$

atau

$$V_{smin} = 0,062 \sqrt{f'c} bwd$$

Keterangan:

$V_s$  = Kuat geser nominal yang diberikan oleh tulangan geser (MPa)

$A_v$  = Luas penampang tulangan geser, (mm<sup>2</sup>)

$fyt$  = Mutu material dari tulangan geser, (MPa)

$d$  = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (mm)

$s$  = Spasi pusat ke pusat tulangan transversal (mm)

## 2.4 Konsep Tegangan Geser

Setelah melihat kesetimbangan suatu penampang, didapatkan bahwa besar gaya melintang atau gaya geser pada setiap penampang bagian struktur dapat diturunkan. Jumlah tegangan geser yang terjadi sepanjang penampang melintang tersebut harus secara alami menyeimbangkan gaya-gaya geser yang datang dari luar (*external force*). Dengan menetapkan kesetimbangan dari elemen-elemen kecil di penampang tersebut, menjadi jelas bahwa besar tegangan geser vertical dan horizontal pada setiap elemen harus sama.

Besar tegangan geser horizontal sepanjang balok homogen dan tidak retak dapat dengan mudah diturunkan sesuai dengan kesetimbangan internal dari tegangan lentur. Kesetimbangan dari suatu penampang balok memanjang akan terpenuhi ketika tegangan geser horizontal memenuhi persamaan berikut:

$$v = \frac{V A_i \bar{y}}{b I}$$

dengan  $I$  adalah momen inersia penampang tersebut. Hal ini sesuai dengan prinsip pertama yang berkaitan dengan sumbu sentroid, yaitu:

$$z = \frac{I}{A_i \bar{y}}$$

dan aliran geser ( $q = v b$ ) harus selalu maksimum, yaitu:

$$q_{max} = \frac{V}{z}$$

dengan  $z$  adalah sumbu sentroida yang seringkali merupakan letak tegangan geser maksimum bila lebar ( $b$ ) penampang cukup kecil.



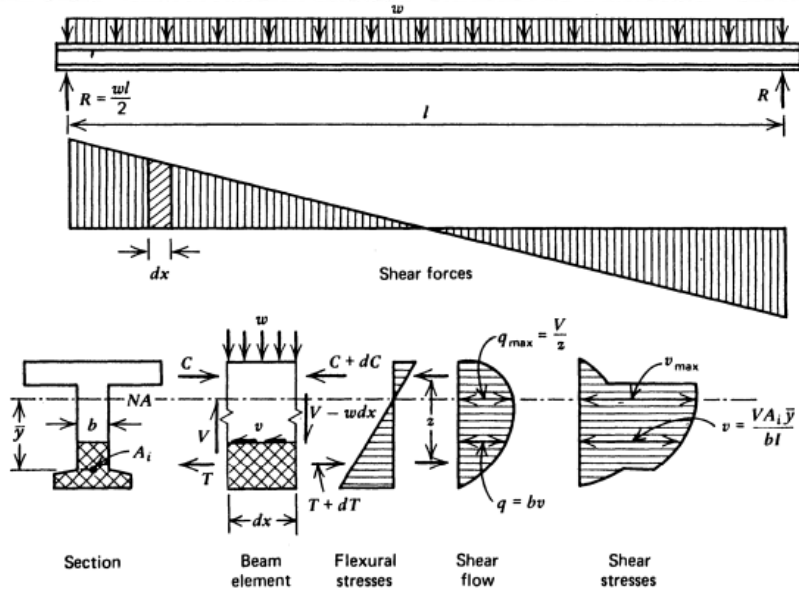


Fig. 7.1. Shear force, shear flow, and shear stresses in a homogeneous isotropic elastic beam.

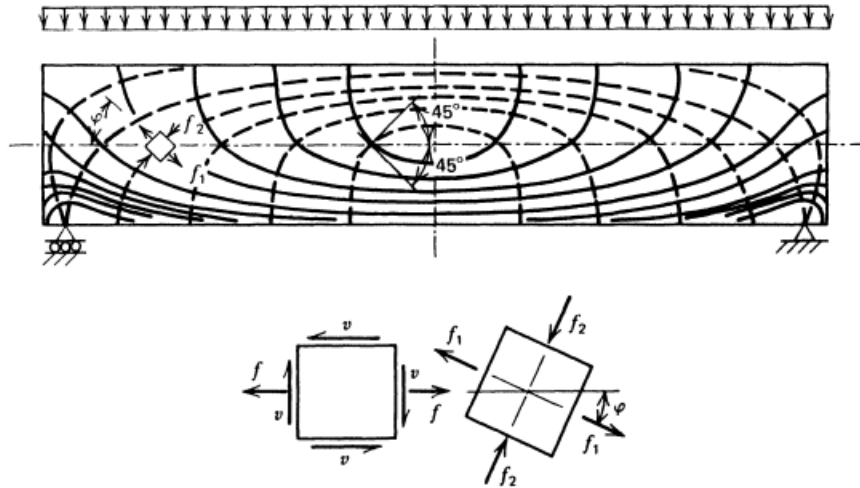
Gambar 2.8. Diagram Kuat Geser pada Penampang Balok.

(Sumber: R. Park dan T.Paulay, 1975)

Tegangan geser yang terjadi dapat dikombinasikan dengan tegangan lentur pada serat tersebut. Sehingga nilai tegangan tarik utama ( $f_1$ ), tegangan tekan utama ( $f_2$ ), dan besar kemiringan tegangan ( $\phi$ ) bisa didapatkan dari besar tegangan tarik dan tegangan geser yang terjadi secara bersamaan pada penampang balok.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik utama} \quad f_1 &= \frac{1}{2} (f + \sqrt{f^2 + 4v^2}) \\ \text{Tegangan tekan utama} \quad f_2 &= \frac{1}{2} (f - \sqrt{f^2 + 4v^2}) \\ \tan 2\phi &= \frac{2v}{f} \quad \text{atau} \quad \tan \phi = \frac{v}{f_1} \end{aligned}$$

ketika besar tegangan tarik utama berlebihan, maka dapat terjadi retak kira-kira mulai dari sudut kanan menuju arah lintasan tegangan tarik utama.



Gambar 2.9. Lintasan Tegangan Utama pada Balok Homogen.

(Sumber: R. Park dan T.Paulay, 1975)

Besar gaya horizontal yang terjadi pada daerah retak tetap konstan oleh sebab itu aliran geser pada zona tegangan utama juga tetap konstan. Dari diagram kuat geser, nilai gaya tarik tambahan adalah  $dT = v bw dx$ , sehingga didapat:

$$v = \frac{1}{bw} \frac{dT}{dx} = \frac{dM}{dx} \frac{1}{bw jd} = \frac{V}{bw jd}$$

atau

$$q = \frac{V}{jd}$$

Persamaan tersebut merupakan bukti bahwa besar tegangan geser bergantung pada lebar penampang.

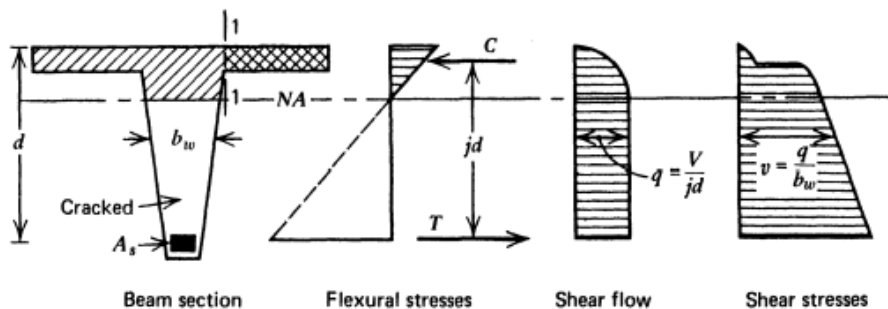


Fig. 7.3. Shear stresses across an idealized cracked reinforced concrete section.

Gambar 2.10. Tegangan Geser pada Penampang Beton Bertulang yang Retak.

(Sumber: R. Park dan T.Paulay, 1975)



Karena beton di bawah sumbu netral (NA) diasumsikan dalam keadaan geser murni, maka persamaan tersebut seringkali digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan diagonal pada daerah retak balok beton bertulang. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan geser vertical tersalurkan ke seluruh bagian penampang terlepas dari adanya retakan lentur.

## 2.5 Kuat Geser Nominal

Bila kuat geser *ultimate*,  $V_u$ , dibagi dengan luas penampang efektif,  $b_w d$ , akan menghasilkan tegangan yang berbeda dengan tegangan diagonal dan hanya berfungsi sebagai indikator besar tegangan, yang disebut dengan tegangan geser rata-rata (*average shearing stress*). Apabila indikator tersebut melebihi nilai tertentu, maka diperlukan tulangan geser.

$$V_u = \phi V_n$$

Pada SNI 2847:2019, kekuatan geser nominal penampang ( $V_n$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

Keterangan:

$V_n$  = Kuat geser nominal penampang

$V_c$  = Kuat geser nominal yang diberikan oleh beton

$V_s$  = Kuat geser nominal yang diberikan oleh tulangan geser

Dalam metode desain geser berdasarkan SNI 2847:2019, persyaratan geser nominal adalah:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

dimana nilai factor reduksi geser adalah  $\phi = 0,75$ , sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 21.2.1 dan

$V_u$  merupakan gaya geser *ultimate* yang diperoleh dari Analisa struktur.

Selain itu, dimensi penampang balok perlu dipastikan mampu memikul beban geser dengan memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.2, yaitu:

$$V_u \leq \phi (V_c + 0,66 \sqrt{f'c} b_w d)$$

bila tidak memenuhi syarat tersebut maka penampang balok perlu diperbesar.



Nilai  $V_c$  untuk balok non prategang tanpa gaya aksial dalam bentuk sederhana berdasarkan SNI 2847:2019, pasal 22.5.5.1 adalah:

$$V_c = 0,17\sqrt{f'_c}b_w d$$

Terdapat pula rumus  $V_c$  yang lebih rinci berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1. Nilai  $V_c$  diambil nilai terkecil dari tiga persamaan berikut:

a.  $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b_w d$

b.  $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) b_w d$

c.  $V_c = 0,29\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$

$M_u$  dan  $V_u$  terjadi secara serentak pada penampang dan  $\frac{V_u d}{M_u} < 1,0$ .

Keterangan:

$\lambda$  = Faktor modifikasi; beton normal = 1

$\rho_w$  = Rasio tulangan tarik =  $\frac{A_s}{b_w d}$

$V_u$  = Gaya geser *ultimate* hasil Analisa struktur, (N)

$M_u$  = Momen *ultimate* hasil Analisa struktur, (Nmm)

$b_w$  = Lebar penampang balok, (mm)

$d$  = Tinggi efektif balok, (mm)

Pada komponen tanpa Sengkang, gaya geser diasumsikan ditahan oleh beton, sedangkan pada komponen dengan Sengkang, sebagian gaya geser ditahan oleh beton dan sisanya ditahan oleh Sengkang.  $V_c$  dianggap sama untuk komponen dengan Sengkang maupun tanpa Sengkang, dan diambil sebesar gaya geser yang menyebabkan retak miring (*inclined cracking*) (Joint ACI-ASCE Committee 426 1973; MacGregor dan Hanson 1969; Joint ACI-ASCE Committee 326 1962).

## 2.6 Amplop Kekuatan Nominal atau Kekuatan Rencana

Dalam perencanaan sebuah struktur terdapat beribu kekuatan pembebanan yang dapat mengakibatkan banyak kemungkinan kasus beban untuk setiap struktur tertentu. Salah satu contoh umum dari scenario pembebanan adalah Ketika struktur dikenai beban hidup. Beban hidup dapat berada di manapun, ditempatkan secara strategis, maupun tidak ada beban hidup sama sekali. Menentukan lokasi beban hidup untuk efek maksimum di semua lokasi yang memungkinkan dapat



menghasilkan cukup banyak scenario pembebanan, dan semakin banyak pula scenario yang perlu dianalisis. Skenario-skenario pembebanan ini menghasilkan diagram efek beban ganda baik dalam bentuk diagram geser, diagram momen, maupun diagram defleksi. Untuk memastikan kekuatan rencana mencukupi, maka dapat dibuat amplop kekuatan nominal untuk mengidentifikasi kemungkinan-kemungkinan dari efek pembebanan yang dapat terjadi di sepanjang bagian struktur.

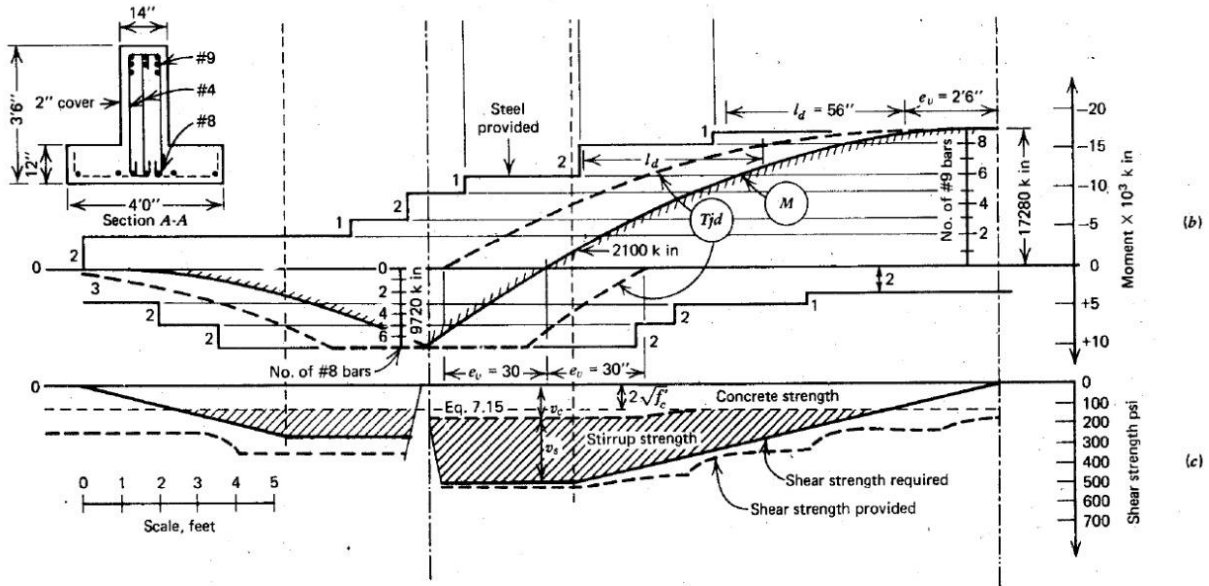


Fig. 7.38. The reinforcement in a foundation beam (1 in = 25.4 mm, 1 foot = 0.305 m, 1 psi = 0.0069 N/mm<sup>2</sup>, 1 k · in = 0.113 kN · m).

Gambar 2.11. Diagram Kuat Rencana dan Kuat Perlu pada Elemen Lentur

(Sumber: R. Park dan T.Paulay, 1975)

Amplop kekuatan nominal adalah suatu diagram yang menggambarkan seluruh kondisi pembebanan kritis dan seluruh momen maximum baik positif maupun negative. Langkah dasar pembuatan amplop kekuatan nominal adalah:

1. Mengidentifikasi kasus beban yang diperlukan
2. Menganalisis setiap kasus beban
3. Menentukan nilai batas atas dan bawah untuk setiap struktur dalam sebuah grafik

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

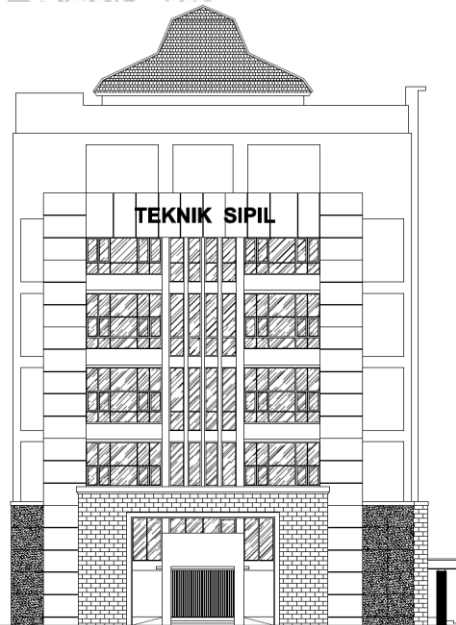
### 3.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam menganalisis kuat rencana geser elemen struktur balok pada Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, menggunakan data yang diperoleh dengan metode studi dokumen. Dokumen yang dimaksud adalah gambar *As Built Drawing* yang diperoleh dari Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan mengambil bagian elemen struktur balok dari Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya sebagai data primer dari objek yang akan dianalisis.

### 3.2 Objek Analisis

Data dari objek yang akan digunakan selama perhitungan analisis adalah sebagai berikut:

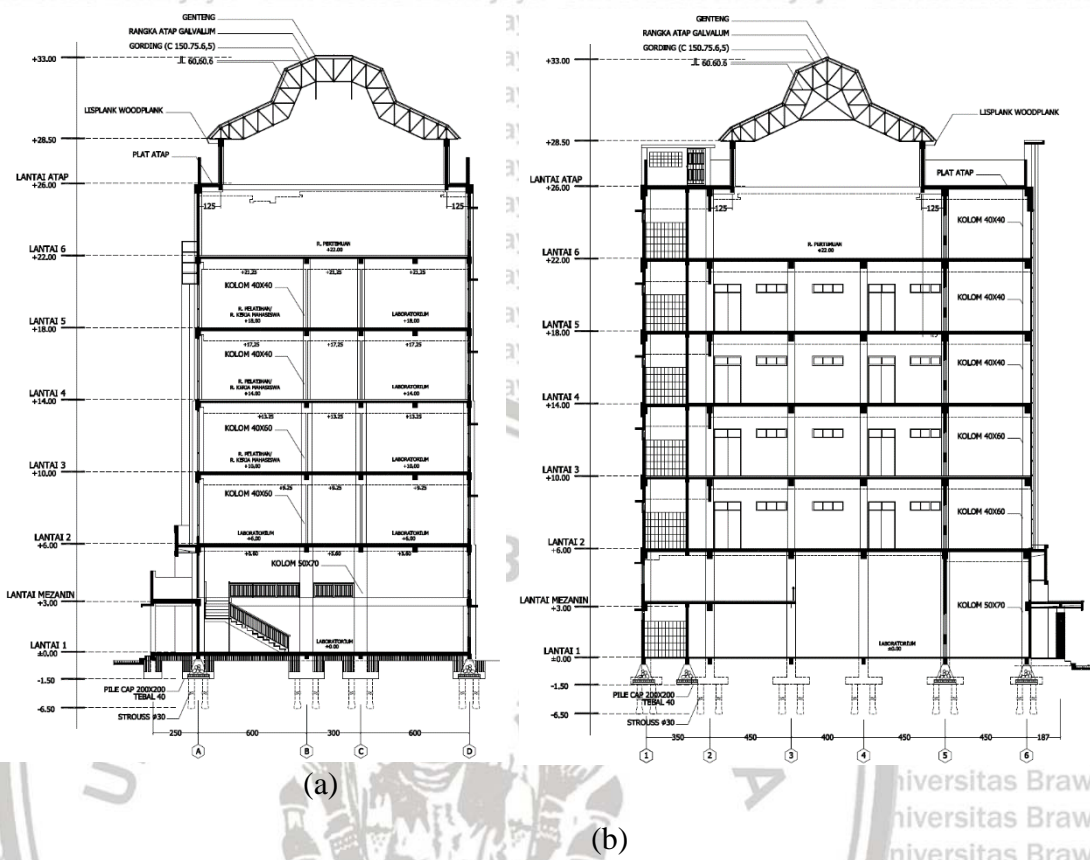
- Nama : Gedung laboratorium Kebencanaan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.  
Lokasi : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.  
Jenis Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen



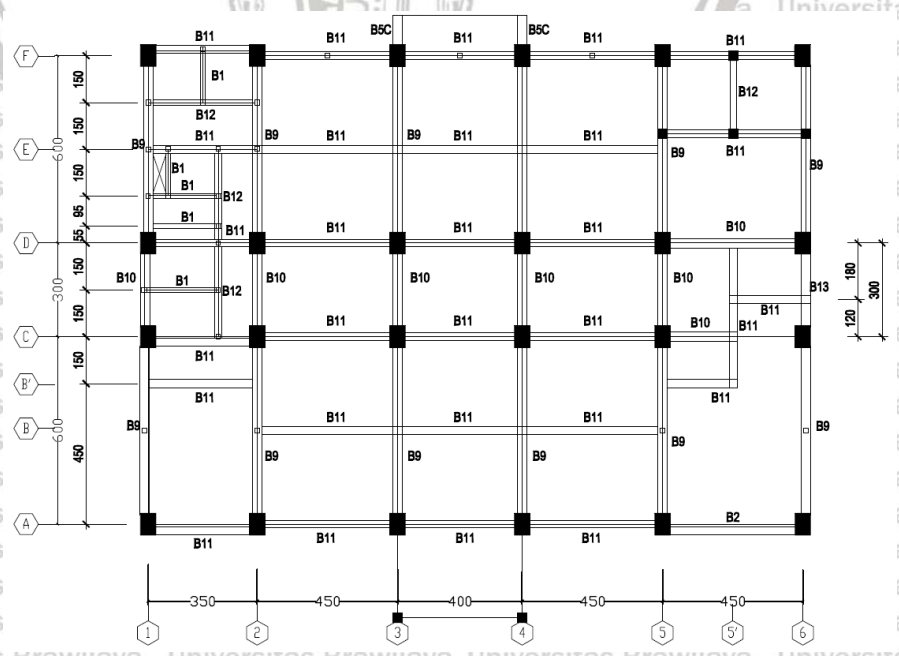
Gambar 3.1 Tampak Depan Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil FT-UB

(sumber : As Built Drawing)



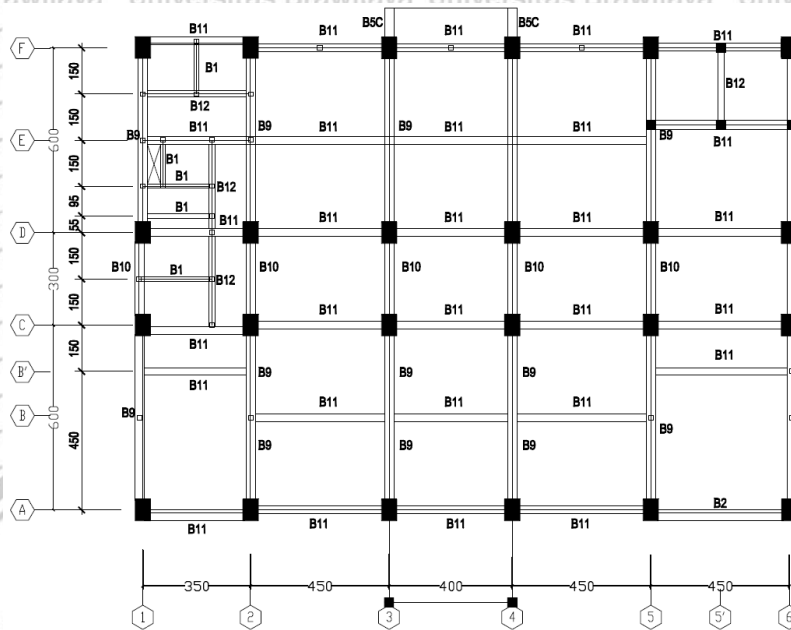


Gambar 3.2 Potongan Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil FT-UB: (a)Potongan Melintang; (b)Potongan Memanjang.  
(sumber : As Built Drawing)

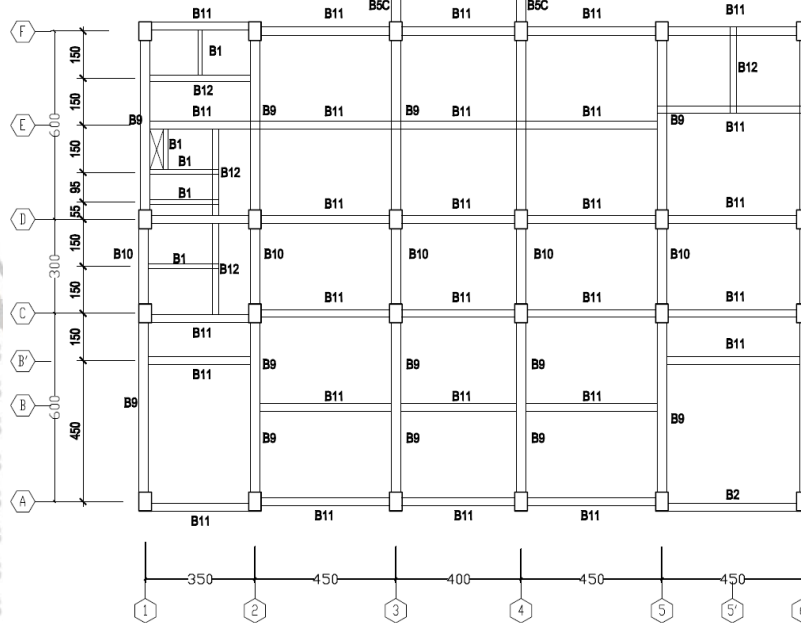


Gambar 3.3 Denah Balok Lantai 2.

