



# **PERILAKU SAMBUNGAN MEKANIS JENIS CLAMPING TERHADAP PANJANG LEWATAN**

**( *THE BEHAVIOR of CLAMPING TYPES MECHANICAL CONNECTIONS  
TOWARDS LAP SPLICE LENGTH* )**

## **TESIS**

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil**

**Oleh**

**Juniarto Adi Nugroho**

**NIM : L4A008020**

**MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

# PERILAKU SAMBUNGAN MEKANIS JENIS CLAMPING TERHADAP PANJANG LEWATAN

( *THE BEHAVIOR of CLAMPING TYPES MECHANICAL CONNECTIONS  
TOWARDS LAP SPLICE LENGTH* )

Disusun Oleh:

**Juniarto Adi Nugroho**

**NIM L4A008020**

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

**10 Mei 2012**

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister  
Teknik Sipil

Tim Penguji :

1. Ketua : Dr.Ir.Nuroji,MS. (.....)
2. Sekretaris : Ir.Purwanto,MT,M.Eng. (.....)
3. Anggota 1 : Ir.Han Ay Lie,M.Eng. (.....)
4. Anggota 2 : Hardi Wibowo,ST,M.Eng (.....)

Semarang, Mei 2012  
Universitas Diponegoro  
Program Pasca Sarjana  
Magister Teknik Sipil  
Ketua,

Dr.Ir.Bambang Riyanto,DEA  
NIP 19530326 198703 1 001

# **PERILAKU SAMBUNGAN MEKANIS JENIS CLAMPING TERHADAP PANJANG LEWATAN**

**Oleh : Juniarto Adi Nugroho**

## **ABSTRAK**

Penyambungan pada baja tulangan dilakukan karena keterbatasan panjang produksi dan kondisi. Peraturan secara ekplisit tidak merekomendasikan ataupun melarang jenis tertentu dari suatu sambungan. Pada penelitian ini dikembangkan penggunaan konfigurasi sambungan mekanis dan sambungan lewatan. Tinjauan penelitian meliputi aspek teknis yaitu dari segi kekuatan maupun integritas elemen struktur, selain itu juga ditinjau dari kemudahan didalam pembuatan dan pelaksanaannya.

Program penelitian dilakukan terhadap konfigurasi sambungan dengan variabel panjang *lap splice* dan variabel jumlah *clamp* yang digunakan. Penelitian sambungan dilakukan dalam kondisi *bare bar* dan tertanam dalam balok beton. Kondisi *bare bar* dilakukan layaknya uji tarik tulangan, variabelnya adalah jumlah *clamp*, dengan konfigurasi *1clamp+lap splice* 6,34db dan *2clamp+lap splice* 6,34db. Penerapan sambungan dilakukan melalui 5buah benda uji balok lentur dengan sambungan dilakukan pada tulangan tariknya diameter (db) = 16mm, variabel sambungannya adalah *lap splice* 6,34db, *1clamp+lap splice* 6,34db, *2clamp+lap splice* 6,34db, *2clamp+lap splice* 19,016db, dan sebagai pengontrol balok tanpa sambungan. Mutu beton, mutu baja, dan pengencangan baut *clamp* merupakan variabel tetap.

Hasil penelitian didapatkan kekuatan *clamp* naik signifikan sesuai jumlahnya  $\pm 100\%$ , jumlah *clamp* yang paling optimum menggunakan 2bh, kekuatan *lap splice* naik mengikuti panjangnya. Konfigurasi minimum yang paling baik menggunakan 2buah *clamp* dengan panjang minimum *lap splice* 11,41db. Kekakuan dari kelima benda uji menunjukkan ekuivalensi yang tinggi dengan  $R^2 = 0,931$ , namun daktilitas yang dimiliki balok dengan sambungan *lap splice* 6,34db masih jauh dibanding balok tanpa sambungan, hanya 22%nya.

Dari hasil penelitian yang didapat disimpulkan varian sambungan ini memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan, namun demikian masih perlu dilakukan peninjauan kembali karena masih lemah dalam daktilitasnya, untuk penelitian berikutnya perlu dilakukan dengan peningkatan mutu dari bahan *clamp* dengan panjang *lap splice* yang paling optimum.

