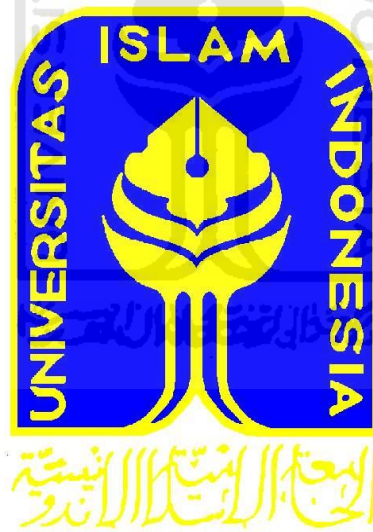


TUGAS AKHIR

**EVALUASI NILAI FAKTOR REDUKSI KEKUATAN
(ϕ) ELEMEN STRUKTUR MENURUT CODE 2013
KAITANNYA DENGAN HASIL PENELITIAN
LAPANGAN
(*EVALUATION VALUE REDUCTION FACTOR OF
STRENGTH STRUCTURE ELEMENT BY CODE 2013
CONNECTION WITH RESEARCH FIELDS*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhammad Fadli Pratama
12 511 206**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

TUGAS AKHIR

EVALUASI NILAI FAKTOR REDUKSI KEKUATAN (ϕ) ELEMEN STRUKTUR MENURUT CODE 2013 KAITANNYA DENGAN HASIL PENELITIAN LAPANGAN (*EVALUATION VALUE REDUCTION FACTOR OF STRENGTH STRUCTURE ELEMENT BY CODE 2013 CONNECTION WITH RESEARCH FIELDS*)

disusun oleh

Muhammad Fadli Pratama

12 511 206

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 21 November 2016

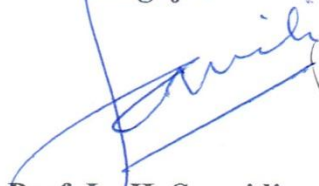
oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Prof. Ir. Widodo, MSCE,
Ph.D

Penguji I



Prof. Ir. H. Sarwidi,
MSCE, Ph.D, AU

Penguji II



Ir. H. Suharyatmo,
M.T

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Miftahul Fauziah, Ph.D.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

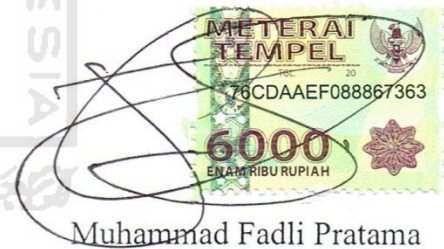
Saya mengatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Desember 2016

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Fadli Pratama

(12 511 206)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Nilai Faktor Reduksi Kekuatan Elemen struktur Menurut Code 2013 Kaitannya dengan Hasil Penelitian Lapangan*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis tidak lepas dari bimbingan dan pengarahan Bapak/Ibu dosen serta beberapa pihak yang membantu dengan segala keikhlasan. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
2. Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D selaku dosen pembimbing, terimakasih atas dorongan, motivasi, arahan, dan bimbingannya dalam penyusunan tugas akhir ini,
3. Surhayatma, ST., M. Eng., MT selaku dosen penguji,
4. Ibu Yunalia Muntafi, ST., MT selaku dosen penguji,
5. Seluruh dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah bersedia mendidik, mengajar, dan memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Keluarga tercinta ayah (Aidil), Ibu (Tuminah), Adik-adik (Yoan dan Rehan) yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan pendidikan dan yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
7. Yuni Dwitasari, atas motivasi, doa, dukungan dan pengertiannya yang tak kunjung henti,

8. Teman-teman seperjuangan, mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia angkatan 2012. Terimakasih atas kerjasamanya selama ini,
9. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan peningkatan tulisan ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh



Yogyakarta, 10 Januari 2017

Penulis,

Muhammad Fadli Pratama
12 511 222

DAFTAR ISI

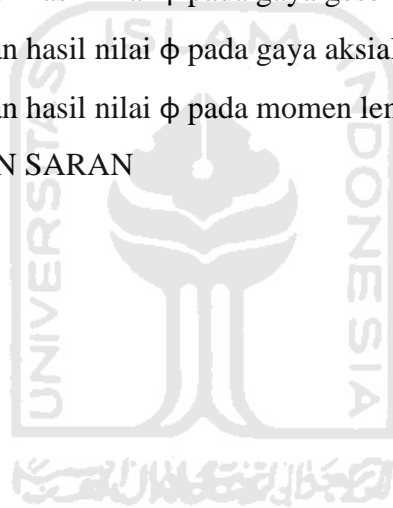
	Halaman
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xx
ABSTRAK	xxii
ABSTRACT	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 MANFAAT PENELITIAN	4
1.5 BATASAN PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 RENCANA PENELITIAN YANG AKAN DILAKUKAN	7
2.3 KEASLIAN PENELITIAN	7
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 FAKTOR REDUKSI KEKUATAN	12
3.1.1 Konsep Perhitungan Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	13
3.2 FORMAT KEKUATAN/KEAMANAN	19
3.3 PARAMETER STATISTIK YANG DIGUNAKAN	20
3.3.1 Rata-Rata hitung (Mean)	20