(sumber : As Built Drawing)



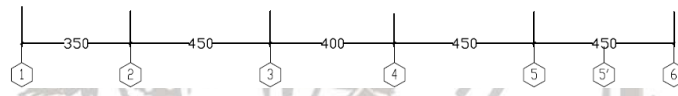
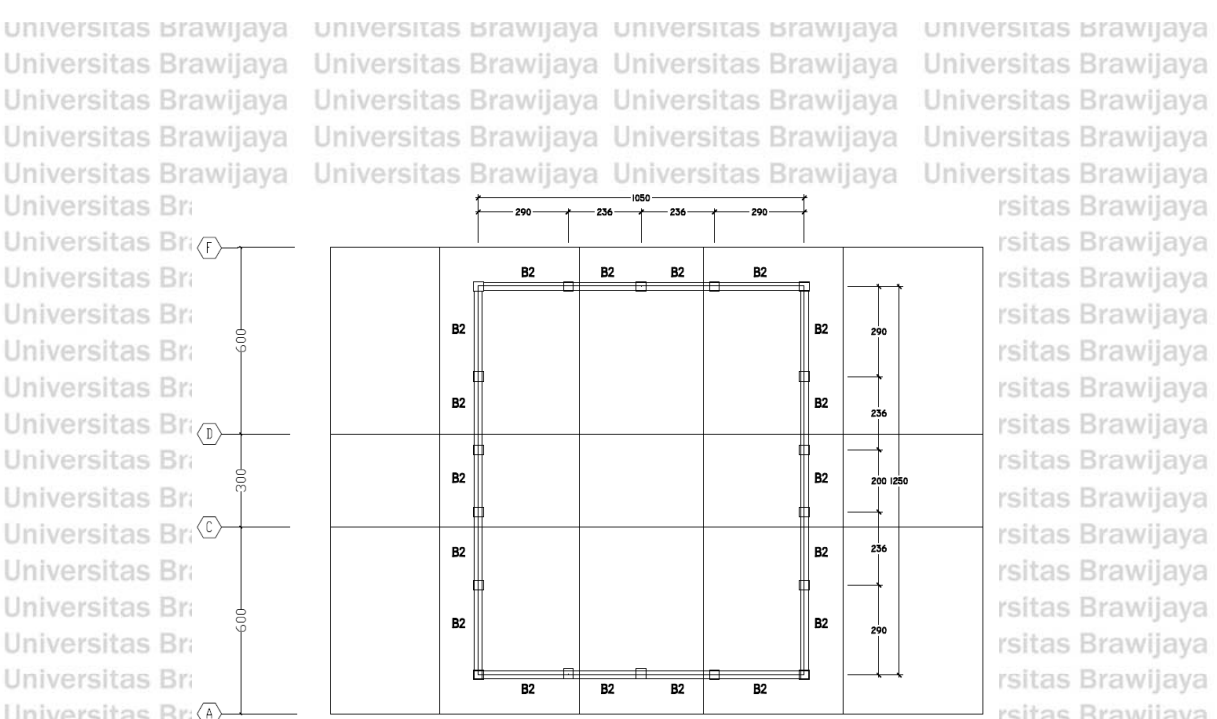
Gambar 3.4 Denah Balok Lantai 3 dan 4.  
(sumber : As Built Drawing)



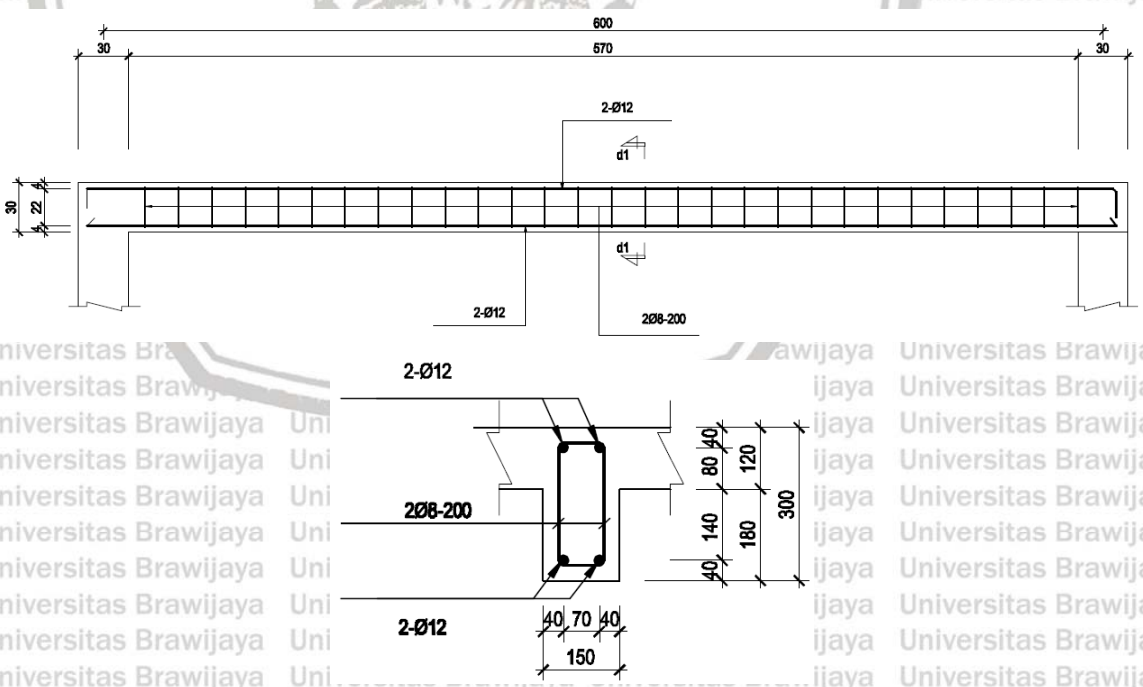
Gambar 3.5 Denah Balok Lantai 5 dan 6.  
(sumber : As Built Drawing)







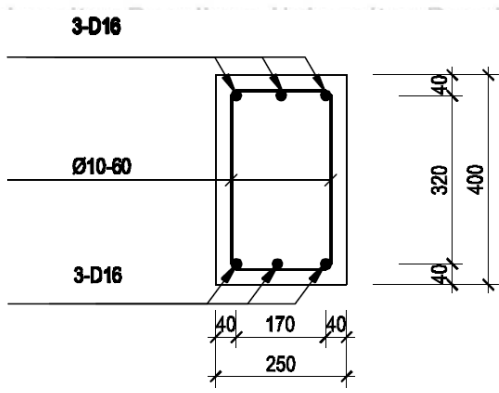
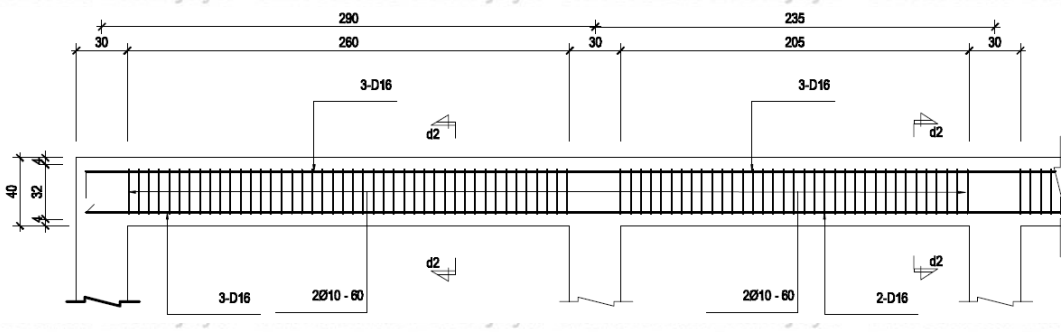
Gambar 3.8 Denah Balok Rangka Atap.  
(sumber : As Built Drawing)



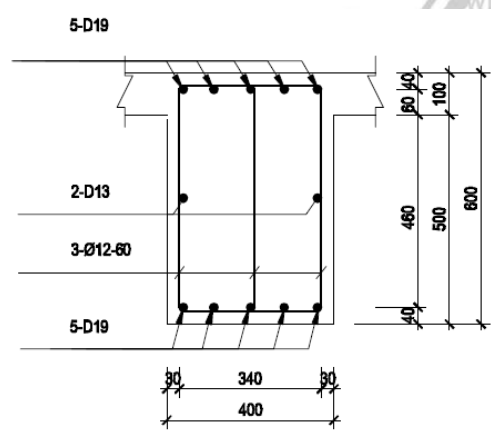
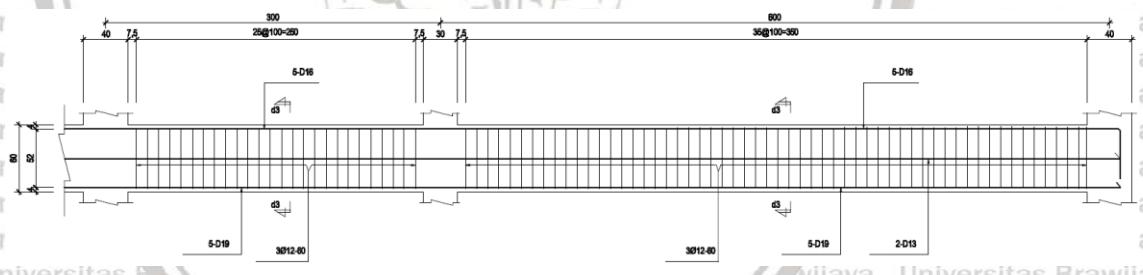
Pot d1-d1

Gambar 3.9 Detail Balok B1.  
(sumber : As Built Drawing)

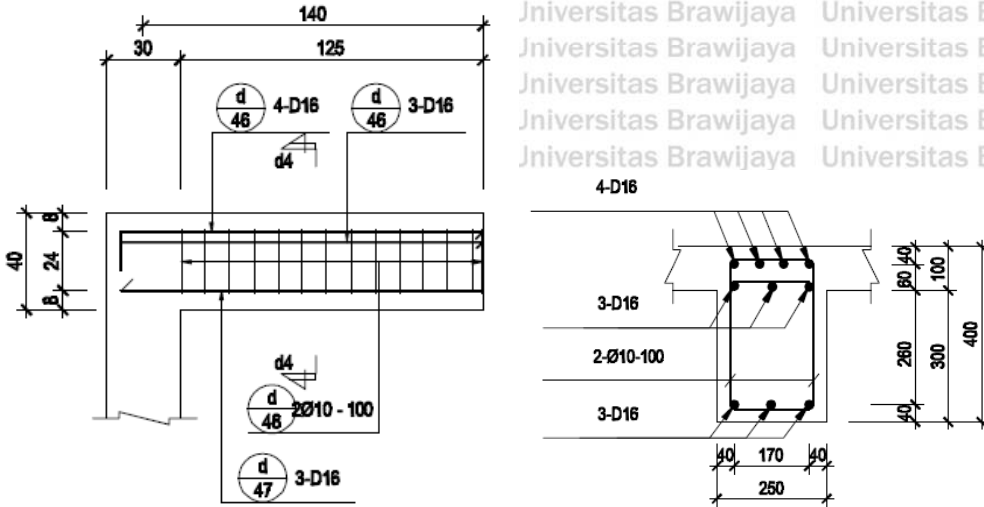




Pot d2-d2  
 Gambar 3.10 Detail Balok B2.  
 (sumber : As Built Drawing)

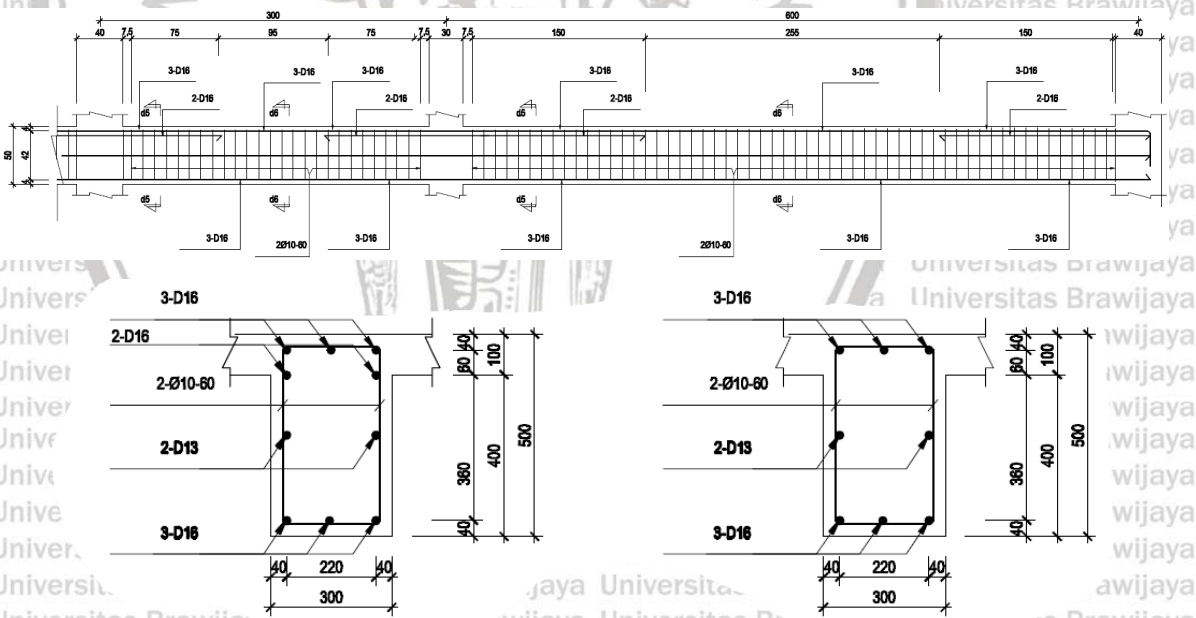


Pot d3-d3  
 Gambar 3.11 Detail Balok B3.  
 (sumber : As Built Drawing)



Pot d4-d4

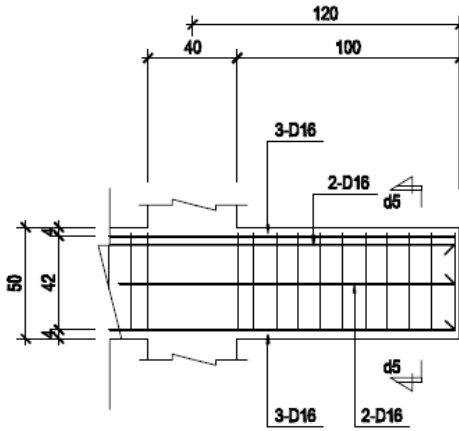
Gambar 3.12 Detail Balok B4.  
(sumber : As Built Drawing)



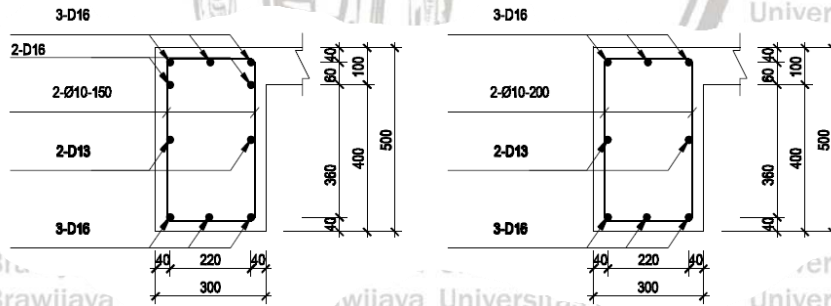
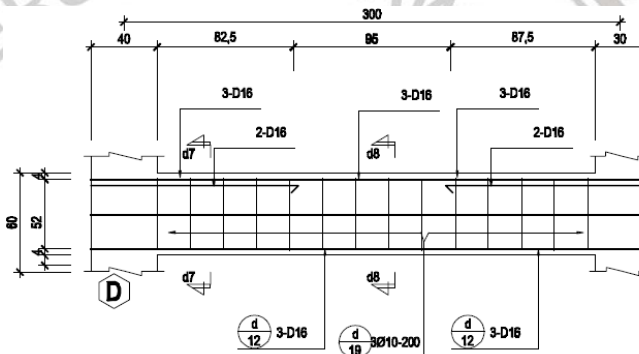
Pot d5-d5 Pot d6-d6

Gambar 3.13 Detail Balok B5.  
(sumber : As Built Drawing)



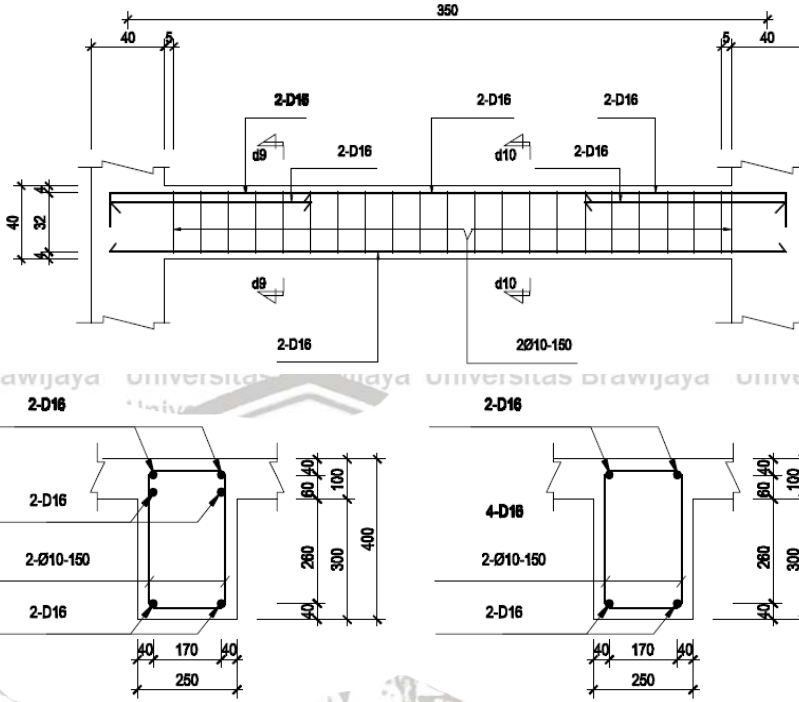


Gambar 3.14 Detail Balok B5C.  
(sumber : As Built Drawing)



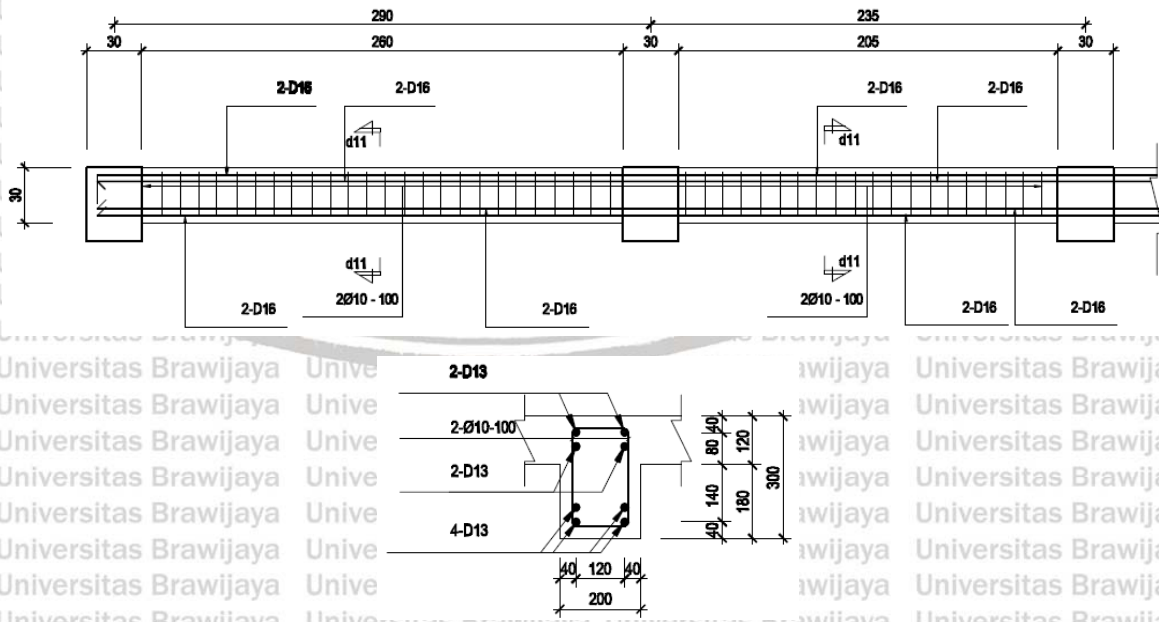
Pot d7-d7 Pot d8-d8

Gambar 3.15 Detail Balok B6.  
(sumber : As Built Drawing)



Pot d9-d9 Pot d10-d10

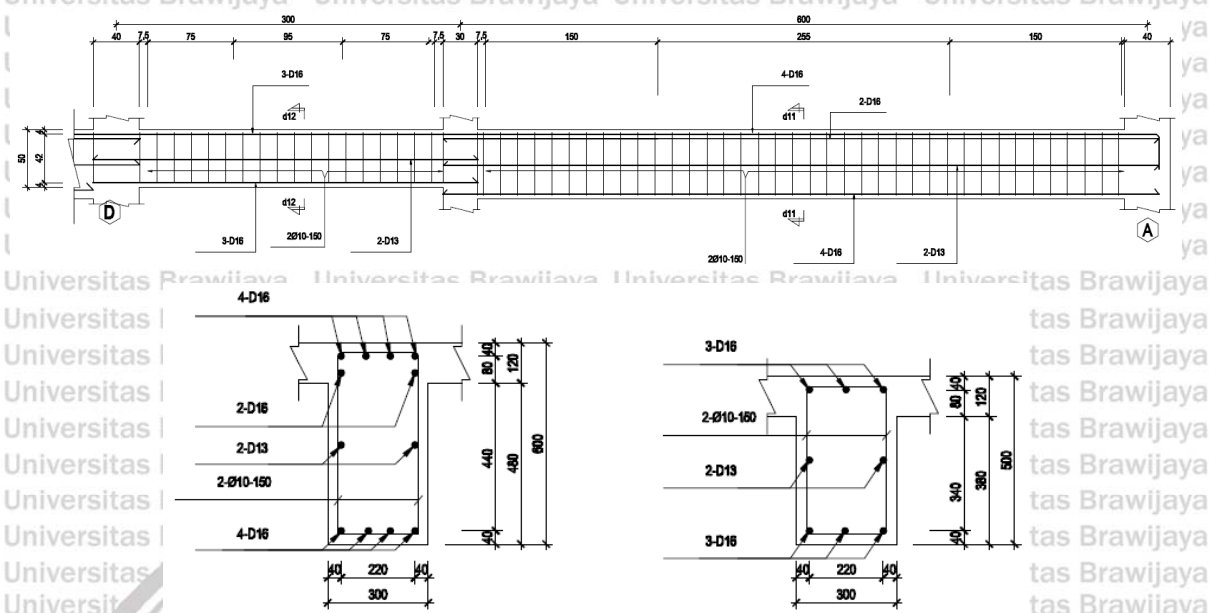
Gambar 3.16 Detail Balok B7.  
(sumber : As Built Drawing)



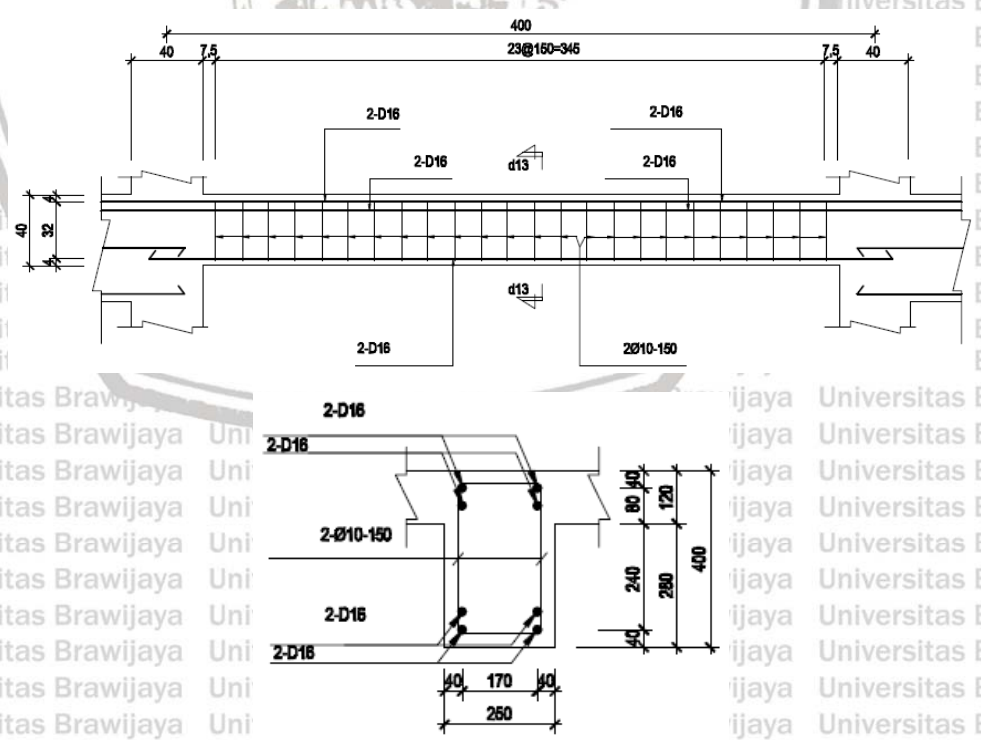
Pot d11-d11

Gambar 3.17 Detail Balok B8.  
(sumber : As Built Drawing)

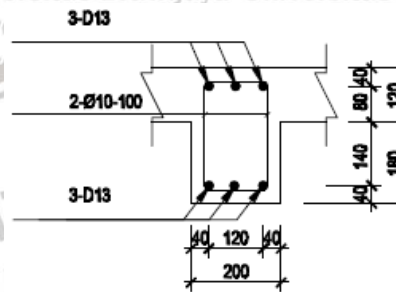
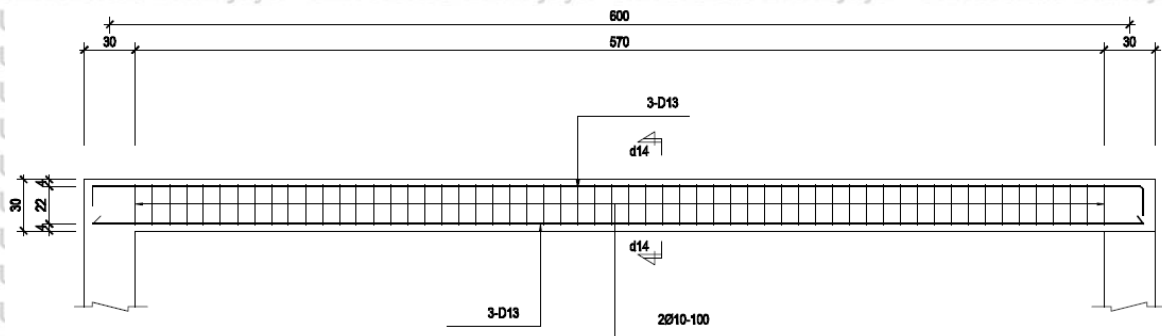




Pot d11-d11 B9 Pot d12-d12 B10  
 Gambar 3.18 Detail Balok B9 dan B10.  
 (sumber : As Built Drawing)

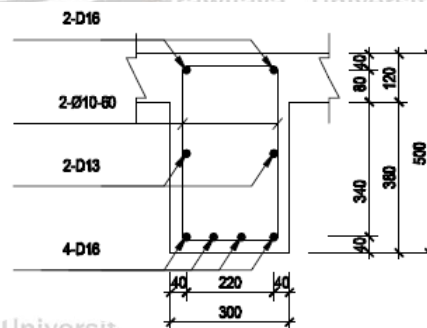
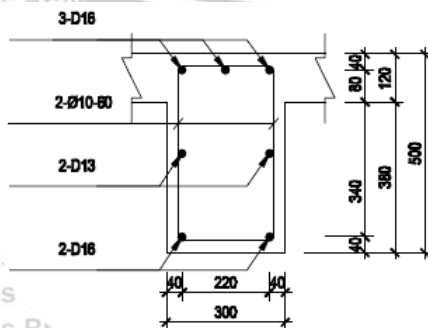
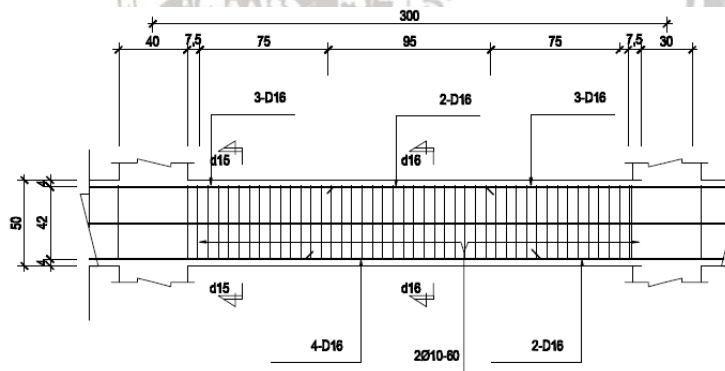


Pot d13-d13  
 Gambar 3.19 Detail Balok B11.  
 (sumber : As Built Drawing)



Pot d14-d14

Gambar 3.20 Detail Balok B12.  
(sumber : As Built Drawing)



