

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xv
Daftar Notasi	xxiii
Daftar Lampiran	xxv
Abstrak	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Hipotesis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang	6

2.2 Jenis dan Sifat Baja Tulangan	7
2.3 Perilaku Lentur Pada Balok	10
BAB III LANDASAN TEORI	17
3.1 Umum	17
3.2 Teori Distribusi	18
3.2.1 Distribusi Normal	18
3.2.2 Distribusi Lognormal	19
3.2.3 Distribusi Kontinu Penting	19
3.3 Tegangan-Regangan Baja Beton	19
3.4 Momen Curvature	23
3.5 Overstrenght Factor	28
3.5.1 Balok Persegi Tulangan Sebelah	28
3.5.2 Balok Persegi Tulangan Rangkap	29
3.5.3 Pelat Terlentur	31
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	34
4.1 Penelitian Awal	34
4.2 Persiapan Bahan dan Alat	34
4.3 Pengujian Tarik Baja	35
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
5.1 Karakteristik Fisik Baja Tulangan	36
5.1.1 Distribusi Variasi Diameter	36

5.1.2 Distribusi Variasi Merk	43
5.1.3 Distribusi Variasi Bentuk	43
5.1.4 Distribusi Variasi Panjang	43
5.2 Karakteristik Mekanik Baja Tulangan	43
5.2.1 Diagram Tegangan Regangan	43
5.2.2 Rentang Regangan Yield Plateau	44
5.2.3 Rentang Regangan Strain Hardening	56
5.2.4 Kenaikan Tegangan Akibat Strain Hardening	56
5.2.5 Modulus Elastisitas	60
5.2.6 Analisa Momen Curvature	68
5.3 Implikasi Karakteristik Fisik dan Mekanik Baja Tulangan Pada Disain Elemen Beton Bertulang	68
5.3.1 Penurunan Momen Nominal Akibat Karakteristik Fisik Baja Tulangan	68
5.3.2 Efek Strain Hardening Terhadap Kenaikan Momen Nominal	72
5.3.3 Hubungan Antara Kenaikan Tegangan dengan Kenaikan Momen Nominal	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	98
6.1 Kesimpulan	98
6.2 Saran-saran	100



LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis dan Kelas Baja Tulangan Sesuai SII 0136-80	8
Tabel 2.2	Penyimpangan yang diijinkan untuk panjang batang menurut PUBI 1982	8
Tabel 2.3	Penyimpangan/toleransi yang diijinkan untuk massa teoritis perpanjang menurut PUBI 1982	9
Tabel 2.4	Penyimpangan yang diijinkan untuk berat teoritis seluruh partai menurut PUBI 1982	9
Tabel 2.5	Penyimpangan yang diijinkan dari diameter nominal menurut PUBI 1982	9
Tabel 4.1	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.2	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.3	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.4	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.5	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.6	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.7	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.8	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1

Tabel 4.9	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.10	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.11	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.12	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.13	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.14	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.15	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.16	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.17	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.18	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.19	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.20	Data Pengukuran baja tulangan polos	lamp 1
Tabel 4.21	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 1 D22-Hanil	lamp 2
Tabel 4.22	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 2 D22-Hanil	lamp 2
Tabel 4.23	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 3 D19-Hanil	lamp 2
Tabel 4.24	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 4 D19-Hanil	lamp 2
Tabel 4.25	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 5 D16-Hanil	lamp 2
Tabel 4.26	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 6 D16-Hanil	lamp 2
Tabel 4.27	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 7 D12-Hanil	lamp 2
Tabel 4.28	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 8 D12-Hanil	lamp 2
Tabel 4.29	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 9 D12-JTS	lamp 2

Tabel	4.30	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 10 D12-JTS	lamp 2
Tabel	4.31	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 11 D12-Tanpa Merk	lamp 2
Tabel	4.32	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 12 D12-Tanpa Merk	lamp 2
Tabel	4.33	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 13 D10- Hanil	lamp 2
Tabel	4.34	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 14 D10- Hanil	lamp 2
Tabel	4.35	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 15 D10- JT	lamp 2
Tabel	4.36	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 16 D10- JT	lamp 2
Tabel	4.37	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 17 D10- BS	lamp 2
Tabel	4.38	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 18 D10- Tanpa Merk	lamp 2
Tabel	4.39	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 19 D10- Tanpa Merk	lamp 2
Tabel	4.40	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 20 D8- Hanil	lamp 2
Tabel	4.41	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 21 D8- HH	lamp 2
Tabel	4.42	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 22 D8- HH	lamp 2
Tabel	4.43	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 23 D8- SS	lamp 2
Tabel	4.44	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 24 D8- SS	lamp 2
Tabel	4.45	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 25 D8- BT	lamp 2
Tabel	4.46	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 26 D8- BT	lamp 2
Tabel	4.47	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 27 D8- SJ	lamp 2
Tabel	4.48	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 28 D8- SJ	lamp 2
Tabel	4.49	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 29 D8- SD	lamp 2
Tabel	4.50	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 30 D8- S	lamp 2