**Kata kunci :** *lap splice, clamp, konfigurasi sambungan, kekakuan, kekuatan, daktilitas.*

# THE BEHAVIOR of CLAMPING TYPES MECHANICAL CONNECTIONS TOWARDS LAP SPLICE LENGTH

By: **Juniarto Adi Nugroho**

## ABSTRACT

The connection of reinforcing steel is accomplished because the length limitation of production and condition. Regulations have not recommended explicitly or prohibit a particular kind of connections. The use of mechanical connections configuration and the lap splice connections were developed in this study. Reviews of research are not only including technical aspects of strength and integrity of structural elements, but also observe the ease of manufacture and implementation.

Research program is conducted by reviewing the configuration of lap slice length and the amount of *clamp* which has been used. The research of connections is reviewed in conditions of bare bar which embedded in concrete beams. The *bare bar* conditions did as if reinforcement tensile test, which the variable is the number of *clamp* with a lap splice configuration 1*clamp+lap splice* 6,34db and 2*clamp+lap splice* 6,34db. Application of the connections is made through 5 kinds of bending beam specimen which its reinforced connections is made on appeal bar diameter (db) = 16mm, the variable of joints is lap splice 6,34db, 1*clamp+lap splice* 6,34db, 2*clamp+lap splice* 6,34db, 2*clamp+lap splice* 19,016db , and it as a control beam without connection. Concrete quality, steel quality, and tightening bolts of *clamp* are fixed variables.

The research has resulted *clamp* force which increased significantly sized up  $\pm 100$  % of its number, the most optimum number use 2 clamps, the strength of *lap splice* raise keep up with its length. The minimum configuration is best used 2 clamps with length minimum of lap splice 11,41db. The stiffness of five specimens indicated high equivalence with  $R^2 = 0,931$  but the ductility of bar with lap splice connection 6,34db is not equivalent compare with bar without connections, it's only 22%.

From the result of research, we can conclude that the connection variant has a huge potential to be used, however it still needs to be re -observed because it still has weakness of its ductility, next the subsequent research needs to be carried out by improving the quality of clamp material with the most optimum length of lap splice.

**Keywords:** *lap splice, clamp, connection configuration, stiffness, strength, ductility.*

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan rasa syukur kami panjatkan kehadhirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian dengan judul : PERILAKU SAMBUNGAN MEKANIS JENIS CLAMPING TERHADAP PANJANG LEWATAN ini dengan baik

Maksud dan tujuan penyusunan tesis ini adalah sebagai salah satu persyaratan kelulusan bagi mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini banyak mendapatkan bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Yang saya hormati Dr.Ir.Bambang Riyanto,DEA selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
2. Yang saya hormati Dr.Ir.Nuroji,MS selaku Pembimbing I atas kesabaran dalam memberikan tuntunan,saran dan bimbingannya selama proses penyusunan tesis ini.
3. Yang saya hormati Ir.Purwanto,MT,M.Eng selaku selaku Pembimbing II atas bantuan, saran dan masukannya selama proses penyusunan tesis ini
4. Yang saya hormati Ir.Han Ay Lie,M.Eng selaku Kepala Laboratorium UNDIP juga dosen penguji atas bantuan,saran dan masukannya.
5. Yang saya hormati Hardi Wibowo,ST,M.Eng selaku dosen penguji atas saran dan masukannya
6. Rekan-rekan mahasiswa S-2 konsentrasi Struktur, Triwardaya,ST,MT, Hadi Wibowo,ST serta para staff administrasi dan laboran UNDIP.

Penyusun menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan masukan dan saran yang positif. Semoga hasil penelitian ini nantinya dapat bermanfaat bagi kami khususnya serta bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

Semarang, Mei 2012

Penyusun

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka dan lampiran.

Semarang, Mei 2012

Juniarto Adi Nugroho

## DAFTAR ISI

	Halaman.
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	ii
<b>ABSTRAK .....</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	v
<b>HALAMAM PERNYATAAN.....</b>	vi
<b>DAFTAR ISI.....</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	x
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xi
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah .....	6
1.5. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1.Tinjauan Umum .....	7
2.2.Tegangan Lekatan( <i>Bond Stress</i> ) .....	7
2.3.Keruntuhan Lekatan( <i>Bond Stress Failure</i> ) .....	9
2.4.Ragam Keruntuhan Balok.....	10
2.5. <i>Tension Stiffening Effect</i> .....	11
2.6.Sambungan Mekanis ( <i>Mechanical Connection</i> ).....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1.Umum .....	22
3.2.Tahapan Penelitian.....	22
3.3.Pra Analisis Sambungan Mekanis .....	24