Pot d15-d15 Pot d16-d16

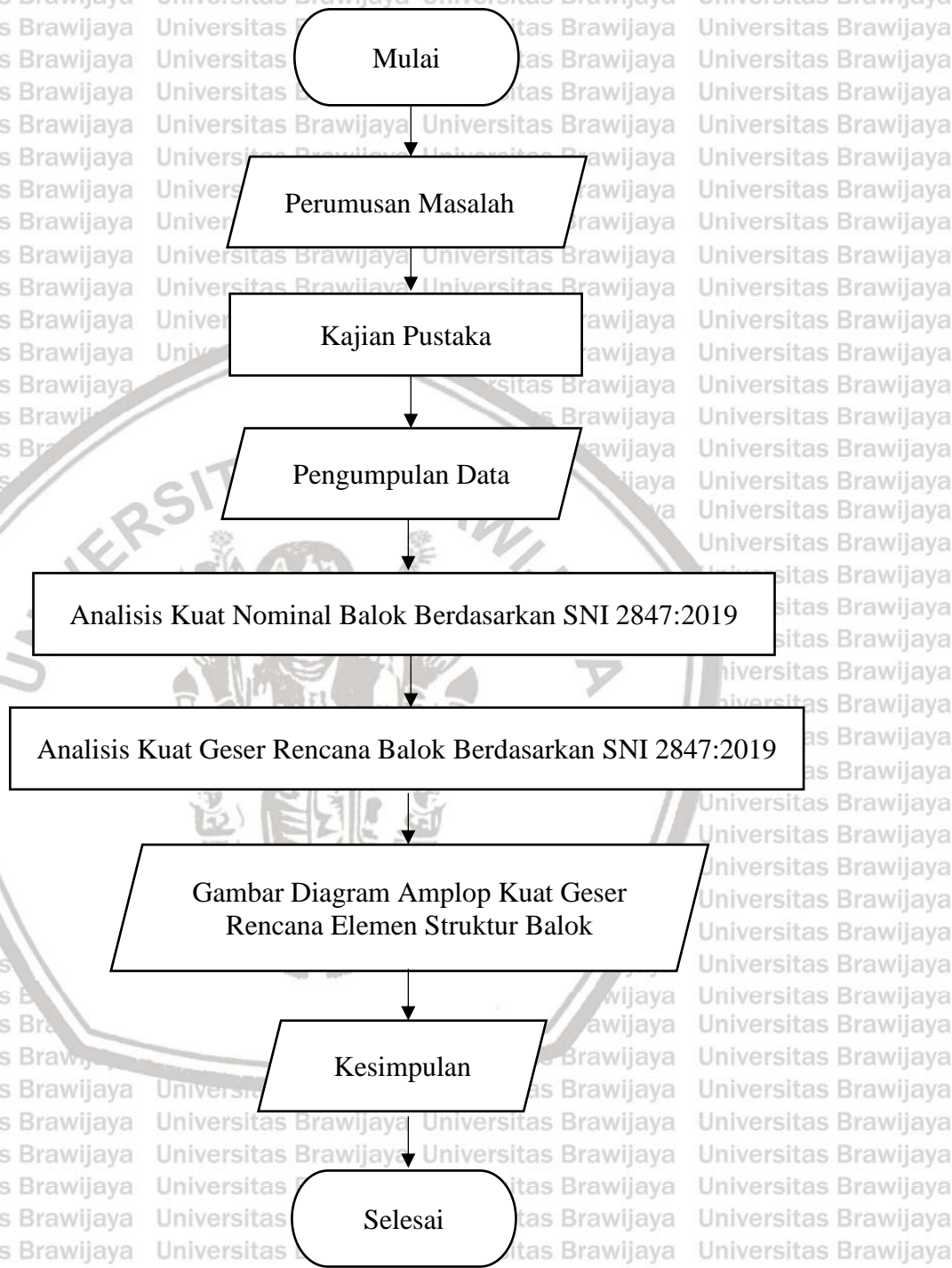
Gambar 3.21 Detail Balok B13.  
(sumber : As Built Drawing)



### 3.3 Prosedur Analisis

Dalam pelaksanaan analisis kuat rencana geser elemen struktur balok pada Gedung Laboratorium Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya menggunakan data yang diperoleh dari dokumen gambar *As Built Drawing* dengan meninjau peraturan SNI 2847:2019. Adapun diagram alir untuk prosedur analisis adalah sebagai berikut:





Gambar 3.22 Diagram Alir Prosedur Analisis Kuat Nominal Elemen Lentur



**BAB 4**  
**PEMBAHASAN**

**4.1 Analisis Kuat Geser Nominal Balok Berdasarkan SNI 2847:2019**

**4.1.1 Data Umum**

1. Balok bermutu beton K-300 ( $f'c = 24,9$  MPa)
2. Mutu baja ( $f_y$ ) tidak dicantumkan oleh pembuat detail dalam *as-built drawing*, sehingga nilai  $f_y$  diambil sebesar 240 MPa.
3. Persamaan 1 pada perhitungan nilai kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) tidak digunakan karena tidak diketahuinya nilai Momen Ultimate ( $M_u$ ).
4. Nilai faktor modifikasi ( $\lambda$ ) untuk beton normal adalah 1,0 sesuai dengan SNI 2847:2019 tabel 25.4.2.4.

**Tabel 25.4.2.4 – Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi Tarik**

Faktor modifikasi	Kondisi	Faktor
Beton ringan $\lambda$	Beton ringan	0,75
	Beton ringan, bila $f_c$ ditentukan	Sesuai dengan 19.2.4.3
	Beton normal	1,0
Epoksi $\Psi_e$	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan selimut bersih kurang dari $3d_b$ atau spasi kurang dari $6d_b$	1,5
	Tulangan dengan pelapis epoksi atau seng dan pelapis ganda epoksi dengan kondisi lainnya	1,2
	Tulangan tanpa pelapis atau pelapis seng (galvanis)	1,0
Ukuran $\Psi_s$	Batang D22 dan yang lebih besar	1,0
	Batang D19 dan yang lebih kecil dari kawat ulir	0,8
Posisi pengecoran $\Psi_1$	Lebih dari 30 mm beton segar diletakkan di bawah tulangan horizontal	1,3
	lainnya	1,0

<sup>(1)</sup> Hasil dari  $\Psi_e, \Psi_s$  tidak boleh melebihi 1,7

*Gambar 4.1 Tabel Faktor Modifikasi Untuk Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir dalam Kondisi Tarik*

5. Nilai factor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) untuk elemen struktur geser adalah 0,75 sesuai dengan SNI 2847:2019 tabel 21.2.1.

**Tabel 21.2.1 – Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ )**

Gaya atau elemen struktur	$\phi$	Pengecualian
a) Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik ( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.3
b) Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c) Torsi	0,75	-
d) Tumpu ( <i>bearing</i> )	0,65	-
e) Zona angkur pascatarik ( <i>post-tension</i> )	0,85	-
f) <i>Bracket</i> dan korbel	0,75	-
g) <i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
h) Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
i) Beton polos	0,60	-
j) Angkur dalam elemen beton	0,45 – 0,75 sesuai Pasal 17	-

Gambar 4.2 Tabel Faktor Reduksi Kekuatan



6. Luas penampang nominal (As) tulangan utama/ulir ditentukan sesuai dengan SNI 2052:2017 Tabel 3.

Tabel 3 - Ukuran baja tulangan beton sirip/ulir

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

**CATATAN:**

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

Gambar 4.3 Tabel Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir

7. Luas penampang nominal ( $A_v$ ) tulangan polos ditentukan sesuai dengan SNI 2052:2017 tabel 2.

Tabel 2 - Ukuran baja tulangan beton polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Berat nominal per meter*
		mm	mm <sup>2</sup>	kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P 14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	380	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834
11	P 32	32	804	6,313
12	P 36	36	1018	7,990
13	P 40	40	1257	9,865
14	P 50	50	1964	15,413

**CATATAN:**  
 - \*sebagai referensi  
 - Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:  
 a) Luas penampang nominal (A)  
 $A = 0,7854 \times d^2$  (mm<sup>2</sup>)  
 $d$  = diameter nominal (mm)  
 b) Berat nominal =  $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$  (kg/m)

Gambar 4.4 Tabel Ukuran Baja Tulangan Beton Polos

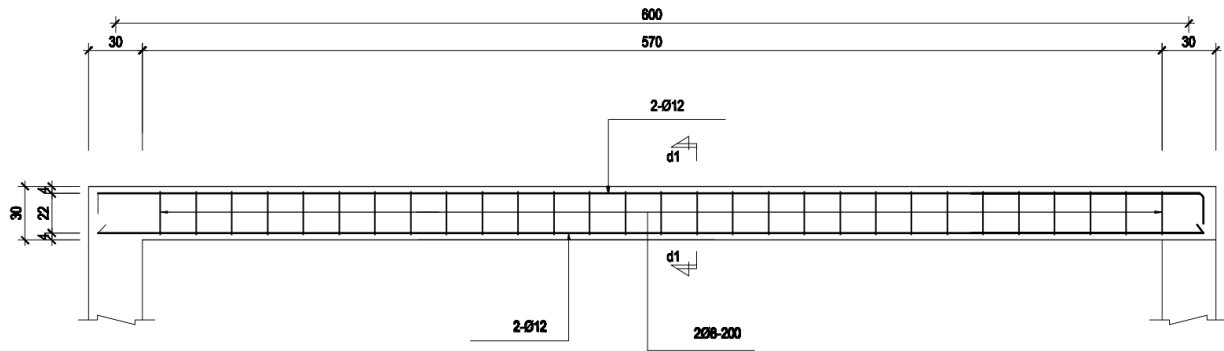
8. Rasio tulangan longitudinal ( $\rho_w$ ) =  $\frac{A_s}{b_w \times d}$



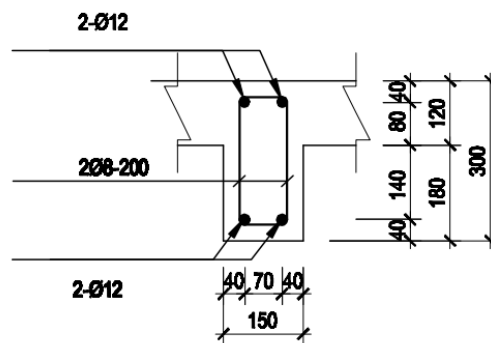
## 4.1.2 Perhitungan Kuat Geser Nominal Balok Berdasarkan SNI 2847:2019

### 4.1.2.1 Balok B1 Typical

#### 4.1.1.1.1 Potongan d1-d1



DETAIL BALOK B1 TYPICAL  
Skala 1 : 40



Pot d1-d1 B1  
Skala 1 : 20

Gambar 4.5 Detail Balok B1 Typical (pot d1-d1)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan 2Ø12 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$\text{As (luas tulangan atas)} = 2 \times 113 \text{ mm}^2 = 226 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (luas tulangan bawah)} = 2 \times 113 \text{ mm}^2 = 226 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø8-200. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$A_v \text{ (luas tulangan geser)} = 2 \times 50 \text{ mm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

3. Lebar *web* balok (*b<sub>w</sub>*) sebesar 150 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) = 300 – 40 – 8 – 0,5x12 = 246 mm

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{v_u d}{M_u}) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = (0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{226}{150 \times 246}) 150 \times 246$$

$$V_c = 33302,9 \text{ N} = 33,303 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 150 \times 246$$

$$V_c = 53397,9 \text{ N} = 53,398 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu ***V<sub>c</sub>* = 33,303 kN.**

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*V<sub>s</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{100 \times 240 \times 8}{200}$$

$$V_s = 960 \text{ N} = 0,96 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang (*V<sub>n</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:



- $V_n = V_c + V_s$   
 $V_n = 33,303 + 0,96 = 34,263 \text{ kN}$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

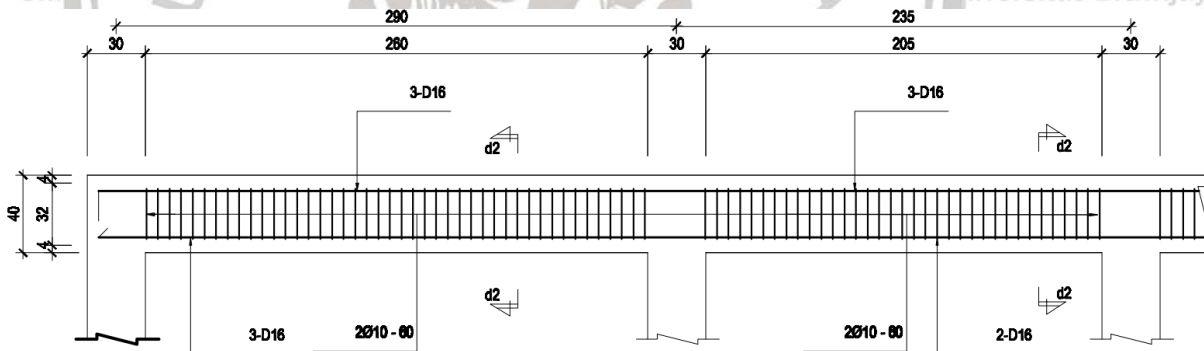
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B1 pada potongan d1-d1 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 34,263 kN.

**4.1.1.1.2 Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B1**

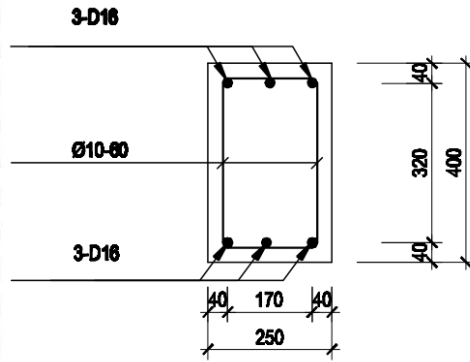
- $V_n$  kondisi positif = 34,263 kN
- $V_n$  kondisi negative = 34,263 kN

**4.1.2.2 Balok B2 Typical**

**A. Potongan d2-d2**



DETAIL BALOK B2 TYPICAL  
 Skala 1 : 40



Pot d2-d2 B2

Skala 1 : 20

Gambar 4.6 Detail B2 Typical (pot d2-d2)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 250 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $400 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 342 \text{ mm}$ .
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$  (tidak digunakan)



- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w)bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{250 \times 342}\right) 250 \times 342$$

$$V_c = 78514,1 N = 78,514 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 342$$

$$V_c = 123727 N = 123,727 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 78,514 kN$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6320 N = 6,32 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 78,514 + 6,32 = 84,834 kN$$

#### b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif

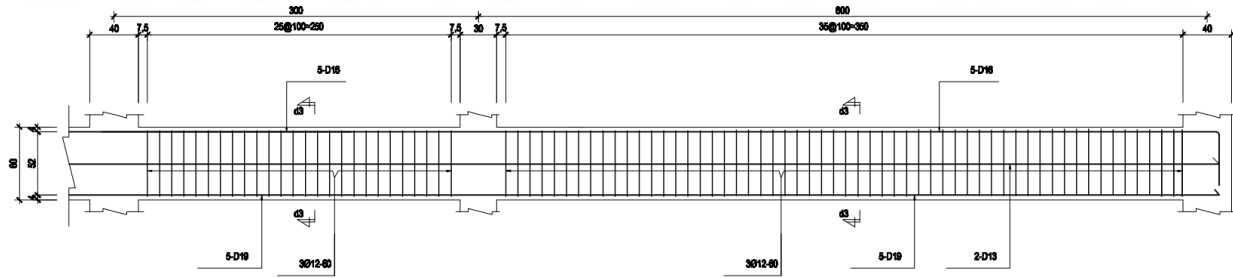
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B2 pada potongan d2-d2 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 84,834 kN.

#### B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B2

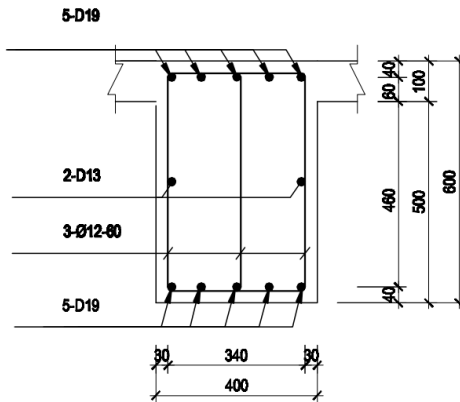
- $V_n$  kondisi positif = 84,834 kN

- $V_n$  kondisi negatif = 84,834 kN

4.1.2.3 Balok B3 Typical  
 A. Potongan d3-d3



DETAIL BALOK B3 TYPICAL  
 Skala 1 : 40



Pot d3-d3 B3

Skala 1 : 20

Gambar 4.7 Detail Balok B3 Typical (pot d3-d3)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D19 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:  
 As (luas tulangan atas) =  $5 \times 284 \text{ mm}^2 = 1420 \text{ mm}^2$   
 As (luas tulangan bawah) =  $5 \times 284 \text{ mm}^2 = 1420 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 3Ø12-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:  
 Av (luas tulangan geser) =  $3 \times 113 \text{ mm}^2 = 339 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 400 mm.



### a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $600 - 40 - 12 - 0,5 \times 19 = 538,5$  mm.
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{\mu} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{1420}{400 \times 538,5} \right) 400 \times 538,5$$

$$V_c = 196115 \text{ N} = 196,115 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 400 \times 538,5$$

$$V_c = 311704 \text{ N} = 311,705 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 196,115 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{339 \times 240 \times 12}{60}$$

$$V_s = 16272 \text{ N} = 16,272 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 196,115 + 16,272 = 212,387 \text{ kN}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

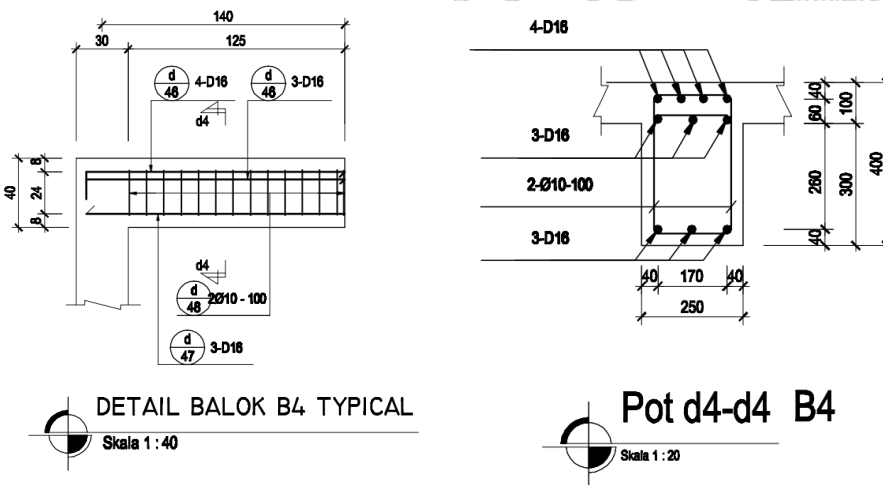
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B3 pada potongan d3-d3 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 212,387 kN.

**B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B3**

- $V_n$  kondisi positif = 212,387 kN
- $V_n$  kondisi negative = 212,387 kN

**4.1.2.4 Balok B4 Typical**

**A. Potongan d4-d4**



Gambar 4.8 Detail Balok B4 Typical (pot d4-d4)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $7 \times 201 \text{ mm}^2 = 1407 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengakang) menggunakan tulangan 2Ø10-100. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - $A_v$  (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar web balok ( $b_w$ ) sebesar 250 mm.



a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $400 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 342$  mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{\mu} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{250 \times 342} \right) 250 \times 342$$

$$V_c = 78514,1 N = 78,514 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 342$$

$$V_c = 123727 N = 123,727 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 78,514$  kN.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{100}$$

$$V_s = 3792 N = 3,792 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 78,514 + 3,792 = 82,306 kN$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (d)

$$= 400 - \frac{\left(4x64\pi\left(40 + 10 + \frac{1}{2}x16\right)\right) + \left(3x64\pi\left(40 + 10 + 16 + 25 + \frac{1}{2}x16\right)\right)}{7x64\pi}$$

$$= 400 - 75,571 = 324,4 \text{ mm}$$

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b w d$  (tidak digunakan)
- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w\right) b w d$   
 $V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{1407}{250 \times 324,4}\right) 250 \times 324,4$   
 $V_c = 88674,9 \text{ N} = 88,675 \text{ kN}$
- $V_c = \left(0,29\lambda\sqrt{f'c}\right) b w d$   
 $V_c = \left(0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}\right) 250 \times 324,4$   
 $V_c = 117370 \text{ N} = 117,37 \text{ kN}$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persaaamaan tersebut yaitu  $V_c = 88,675 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$   
 $V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{100}$   
 $V_s = 3792 \text{ N} = 3,792 \text{ kN}$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$   
 $V_n = 88,675 + 3,792 = 92,467 \text{ kN}$

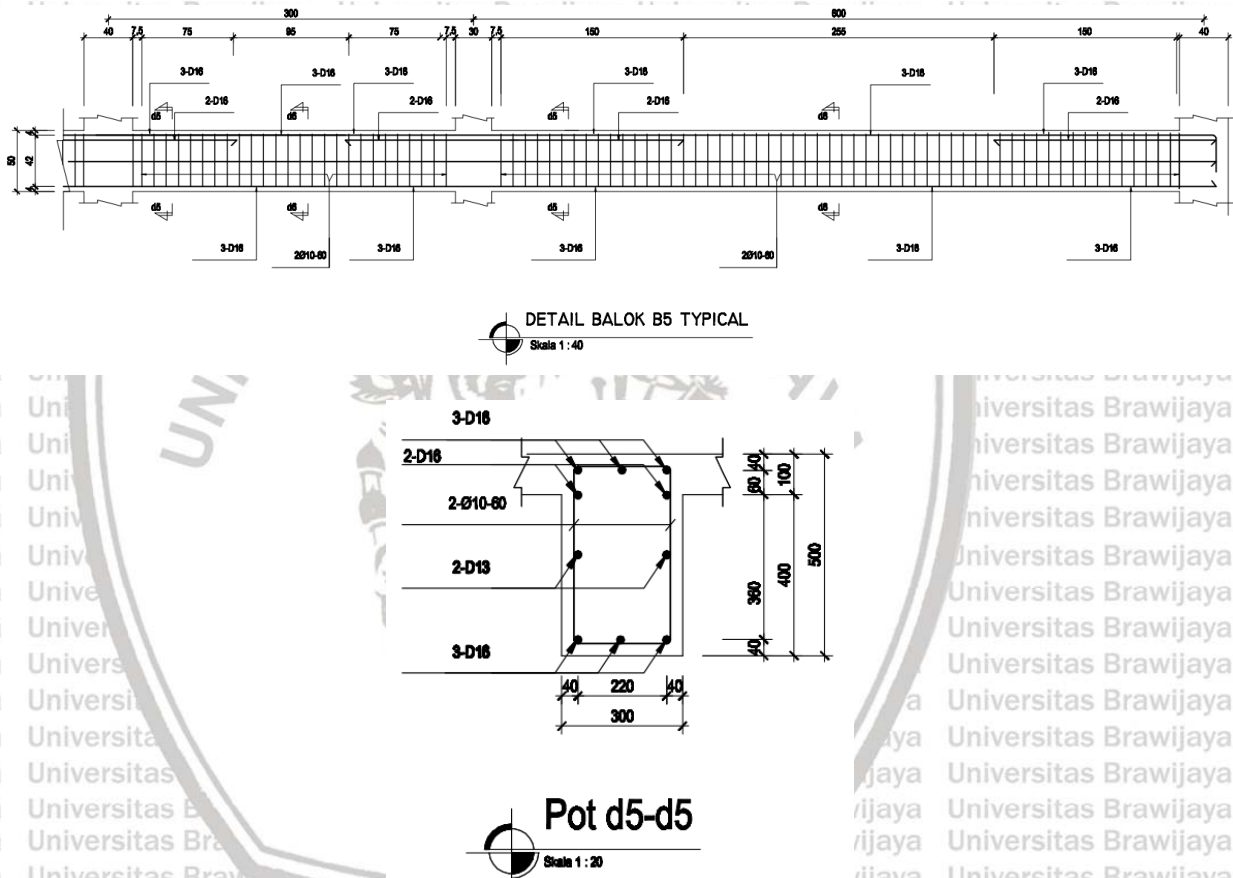


## B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B4

- $V_n$  kondisi positif = 82,306 kN
- $V_n$  kondisi negative = 92,467 kN

### 4.1.2.5 Balok B5 Typical

#### A. Potongan d5-d5



Gambar 4.9 Detail Balok B5 Typical (pot d5-d5)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $5 \times 201 \text{ mm}^2 = 1005 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - $A_v$  (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$

3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 300 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442$  mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) bw d$

$$V_c = (0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442}) 300 \times 442$$

$$V_c = 116119 N = 116,119 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu ***V<sub>c</sub>* = 116,119 kN.**

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*V<sub>s</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6320 N = 6,32 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang (*V<sub>n</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 116,119 + 6,32 = 122,439 kN$$



**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (d)

$$= 500 - \frac{\left(3x64\pi \left(40 + 10 + \frac{1}{2}x16\right)\right) + \left(2x64\pi \left(40 + 10 + 16 + 25 + \frac{1}{2}x16\right)\right)}{5x64\pi}$$

$$= 500 - 74,4 = 425,6 \text{ mm}$$

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w\right) b w d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{1005}{300 \times 425,6}\right) 300 \times 425,6$$

$$V_c = 119025 \text{ N} = 119,025 \text{ kN}$$

- $V_c = \left(0,29\lambda\sqrt{f'c}\right) b w d$

$$V_c = \left(0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}\right) 300 \times 425,6$$

$$V_c = 184765 \text{ N} = 184,765 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 119,025 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

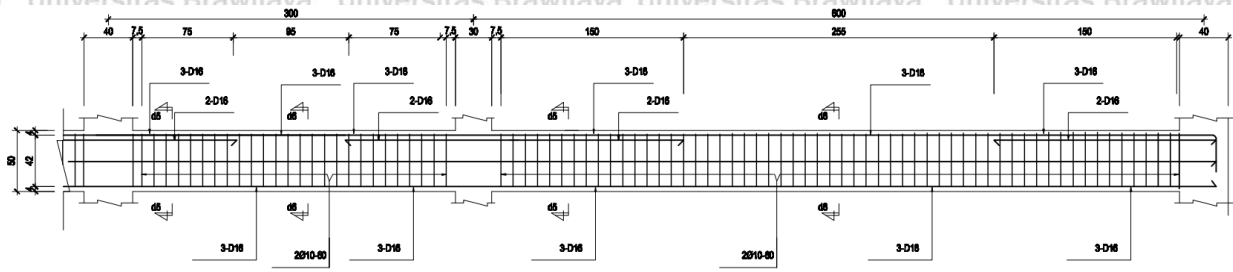
$$V_s = 6320 \text{ N} = 6,32 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

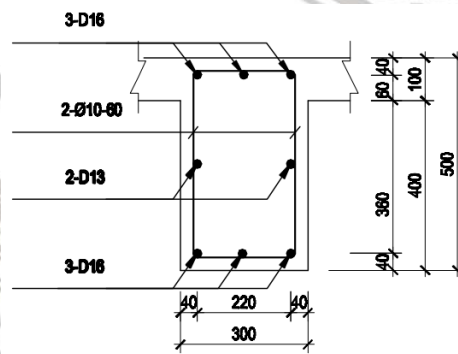
- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 119,025 + 6,32 = 125,345 \text{ kN}$$

**B. Potongan d6-d6**



DETAIL BALOK B5 TYPICAL  
Skala 1 : 40



Pot d6-d6  
Skala 1 : 20

Gambar 4.10 Detail Balok B5 Typical (pot d6-d6)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Senggang) menggunakan tulangan 2Ø10-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (bw) sebesar 300 mm.



a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442$  mm.
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{\mu}\right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 116119 N = 116,119 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 116,119$  kN.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 24 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6320 N = 6,32 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 116,119 + 6,32 = 122,439 kN$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B5 pada potongan d6-d6 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 122,439 kN.