Tabel 4.51	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 31 D8- JTS	lamp 2
Tabel 4.52	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 32 D8- Tanpa Merk	lamp 2
Tabel 4.53	Data hasil pengujian baja tulangan sampel 33 D8- Tanpa Merk	lamp 2
Tabel 5.1	Tegangan daerah strain hardening menurut persamaan D.C. Kent	61
Tabel 5.2	Modulus plastis daerah yield plateau (E2) menurut W.F. Chen dan T.Atsuta	66



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perilaku lentur pada beban kecil	12
Gambar 2.2	Perilaku lentur pada beban sedang	13
Gambar 2.3	Perilaku lentur pada beban besar	14
Gambar 2.4	Penampang bertulangan seimbang	15
Gambar 3.1	Distribusi normal	18
Gambar 3.2	Diagram tegangan regangan	20
Gambar 3.3	Tampang elemen distribusi regangan	23
Gambar 3.4	Momen curvature	24
Gambar 3.5	Tampang balok tulangan rangkap (a) saat luluh pertama (b) saat ultimit	28
Gambar 5.1	Hubungan antara diameter terukur ($\varnothing 6$ mm) dengan jumlah	38
Gambar 5.2	Hubungan antara diameter terukur ($\varnothing 8$ mm) dengan jumlah	38
Gambar 5.3	Hubungan antara diameter terukur ($\varnothing 10$ mm) dengan jumlah	39
Gambar 5.4	Hubungan antara diameter terukur ($\varnothing 12$ mm) dengan jumlah	39
Gambar 5.5	Grafik gabungan hubungan antara diameter terukur ($\varnothing 6$, $\varnothing 8$, $\varnothing 10$, $\varnothing 12$ mm) dengan jumlah	40

Gambar 5.6	Distribusi variasi diameter 6 mm	41
Gambar 5.7	Distribusi variasi diameter 8 mm	41
Gambar 5.8	Distribusi variasi diameter 10 mm	42
Gambar 5.9	Distribusi variasi diameter 12 mm	42
Gambar 5.10	Diagram tegangan regangan baja tulangan D22-Hanil (sp 1)	45
Gambar 5.11	Diagram tegangan regangan baja tulangan D22-Hanil (sp 2)	45
Gambar 5.12	Diagram tegangan regangan baja tulangan D19-Hanil (sp 3)	45
Gambar 5.13	Diagram tegangan regangan baja tulangan D19-Hanil (sp 4)	45
Gambar 5.14	Diagram tegangan regangan baja tulangan D16-Hanil (sp 5)	46
Gambar 5.15	Diagram tegangan regangan baja tulangan D16-Hanil (sp 6)	46
Gambar 5.16	Diagram tegangan regangan baja tulangan D12-Hanil (sp 7)	46
Gambar 5.17	Diagram tegangan regangan baja tulangan D12-Hanil (sp 8)	46
Gambar 5.18	Diagram tegangan regangan baja tulangan D12-JTS (sp 9)	47
Gambar 5.19	Diagram tegangan regangan baja tulangan D12-JTS (sp 10)	47
Gambar 5.20	Diagram tegangan regangan baja tulangan D12-tanpa merk (sp 12)	47
Gambar 5.21	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-Hanil (sp 13)	47
Gambar 5.22	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-Hanil (sp 14)	48
Gambar 5.23	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-JT (sp 15)	48
Gambar 5.24	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-JT (sp 16)	48
Gambar 5.25	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-BS (sp 17)	48

Gambar 5.26	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-tanpa merk (sp 18)	49
Gambar 5.27	Diagram tegangan regangan baja tulangan D10-tanpa merk (sp 19)	49
Gambar 5.28	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-Hanil (sp 20)	49
Gambar 5.29	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-HH (sp 21)	49
Gambar 5.30	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-HH (sp 22)	50
Gambar 5.31	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-SS (sp 23)	50
Gambar 5.32	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-SS (sp 24)	50
Gambar 5.33	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-SJ (sp 27)	50
Gambar 5.34	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-SJ (sp 28)	51
Gambar 5.35	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-SD (sp 29)	51
Gambar 5.36	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-S (sp 30)	51
Gambar 5.37	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8 JTS (sp 31)	51
Gambar 5.38	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-tanpa merk (sp 32)	52
Gambar 5.39	Diagram tegangan regangan baja tulangan D8-tanpa merk (sp 33)	52
Gambar 5.40	Hubungan antara diameter sampel dengan tegangan luluh pada awal dan akhir yield plateau (f_y dan f_{sh}) serta tegangan puncak strain hardening (f_u)	53