3.3.2	Deviasi Standar	21
3.3.3	Koefisien Variasi	22
3.3.4	Kombinasi Distribusi Statistik	22
3.3.5	Kuat Desak Beton ($f'c$)	23
3.4	BAJA TULANGAN	24
3.5	PERHITUNGAN FAKTOR REDUKSI KEKUATAN	25
3.5.1	Penyederhanaan Asumsi dan Perumusan Kekuatan	25
3.5.2	Perhitungan Nilai Φ Pada Momen Lentur Balok	26
3.5.2.1	Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)	26
3.5.2.2	Kekuatan Penampang Momen Rerata (R)	30
3.5.2.3	Koefisien variasi (V_R)	30
3.5.2.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Balok	34
3.5.3	Perhitungan Nilai Φ Pada Gaya Geser Balok	34
3.5.3.1	Kekuatan Penampang Struktur Untuk Gaya Geser Rencana (R)	34
3.5.3.2	Kekuatan Penampang Struktur Gaya geser Rerata (\bar{R})	35
3.5.3.3	Koefiesn Variasi (V_R)	35
3.5.3.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Balok	37
3.5.4	Perhitungan Nilai Φ Pada Gaya Aksial	38
3.5.4.1	Kekuatan Penampang Struktur Untuk Gaya Aksial Rencana (R)	38
3.5.4.2	Kekuatan Penampang Struktur Gaya Aksial Rerata (\bar{R})	38
3.5.4.3	Koefiesn Variasi (V_R)	39
3.5.4.4	Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Aksial Kolom	41

3.5.5 Perhitungan Nilai Φ Pada Momen Lentur Pelat	41
3.5.5.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)	41
3.5.5.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata (\bar{R})	42
3.5.5.3 Koefisien variasi (V_R)	43
3.5.5.4 Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (Φ) momen lentur pelat	45
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 LOKASI PENELITIAN	46
4.2 WAKTU PENELITIAN	46
4.3 ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN	46
4.4 MODEL ATAU OBJEK BANGUNAN	46
4.5 METODE PENELITIAN	47
4.6 DATA-DATA GAMBAR	47
4.7 DATA-DATA LAPANGAN	47
4.8 METODE ANALISIS	48
4.9 BAGAN ALIR PENELITIAN	49
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 PERHITUNGAN NILAI (Φ) PADA MOMEN LENTUR BALOK	51
5.1.1 Perhitungan Nilai $M_{rencana}$ dan $M_{lapangan}$	51
5.1.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Penampang Rata-rata dengan Kekuatan Penampang Rencana (γ_R)	56
5.1.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi untuk Momen Nominal (V_{Mn})	56
5.1.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur (V_R)	59
5.1.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (Φ) Momen Lentur Balok	60

5.2 PERHTIUNGAN NILAI (Φ) PADA GAYA GESER BALOK	60
5.2.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Balok Rencana (R) dan Kekuatan Geser Balok Lapangan (\bar{R})	61
5.2.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Balok Lapangan dengan Kekuatan Geser Balok Rencana (γ_R)	63
5.2.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{vn})	64
5.2.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur (V_R)	65
5.2.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Balok	66
5.3 PERHTIUNGAN NILAI (Φ) PADA GAYA AKSIAL KOLOM	66
5.3.1 Menghitung Nilai Kekuatan Penampang Struktur Rencana (R) dan Kekuatan Penampang Struktur Lapangan (\bar{R})	67
5.3.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan dengan Kekuatan Gaya Aksial Rencana (γ_R)	69
5.3.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Aksial (V_{vn})	69
5.3.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur (V_R)	71
5.3.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Aksial Konsentris	71
5.4 PERHTIUNGAN NILAI (Φ) PADA MOMEN LENTUR PELAT	72
5.4.1 Menghitung Nilai Momen Nominal Pelat Rencana (R) dan Nilai Momen Nominal Pelat Lapangan (\bar{R})	72
5.4.2 Menghitung Nilai Perbandingan Momen Nominal Lapangan dengan Momen Nominal Lapangan Rencana (γ_R)	75
5.4.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Momen Nominal (V_{Mn})	76
5.4.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur (V_R)	77

5.4.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)	
Momen Lentur Pelat	78
5.5 REKAPAN PERHITUNGAN NILAI ϕ	79
5.5.1 Rekapitan perhitungan nilai ϕ pada momen lentur balok	79
5.5.2 Rekapitan perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok	92
5.5.3 Rekapitan perhitungan nilai ϕ pada gaya aksial kolom	103
5.5.4 Rekapitan perhitungan nilai ϕ pada momen lentur pelat	114
5.6 REKAPAN HASIL NILAI ϕ	121
5.6.1 Rekapitan hasil nilai ϕ pada momen lentur balok	121
5.6.2 Rekapitan hasil nilai ϕ pada gaya geser balok	127
5.6.3 Rekapitan hasil nilai ϕ pada gaya aksial kolom	132
5.6.4 Rekapitan hasil nilai ϕ pada momen lentur pelat	137
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	
6.1 SIMPULAN	143
6.2 SARAN	145