**C. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B5**

**a) Kondisi momen positif**

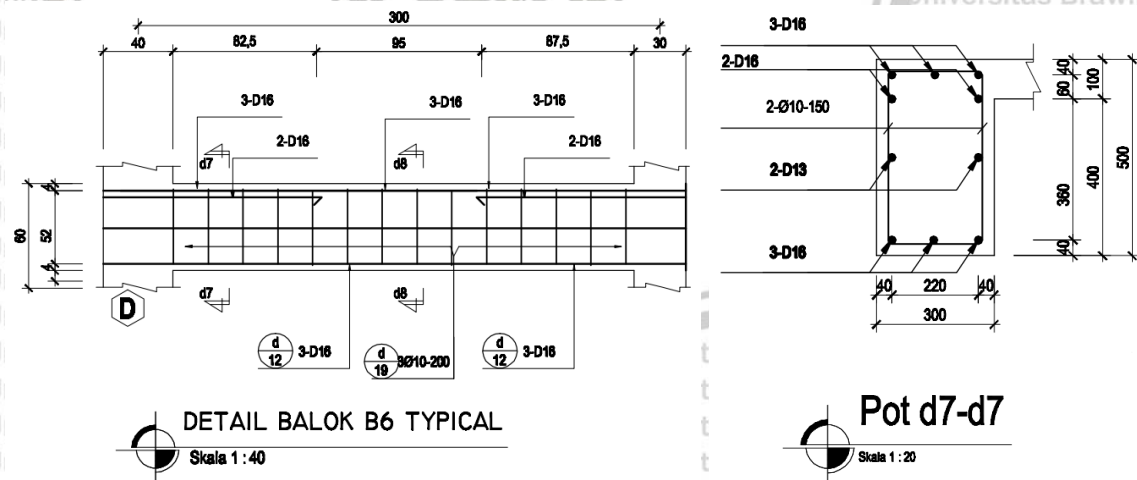
- $V_n \text{ d5-d5} = 122,439 \text{ kN}$
- $V_n \text{ d6-d6} = 122,439 \text{ kN}$

**b) Kondisi momen negatif**

- $V_n \text{ d5-d5} = 125,345 \text{ kN}$
- $V_n \text{ d6-d6} = 122,439 \text{ kN}$

**4.1.2.6 Balok B6 Typical**

**A. Potongan d7-d7**



Gambar 4.11 Detail Balok B6 Typical (pot d7-d7)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:

As (luas tulangan atas) =  $5 \times 201 \text{ mm}^2 = 1005 \text{ mm}^2$

As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$



2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$A_v \text{ (luas tulangan geser)} = 2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$$

3. Lebar *web* balok (*b<sub>w</sub>*) sebesar 300 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) = 500 – 40 – 10 – 0,5x16 = 442 mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 116119 \text{ N} = 116,119 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 \text{ N} = 191,885 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu **V<sub>c</sub> = 116,119 kN**.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*V<sub>s</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = \mathbf{2,528 \text{ kN}}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang (*V<sub>n</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 116,119 + 2,528 = \mathbf{118,647 \text{ kN}}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (d)

$$= 500 - \frac{\left(3x64\pi\left(40 + 10 + \frac{1}{2}x16\right)\right) + \left(2x64\pi\left(40 + 10 + 16 + 25 + \frac{1}{2}x16\right)\right)}{5x64\pi}$$

$$= 500 - 74,4 = 425,6 \text{ mm}$$

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) b w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w\right) b w d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{1005}{300 \times 425,6}\right) 300 \times 425,6$$

$$V_c = 119025 \text{ N} = 119,025 \text{ kN}$$

- $V_c = \left(0,29\lambda\sqrt{f'c}\right) b w d$

$$V_c = \left(0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}\right) 300 \times 425,6$$

$$V_c = 184765 \text{ N} = 184,765 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 119,025 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

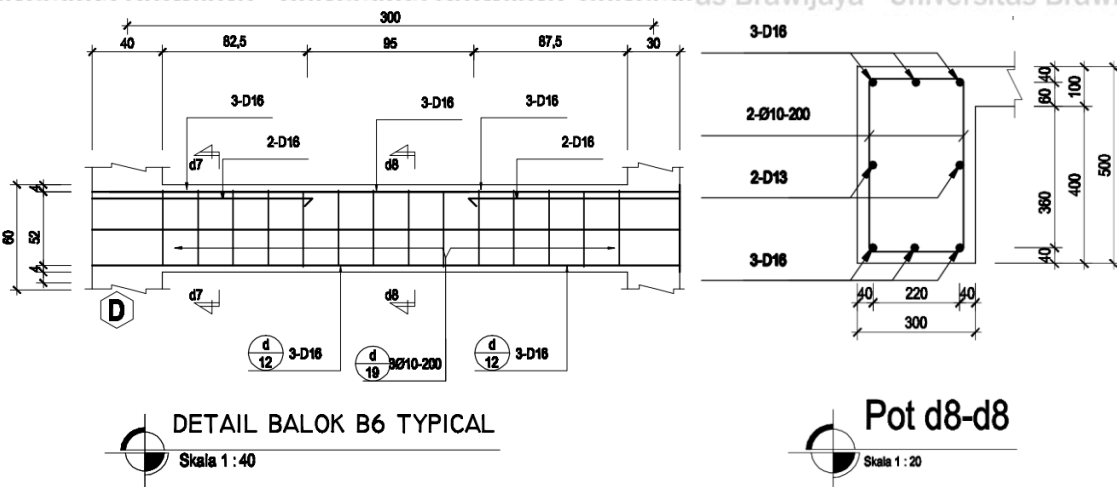
4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 119,025 + 2,528 = 121,553 \text{ kN}$$



**B. Potongan d8-d8**



Gambar 4.12 Detail Balok B6 Typical (pot d8-d8)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-200. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 300 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442 \text{ mm}$ .
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*Vc*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $Vc = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{v_u d}{M_u} \right) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w)bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 116119 N = 116,119 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 116,119 kN$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{200}$$

$$V_s = 1896 N = 1,896 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 116,119 + 1,896 = 118,015 kN$$

#### b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif

Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B6 pada potongan d8-d8 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 118,015 kN.

### C. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B6

#### a) Kondisi momen positif

- $V_n \text{ d7-d7} = 118,647 kN$

- $V_n \text{ d8-d8} = 118,015 kN$

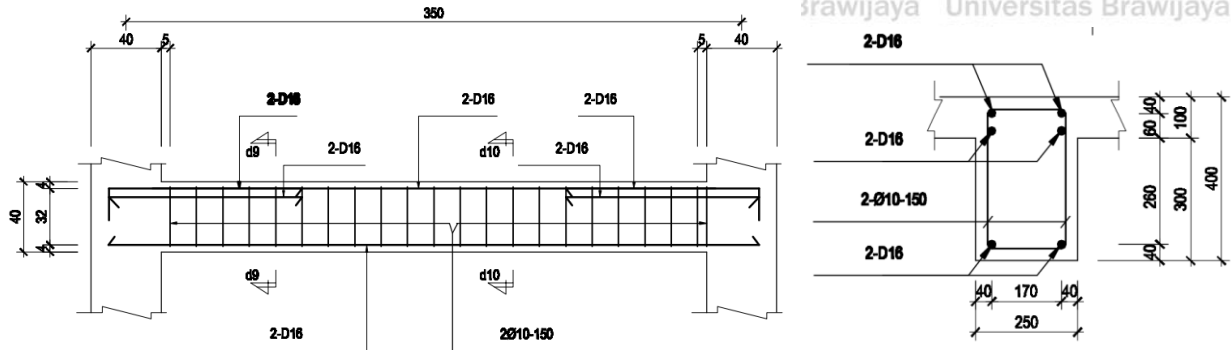


**b) Kondisi momen negatif**

- $V_n$  d7-d7 = 121,553 kN
- $V_n$  d8-d8 = 118,015 kN

**4.1.2.7 Balok B7 Typical**

**A. Potongan d9-d9**



DETAIL BALOK B7 TYPICAL  
Skala 1 : 40

Pot d9-d9  
Skala 1 : 20

Gambar 4.13 Detail Balok B7 Typical (pot d9-d9)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $2 \times 201 \text{ mm}^2 = 402 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - $A_v$  (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok ( $b_w$ ) sebesar 250 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $400 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 342$  mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{v_u d}{m_u}) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{402}{250 \times 342} \right) 350 \times 342$$

$$V_c = 75097,1 \text{ N} = 75,097 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 342$$

$$V_c = 123727 \text{ N} = 123,727 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 75,097$  kN.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 75,097 + 2,528 = 77,625 \text{ kN}$$

#### b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $400 - (40 + 10 + 16 + \frac{1}{2} \times 25) = 400 - 78,5 = 321,5$  mm.



2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{804}{250 \times 321,5}\right) 250 \times 321,5$$

$$V_c = 77839,3 \text{ N} = 77,839 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 321,5$$

$$V_c = 116310 \text{ N} = 116,31 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 77,839 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

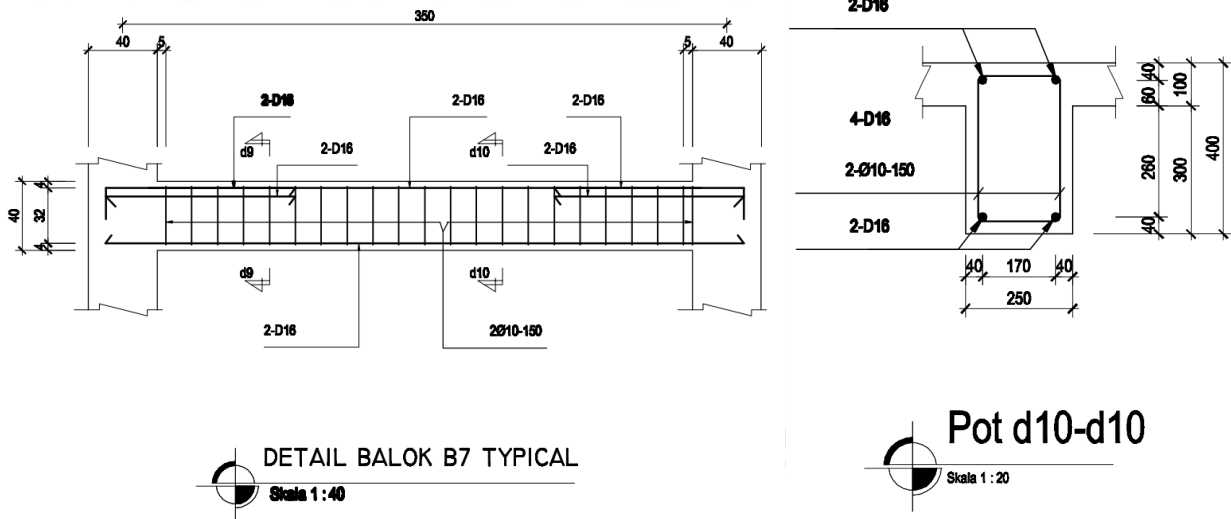
$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 77,839 + 2,528 = 80,367 \text{ kN}$$

**B. Potongan d10-d10**



Gambar 4.14 Detail Balok B7 Typical (pot d10-d10)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $2 \times 201 \text{ mm}^2 = 402 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $2 \times 201 \text{ mm}^2 = 402 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 250 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) =  $400 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 342 \text{ mm}$ .
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$  (tidak digunakan)



- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w)bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{402}{250 \times 342}\right) 250 \times 342$$

$$V_c = 75097,1 \text{ N} = 75,097 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 342$$

$$V_c = 123727 \text{ N} = 123,727 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 75,097 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 75,097 + 2,528 = 77,625 \text{ kN}$$

#### b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif

Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B7 pada potongan d10-d10 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 77,625 kN.

### C. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B7

#### a) Kondisi momen positif

- $V_n \text{ d9-d9} = 77,625 \text{ kN}$

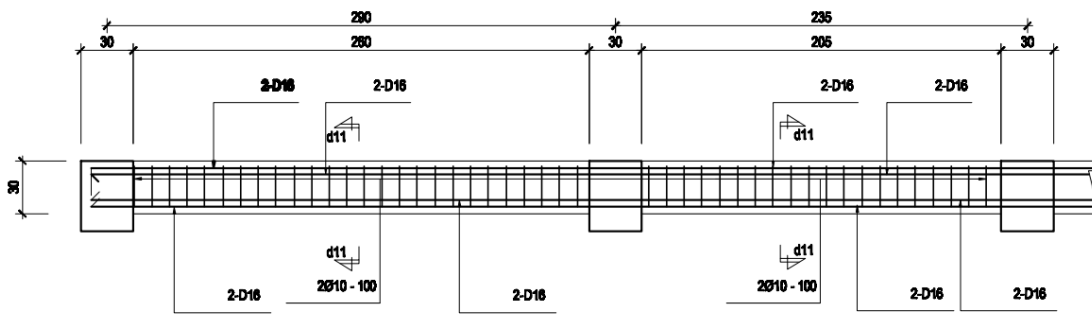
- $V_n \text{ d10-d10} = 77,625 \text{ kN}$

b) Kondisi momen negatif

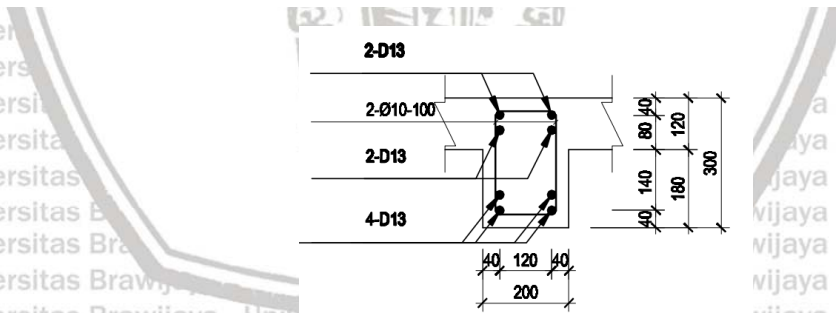
- $V_n d9-d9 = 80,367 \text{ kN}$
- $V_n d10-d10 = 77,625 \text{ kN}$

4.1.2.8 Balok B8 Typical

A. Potongan d11-d11



DETAIL BALOK B8 TYPICAL  
Skala 1 : 40



Pot d11-d11 B8  
Skala 1 : 20

Gambar 4.15 Detail Balok B8 Typical (d11-d11)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D13 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:



$$As \text{ (luas tulangan atas)} = 4 \times 133 \text{ mm}^2 = 532 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ (luas tulangan bawah)} = 4 \times 133 \text{ mm}^2 = 532 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-100. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$Av \text{ (luas tulangan geser)} = 2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$$

3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 200 mm.

#### a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) =  $300 - 40 - 10 - 13 - 0,5 \times 25 = 224,5 \text{ mm}$ .

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*Vc*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

$$\bullet Vc = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho w \frac{v_u d}{M_u} \right) bw d \quad (\text{tidak digunakan})$$

$$\bullet Vc = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho w) bw d$$

$$Vc = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{532}{200 \times 224,5} \right) 300 \times 224,5$$

$$Vc = 44892,1 \text{ N} = 44,892 \text{ kN}$$

$$\bullet Vc = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) bw d$$

$$Vc = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 200 \times 224,5$$

$$Vc = 64974,7 \text{ N} = 64,975 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu **Vc = 44,892 kN**.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*Vs*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

$$\bullet Vs = \frac{Av \times f_{yt} \times d}{s}$$

$$Vs = \frac{79 \times 240 \times 10}{100}$$

$$Vs = 3792 \text{ N} = \mathbf{3,792 \text{ kN}}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 44,892 + 3,792 = 48,684 \text{ kN}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

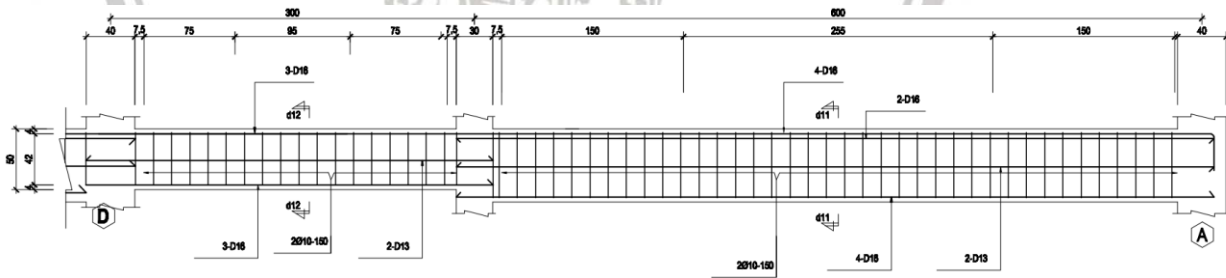
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B8 pada potongan d11-d11 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 48,684 kN.

**B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B8**

- $V_n$  kondisi positif = 48,684 kN
- $V_n$  kondisi negative = 48,684 kN

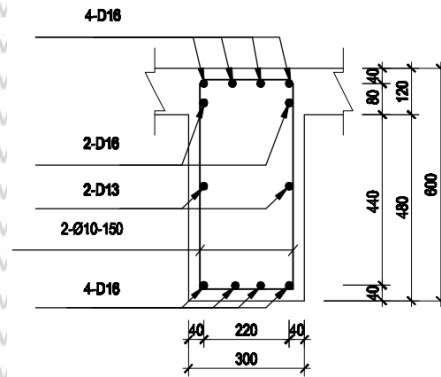
**4.1.2.9 Balok B9 Typical**

**A. Potongan d11-d11**



DETAIL BALOK B9 & B10 TYPICAL  
Skala 1:40





Pot d11-d11 B9  
Scale 1 : 20

Gambar 4.16 Detail Balok B9 Typical (pot d11-d11)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:  
 $A_s$  (luas tulangan atas) =  $6 \times 201 \text{ mm}^2 = 1206 \text{ mm}^2$   
 $A_s$  (luas tulangan bawah) =  $4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:  
 $A_v$  (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok ( $b_w$ ) sebesar 300 mm.

#### a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $600 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 542 \text{ mm}$ .
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{804}{300 \times 542} \right) 300 \times 542$$

$$V_c = 143488 \text{ N} = 143,488 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 542$$

$$V_c = 235298 \text{ N} = 235,298 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 143,388 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{79 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 143,388 + 2,528 = 146,016 \text{ kN}$$

### b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ )

$$= 600 - \frac{\left( 4 \times 64\pi \left( 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 16 \right) \right) + \left( 2 \times 64\pi \left( 40 + 10 + 16 + 25 + \frac{1}{2} \times 16 \right) \right)}{6 \times 64\pi}$$

$$= 600 - 71,667 = 528,333 \text{ mm}$$

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) bw d$



$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{1206}{200 \times 528,333} \right) 200 \times 528,333$$

$$V_c = 104866 \text{ N} = 104,866 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 200 \times 528,333$$

$$V_c = 152910 \text{ N} = 152,91 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 104,866 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 104,866 + 2,528 = 107,394 \text{ kN}$$

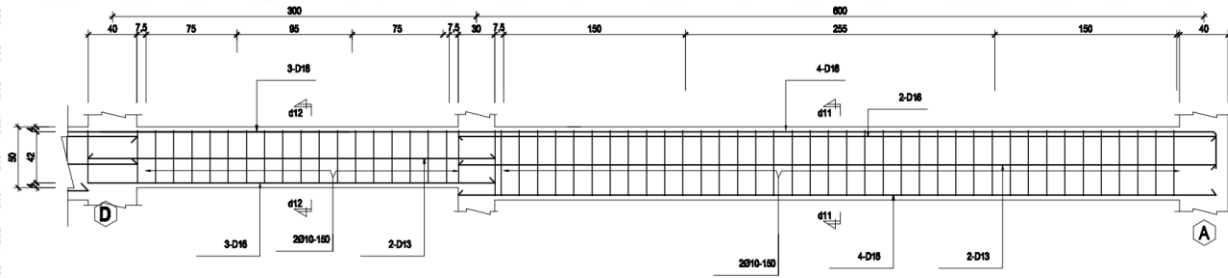
### B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B9

- $V_n$  kondisi positif = 146,016 kN

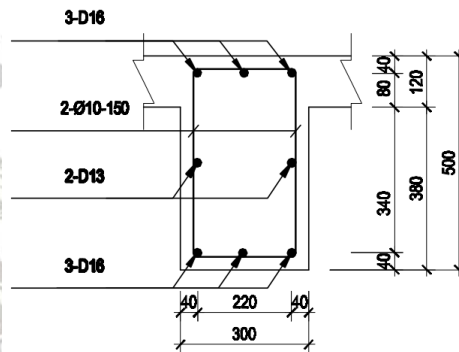
- $V_n$  kondisi negative = 107,394 kN

#### 4.1.2.10 Balok B10 Typical

##### A. Potongan d12-d12



DETAIL BALOK B9 & B10 TYPICAL  
Skala 1:40



##### Pot d12-d12 B10

Skala 1:20

Gambar 4.17 Detail Balok B10 Typical (pot d12-d12)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok (bw) sebesar 300 mm.



a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442$  mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho w \frac{V_u d}{\mu}\right) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho w) bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 116119 N = 116,119 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 116,119$  kN.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{79 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 N = 2,528 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 116,119 + 2,528 = 118,647 kN$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

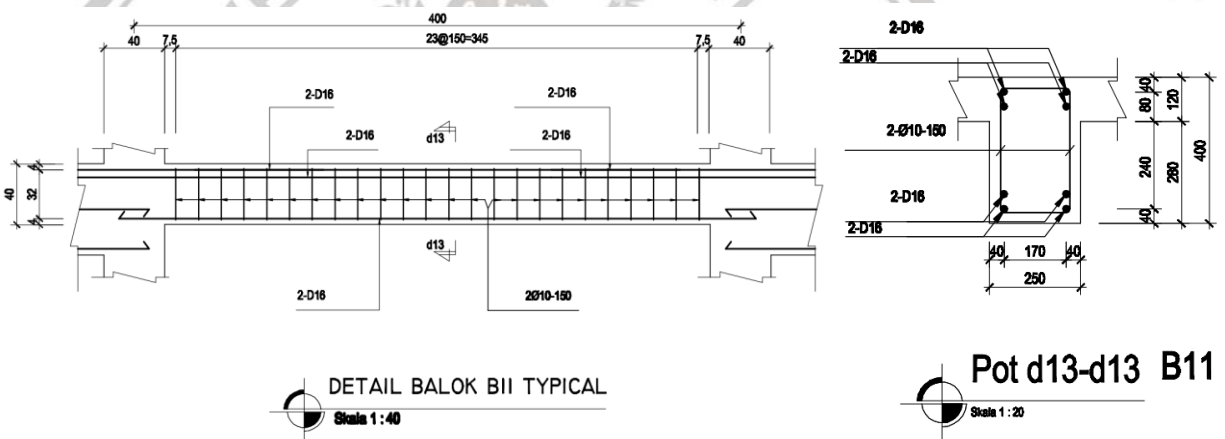
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B10 pada potongan d12-d12 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 118,647 kN.

**B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B10**

- Vn kondisi positif = 118,647 kN
- Vn kondisi negative = 118,647 kN

**4.1.2.11 Balok B11 Typical**

**A. Potongan d13-d13**



Gambar 4.18 Detail Balok B11 Typical (pot d13-d13)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-150. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - Av (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar web balok (bw) sebesar 250 mm.



a) Perhitungan dengan kondisi momen positif

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $400 - 40 - 10 - 16 - 0,5 \times 25 = 321,5$  mm.
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{\mu} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{250 \times 321,5} \right) 250 \times 321,5$$

$$V_c = 77839,3 \text{ N} = 77,839 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 250 \times 321,5$$

$$V_c = 116310 \text{ N} = 116,31 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 77,839 \text{ kN}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{79 \times 240 \times 10}{150}$$

$$V_s = 2528 \text{ N} = 2,528 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 77,839 + 2,528 = 80,367 \text{ kN}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

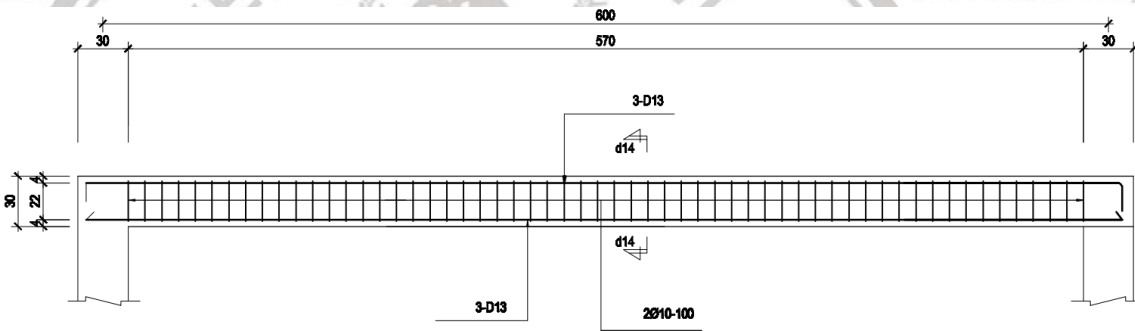
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B11 pada potongan d13-d13 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 80,367 kN.

**B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B11**

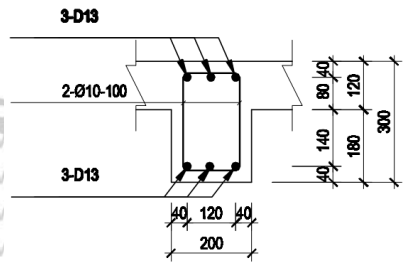
- $V_n$  kondisi positif = 80,367 kN
- $V_n$  kondisi negative = 80,367 kN

**4.1.2.12 Balok B12 Typical**

**A. Potongan d14-d14**



**DETAIL BALOK B12 TYPICAL**  
Skala 1 : 40



**Pot d14-d14 B12**  
Skala 1 : 20

Gambar 4.19 Detail Balok B12 Typical (pot d14-d14)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:



1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D13 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$A_s \text{ (luas tulangan atas)} = 3 \times 133 \text{ mm}^2 = 399 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ (luas tulangan bawah)} = 3 \times 133 \text{ mm}^2 = 399 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-100. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$A_v \text{ (luas tulangan geser)} = 2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$$

3. Lebar *web* balok (*b<sub>w</sub>*) sebesar 200 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) = 300 – 40 – 10 – 0,5x13 = 243,5 mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{v_u d}{M_u}\right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{399}{200 \times 243,5}\right) 200 \times 243,5$$

$$V_c = 45665 \text{ N} = 45,665 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 200 \times 243,5$$

$$V_c = 70473,6 \text{ N} = 70,474 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu **V<sub>c</sub> = 45,665 kN**.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*V<sub>s</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{79 \times 240 \times 10}{100}$$

$$V_s = 3792 \text{ N} = 3,792 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal

22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 45,665 + 3,792 = 49,457 \text{ kN}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

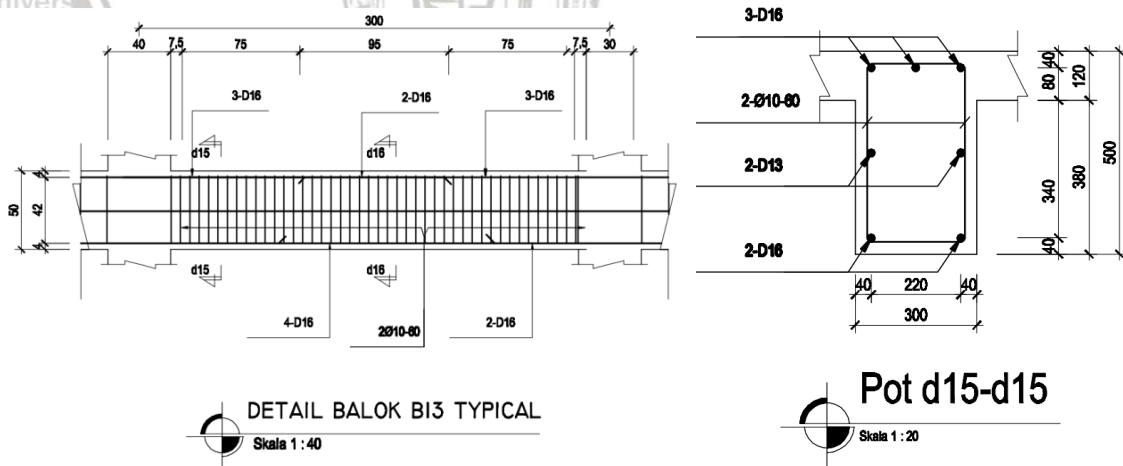
Karena jumlah dan letak tulangan atas yang sama dengan tulangan bawah, perhitungan kuat geser nominal penampang balok B12 pada potongan d14-d14 saat kondisi momen negative sama dengan perhitungan kondisi positif. Dengan nilai kuat geser nominal penampang balok adalah 49,457 kN.