3.3.1. Analisis Kekuatan Sambungan Mekanis .....	24
3.3.2. Analisis Pengencangan Baut.....	25
3.3.3. Analisis Jarak Sambungan Mekanis .....	26
3.3.4. Analisis Simulasi Numerik .....	27
3.4. <i>Pre-Elemenary</i> Test Tarik Tulangan .....	30
3.5. Persiapan Komponen Benda Uji .....	33
3.6. Pengujian Kuat Tarik Baja ( <i>Direct Test</i> ) .....	34
3.7. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton ( <i>Compession Test</i> ). ....	35
3.8. Pengujian Lentur Balok ( <i>Flexure Beam Test</i> ) .....	36
3.8.1. <i>Set Up</i> Model Balok Uji.....	36
3.8.2. Analisis Penampang Balok .....	37
3.8.3. Pelaksanaan Pengujian Balok .....	41

#### **BAB IV HASIL PENELTIAN dan PEMBAHASAN**

4.1.Rancangan Campuran Beton .....	44
4.2.Kuat Tarik Baja Tulangan dan Plat Baja .....	44
4.3.Kuat Tarik <i>Clamp</i> .....	45
4.4.Kuat Tekan Beton .....	46
4.5.Perilaku Benda Uji Balok .....	47
4.5.1. Balok dengan Tulangan Utuh(BU) .....	47
4.5.2. Balok dengan Sambungan Tulangan <i>Lap Splice</i> 6,34db(BLS10).....	55
4.5.3. Balok dengan Sambungan Tulangan 1 <i>Clamp+Lap Splice</i> 6,34db(B1C+LS10).....	63
4.5.4. Balok dengan Sambungan Tulangan 2 <i>Clamp+Lap Splice</i> 6,34db(B2C+LS10).....	71
4.5.5. Balok dengan Sambungan Tulangan 2 <i>Clamp+Lap Splice</i> 19,016db(B2C+LS30).....	78
4.6.Perbandingan Perilaku Balok Benda Uji Balok.....	86
4.7.Pembebanan dan Ragam Keruntuhan Balok.....	94
4.8.Daktilitas dan Kekakuan Balok Benda Uji .....	99

4.9.Perilaku Sambungan <i>Clamp</i> .....	100
4.10.Perilaku Sambungan <i>Lap Splice</i> .....	101
4.11.Konfigurasi Minimum Sambungan <i>2Clamp + Panjang Lap Splice</i> .....	102
<b>BAB V KESIMPULAN dan SARAN</b>	
5.1.Kesimpulan .....	103
5.2.Saran .....	104
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	105
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DOKUMENTASI</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Nama Tabel</b>	<b>Halaman.</b>
Tabel 2.1.	<i>Compression only Mechanical Connections</i> .....	15
Tabel 2.2.	<i>Tension-Compression Mechanical Connections</i> .....	21
Tabel 3.1.	Data <i>Pre-Eleminary Test Tarik Clamp</i> .....	31
Tabel 3.2.	Pengujian Komponen Bahan Penyusun Benda Uji.....	34
Tabel 4.1.	Hasil Uji Tarik Baja .....	44
Tabel 4.2.	Hasil Uji Tarik <i>Clamp</i> .....	45
Tabel 4.3.	Hasil Uji Tekan Beton.....	46
Tabel 4.4.	Perbandingan Tinjauan Kekuatan Tulangan Tarik .....	88
Tabel 4.5.	Pembebanan dan Pola Ragam Keruntuhan .....	94
Tabel 4.6.	Nilai Kurvatur, Daktilitas dan Kekakuan.....	99
Tabel 4.7.	Kekuatan Konfigurasi Sambungan .....	100
Tabel 4.8.	Ekuivalensi <i>Clamp</i> terhadap Sambungan <i>Lap Splice</i> .....	100
Tabel 4.9.	Kekuatan Konfigurasi Sambungan <i>2Clamp</i> dengan Variabel Panjang <i>Lap Splice</i> .....	101