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) menurut SKSNI dan ACI	13
Tabel 3.2 Faktor pengali (k) untuk deviasi standar	24
Tabel 3.3 Asumsi nilai P menurut Mac Gregor	25
Tabel 5.1 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk lentur balok pada empat proyek	79
Tabel 5.2 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya geser balok pada empat proyek	92
Tabel 5.3 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya aksial kolom pada empat proyek	103
Tabel 5.4 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk momen lentur pelat pada empat proyek	114
Tabel 5.5 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek A	121
Tabel 5.6 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek B	122
Tabel 5.7 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek C	122
Tabel 5.8 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek D	123
Tabel 5.9 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek A	127
Tabel 5.10 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek B	127
Tabel 5.11 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek C	128
Tabel 5.12 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek D	128
Tabel 5.13 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek A	132
Tabel 5.14 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek B	132
Tabel 5.15 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek C	132
Tabel 5.16 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek D	132
Tabel 5.17 Rekap nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek A	137

Tabel 5.18 Rekapian nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek B	137
Tabel 5.19 Rekapian nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek C	138
Tabel 5.20 Rekapian nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek D	138



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Distribusi frekuensi beban Q dan kekuatan R	14
Gambar 3.2 Distribusi frekuensi dari Y	14
Gambar 3.3 Distribusi tegangan regangan balok	26
Gambar 4.1 Data yang diperlukan untuk mencari f_i lentur balok dan geser Balok	48
Gambar 4.2 Data yang diperlukan untuk mencari f_i aksial kolom	48
Gambar 4.3 Data yang diperlukan untuk mencari f_i lentur pelat	48
Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian	50
Gambar 5.1 Penampang balok B3 tumpuan	51
Gambar 5.2 Diagram tegangan regangan	52
Gambar 5.3 Penampang balok B3 lapangan	61
Gambar 5.4 Penampang rencana kolom K1	67
Gambar 5.5 Penampang pelat A	72
Gambar 5.6 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016	82
Gambar 5.7 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010	82
Gambar 5.8 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)	82
Gambar 5.9 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016	83
Gambar 5.10 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010	83
Gambar 5.11 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)	83

Gambar 5.12 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2016	85
Gambar 5.13 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2010	85
Gambar 5.14 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn}	85
Gambar 5.15 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b 2016	86
Gambar 5.16 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b 2010	87
Gambar 5.17 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b	87
Gambar 5.18 Hubungan antara V_{M1} dengan V_{fc} 2016	87
Gambar 5.19 Hubungan antara V_{M1} dengan V_{fc} 2010	88
Gambar 5.20 Hubungan antara V_{M1} dengan V_{fc}	88
Gambar 5.21 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2016	88
Gambar 5.22 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2010	89
Gambar 5.23 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$	89
Gambar 5.24 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$ 2016	89
Gambar 5.25 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$ 2010	90
Gambar 5.26 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$	90
Gambar 5.27 Hubungan antara V_{M2} dengan V_{fy} 2016	90
Gambar 5.28 Hubungan antara V_{M2} dengan V_{fy} 2010	91
Gambar 5.29 Hubungan antara V_{M2} dengan V_{fy}	91
Gambar 5.30 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$ 2016	91
Gambar 5.31 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$ 2010	92
Gambar 5.32 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$	92
Gambar 5.33 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016	95
Gambar 5.34 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010	96
Gambar 5.35 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)	96

Gambar 5.36 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016	96
Gambar 5.37 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010	97
Gambar 5.38 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)	97
Gambar 5.39 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn} 2016	98
Gambar 5.40 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn} 2010	99
Gambar 5.41 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn}	99
Gambar 5.42 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_b 2016	100
Gambar 5.43 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_b 2010	100
Gambar 5.44 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_b	100
Gambar 5.45 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv} 2016	101
Gambar 5.46 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv} 2010	101
Gambar 5.47 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv}	101
Gambar 5.48 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s 2016	102
Gambar 5.49 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s 2010	102
Gambar 5.50 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s	102
Gambar 5.51 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016	105
Gambar 5.52 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010	105
Gambar 5.53 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)	106
Gambar 5.54 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016	106
Gambar 5.55 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010	106

Gambar 5.56 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)	107
Gambar 5.57 Hubungan antara V_R dengan V_{Po} 2016	108
Gambar 5.58 Hubungan antara V_R dengan V_{Po} 2010	108
Gambar 5.59 Hubungan antara V_R dengan V_{Po}	109
Gambar 5.60 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b 2016	110
Gambar 5.61 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b 2010	110
Gambar 5.62 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b	110
Gambar 5.63 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h 2016	111
Gambar 5.64 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h 2010	111
Gambar 5.65 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h	111
Gambar 5.66 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast} 2016	112
Gambar 5.67 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast} 2010	112
Gambar 5.68 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast}	112
Gambar 5.69 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy} 2016	113
Gambar 5.70 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy} 2010	113
Gambar 5.71 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy}	113
Gambar 5.72 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016	116
Gambar 5.73 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010	116
Gambar 5.74 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)	116
Gambar 5.75 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016	117
Gambar 5.76 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010	117