**B. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B12**

- $V_n$  kondisi positif = 49,457 kN
- $V_n$  kondisi negative = 49,457 kN

**4.1.2.13 Balok B13 Typical**

**A. Potongan d15-d15**



Gambar 4.20 Detail Balok B13 Typical (pot d15-d15)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:



$$\text{As (luas tulangan atas)} = 3 \times 201 \text{ mm}^2 = 603 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (luas tulangan bawah)} = 2 \times 201 \text{ mm}^2 = 402 \text{ mm}^2$$

2. Tulangan geser (tulangan Sengakang) menggunakan tulangan 2Ø10-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:

$$\text{Av (luas tulangan geser)} = 2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$$

3. Lebar *web* balok (*bw*) sebesar 300 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (*d*) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442 \text{ mm}$ .

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton (*V<sub>c</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{402}{300 \times 442} \right) 300 \times 442$$

$$V_c = 112702 \text{ N} = 112,702 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 \text{ N} = 191,885 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persaaamaan tersebut yaitu **V<sub>c</sub> = 112,702 kN**.

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser (*V<sub>s</sub>*) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6320 \text{ N} = 6,32 \text{ kN}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 112,702 + 6,32 = \mathbf{119,022 \text{ kN}}$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen negatif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442 \text{ mm}$ .

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left( 0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{v_u d}{M_u} \right) b_w d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w) b_w d$

$$V_c = \left( 0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{603}{300 \times 442} \right) 300 \times 442$$

$$V_c = 116,119 \text{ N} = 116,119 \text{ kN}$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'_c}) b_w d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 \text{ N} = 191,885 \text{ kN}$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = \mathbf{116,119 \text{ kN}}$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

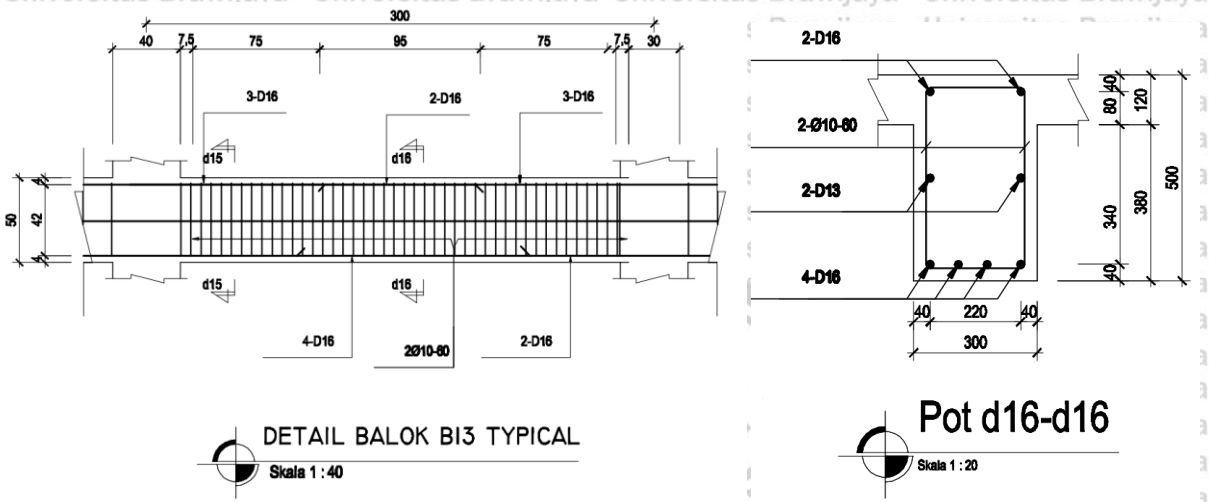
$$V_s = 6320 \text{ N} = \mathbf{6,32 \text{ kN}}$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:



- $V_n = V_c + V_s$   
 $V_n = 116,119 + 6,32 = 122,439 \text{ kN}$

**B. Potongan d16-d16**



Gambar 4.21 Detail Balok B13 Typical (pot d16-d16)

Dari gambar denah tersebut, dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Tulangan utama (tulangan tarik dan tekan) menggunakan tulangan D16 dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 2 yaitu:
  - As (luas tulangan atas) =  $2 \times 201 \text{ mm}^2 = 402 \text{ mm}^2$
  - As (luas tulangan bawah) =  $4 \times 201 \text{ mm}^2 = 804 \text{ mm}^2$
2. Tulangan geser (tulangan Sengkang) menggunakan tulangan 2Ø10-60. Dengan luas tulangan sesuai pada SNI 2052:2017 Tabel 3 yaitu:
  - $A_v$  (luas tulangan geser) =  $2 \times 79 \text{ mm}^2 = 158 \text{ mm}^2$
3. Lebar *web* balok ( $b_w$ ) sebesar 300 mm.

**a) Perhitungan dengan kondisi momen positif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen positif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442 \text{ mm}$ .
2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) bw d$  (tidak digunakan)

- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w) bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{804}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 119536 N = 119,536 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c}) bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 119,536 kN$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6,32 N = 6,32 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 119,536 + 6,32 = 125,856 kN$$

**b) Perhitungan dengan kondisi momen negatif**

Dari data-data di atas dapat dilakukan analisis nilai kuat geser nominal balok untuk kondisi momen negatif dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal ( $d$ ) =  $500 - 40 - 10 - 0,5 \times 16 = 442$  mm.

2. Menghitung kuat geser nominal yang diberikan oleh beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 dengan mengambil nilai terkecil dari ketiga persamaan berikut:

- $V_c = \left(0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u}\right) bw d$  (tidak digunakan)



- $V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'c} + 17\rho_w)bw d$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{24,9} + 17 \times \frac{402}{300 \times 442}\right) 300 \times 442$$

$$V_c = 112702 N = 112,702 kN$$

- $V_c = (0,29\lambda\sqrt{f'c})bw d$

$$V_c = (0,29 \times 1 \times \sqrt{24,9}) 300 \times 442$$

$$V_c = 191,885 N = 191,885 kN$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan tersebut yaitu  $V_c = 112,702 kN$ .

3. Menghitung nilai kuat geser nominal akibat tulangan geser ( $V_s$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 11.5.4.8, yaitu:

- $V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$

$$V_s = \frac{158 \times 240 \times 10}{60}$$

$$V_s = 6320 N = 6,32 kN$$

4. Menghitung nilai kuat geser nominal penampang ( $V_n$ ) sesuai SNI 2847:2019 pasal 22.5.1.1, yaitu:

- $V_n = V_c + V_s$

$$V_n = 112,702 + 6,32 = 119,022 kN$$

### C. Rekapitulasi Kuat Geser Penampang Balok B13

#### a) Kondisi momen positif

- $V_n \text{ d15-d15} = 119,022 kN$

- $V_n \text{ d16-d16} = 125,856 kN$

#### b) Kondisi momen negatif

- $V_n \text{ d15-d15} = 122,439 kN$

- $V_n \text{ d16-d16} = 119,022 kN$

### 4.1.3 Gambar Diagram Kuat Geser Nominal Balok

#### 4.1.3.1 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B1 Typical

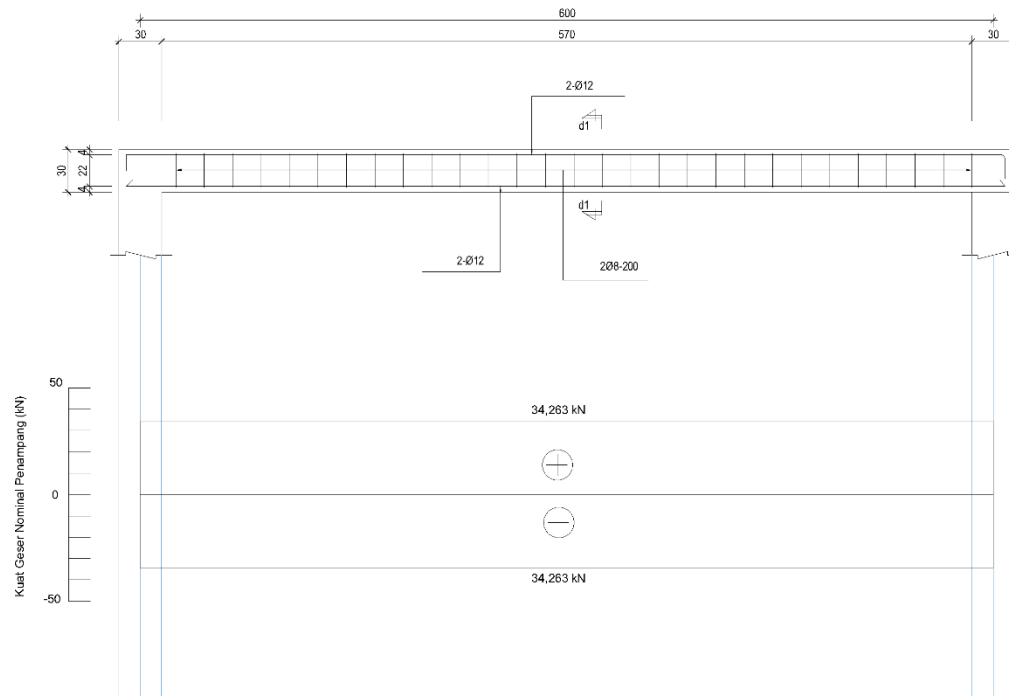
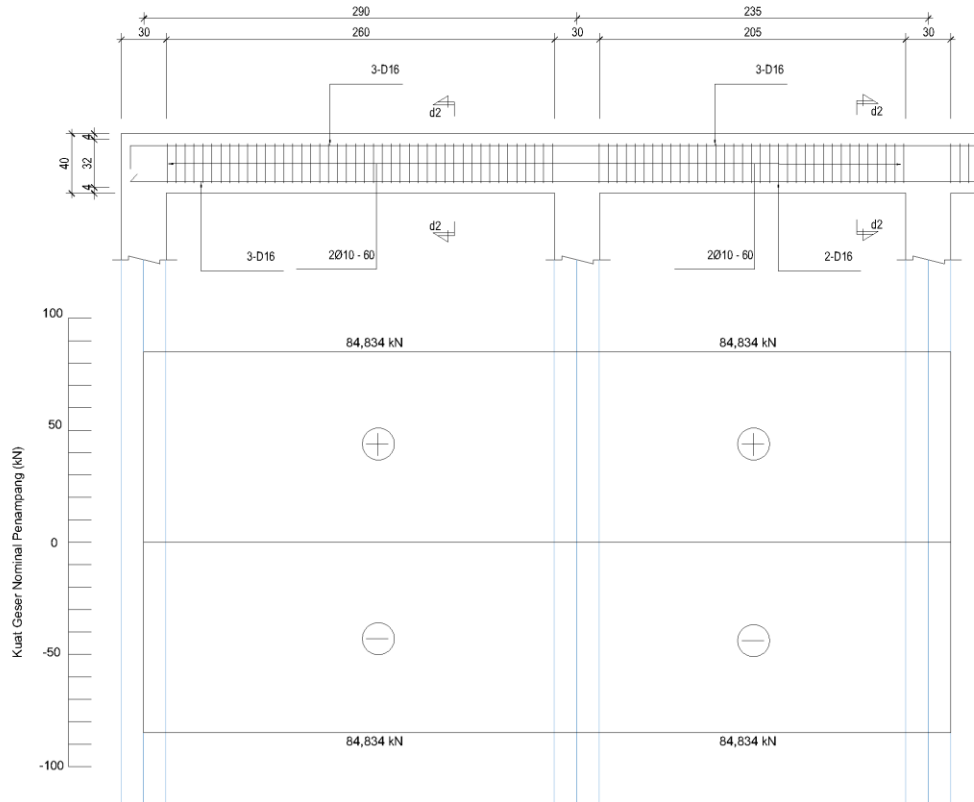



DIAGRAM GAYA GESER NOMINAL BALOK BI TYPICAL  
Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15

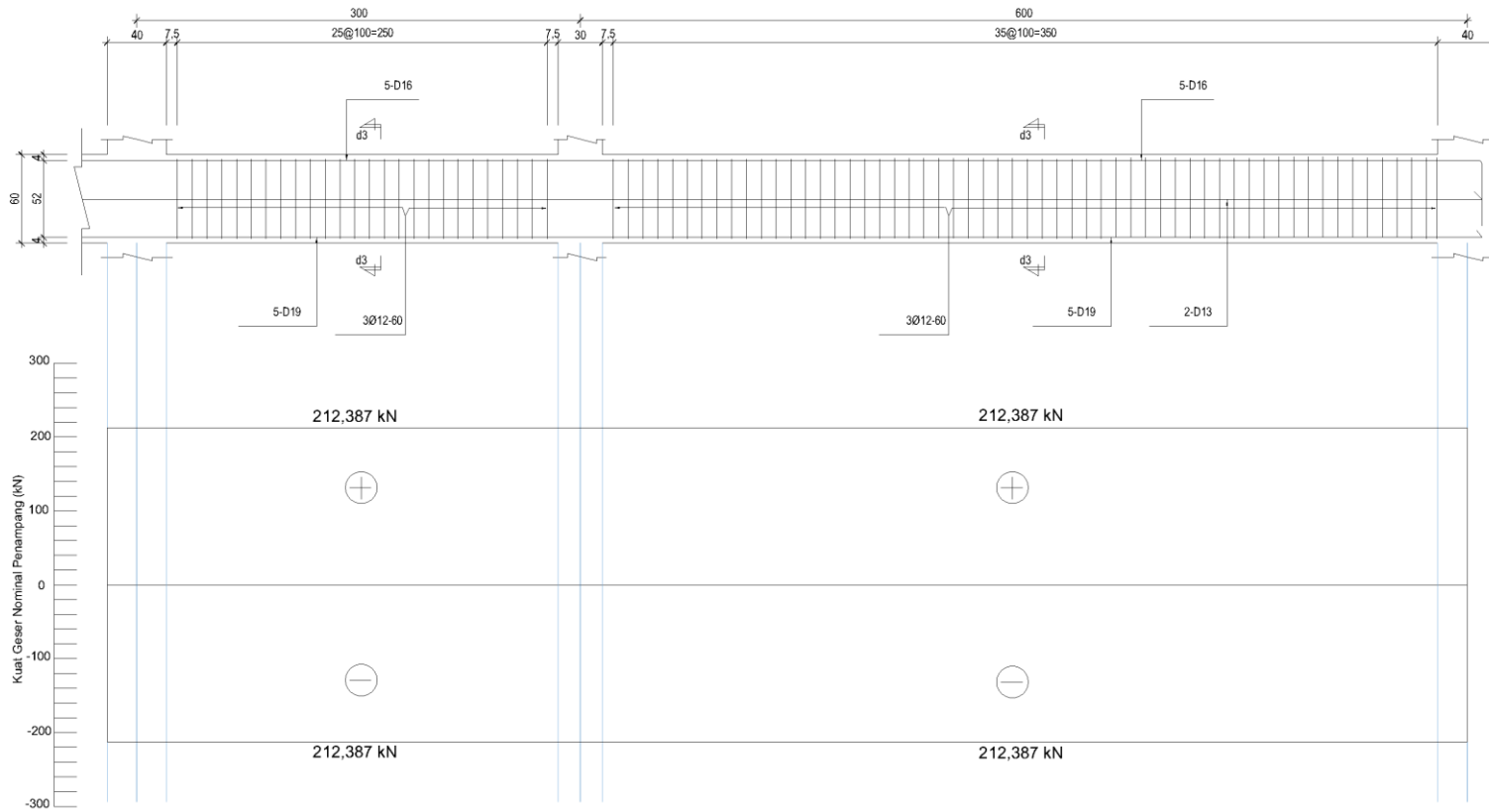



### 4.1.3.2 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B2 Typical




**DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B2 TYPICAL**  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15

### 4.1.3.3 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B3 Typical




**DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B3 TYPICAL**  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10



#### 4.1.3.4 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B4 Typical

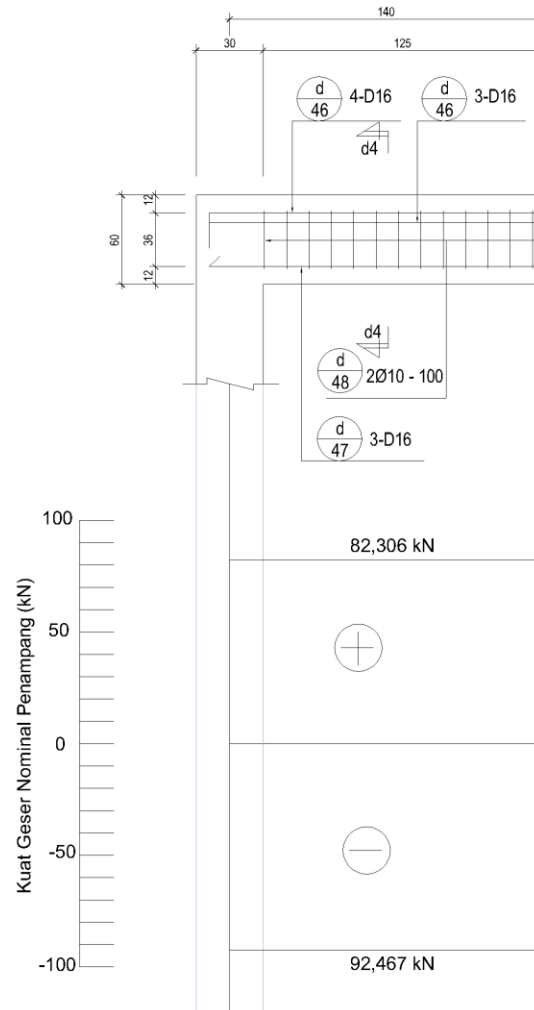


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B4 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15

### 4.1.3.5 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B5 Typical

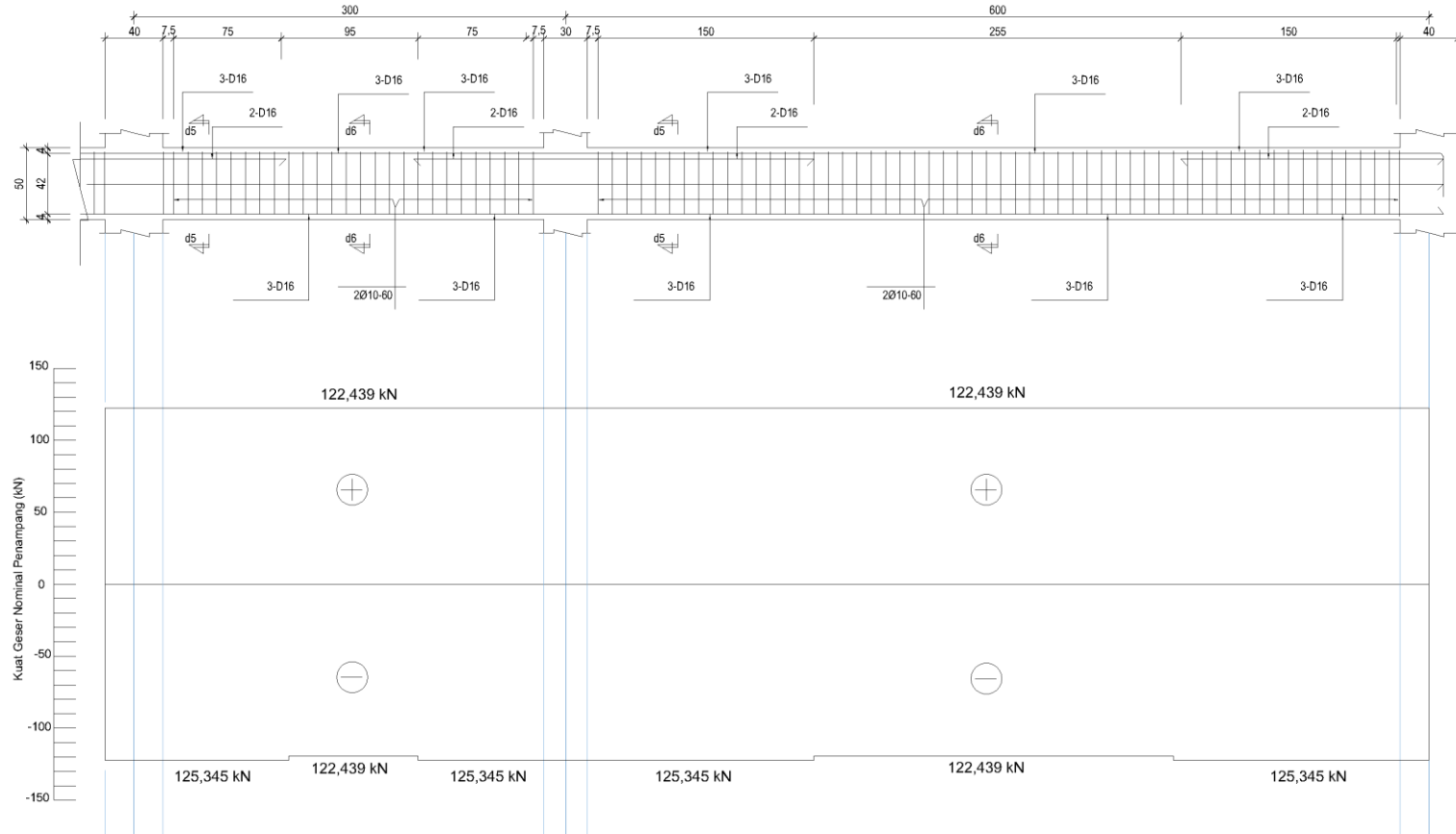
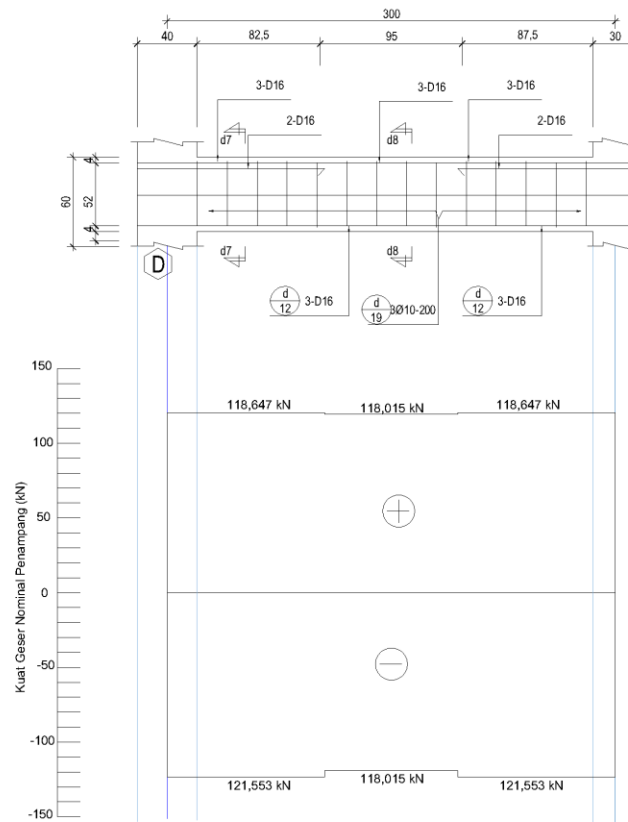



DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B5 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10



### 4.1.3.6 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B6 Typical




**DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B6 TYPICAL**  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10

#### 4.1.3.7 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B7 Typical

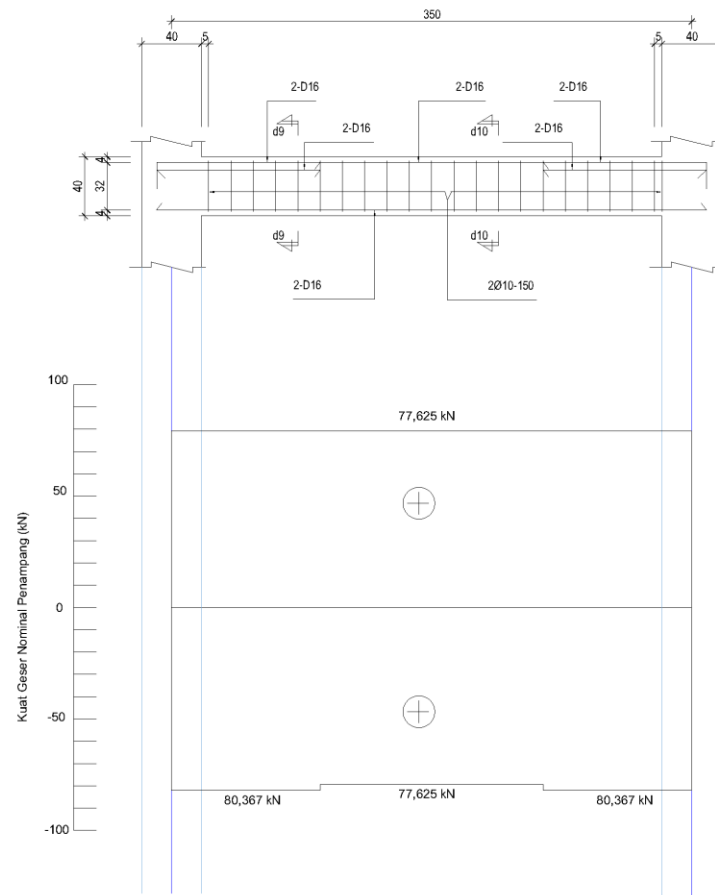


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B7 TYPICAL  
Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15