Gambar 5.41	Hubungan antara diameter sampel dengan rentang regangan yield plateau	54
Gambar 5.42	Hubungan antara tegangan baja sampel dengan rentang regangan yield plateau	55
Gambar 5.43	Hubungan antara diameter sampel dengan regangan luluh pada awal dan akhir yield plateau (R_y dan R_{sh}) serta regangan luluh pada puncak strain hardening (R_u)	57
Gambar 5.44	Hubungan antara diameter sampel dengan prosentase kenaikan tegangan puncak strain hardening (f_u) terhadap tegangan luluh baja (f_y)	58
Gambar 5.45	Hubungan antara tegangan baja sampel dengan prosentase kenaikan tegangan puncak strain hardening (f_u) terhadap tegangan luluh baja (f_y)	59
Gambar 5.46	Hubungan antara diameter sampel dengan modulus elastisitas E_1 (daerah elastis) dan modulus plastis E_{2x100} (daerah yield plateau) serta modulus plastis E_{shx100} (daerah strain hardening)	65
Gambar 5.47	Momen Curvature	69
Gambar 5.48	Prosentase penurunan kapasitas momen nominal balok tulangan rangkap	70

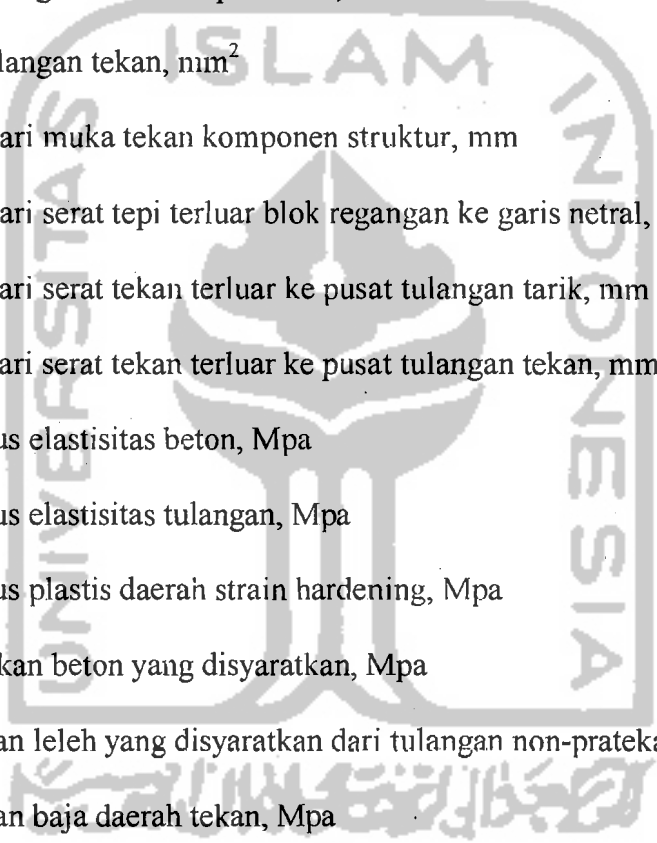
Gambar 5.49 Prosentase penurunan kapasitas momen nominal balok tulangan sebelah	70
Gambar 5.50 Prosentase penurunan kapasitas momen nominal plat	71
Gambar 5.51 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D22-Hanil (sp 1)	73
Gambar 5.52 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D22-Hanil (sp 2)	73
Gambar 5.53 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D19-Hanil (sp 3)	74
Gambar 5.54 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D19-Hanil (sp 4)	74
Gambar 5.55 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D16-Hanil (sp 5)	75
Gambar 5.56 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D16-Hanil (sp 6)	75
Gambar 5.57 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D12-Hanil (sp 7)	76
Gambar 5.58 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D12-Hanil (sp 8)	76
Gambar 5.59 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D12-JTS (sp 9)	77
Gambar 5.60 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D12-JTS (sp 10)	77
Gambar 5.61 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D12-tanpa merk (sp 12)	78
Gambar 5.62 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-Hanil (sp 13)	78
Gambar 5.63 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-Hanil (sp 14)	79
Gambar 5.64 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-JT (sp 15)	79
Gambar 5.65 Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-JT (sp 16)	80

Gambar 5.66	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-BS (sp 17)	80
Gambar 5.67	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-tanpa merk (sp 18)	81
Gambar 5.68	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-tanpa merk (sp 19)	81
Gambar 5.69	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-Hanil (sp 20)	82
Gambar 5.70	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-HH (sp 21)	82
Gambar 5.71	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-HH (sp 22)	83
Gambar 5.72	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-SS (sp 23)	83
Gambar 5.73	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-SS (sp 24)	84
Gambar 5.74	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-SJ (sp 27)	84
Gambar 5.75	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-SJ (sp 28)	85
Gambar 5.76	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-SD (sp 29)	85
Gambar 5.77	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-S (sp 30)	86
Gambar 5.78	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-JTS (sp 31)	86
Gambar 5.79	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-tanpa merk (sp 32)	87
Gambar 5.80	Hubungan antara regangan baja dengan OVF_M D10-tanpa merk (sp 33)	87