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Nama Gambar	Halaman
	Gambar 2.1 <i>Solid-Type Steel Coupling Sleeve</i> .....	12
	Gambar 2.2 <i>Strap-Type Steel Coupling Sleeve</i> .....	12
	Gambar 2.3 <i>Steel-Filled Coupling Sleeve</i> .....	13
	Gambar 2.4 <i>Wedge-Locking Coupling Sleeve</i> .....	13
	Gambar 2.5 <i>Steel Coupling Sleeve with Wedge</i> .....	16
	Gambar 2.6. <i>Bar Splice Double Barrel</i> .....	16
	Gambar 2.7 <i>Cold-Swaged Steel Coupling Sleeve</i> . .....	17
	Gambar 2.8 <i>Cold-Swaged Steel Coupling Sleeves with Threaded Ends Acting as A Coupler</i> .....	18
	Gambar 2.9 <i>Coupler for Thread-Deformed Bars Reinforcing</i> .....	19
	Gambar 2.10 <i>Cutaway of Taper-Threaded Steel Coupler.</i> .....	20
	Gambar 3.1 Sambungan Mekanis Jenis <i>Clamping</i> .....	22
	Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian .....	23
	Gambar 3.3.1.Baut dan plat sambungan mekanis.....	24
	Gambar 3.3.2. Kunci Torsi dan pemberian <i>pretensioning</i> .....	26
	Gambar 3.3.3. Ukuran penampang tulangan ulir D16 .....	27
	Gambar 3.3.4.a. Model Penyambungan <i>clamp + Lap Splice</i> .....	29
	Gambar 3.3.4.b. Model Deformasi <i>clamp + Lap Splice</i> .....	29
	Gambar 3.3.4.c. Model Kontur Tegangan satu <i>clamp + Lap Splice</i> .....	29
	Gambar 3.3.4.d. Model Kontur Tegangan dua <i>clamp + Lap Splice</i> .....	30
	Gambar 3.3.4.e. Model Kontur Tegangan tiga <i>clamp + Lap Splice</i> .....	30
	Gambar 3.4. Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Uji Tarik Benda uji .....	31
	Gambar 3.5 Komponen Sambungan Mekanis jenis <i>Clamping</i> .....	33
	Gambar 3.6 <i>Set-up</i> Pengujian Tarik pada Komponen Benda Uji .....	35
	Gambar 3.7 <i>Set-up</i> Pengujian Tekan Silinder Beton .....	36
	Gambar 3.8.1. <i>Set-up</i> model benda uji.....	37

<b>No. Gambar</b>	<b>Nama Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 3.8.2.a.	Diagram Regangan dan Gaya-Gaya dalam pada Penampang Balok ...	37
Gambar 3.8.2.b.	Pembebanan pada Balok Uji.....	39
Gambar 3.8.3.	<i>Set-up</i> Pengujian Lentur pada Benda Uji Balok.....	42
Gambar 4.2.	Grafik Uji Tarik Baja .....	45
Gambar 4.3.	Grafik Uji Tarik <i>Clamp</i> .....	45
Gambar 4.4.	Grafik Uji Tekan Silinder Beton .....	46
Gambar 4.5.1.a.	Properti Balok BU .....	47
Gambar 4.5.1.b.	Hubungan Beban dengan Lendutan BU.....	48
Gambar 4.5.1.c.	Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan BU .....	49
Gambar 4.5.1.d.	Hubungan Beban dengan Regangan Beton BU .....	50
Gambar 4.5.1.e.	Hubungan Momen dengan Kurvatur BU .....	52
Gambar 4.5.1.f.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok BU .....	53
Gambar 4.5.1.g.	Hubungan Beban dengan Posisi Garis Netral BU.....	54
Gambar 4.5.2.a.	Properti Balok BLS10 .....	55
Gambar 4.5.2.b.	Hubungan Beban dengan Lendutan BLS10 .....	56
Gambar 4.5.2.c.	Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan BLS10 .....	57
Gambar 4.5.2.d.	Hubungan Beban dengan Regangan Beton BLS10.....	59
Gambar 4.5.2.e.	Hubungan Momen dengan Kurvatur BLS10.....	60
Gambar 4.5.2.f.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok BLS10 .....	61
Gambar 4.5.2.g.	Hubungan Beban dengan Posisi Garis Netral BLS10.....	62
Gambar 4.5.3.a.	Properti Balok B1C+LS10 .....	63
Gambar 4.5.3.b.	Hubungan Beban dengan Lendutan B1C+LS10 .....	64
Gambar 4.5.3.c.	Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan B1C+LS10 .....	65
Gambar 4.5.3.d.	Hubungan Beban dengan Regangan Beton B1C+LS10.....	67
Gambar 4.5.3.e.	Hubungan Momen dengan Kurvatur B1C+LS10.....	68
Gambar 4.5.3.f.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok B1C+LS10 .....	69
Gambar 4.5.3.g.	Hubungan Beban dengan Posisi Garis Netral B1C+LS10 .....	70