### 4.1.3.8 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B8 Typical

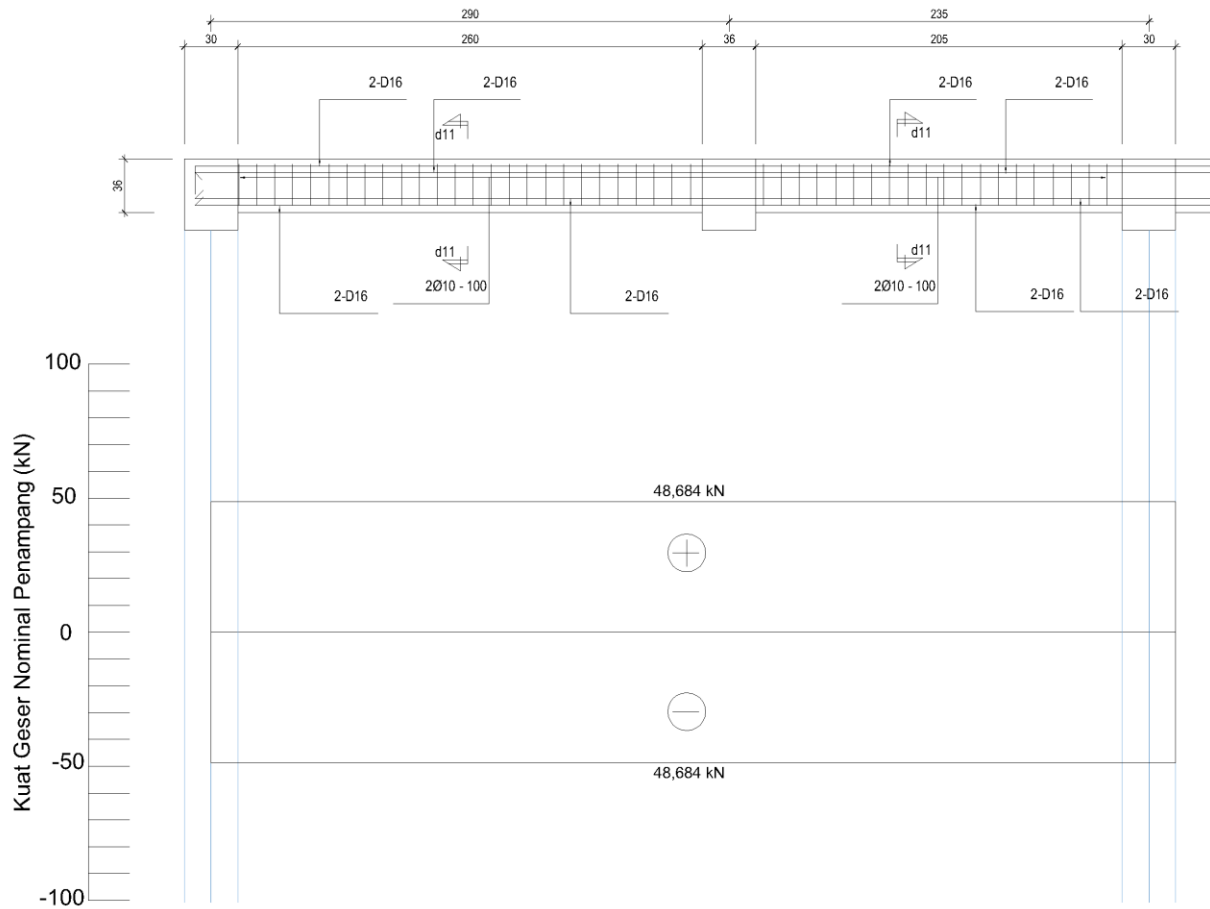


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B8 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15

### 4.1.3.9 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B9 Typical

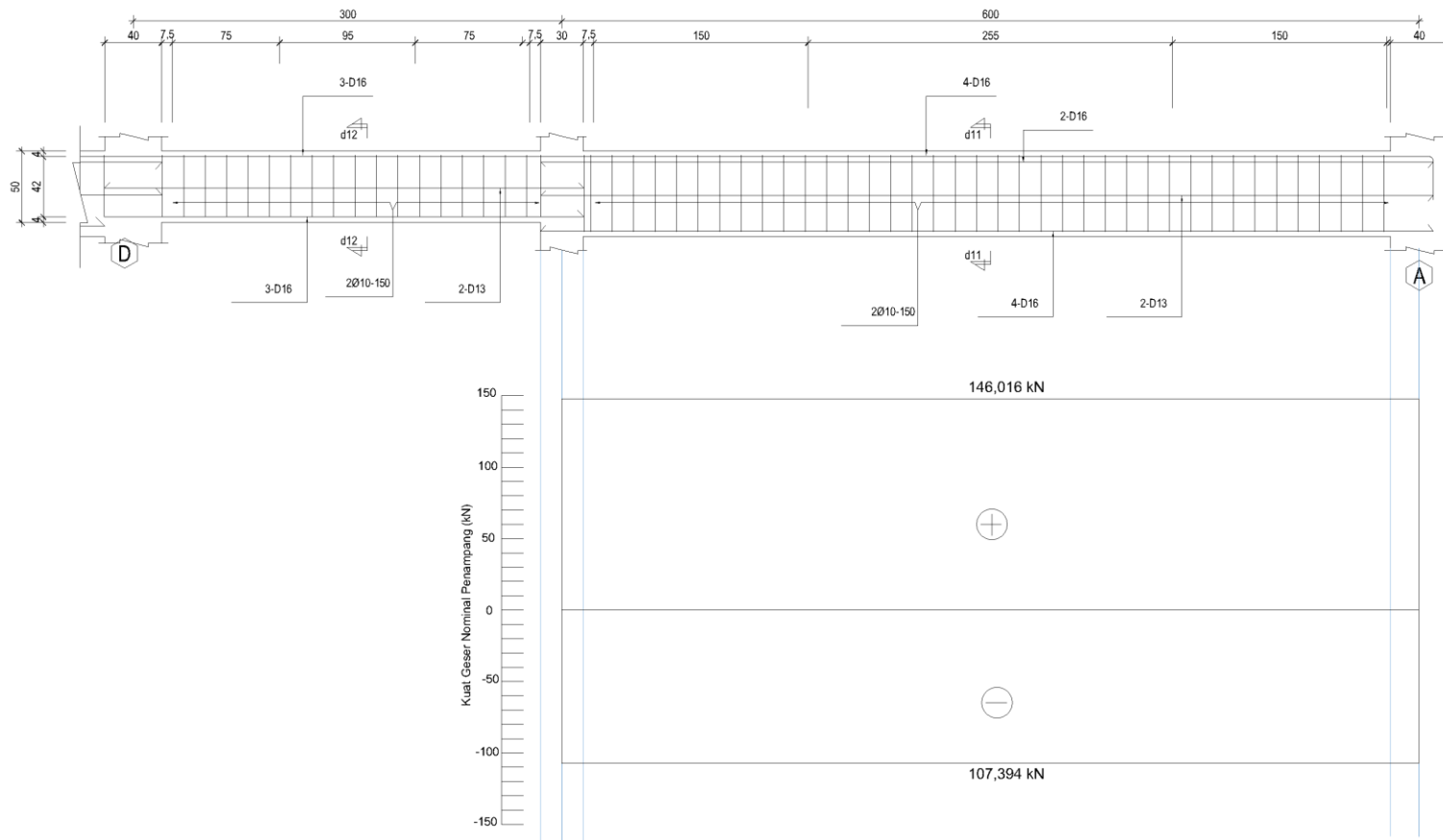


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B9 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10



### 4.1.3.10 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B10 Typical

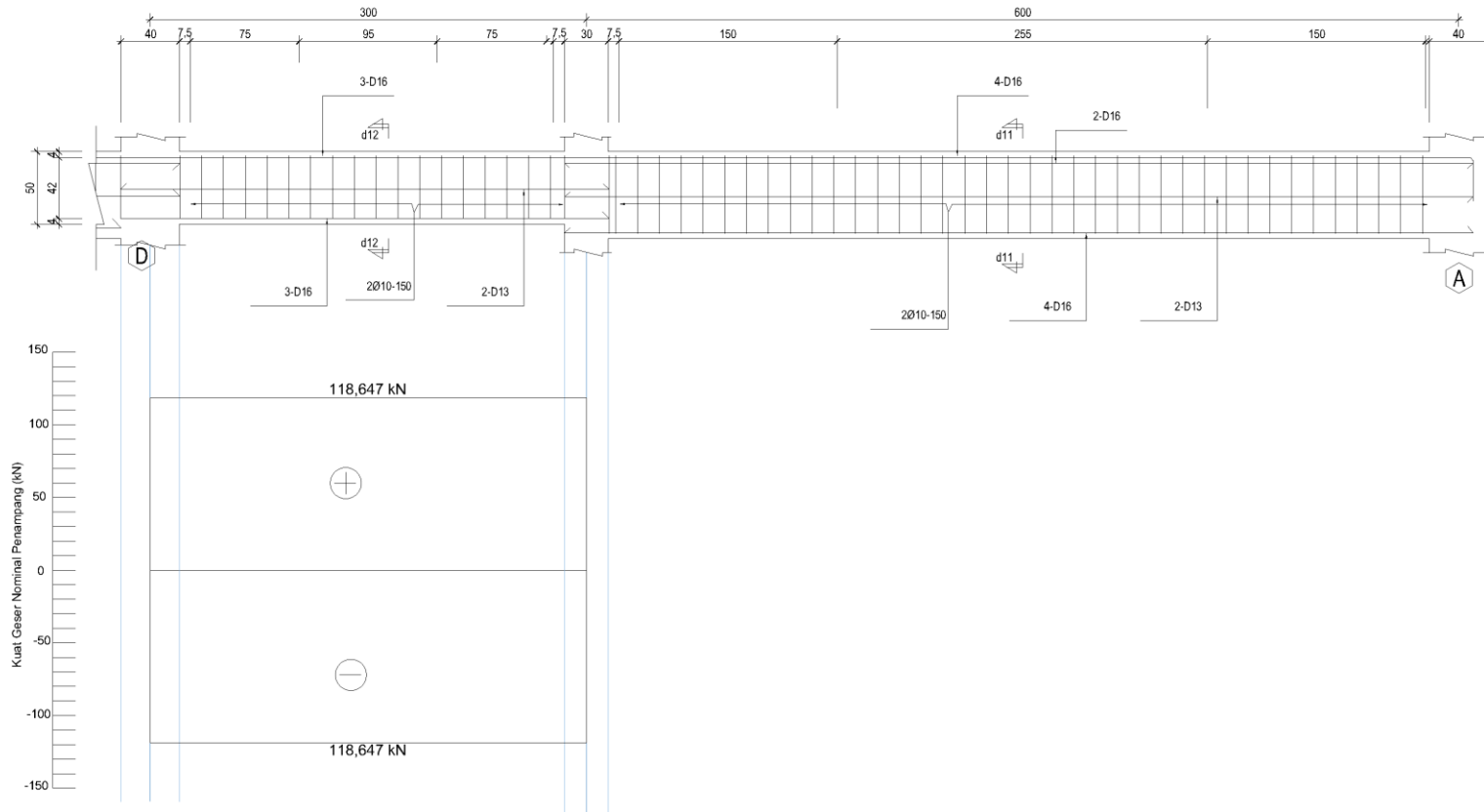


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B10 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10

### 4.1.3.11 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B11 Typical

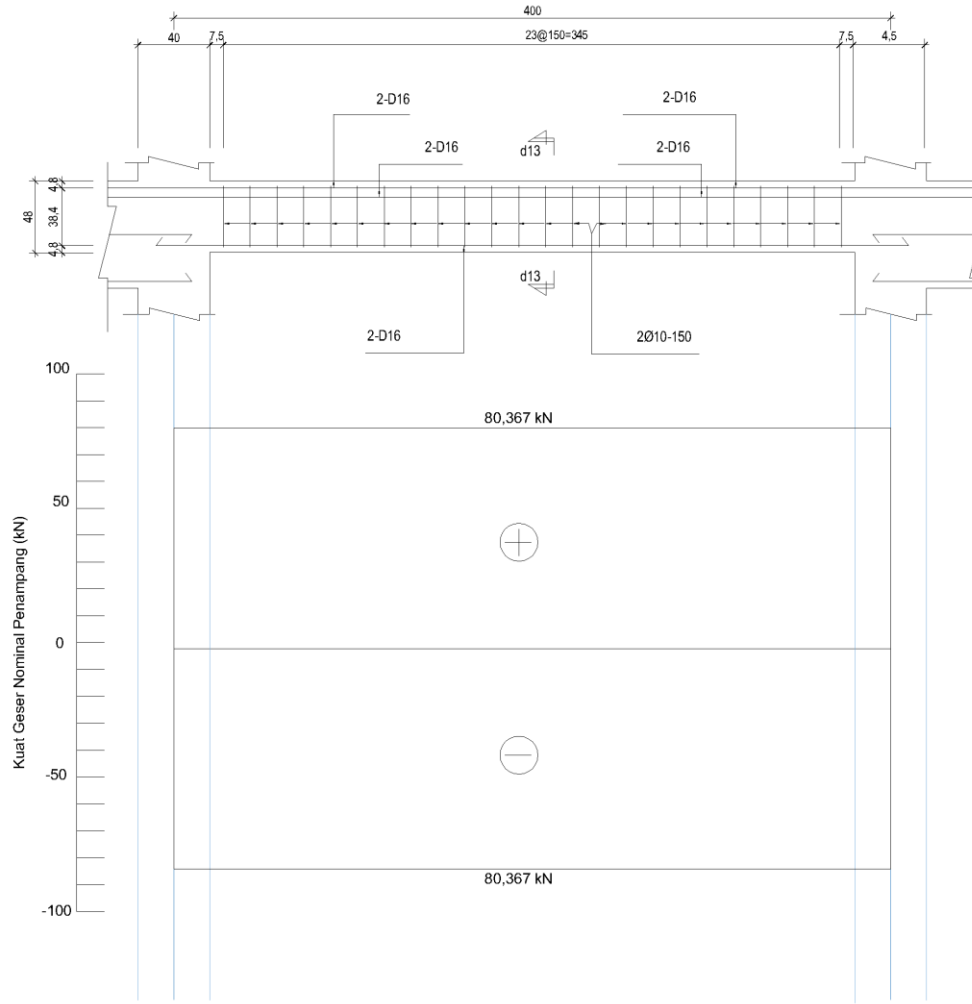


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B11 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15



### 4.1.3.12 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B12 Typical

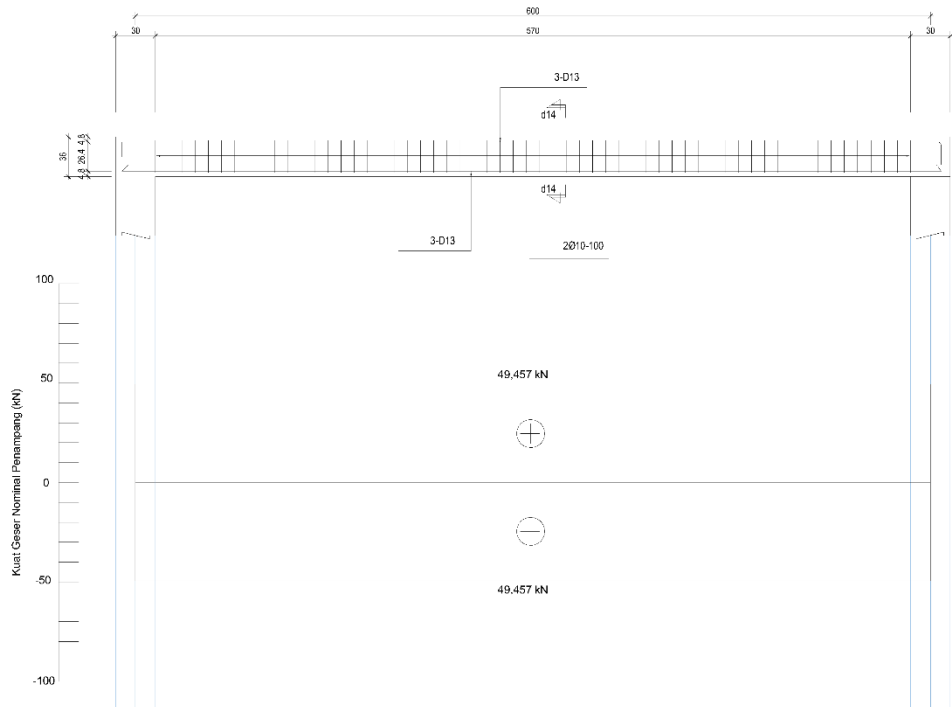
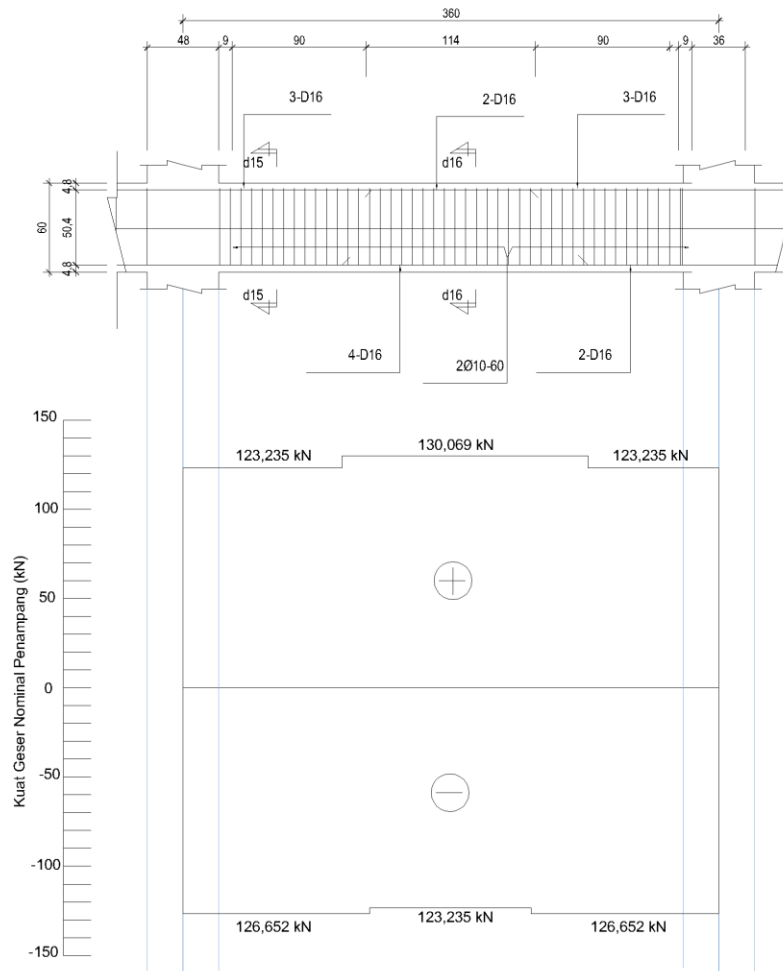


DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B12 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15

### 4.1.3.13 Diagram Kuat Geser Nominal Balok B13 Typical




**DIAGRAM KUAT GESER NOMINAL BALOK B13 TYPICAL**  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10



#### 4.2 Analisis Kuat Geser Rencana Balok Berdasarkan SNI 2847:2019

Kuat geser rencana balok didapatkan dari kuat geser nominal balok dikalikan dengan factor reduksi geser. Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 21.2.1 tabel 21.2.1, besar factor reduksi geser adalah 0,75.

Tabel 21.2.1 – Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ )

Gaya atau elemen struktur	$\phi$	Pengecualian
a) Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik ( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.3
b) Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c) Torsi	0,75	-
d) Tumpu ( <i>bearing</i> )	0,65	-
e) Zona angkur pascatarik ( <i>post-tension</i> )	0,85	-
f) <i>Bracket</i> dan korbel	0,75	-
g) <i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
h) Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0,90	-
i) Beton polos	0,60	-
j) Angkur dalam elemen beton	0,45 – 0,75 sesuai Pasal 17	-

Gambar 4.22 Tabel Faktor Reduksi Kekuatan

Contoh perhitungan kuat geser rencana pada balok B1 potongan d1-d1:

- Kondisi positif  
 $\phi V_n = 0,75 \times 34,903 = 26,177 \text{ kN}$
- Kondisi negative  
 $\phi V_n = 0,75 \times 34,903 = 26,177 \text{ kN}$

Untuk kuat geser rencana balok lainnya dihitung menggunakan cara yang sama. Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan kuat geser rencana balok Gedung Laboratorium

Kebencanaan Teknik Sipil Universitas Brawijaya:

**Tabel 4.1 Rekapitulasi Kuat Geser Rencana Balok**

Balok	Potongan	Kuat Geser Nominal (kN)		Kuat Geser Rencana (kN)	
		Kondisi Positif	Kondisi Negatif	Kondisi Positif	Kondisi Negatif
B1	d1-d1	34,263	34,263	25,697	25,697
B2	d2-d2	84,834	84,834	63,626	63,626
B3	d3-d3	212,387	212,387	159,290	159,290
B4	d4-d4	82,306	92,467	61,730	69,350
B5	d5-d5	122,439	125,345	91,829	94,008
	d6-d6	122,439	122,439	91,829	91,829
B6	d7-d7	118,647	121,553	88,985	91,164
	d8-d8	118,015	118,015	88,511	88,511
B7	d9-d9	77,625	80,367	58,219	60,275
	d10-d10	77,625	77,625	58,219	58,219
B8	d11-d11	48,684	48,684	36,513	36,513
B9	d11-d11	146,016	107,394	109,512	80,546
B10	d12-d12	118,647	118,647	88,985	88,985
B11	d13-d13	80,367	80,367	60,275	60,275
B12	d14-d14	49,457	49,457	37,093	37,093
B13	d15-d15	119,022	122,439	89,266	91,829
	d16-d16	125,856	119,022	94,392	89,266



### 4.3 Analisis Kuat Geser Perlu Balok

Menurut SNI 2847:2019 pasal 9.4.3.2, perhitungan Kuat Geser Perlu ( $V_u$ ) untuk balok non-prategang dapat dilakukan pada jarak sejauh  $d$  dari permukaan tumpuan.

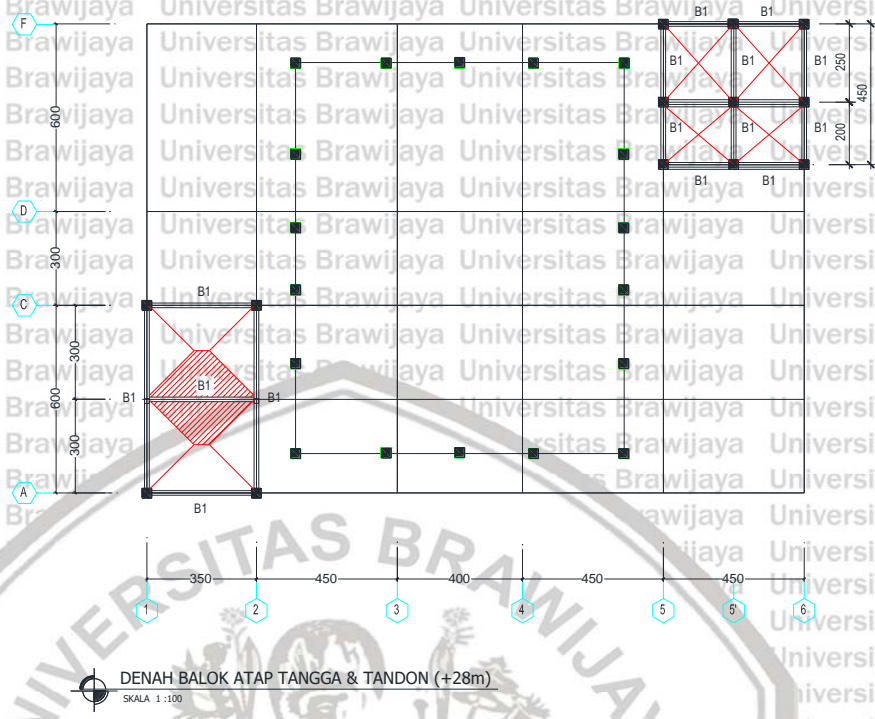
#### 4.3.1 Data Umum

- Tinggi tipikal (Lt. 2-6) = 4 m
- Tebal pelat = 12 cm
- Beban Guna Atap = 100 kg/m<sup>2</sup> PPIUG 1987
- Beban Guna Lantai = 250 kg/m<sup>2</sup> PPIUG 1987
- Berat jenis beton = 2400 kg/m<sup>3</sup> PPIUG 1987
- Berat bata merah = 250 kg/m<sup>2</sup> PPIUG 1987
- Berat jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup> PPIUG 1987
- Tebal air hujan = 0,05 m
- Plafon + penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup> PPIUG 1987
- Berat penutup lantai = 24 kg/m<sup>2</sup> PPIUG 1987
- Berat jenis spesi = 21 kg/m<sup>3</sup> PPIUG 1987
- Tebal spesi = 0,02 m

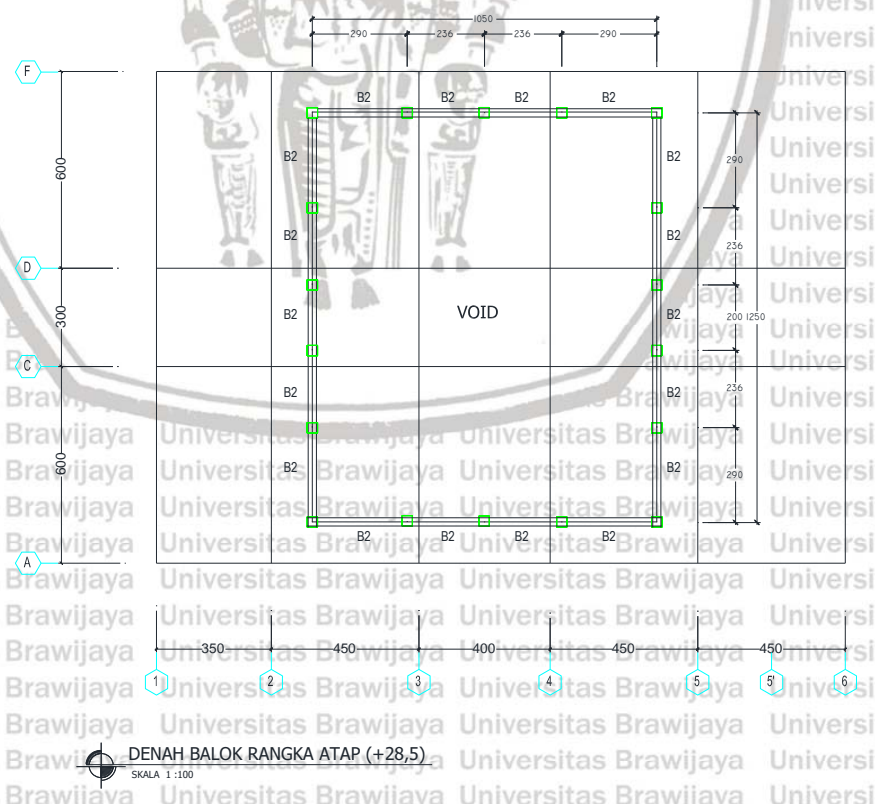
#### 4.3.2 Perhitungan Tributary Area Pelat

Pada perhitungan perataan beban pelat pada seluruh elemen balok dilakukan dengan menggunakan sistem *Tributary Equivalent Load*.