Gambar 5.81	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D22-Hanil (sp 1)	88
Gambar 5.82	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D22-Hanil (sp 2)	88
Gambar 5.83	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D19-Hanil (sp 3)	88
Gambar 5.84	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D19-Hanil (sp 4)	88
Gambar 5.85	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D16-Hanil (sp 5)	89
Gambar 5.86	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D16-Hanil (sp 6)	89
Gambar 5.87	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D12-Hanil (sp 7)	89
Gambar 5.88	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D12-Hanil (sp 8)	89
Gambar 5.89	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D12-JTS (sp 9)	90
Gambar 5.90	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D12-JTS (sp 10)	90
Gambar 5.91	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D12-tanpa merk (sp 12)	90
Gambar 5.92	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-Hanil (sp 13)	90
Gambar 5.93	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-Hanil (sp 14)	91
Gambar 5.94	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-JT (sp 15)	91
Gambar 5.95	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-JT (sp 16)	91
Gambar 5.96	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-BS (sp 17)	91
Gambar 5.97	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-tanpa merk (sp 18)	92
Gambar 5.98	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D10-tanpa merk (sp 19)	92
Gambar 5.99	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-Hanil (sp 20)	92
Gambar 5.100	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-HH (sp 21)	92
Gambar 5.101	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-HH (sp 22)	93

Gambar 5.102	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-SS (sp 23)	93
Gambar 5.103	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-SS (sp 24)	93
Gambar 5.104	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-SJ (sp 27)	93
Gambar 5.105	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-SJ (sp 28)	94
Gambar 5.106	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-SD (sp 29)	94
Gambar 5.107	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-S (sp 30)	94
Gambar 5.108	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-JTS (sp 31)	94
Gambar 5.109	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-tanpa merk (sp 32)	95
Gambar 5.110	Hubungan antara OVF_M dengan OVF_f D8-tanpa merk (sp 33)	95
Gambar 5.111	Hubungan antara OVF_M max dengan OVF_f max D12-22 (sp 1 -12)	96
Gambar 5.112	Hubungan antara OVF_M max dengan OVF_f max D8-10 (sp 13 -33)	96
Gambar 5.113	Hubungan antara OVF_M max dengan OVF_f max D8-22 (sp 1 -33)	97

DAFTAR NOTASI



A_s	= luas tulangan tarik non pratekan, mm^2
A_s'	= luas tulangan tekan, mm^2
b	= lebar dari muka tekan komponen struktur, mm
c	= jarak dari serat tepi terluar blok regangan ke garis netral, $c = a / \beta_1$ (mm)
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d'	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, Mpa
E_s	= modulus elastisitas tulangan, Mpa
E_{sh}	= modulus plastis daerah strain hardening, Mpa
f'_c	= kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa
f_y	= tegangan leleh yang disyaratkan dari tulangan non-pratekan, Mpa
f_s'	= tegangan baja daerah tekan, Mpa
f_u	= tegangan ultimit daerah strain hardening, Mpa
h	= tinggi/tebal total dari komponen struktur, mm
k	= jarak dari serat tekan terluar blok tegangan saat leleh ke garis netral
M_n	= kuat momen nominal pada suatu penampang, N-m

M_y	= momen saat leleh, N-m
M_u	= momen saat ultimit, N-m
M_{cr}	= momen retak, N-m
n	= rasio modulus elastisitas, $n = E_s/E_c$
OVF_M	= Overstrenght Factor momen nominal
OVF_f	= Overstrenght Factor tegangan
β_1	= faktor reduksi untuk kuat tekan beton
σ	= tegangan, Mpa
ϵ	= regangan
ϵ_c	= regangan tekan beton
ϵ_s	= regangan tarik baja
ϵ_s'	= regangan tarik baja pada tulangan tekan
ϵ_u	= regangan ultimit daerah strain hardening
ϵ_{sh}	= regangan luluh pada akhir yield plateau dan awal strain hardening
ρ	= rasio tulangan tarik non pratekan, A_s/bd
ρ'	= rasio tulangan tekan non pratekan, A_s'/bd
ρ_b	= rasio tulangan seimbang
ϕ	= curvature

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel data pengukuran baja tulangan polos
- Lampiran 2 Tabel hasil pengujian tarik baja
- Lampiran 3 Output program analisis lentur balok dan pelat
- Lampiran 4 Output program analisis “Overstrenght Factor”