Gambar 5.77 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)	117
Gambar 5.78 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2016	119
Gambar 5.79 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2010	119
Gambar 5.80 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn}	119
Gambar 5.81 Hubungan antara V_{Mn} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2016	120
Gambar 5.82 Hubungan antara V_{Mn} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2010	120
Gambar 5.83 Hubungan antara V_{Mn} dengan $V_{(h-a/2)}$	120
Gambar 5.84 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As} 2016	121
Gambar 5.85 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As} 2010	121
Gambar 5.86 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As}	121
Gambar 5.87 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek A	123
Gambar 5.88 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek B	123
Gambar 5.89 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek C	124
Gambar 5.90 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek D	124
Gambar 5.91 ϕ lentur balok dari keempat proyek (2016)	125
Gambar 5.92 ϕ lentur balok dari penelitian Rizaldi Patria (2010)	126
Gambar 5.93 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek A	128
Gambar 5.94 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek B	128
Gambar 5.95 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek C	129
Gambar 5.96 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek D	129
Gambar 5.97 ϕ gaya geser balok dari keempat proyek (2016)	130
Gambar 5.98 ϕ gaya geser balok dari penelitian Rizaldi Patria (2010)	131
Gambar 5.99 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek A	133
Gambar 5.100 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek B	133
Gambar 5.101 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek C	133
Gambar 5.102 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek D	134
Gambar 5.103 ϕ gaya aksial kolom dari keempat proyek (2016)	135
Gambar 5.104 ϕ gaya aksial kolom dari penelitian Rizaldi Patria (2010)	136
Gambar 5.105 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek A	138

Gambar 5.106 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek B	139
Gambar 5.107 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek C	139
Gambar 5.108 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek D	139
Gambar 5.109 ϕ gaya aksial kolom dari keempat proyek (2016)	140
Gambar 5.110 ϕ_{lentur} pelat dari penelitian Rizaldi Patria (2010)	141



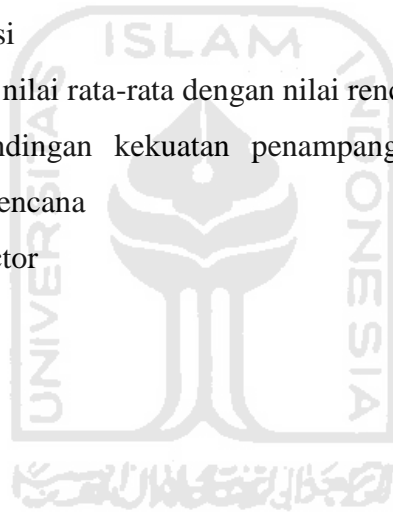
DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_{1D}	= luas tulangan sebesar 1 diameter
ACI	= American Concrete Institute
A_B	= luas dasar struktur, dinyatakan dalam meter persegi
A_s	= Luas tulangan
A_{sv}	= Luas tulangan sengkang
b	= Lebar
dp	= Diameter pengenal
F_s	= Tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan
F_y	= Kuat tarik baja
$f'c$	= Kuat desak beton
$f'cr$	= Kuat desak beton rata-rata
g	= Berat baja per meter
h	= Tinggi
h^-	= tinggi efektif
n	= Jumlah data
PBI	= Peraturan Beban Indonesia
P_f	= Probabilitas kegagalan
Q	= Beban
\bar{Q}	= Beban rata-rata
s	= Jarak tulangan sengkang
S_n	= Kuat nominal
S_o	= Kuat lebih
S_t	= Kuat tersedia
S_u	= Kuat ultimit
R	= Kekuatan
\bar{R}	= Kekuatan rata-rata
USA	= Unites State of America

V	= Koefisien variasi
V_c	= Gaya geser yang mampu dikerahkan oleh beton
V_n	= Gaya geser nominal
V_s	= Gaya geser yang mampu dikerahkan oleh baja
β	= Indeks keandalan
ε_y	= regangan tarik baja
ε_c	= regangan desak beton
ε_s	= regangan baja
ε_s'	= regangan tulangan desak
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
σ	= Standar deviasi
γ	= Perbandingan nilai rata-rata dengan nilai rencana
γ_R	= Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekutan penampang rencana
α	= Separation factor
λ	= Faktor beban



ABSTRAK

Dalam merencanakan suatu struktur bangunan perencana harus mengacu pada peraturan perencanaan bangunan yang ada. Peraturan ini dibuat dengan harapan akan didapatkan keamanan struktur yang menjamin baik terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*) atau kurang kekuatan (*understrength*). Untuk menghindari hal tersebut oleh perencana akan digunakan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang nilainya di bawah angka 1. Manfaat dari faktor reduksi kekuatan (ϕ) adalah untuk mengantisipasi adanya kemungkinan-kemungkinan yang terjadi di lapangan seperti pemakaian mutu bahan yang bervariasi, mutu pelaksanaan yang tidak sempurna, ukuran elemen-elemen struktur yang kurang sesuai dan lain sebagainya. Selama ini faktor reduksi (ϕ) yang digunakan pada code di Indonesia menggunakan faktor reduksi yang ditetapkan berdasarkan kondisi di USA. Sedangkan kondisi Indonesia berbeda dengan kondisi USA seperti mutu beton, mutu baja, pelaksanaan pekerjaan serta pengawasan.

Dalam penelitian ini akan dibandingkan nilai ϕ yang didapatkan dari data di lapangan dengan code yang ada di Indonesia. Untuk mendapatkan nilai ϕ di lapangan tersebut dibutuhkan data-data lapangan yang diambil dengan cara pengukuran pada proyek yang sedang berjalan dan juga data gambar perencanaan yang selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan nilai ϕ . Pada analisis digunakan metode *advanced first order, second momen procedure*, metode ini telah dianggap sebagai sarana yang reliable untuk penyusunan keamanan struktur oleh ACI. Data lapangan diambil pada empat proyek yang sedang berjalan di daerah Yogyakarta.