- Perataan segitiga:  $h' = \frac{2}{3} H$
- Perataan trapezium:  $h' = \frac{1}{3} H \left( \frac{3L^2 - 4H^2}{L^2} \right)$

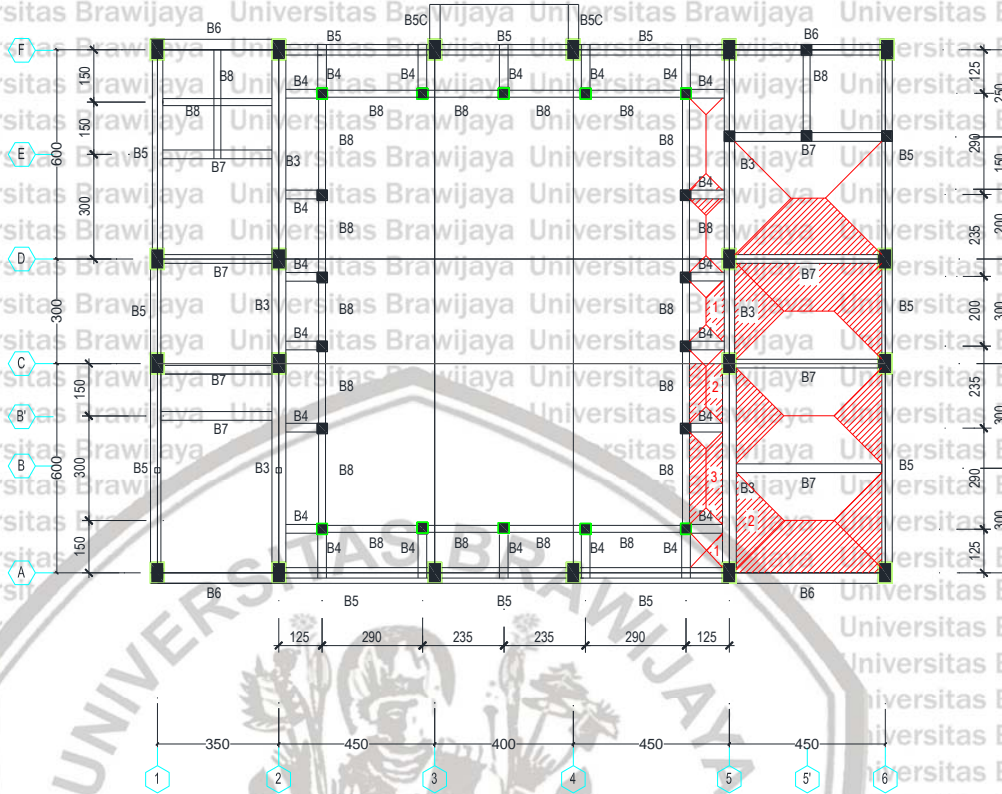


Gambar 4.23 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Atap Tangga & Tandon

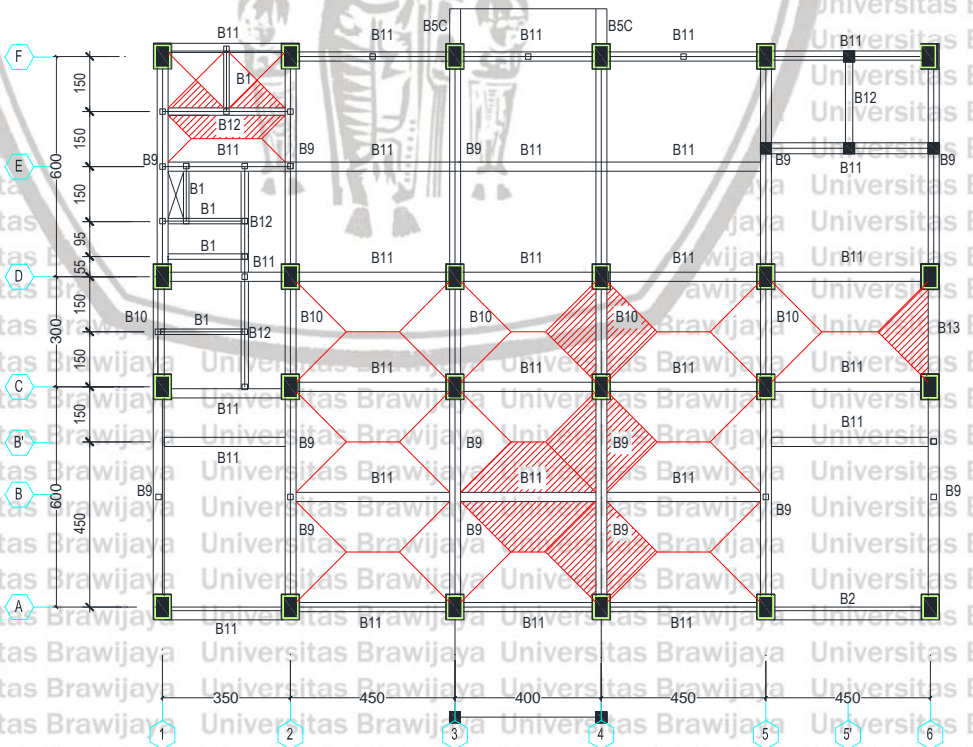


Gambar 4.24 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Rangka Atap



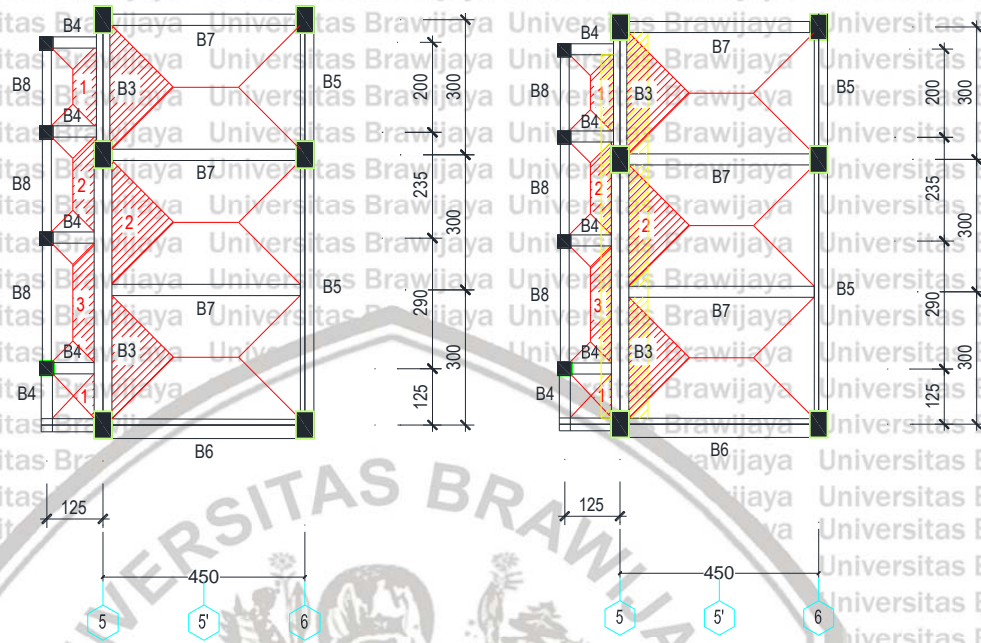


Gambar 4.25 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Lantai Atap



Gambar 4.26 Tributary Equivalent Load pada Denah Balok Lantai (typical)

Contoh perataan beban pelat dengan metode *Tributary Equivalent Load* pada balok B3:



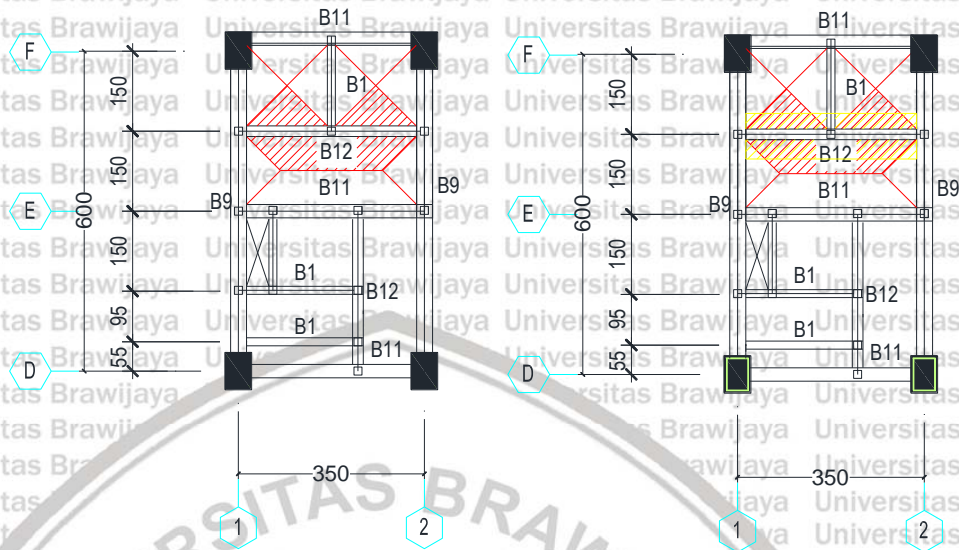
Gambar 4.27 Tributary Equivalent Load pada Balok B3

Tabel 4.2 Perhitungan perataan Tributary Load Balok B3

Bentuk	H (m)	L (m)	h' (m)	h' rata-rata = $\Sigma h/n$
Trapezium 1	0,625	2	0,544	0,528
Trapezium 2	0,625	2,35	0,566	
Trapezium 3	0,625	2,9	0,586	
Segitiga 1	0,625	-	0,417	
		$\Sigma h' =$	2,113	
Segitiga 2	1,5	-	1,000	1,000
		$\Sigma h' \text{ total} =$		1,528



Contoh perataan beban pelat dengan metode *Tributary Equivalent Load* pada balok B12:



Gambar 4.28 Tributary Equivalent Load pada Balok B12

Tabel 4.3 Perhitungan perataan Tributary Load Balok B12

Bentuk	H (m)	L (m)	h' (m)
Segitiga	0,75	-	0,5
Trapezium	0,75	3,5	0,704
		$\Sigma h'$ total=	1,204

Sehingga didapat seluruh perataan *Tributary Load* pada seluruh balok sebagai berikut:

Tabel 4.4 Rekapitulasi Perataan Tributary Load Balok

Balok	Bentuk	H (m)	L (m)	h' (m)
B1	trapesium	1,5	3,5	1,133
B2	-	-	-	-
B3	-	-	-	1,528
B4	segitiga	0,625	-	0,417
B5	segitiga	1,5	-	1,000
B6	trapesium	1,5	4,5	1,278
B7	trapesium	1,5	3,5	1,133
B8	trapesium	1,125	2,5	0,821
B9	segitiga	1,5	-	1,000
B10	segitiga	1,5	-	1,000
B11	trapesium	1,5	4,5	1,278
B12	-	-	-	1,204
B13	segitiga	1,5	-	1,000

### 4.3.3 Perhitungan Kuat Geser Perlu Balok

#### 4.3.3.1 Balok Atap (B1 – B8)

Balok-balok pada lantai atap menerima beban mati yang sama. Berikut adalah contoh perhitungan kuat geser perlu pada balok B3:

##### 1. Beban Mati

- Berat air hujan =  $0,05 \times 1,528 \times 2400 = 76,408 \text{ kg/m}$

- Berat plafon =  $1,528 \times 1000 = 27,507 \text{ kg/m}$

- Berat sendiri pelat =  $0,12 \times 1,528 \times 2400 = 440,11 \text{ kg/m}$

- Berat sendiri balok =  $0,15 \times (0,3-0,12) \times 2400 = 460,8 \text{ kg/m}$

TOTAL (qD) =  $1004,825 \text{ kg/m}$

##### 2. Beban Hidup

- Beban guna =  $1,528 \times 100 = 152,8 \text{ kg/m}$

TOTAL (qL) =  $152,8 \text{ kg/m}$

##### 3. Beban Terfaktor

$qU = 1,2D + 1,6L = 1,2 \times 1004,825 + 1,6 \times 152,8 = 1450,27 \text{ kg/m}$

##### 4. Kuat Perlu

$Vu = 0,5 \times qU \times L = 0,5 \times 1450,27 \times 9 = 6526,215 \text{ kg} = 65,215 \text{ kN}$

Menggunakan kombinasi beban yang sama, maka didapat rekapitulasi kuat geser perlu untuk balok B1 hingga B8, sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rekapitulasi kuat geser perlu balok Atap

Balok	L (m)	Kuat Perlu (kN)
B1	3,5	24,639
B2	5,25	9,492
B3	9	65,215
B4	1,4	4,837
B5	9	41,198
B6	4,5	24,269
B7	3,5	26,806
B8	5,25	11,759



### 4.3.3.2 Balok Lantai (B9 – B13)

Balok-balok pada lantai atap menerima beban mati yang sama. Berikut adalah contoh perhitungan kuat geser perlu pada balok B12:

#### 1. Beban Mati

- Berat penutup lantai =  $1,204 \times 24 = 81,796$  kg/m
  - Berat spesi =  $0,02 \times 1,204 \times 2200 = 74,98$  kg/m
  - Berat sendiri pelat =  $0,12 \times 1,204 \times 2400 = 490,776$  kg/m
  - Berat dinding =  $4 \times 250 = 1000$  kg/m
  - Berat sendiri balok =  $0,3 \times (0,4-0,12) \times 2400 = 168$  kg/m
- TOTAL (qD) = 1816 kg/m

#### 2. Beban Hidup

- Beban guna =  $1,204 \times 250 = 426,02$  kg/m
- TOTAL (qL) = 426,02 kg/m

#### 3. Beban Terfaktor

$$qU = 1,2D + 1,6L = 1,2 \times 1816 + 1,6 \times 426,02 = 2860,294 \text{ kg/m}$$

#### 4. Kuat Perlu

$$Vu = 0,5 \times qU \times L = 0,5 \times 2860,294 \times 3,5 = 5005,514 \text{ kg} = \mathbf{50,055 \text{ kN}}$$

Menggunakan proses perhitungan yang sama, maka didapat rekapitulasi kuat geser perlu untuk balok B9 hingga B13, sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Rekapitulasi kuat geser perlu balok lantai

Balok	L (m)	Kuat Geser Perlu (kN)
B9	6	98,074
B10	3	47,741
B11	4,5	79,100
B12	3,5	50,055
B13	3	35,333

#### 4.4 Analisis Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok Terhadap Kuat Perlu Balok

Sesuai dengan persyaratan geser nominal pada SNI 2847:2019 yaitu  $V_u \leq \phi V_n$ , berikut merupakan rekapitulasi kecukupan nilai kuat geser rencana seluruh balok terhadap kuat geser perlu yang bekerja:

**Tabel 4.7** Perbandingan kuat geser rencana terhadap kuat geser perlu balok

Balok	Kuat Geser Rencana		Kuat Perlu (kN)	Kecukupan Kuat Geser Rencana
	Kondisi Positif	Kondisi Negatif		
B1	25,697	25,697	24,639	1,058
B2	63,626	63,626	9,492	54,134
B3	159,290	159,290	65,263	94,027
B4	61,730	69,350	4,837	64,514
B5	91,829	94,008	41,198	52,810
	91,829	91,829		
B6	88,985	91,164	24,269	66,895
	88,511	88,511		
B7	58,219	60,275	26,806	33,469
	58,219	58,219		
B8	36,513	36,513	11,759	24,754
B9	109,512	80,546	98,074	-17,528
B10	88,985	88,985	47,741	41,244
B11	60,275	60,275	79,100	-18,825
B12	37,093	37,093	50,055	-12,962
	89,266	91,829		
B13	89,266	91,829	35,333	56,496
	94,392	89,266		



#### 4.4.1 Gambar Diagram Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok Terhadap Kuat Geser Perlu Balok

##### 4.4.1.1 Diagram Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok B1

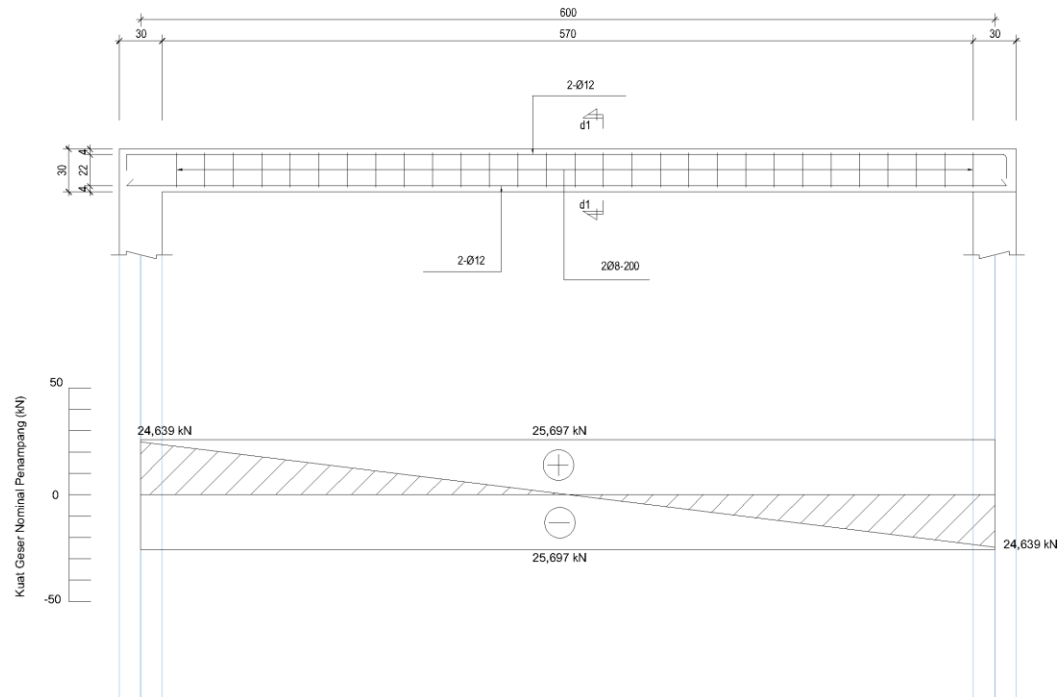


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK BI TYPICAL  
Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15

### 4.4.1.2 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B2

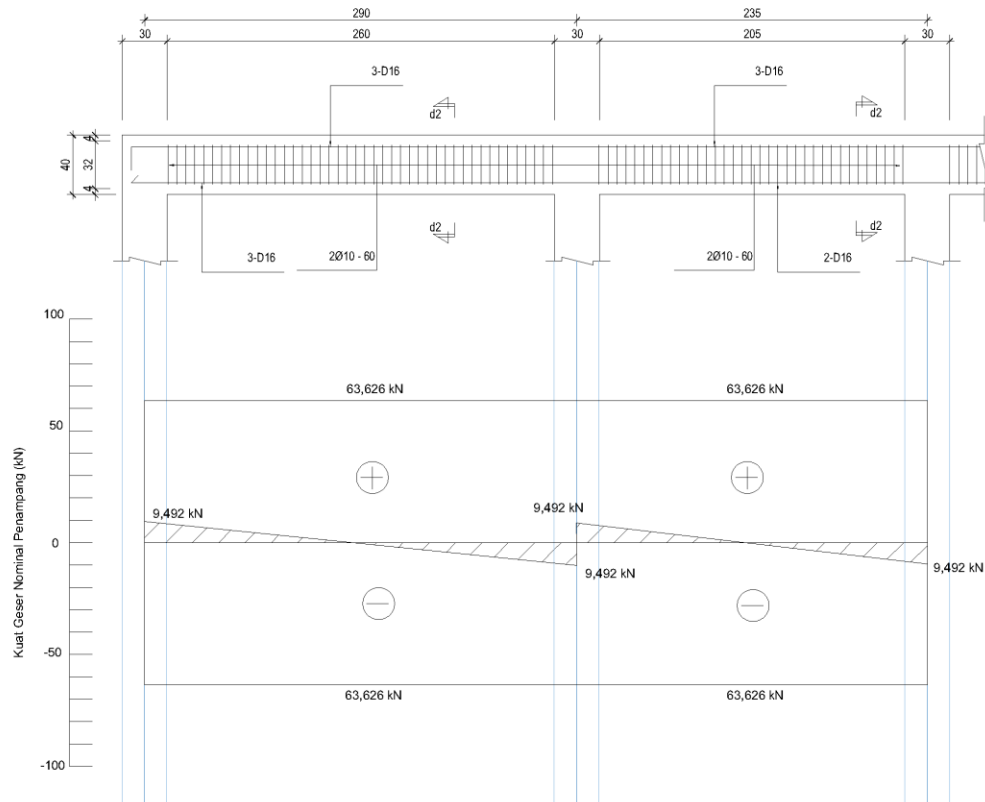


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B2 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15



### 4.4.1.3 Diagram Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok B3

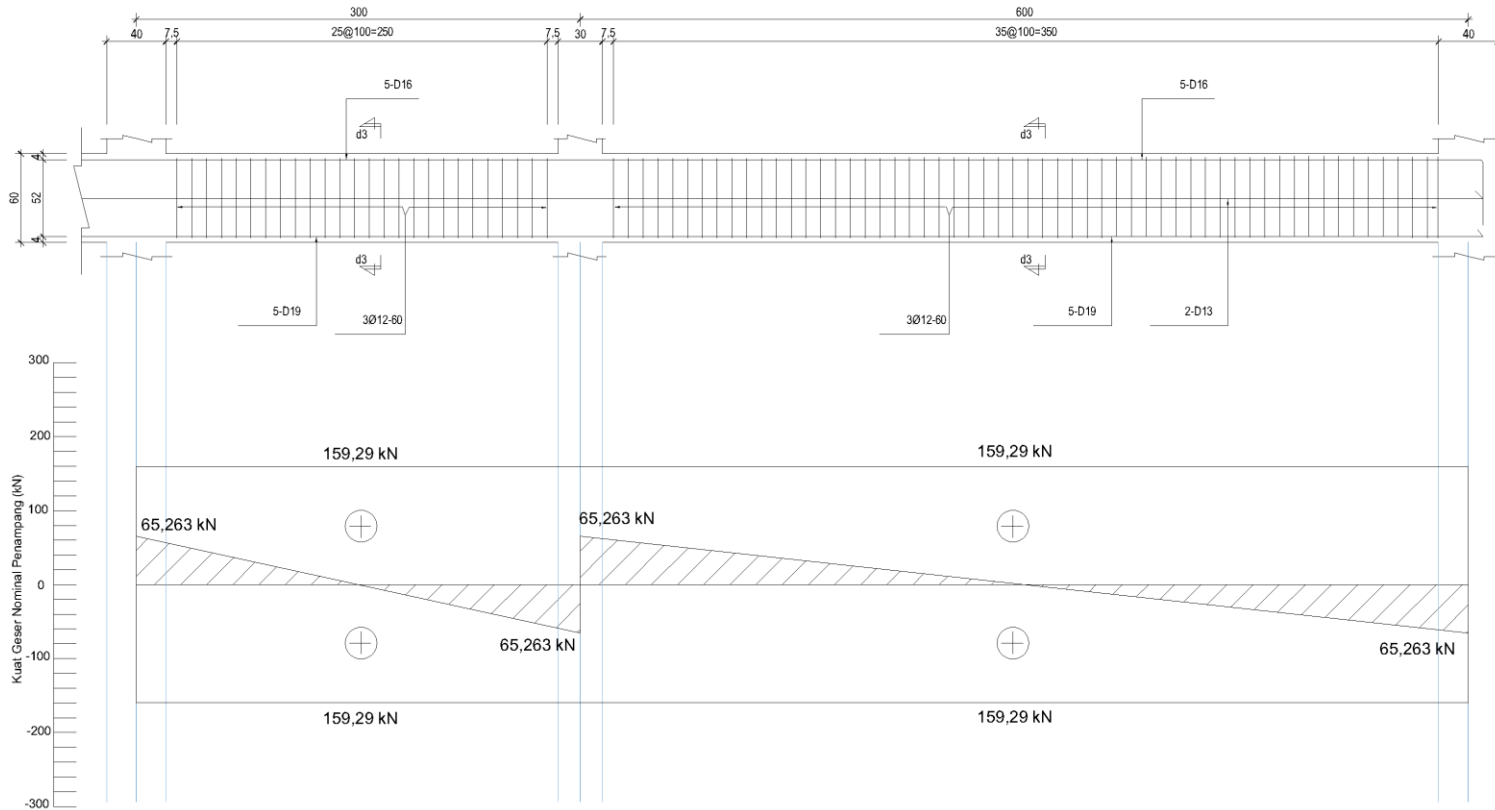


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B3 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 5

#### 4.4.1.4 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B4

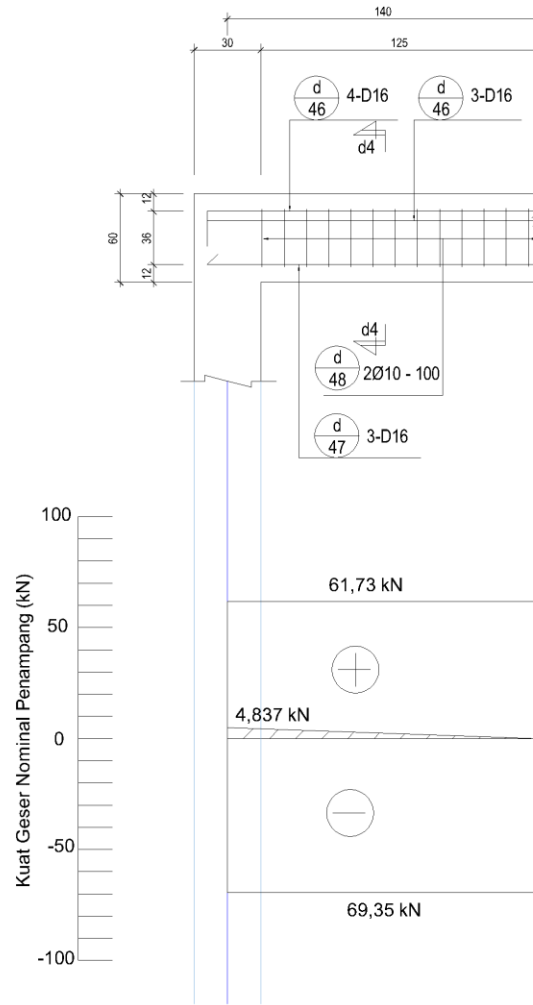
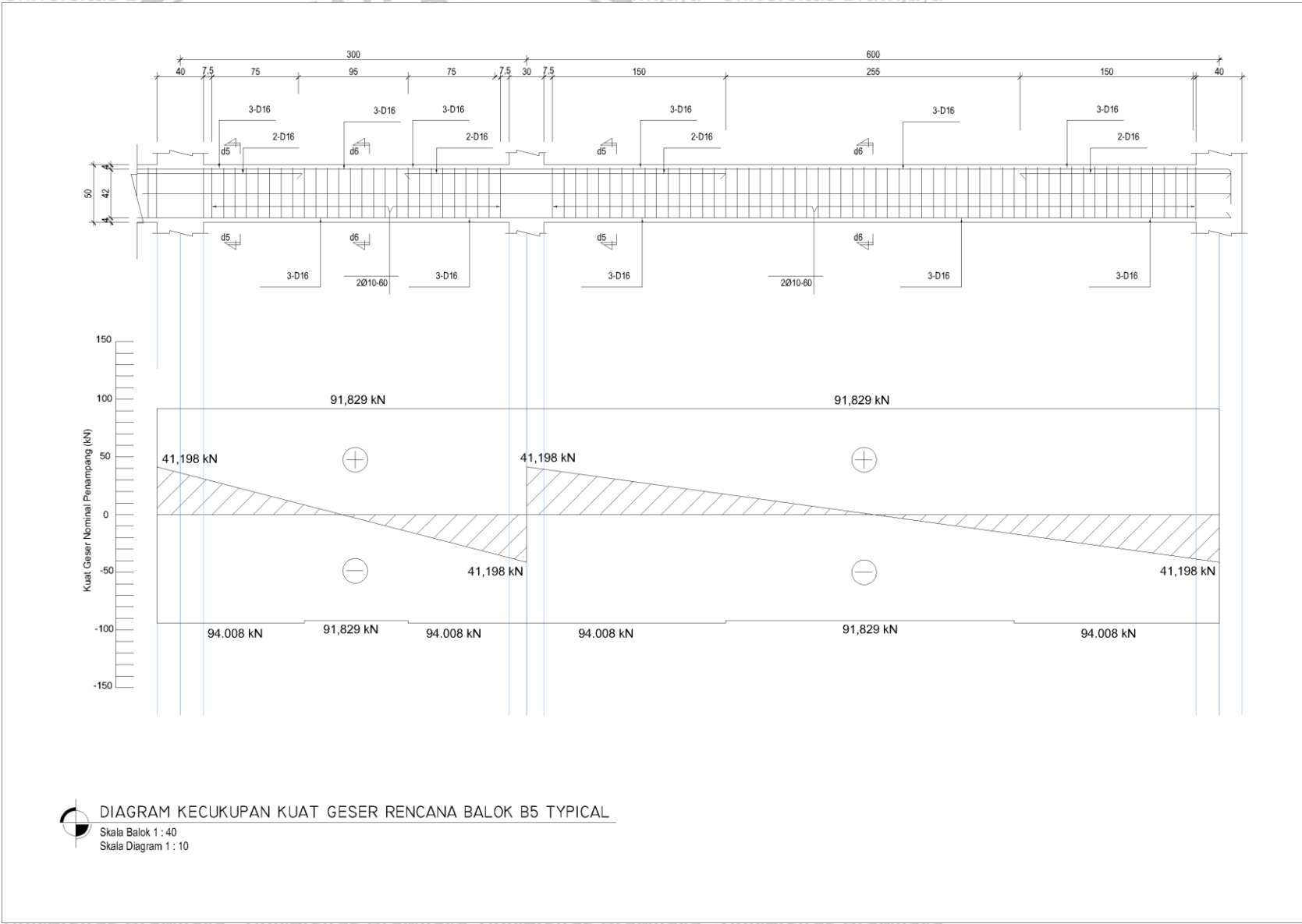