<b>No. Gambar</b>	<b>Nama Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 4.5.4.a.	Properti Balok B2C+LS10 .....	71
Gambar 4.5.4.b.	Hubungan Beban dengan Lendutan B2C+LS10 .....	72
Gambar 4.5.4.c.	Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan B2C+LS10 .....	73
Gambar 4.5.4.d.	Hubungan Beban dengan Regangan Beton B2C+LS10.....	74
Gambar 4.5.4.e.	Hubungan Momen dengan Kurvatur B2C+LS10.....	76
Gambar 4.5.4.f.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok B2C+LS10 .....	77
Gambar 4.5.4.g.	Hubungan Beban dengan Posisi Garis Netral B2C+LS10 .....	77
Gambar 4.5.5.a.	Properti Balok B2C+LS30 .....	79
Gambar 4.5.5.b.	Hubungan Beban dengan Lendutan B2C+LS30 .....	79
Gambar 4.5.5.c.	Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan B2C+LS30 .....	80
Gambar 4.5.5.d.	Hubungan Beban dengan Regangan Beton B2C+LS30.....	82
Gambar 4.5.5.e.	Hubungan Momen dengan Kurvatur B2C+LS30.....	83
Gambar 4.5.5.f.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok B2C+LS30 .....	84
Gambar 4.5.5.g.	Hubungan Beban dengan Posisi Garis Netral B2C+LS30 .....	84
Gambar 4.6.1.	Perbandingan Hubungan Beban dengan Lendutan Balok Benda Uji .....	86
Gambar 4.6.2.	Perbandingan Hubungan Beban dengan Regangan Tulangan Tarik Balok Benda Uji .....	87
Gambar 4.6.3.	Perbandingan Hubungan Beban dengan Regangan Beton Balok Benda Uji .....	89
Gambar 4.6.4.	Perbandingan Hubungan Momen dengan Kurvatur Balok Benda Uji .....	90
Gambar 4.6.5.a.	Perbandingan Regangan dan Garis Netral Balok Benda Uji .....	91
Gambar 4.6.5.b.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok Benda Uji .....	92
Gambar 4.6.5.c.	Diagram Regangan dan Garis Netral Balok Benda Uji .....	93

<b>No.Gambar</b>	<b>Nama Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 4.6.5.a.	Pola Retak Balok Benda Uji .....	95
Gambar 4.6.5.b.	Pola Retak Balok Benda Uji .....	96
Gambar 4.6.5.c.	Pola Retak Balok Benda Uji .....	97
Gambar 4.6.5.d.	Pola Retak Balok Benda Uji .....	98
Gambar 4.8.	Grafik Perbandingan Daktilitas dan Kekakuan Balok Benda Uji .....	100
Gambar 4.10.	Hubungan Momen dan Panjang <i>Lap Splice</i> .....	101
Gambar 4.11.	Hubungan Momen dan Sambungan 2 <i>Clamp+Variabel</i> Panjang <i>Lap Splice</i> .....	102

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Arti	Satuan
$l_d$	panjang penyaluran	mm
$A_b$	luas penampang tulangan	$\text{mm}^2$
$d_b$	diameter tulangan	mm
$\alpha$	faktor lokasi penulangan	
$\beta$	faktor pelapis	
$\gamma$	faktor ukuran batang tulangan	
$\lambda$	faktor beton agregat ringan/normal	
$K_{tr}$	indeks tulangan transversal	
$f_y$	tegangan leleh baja tulangan	MPa
$f'c$	kuat tekan beton	MPa
$\mu$	tegangan lekat antara baja tulangan dan beton	MPa
$P$	beban yang bekerja pada benda uji	kN
$\epsilon_s$	regangan baja	
$\epsilon_c$	regangan beton	
$C_c$	gaya dalam tekan beton	kN
$C_s$	gaya dalam tekan tulangan	kN
$T$	gaya dalam tarik tulangan	kN
#	nomor tulangan	
$\phi$	diameter tulangan polos	mm
$D$	diameter tulangan ulir	mm
$\emptyset$	faktor geser	
$\emptyset V_n$	kuat geser nominal	kN
$V_c$	kuat geser beton	kN
$V_s$	kuat geser sengkang	kN
$d$	tinggi jarak lengan dari serat atas beton tertekan ke sentral tulangan tarik	mm

<b>Notasi</b>	<b>Arti</b>	<b>Satuan</b>
s	jarak tulangan geser/sengkang	mm
Av	luas penampang tulangan geser total dengan jarak spasi antar tulangan	mm <sup>2</sup>
As	luas penampang batang tulangan sengkang	mm <sup>2</sup>
$\rho$	rasio tulangan dalam beton	%
$\varphi_y$	kurvatur leleh	rad/m
$\varphi_u$	kurvatur ultimate	rad/m