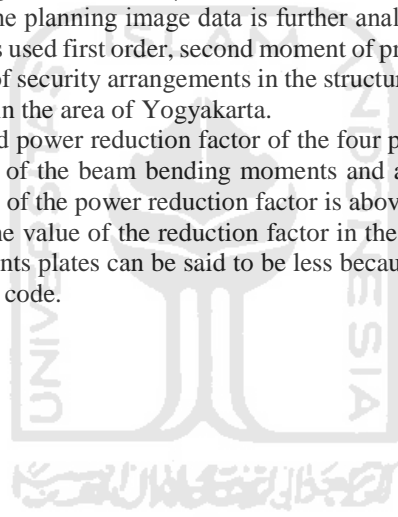
Hasil penelitian faktor reduksi kekuatan yang diperoleh terhadap empat proyek adalah bahwa nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok dan gaya aksial kolom dapat dikatakan cukup bagus karena hampir seluruh nilai faktor reduksi kekuatan berada di atas standar, walau ada beberapa yang di bawah standar. Namun untuk nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada gaya geser balok dan momen lentur pelat dapat dikatakan kurang karena masih banyak nilai faktor reduksi kekuatan di bawah code.

ABSTRACT

In planning for a building structure planners should refer to the existing building planning regulations. This regulation was made in the hope we will get good security structure that guarantees against possible overload (overload) or less force (understrength). To avoid that planners will use the value of the power reduction factor (ϕ) with a value below the number 1. The benefits of strength reduction factor (ϕ) is to anticipate the possibilities of that happening in the field such as the use of quality materials vary, the quality of execution imperfect, the size of the structural elements that were not appropriate and so forth. During this reduction factor (ϕ) used in the code in Indonesia using the reduction factors established by the conditions in the USA. While the condition of Indonesia is different from the conditions of the USA such as the quality of concrete, steel quality, implementation and monitoring work.

In this research will be compared to the value ϕ obtained from the data in the field with the existing code in Indonesia. To get the value of ϕ in the field needed field data taken by measuring the ongoing projects and also the planning image data is further analyzed to obtain the value ϕ . In the advanced method of analysis used first order, second moment of procedure, this method has been considered as a reliable means of security arrangements in the structure by ACI. The field data were taken on four ongoing projects in the area of Yogyakarta.

Research results obtained power reduction factor of the four projects is that the value of the reduction factor in the strength of the beam bending moments and axial force fields can be quite good for almost the entire value of the power reduction factor is above the standard, although some were below standard. But for the value of the reduction factor in the strength of the field on beam shear forces and bending moments plates can be said to be less because there are still a lot of value under the force reduction factor code.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Struktur bangunan merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan atau kehadiran bangunan di atas tanah. Struktur terdiri dari unsur-unsur atau elemen-elemen yang terintegrasi dan berfungsi sebagai satu kesatuan untuk menyalurkan semua jenis beban ke tanah.

Dalam merencanakan suatu struktur bangunan perencana harus mengacu pada peraturan perencanaan bangunan yang ada. Peraturan ini dibuat dengan harapan akan didapatkan keamanan struktur yang menjamin baik terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*) atau kurang kekuatan (*understrength*). Resiko runtuh yang disebabkan oleh ketidakpastian dalam proses perencanaan tidak dapat dihindari dan angka keamanan yang diberikan dalam perencanaan merupakan suatu usaha untuk memperkecil resiko runtuh pada struktur. Salah satu studi yang dapat dilakukan untuk menentukan keamanan struktur adalah menggunakan metode penelitian lapangan. Dengan metode penelitian lapangan ini diambil data-data lapangan pada proyek yang sedang berjalan, yaitu pada komponen balok, kolom dan plat, seperti data jarak tulangan, dimensi struktur, mutu bahan dan lain-lain.

Pada desain elemen beton akan terdapat bermacam-macam jenis kekuatan elemen seperti kuat ultimit (S_u), kuat nominal (S_n), kuat lebih (S_o), kuat tersedia (S_t) dan lainnya. Masing-masing kuat tersebut dapat dibandingkan antara yang satu dengan yang lainnya salah satunya hubungan adalah bahwa kuat tersedia (S_t) adalah produk antara kuat nominal dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ). Nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) akan berbeda-beda untuk elemen lentur atau phi lentur, geser atau phi geser dan aksial lentur atau phi aksial lentur.

Faktor reduksi kekuatan adalah koefisien yang menggabungkan angka kekuatan riil dengan kekuatan nominal atau teoritik stuktur elemen. Manfaat dari

faktor reduksi kekuatan (ϕ) adalah untuk mengantisipasi adanya kemungkinan-kemungkinan yang terjadi di lapangan seperti pemakaian mutu bahan yang bervariasi, mutu pelaksanaan yang tidak sempurna, ukuran elemen-elemen struktur yang kurang sesuai dan lain sebagainya. Nilai faktor reduksi kekuatan sangatlah penting dalam perencanaan, maka perencana harus mampu menganalisis dan menentukan mutu bahan serta ukuran struktur yang nantinya akan dipakai dalam pelaksanaan di lapangan.