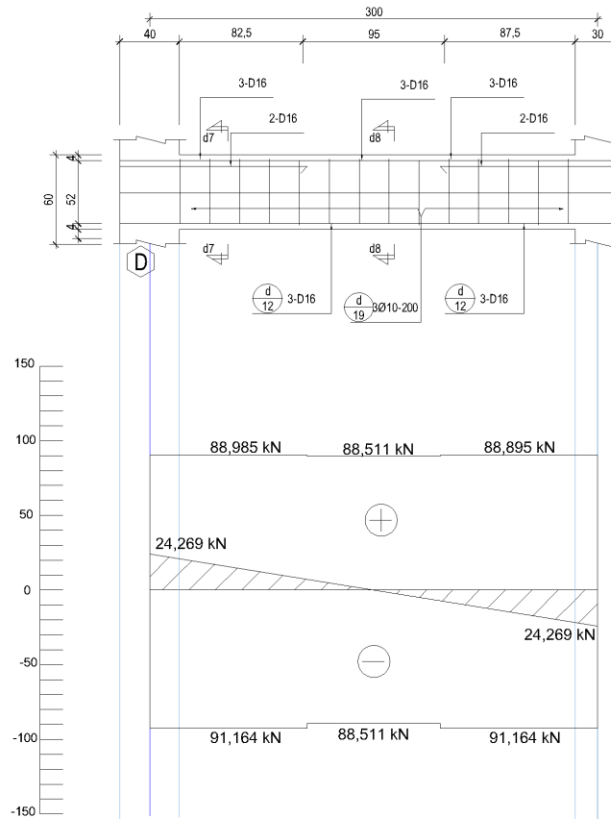
DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B4 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15



### 4.4.1.5 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B5



### 4.4.1.6 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B6




**DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B6 TYPICAL**  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10



#### 4.4.1.7 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B7

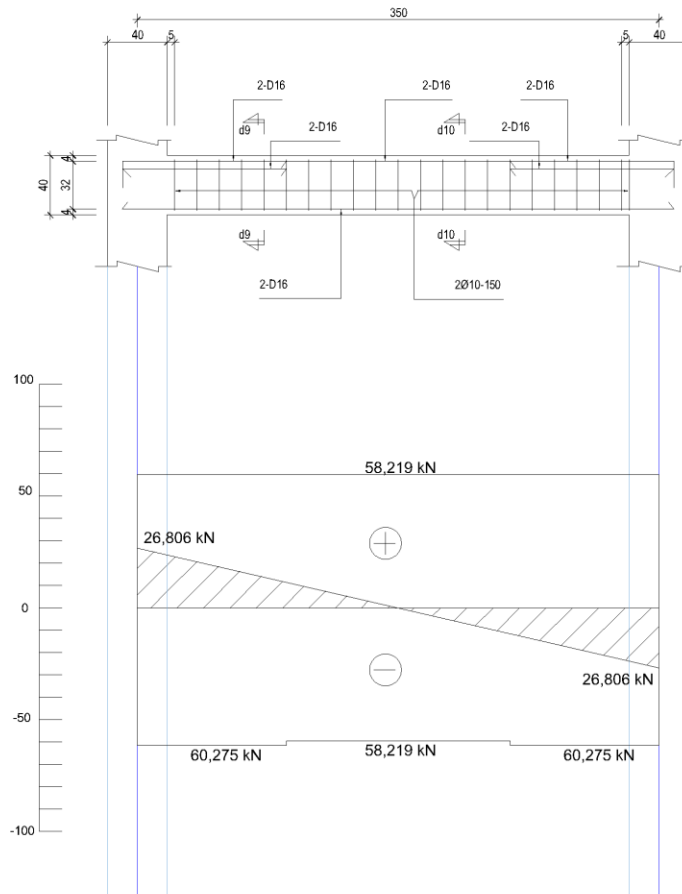


DIAGRAM KEKUCUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B7 TYPICAL  
Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15

### 4.4.1.8 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B8

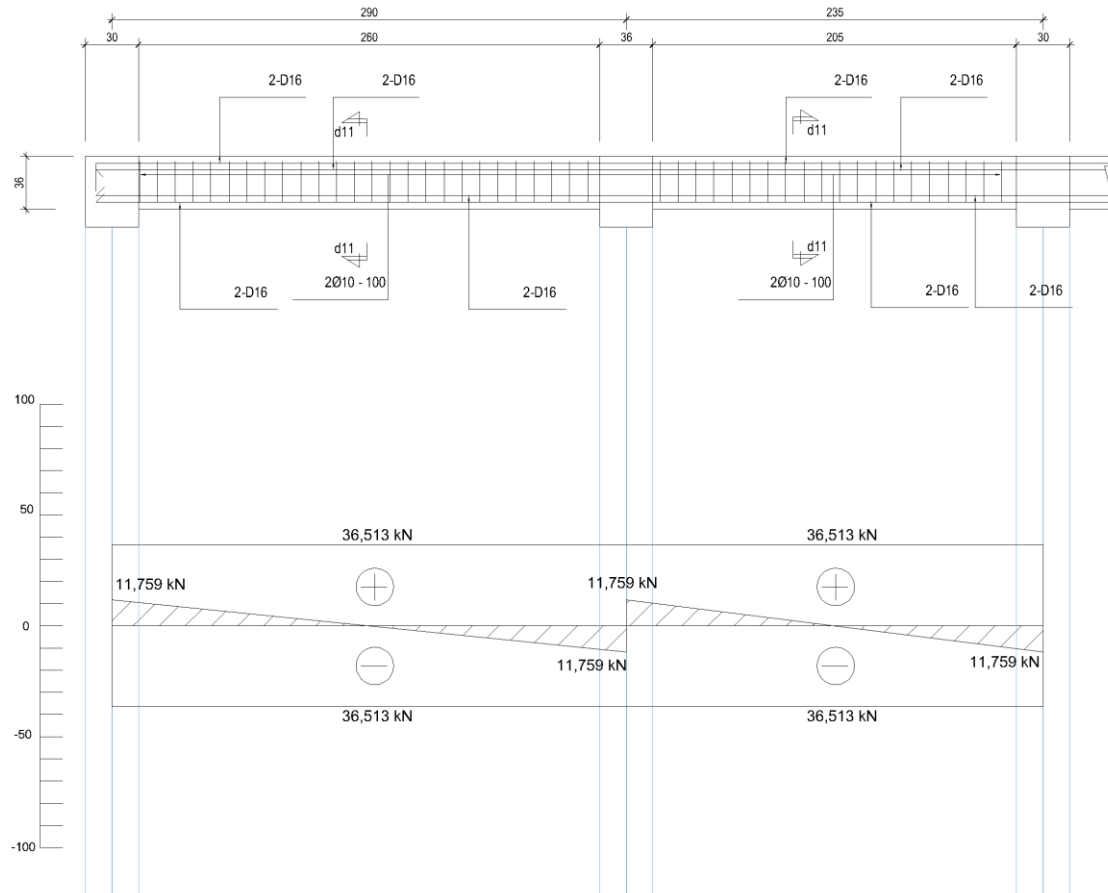


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B8 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 15



#### 4.4.1.9 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B9

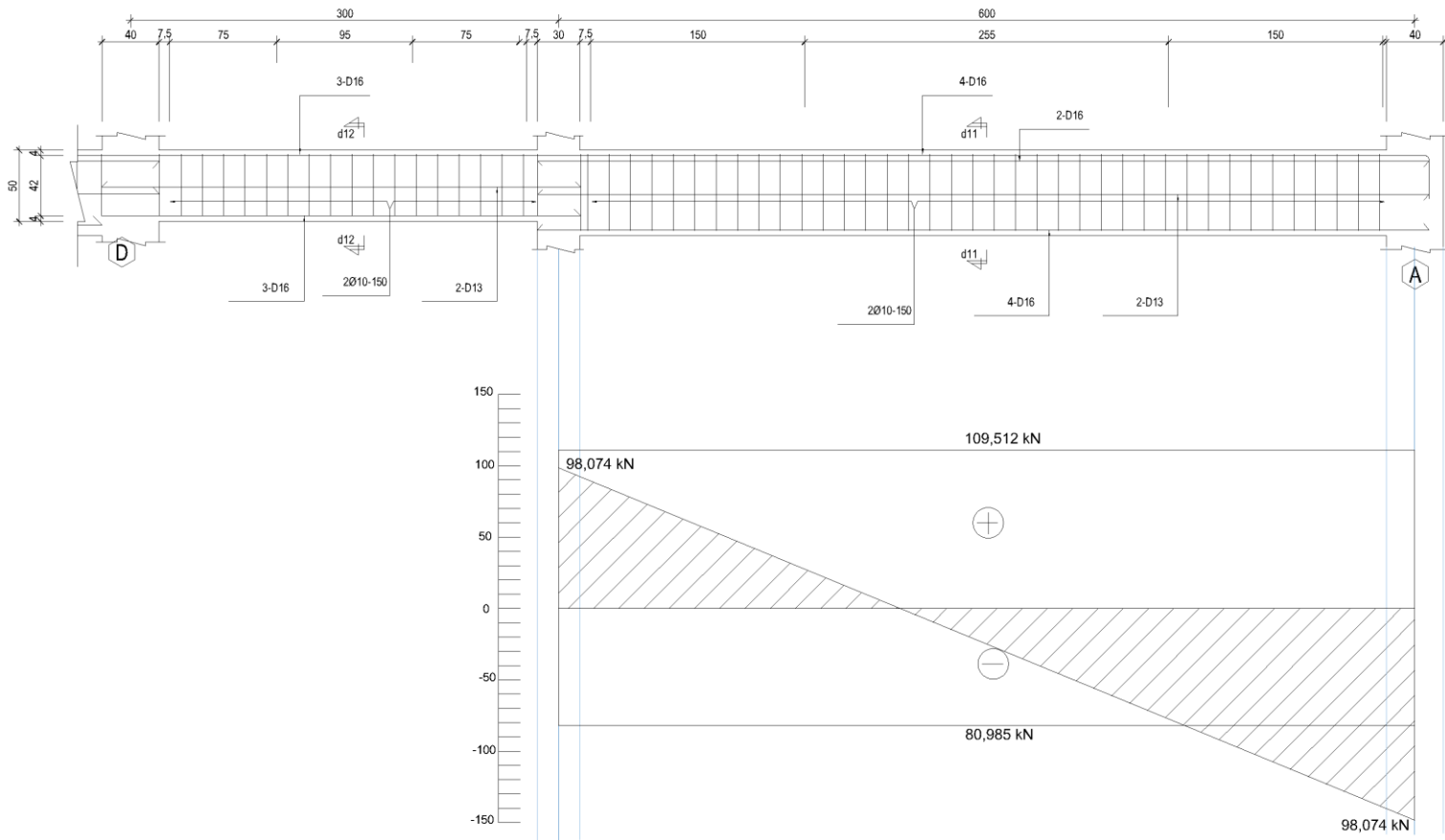
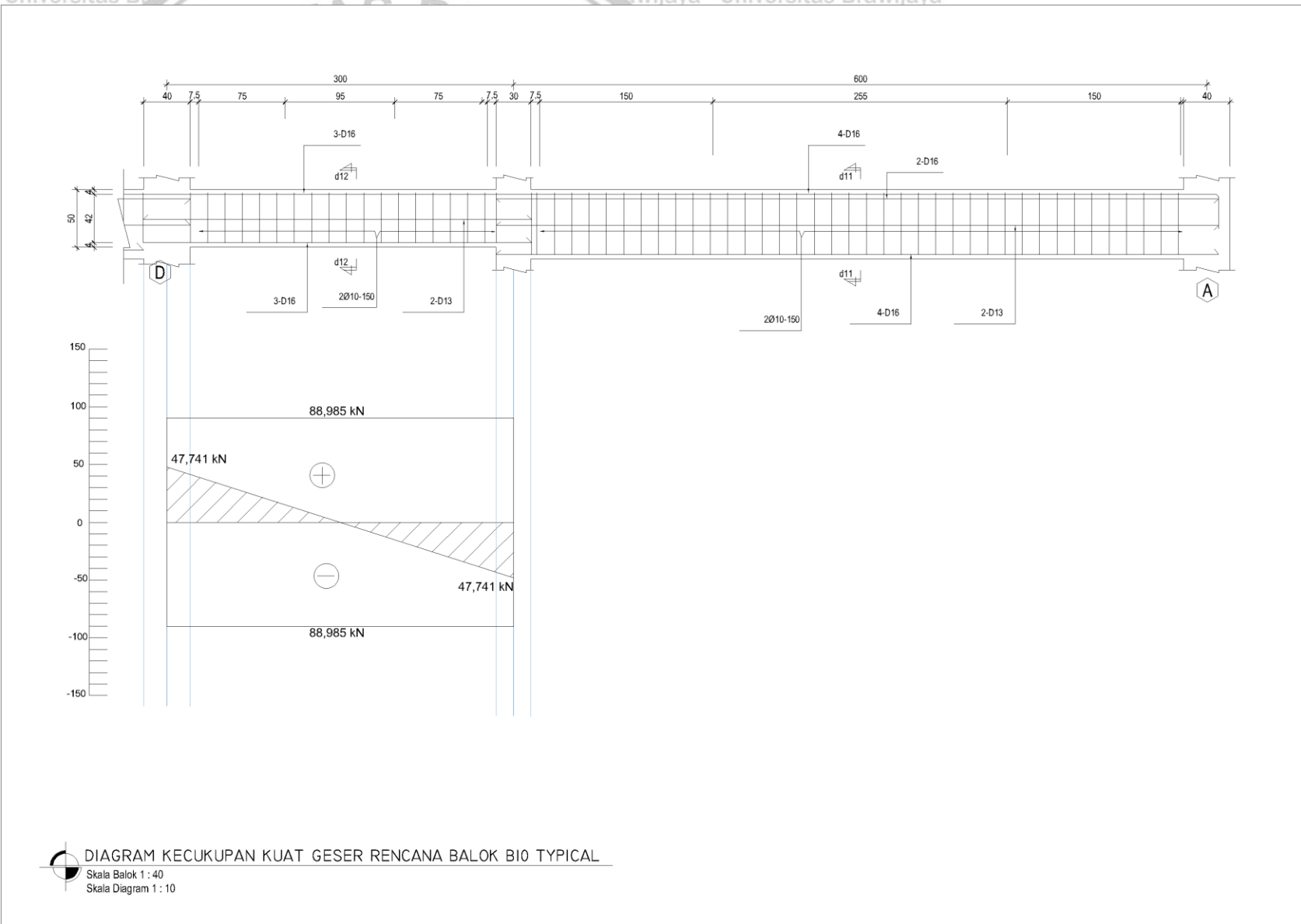


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B9 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10

#### 4.4.1.10 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B10





#### 4.4.1.11 Diagram Kecukupan Kuat Geser Rencana Balok B11

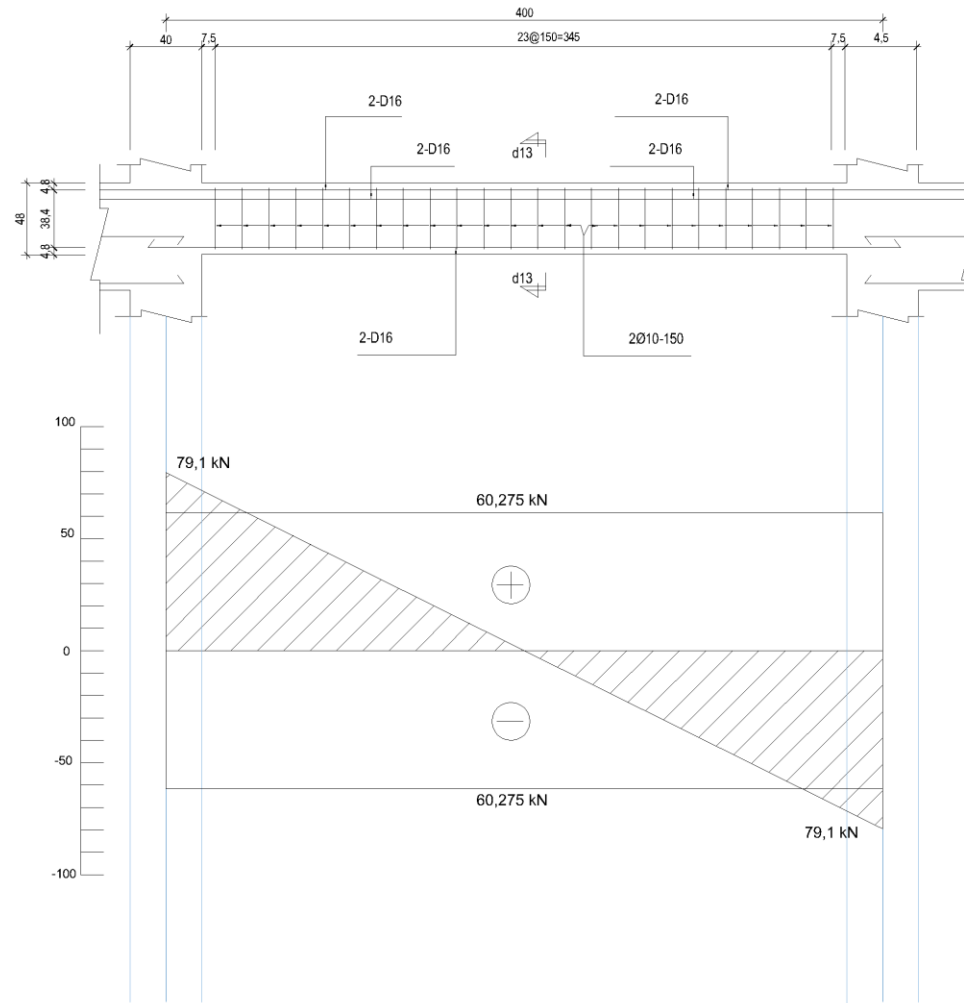


DIAGRAM KECUKUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B11 TYPICAL

Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15

#### 4.4.1.12 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B12

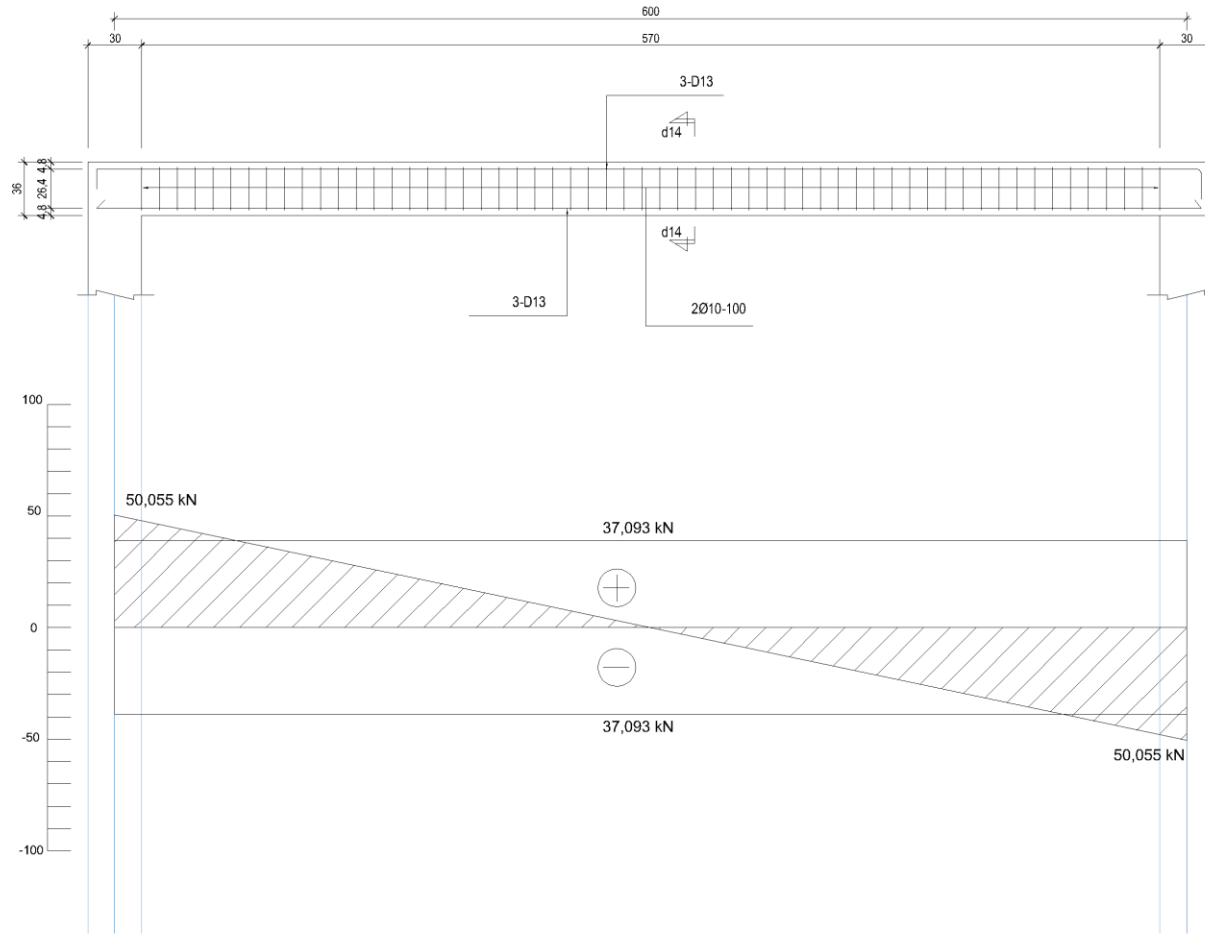


DIAGRAM KEKUCUPAN KUAT GESER RENCANA BALOK B12 TYPICAL  
Skala Balok 1 : 40  
Skala Diagram 1 : 15



### 4.4.1.13 Diagram Kekucupan Kuat Geser Rencana Balok B13

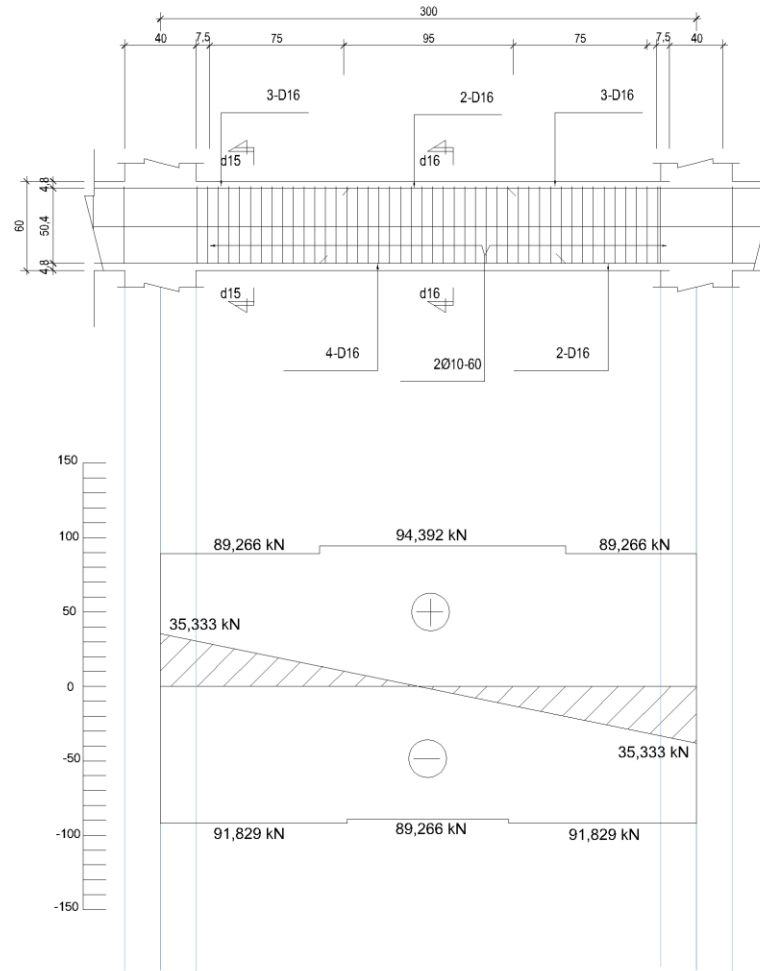


DIAGRAM KECUKUPUAN KUAT GESER RENCANA BALOK B13 TYPICAL  
 Skala Balok 1 : 40  
 Skala Diagram 1 : 10

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis kuat geser rencana balok pada Gedung Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya menggunakan SNI 2847:2019 dapat disimpulkan bahwa:

1. Kuat geser nominal ditentukan dengan menggunakan persamaan pada SNI 2847:2019 sesuai pasal 22.5.5.1 berdasarkan tulangan eksistingnya dalam kondisi positif (tulangan bawah mengalami tarik) dan kondisi negative (tulangan bawah mengalami tekan). Namun, salah satu dari persamaan yang ada tidak bisa digunakan, hal tersebut disebabkan oleh adanya variable yang tidak diketahui nilainya, yaitu kuat geser perlu ( $V_u$ ) dan momen perlu ( $M_u$ ).
2. Kuat geser rencana ditentukan dengan persamaan faktor reduksi kuat geser dikalikan dengan kuat geser nominal dalam kondisi positif (tulangan bawah mengalami tarik) dan kondisi negative (tulangan bawah mengalami tekan). Nilai factor reduksi geser sesuai pada SNI 2847:2019 pasal 21.2.1 tabel 21.2.1. Berdasarkan bentuk diagram kecukupan kuat geser rencana, ditemukan nilai kuat geser rencana yang berbeda pada daerah tumpuan dan lapangan. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah tulangan pada daerah tumpuan lebih banyak dibandingkan jumlah tulangan pada daerah lapangan.
3. Berbeda dengan nilai kuat geser rencana yang hamper sama di sepanjang bentang balok, perhitungan kuat geser perlu dilakukan secara sederhana sehingga didapat bentuk diagram kuat geser perlu yang mengecil secara linear dari tumpuan ke arah bentang karena gaya geser terbesar terjadi pada daerah tumpuan.

### 5.2 Saran

1. Pada saat analisis kuat geser nominal ( $V_c$ ) sebaiknya mengetahui nilai kuat geser perlu ( $V_u$ ) dan momen perlu ( $M_u$ ) balok, sehingga ketiga persamaan untuk menghitung nilai kuat geser nominal secara detail dapat digunakan sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1.
2. Data proyek terperinci seperti spesifikasi material dan komponen arsitektural yang digunakan dalam proyek akan membuat perhitungan kekuatan lebih teliti.





## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

R. Park dan T. Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons.

McCormac, Jack C. dan Brown, Russell H. 2014. *Design of Reinforced Concrete (Ninth Edition)*. South Carolina: Clemson University.

Nilson Arthur H. Darwin, David. dan Dolan, Charles W. 2010. *Design of Concrete Structure (Fourteenth Edition)*. New York: McGraw Hill Education.

Lesmana, Yudha. 2020. *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019 Edisi Pertama*. Makassar: Nas Media Pustaka.

David, A., Sabariman, B. 2013. Pengaruh Sudut Senggang Miring pada Balok Pendek terhadap Pola Runtuh. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 2(1), 8.