Selain perencanaan yang harus mampu menganalisis dan menentukan mutu bahan serta ukuran struktur, kontraktor sebagai pelaksana di lapangan juga harus sepenuhnya melaksanakan semua yang telah ditentukan oleh perencana. Dalam pelaksanaan pembangunan, kontraktor sangat menentukan hasil akhir dari kekuatan bangunan, karena dalam pemilihan mutu bahan dan ketepatan ukuran struktur dilaksanakan oleh kontraktor. Mutu pelaksanaan dan mutu bahan di lapangan tersebut adalah faktor penting dalam penentuan kekuatan struktur bangunan.

Selama ini faktor reduksi (ϕ) yang digunakan pada code di Indonesia menggunakan faktor reduksi yang ditetapkan berdasarkan kondisi di USA. Sedangkan kondisi Indonesia berbeda dengan kondisi USA seperti mutu beton, mutu baja, pelaksanaan pekerjaan serta pengawasan, sehingga diperlukan adanya penelitian tentang nilai faktor reduksi sesuai dengan kondisi Indonesia.

Rahmad Purwono (1986), dalam penelitian tentang parameter yang mempengaruhi kekuatan penampang komponen struktur beton bertulang terhadap momen lentur, gaya geser, dan aksial kosentris. Karakteristik dari parameter ini dipakai sebagai masukan untuk mengidentifikasi faktor perlawanan ϕ dengan menggunakan metode *advanced first order, second momen procedure*. Penelitian dilakukan pada sepuluh proyek pembangunan gedung bertingkat lebih atau sama dengan tiga lantai di wilayah Kotamadya Surabaya.

Ismail dan Agus Sumarsono (2000), mengacu pada penelitian Rahmad Purnomo (1986), Ismail dan Agus (2000) mengemukakan alasan mengapa penelitian faktor reduksi kekuatan dilakukan yaitu, dalam perhitungan kapasitas dengan adanya angka reduksi akan menambah kekuatan nominal dari elemen struktur, sehingga setelah memasukkan faktor reduksi dalam perhitungan desain

awal, diharapkan penyimpangan di lapangan dapat dikurangi. Penelitian yang telah dilakukan oleh Ismail dan Agus tentang nilai faktor reduksi kekuatan menggunakan metode yang diusulkan oleh Mac Gregor di Kanada pada tahun (1976) yaitu “metode reabilitas momen kedua orde pertama” (*advanced first order, second momen procedure*). Penelitian Ismail dan Agus dilakukan di Yogyakarta dengan lokasi Gedung Unit VII Kampus Universita Islam Indonesia (UII), Gedung Kampus Universitas Ahmad Dahlan (UAD) dan Gedung Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY). Penelitian meliputi struktur balok, kolom, dan pelat. Hasil yang diperoleh dari perbandingan yang dilakukan mendapatkan nilai angka faktor reduksi kekuatan pada proyek UII dan UMY umumnya baik, dikarenakan dari hasil grafik perhitungan untuk gaya lentur, gaya geser, dan gaya aksial di lapangan nilainya di atas standar. Tetapi pada proyek UAD menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang kurang disebabkan nilai ϕ untuk gaya lentur, gaya geser dan gaya aksial di bawah nilai standar.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipaparkan di atas dapat disimpulkan bahwa metode *advanced first order, second momen procedure* telah terbukti dapat dipakai untuk menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ). Pada penelitian ini dicari nilai ϕ pada kondisi di Indonesia dan membandingkan hasil nilai ϕ yang didapat dengan Code 2013.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah pada penelitan ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berapa besarnya nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang didapat dari penelitian di lapangan untuk kondisi di Yogyakarta?
2. Bagaimanakah perbandingan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian di lapangan dengan nilai menurut SNI-2847 2013?
3. Bagaimanakah perbandingan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian lapangan pada tahun 2016 dengan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian lapangan pada tahun 2010?

1.3 TUJUAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. untuk mengetahui nilai faktor reduksi kekuatan terhadap momen lentur, gaya geser, dan aksial berdasarkan penelitian lapangan yang ada di Indonesia sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan struktur bangunan gedung.
2. untuk mengetahui perbandingan hasil nilai faktor reduksi yang didapat dengan nilai menurut SNI 2847 2013.
3. untuk mengetahui perbandingan hasil nilai faktor reduksi yang didapat pada tahun 2016 dengan nilai faktor reduksi yang didapat pada tahun 2010.

1.4 MANFAAT

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. sebagai bahan pertimbangan dan evaluasi bagi perencana agar dapat menentukan nilai faktor reduksi dalam merencanakan struktur bangunan gedung sesuai dengan kondisi di Yogyakarta.
2. sebagai bahan pertimbangan dan evaluasi bagi pelaksana (kontraktor) dan pengawas agar pelaksanaan dan pengawasan dilakukan dengan benar dan lebih teliti sesuai dengan perencanaan serta peraturan yang berlaku.
3. mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang didapat selama masa perkuliahan.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Penelitian ini membutuhkan batasan agar dapat terarah dan terfokus, maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut.

1. Perhitungan faktor reduksi kekuatan hanya meninjau pada momen lentur, gaya geser dan gaya aksial pada struktur pelat, balok, dan kolom.
2. Susut volume beton yang diakibatkan oleh suhu diabaikan.
3. Data penelitian didapat dari 4 proyek yang berada di Yogyakarta.
4. Klasifikasi gred kontraktor diabaikan, sehingga proyek yang diteliti diambil secara acak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Untuk mencapai hasil penelitian yang lebih baik, maka perlu dilakukan tinjauan pustaka yang mengacu pada penelitian-penelitian mengenai faktor reduksi kekuatan (ϕ), antara lain:

Nawir Rasidi (2005), dalam penelitiannya Studi Ekperimental perbandingan Nilai Faktor Reduksi (ϕ) Profil Baja Tabung Kotak di Indonesia. Penelitian dilakukan untuk menentukan faktor reduksi (ϕ) dengan indeks keandalan (β) = 3 sesuai acuan LRFD. Perilaku tekan dan lentur benda uji berupa baja tabung kotak ukuran (2 x 4) cm dengan panjang untuk pengujian tekan 75 cm dan untuk pengujian lentur 65 cm. Pengujian ini mengumpulkan data tahanan yaitu tegangan baja, luas penampang, modulus penampang dan beban.

Hasil dari pengujian lentur dengan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi lentur, $\phi_b = 0.8823$. Untuk pengujian tekan dengan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi tekan $\phi = 0.5195$. Selain itu, dilakukan juga perhitungan untuk faktor reduksi (ϕ) dengan tingkat keandalan yang berbeda yaitu : 2,5 ; 2 ; 1,5 untuk masing-masing perilaku. Diperoleh dari perhitungan bahwa dengan semakin kecil indeks keandalan β maka nilai faktor reduksi (ϕ) semakin besar.

Raditya Adi Prakoso (2010), dalam penelitiannya Studi Pengaruh Eksentrisitas Terhadap Faktor Reduksi Pada Kolom Beton Bertulang Bujursangkar dengan Menggunakan Program Visual Basic 6.0. Penelitian ini menganalisis regangan tarik yang terjadi pada tulangan beton bertulang, variasi kekuatan tekan beton serta kuat tarik tulangan akan didapatkan faktor reduksi sesuai dengan tata cara perhitungan beton bertulang yang baru, yaitu ACI 318-2002. Dengan menggunakan program bantu berupa program *visual basic*, maka perhitungan yang dipergunakan pun menjadi lebih cepat dan mudah

diaplikasikan. Dan hasil akhirnya dapat menjelaskan tentang faktor reduksi yang ada pada ACI 318-2002 seperti yang ada pada tugas akhir ini.

Tujuan utama tugas akhir ini adalah menghasilkan suatu aplikasi program bantu yang dapat digunakan untuk menghitung faktor reduksi kekuatan kolom sesuai Unified Design Provision yang terdapat pada ACI 318-2002. Dari studi kasus yang dianalisis dalam tugas akhir ini didapatkan hasil bahwa kurva faktor reduksi berubah-ubah seiring dengan regangan tarik yang terjadi. Dengan mengambil batas atas dan batas bawah dari kurva *output*-nya maka kurva faktor reduksi pada ACI 318-2002 masuk ke dalam kurva yang dihasilkan program bantu ini. Aplikasi program bantu yang dikembangkan hanya untuk menganalisis faktor reduksi pada kolom bujursangkar dengan beban gravitasi yang terjadi pada bangunan struktur. Pengembangan lebih lanjut pada masa mendatang diperlukan untuk dimensi kolom yang berbeda, maupun beban gempa dan angin terhadap faktor reduksi.

Rizaldi Patria (2010), dalam penelitiannya Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Berdasarkan Tingkat Klasifikasi Kontraktor. Penelitian dilakukan dengan membandingkan faktor reduksi kekuatan berdasarkan tingkat kualifikasi kontraktor yang ada di Indonesia. Untuk mendapatkan hasil faktor reduksi kekuatan tersebut harus memperoleh data lapangan dan data perencanaan yang kemudian dihitung. Hasil faktor reduksi yang diperoleh tiap kontraktor kemudian dibandingkan untuk mengetahui kontraktor yang paling bagus dalam melaksanakan pekerjaannya. Proyek-proyek yang diambil datanya untuk mendapatkan nilai faktor reduksi kekuatan adalah Proyek Pembangunan Gedung Lab. ADP dan Ruang Kuliah FISE Universitas Negeri Yogyakarta, Proyek Rehabilitasi Gedung Pendidikan Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta, Proyek Pembangunan Ruko Dr. Lukas Yogyakarta, Proyek Pembangunan Hotel Sagan Yogyakarta dan Proyek Pembangunan Hotel Citra Dagen Yogyakarta.

Hasil penelitian faktor reduksi yang diperoleh terhadap ke lima proyek dalam berbagai gred adalah bahwa faktor reduksi kekuatan (ϕ) momen lentur pada balok yang diperoleh ternyata lebih rendah dari pada nilai ϕ yang dituntutkan di Code. Namun demikian faktor reduksi kekuatan (ϕ) untuk gaya

geser dan gaya aksial yang diperoleh nilainya lebih tinggi dari pada nilai yang dituntutkan di Code. Semakin besar nilai koefisien variasi bahan dan mutu pelaksanaan, maka faktor reduksi kekuatan akan semakin rendah. Untuk hasil faktor reduksi bila dibandingkan dengan tingkat klasifikasi kontraktor adalah tidak bisa dikatakan bahwa semakin tinggi tingkat klasifikasi kontraktor semakin tinggi nilai faktor reduksi kekuatan, begitu pula tidak bisa dikatakan semakin rendah tingkat klasifikasi kontraktor semakin rendah nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga dalam pemilihan kontraktor dilakukan dengan cermat dan teliti guna menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang tinggi. Nilai faktor reduksi kekuatan akan tinggi bila dalam pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang direncanakan.

2.2 RENCANA PENELITIAN YANG AKAN DILAKUKAN

Penelitian akan dilakukan dengan membandingkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan pada kondisi di Indonesia dengan dengan code 2013. Metode yang digunakan dengan pengukuran di lapangan dan pengujian bahan di labtorium, sedangkan metode perhitungan dengan metode reabilitas momen kedua orde pertama (*advance first orde, second momen procedure*), sehingga diharapkan dapat diketahui seberapa besar nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) terhadap momen lentur, gaya geser, dan aksial pada kondisi di Indonesia.

2.3 KEASLIAN PENELITIAN

Rangkuman penelitian terdahulu dengan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Rangkuman penelitian terdahulu

No	Peneliti	Rumusan Masalah	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Nawir Rasidi (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - Perbandingan faktor reduksi (ϕ) dengan indeks ketebalan (β) = 3 sesuai acuan LRFD. Selain itu, dilakukan juga perhitungan untuk faktor reduksi (ϕ) dengan tingkat keandalan yang berbeda yaitu : 2,5 ; 2 ; 1,5. - Perilaku tekan dan lentur benda uji berupa baja tabung kotak ukuran (2 x 4) cm dengan panjang untuk pengujian tekan 75 cm dan untuk pengujian lentur 65 cm. 	Metode Probabilitas	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil dari pengujian lentur dengan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi lentur, $\phi_b = 0.8823$. Untuk pengujian tekan dengan $\beta = 3$ diperoleh nilai faktor reduksi tekan $\phi = 0.5195$. Diperoleh dari perhitungan bahwa dengan semakin kecil indeks keandalan β maka nilai faktor reduksi (ϕ) semakin besar.
2.	Raditya Adi Prakoso (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Pengaruh Eksentrisitas Terhadap Faktor Reduksi Pada Kolom Beton Bertulang Bujursangkar dengan Menggunakan Program Visual Basic 6.0. - Perbandingan faktor reduksi menggunakan program kurva <i>visual basic</i> dengan kurva faktor reduksi pada ACI 318-2002. 	Metode Algoritma dan Metode Iterasi	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil faktor reduksi pada kolom dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi program bantu <i>ITS Column Ila</i> karena lebih efektif dan mudah. Selain itu, hasil perhitungan telah divalidasi dengan kurva faktor reduksi kekuatan bangunan struktur yang terdapat pada peraturan ACI 318-2002 dan ternyata menghasilkan kurva yang tidak jauh berbeda karena peraturan tersebut menggunakan trend line batas aman sesuai kesepakatan ACI. - Dengan eksentrisitas yang semakin kecil maka dihasilkan kurva faktor reduksi yang semakin mendekati kurva faktor reduksi kekuatan bangunan

Lanjutan Tabel 2.1 Rangkuman penelitian terdahulu

No	Peneliti	Rumusan Masalah	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
		-		<p>struktur yang terdapat pada tata cara perhitungan beton bertulang ACI 318-2002 akan tetapi lebih padat.</p> <p>- Perbedaan selisih perhitungan antara program <i>ITS Column Ila</i> dengan kurva faktor reduksi kekuatan bangunan struktur yang terdapat pada peraturan ACI 318-2002 yang ada disebabkan oleh pembuatan bilangan random yang digunakan pada simulasi perhitungan Load and Resistance Factor Design (LRFD).</p>
3.	Rizaldi Patria (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Perbandingan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) berdasarkan tingkat klasifikasi kontraktor. - Nilai faktor reduksi kekuatan didapatkan dengan memperoleh data lapangan dan data perencanaan. - Proyek - proyek yang diteliti antara lain, proyek pembangunan gedung Lab. ADP dan Ruang Kuliah FISE Universitas Negeri Yogyakarta, Proyek Rehabilitasi Gedung Pendidikan Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta, Proyek Pembangunan Ruko Dr. Lukas Yogyakarta, Proyek Pembangunan Hotel Sagan 	<ul style="list-style-type: none"> - Metode realibilitas momen kedua, orde pertama (<i>advanced first order, second momen procedure</i>). - Penelitian lapangan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian faktor reduksi yang diperoleh terhadap ke lima proyek dalam berbagai gred adalah bahwa faktor reduksi kekuatan (ϕ) momen lentur pada balok yang diperoleh ternyata lebih rendah dari pada nilai ϕ yang dituntutkan di Code. Namun demikian faktor reduksi kekuatan (ϕ) untuk gaya geser dan gaya aksial yang diperoleh nilainya lebih tinggi dari pada nilai yang dituntutkan di Code. Semakin besar nilai koefisien variasi bahan dan mutu pelaksanaan, maka faktor reduksi

Lanjutan Tabel 2.1 Rangkuman penelitian terdahulu

No	Peneliti	Rumusan Masalah	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
		Yogyakarta dan Proyek Pembangunan Hotel Citra Dagen Yogyakarta.		kekuatan akan semakin rendah. Untuk hasil faktor reduksi bila dibandingkan dengan tingkat klasifikasi kontraktor adalah tidak bisa dikatakan bahwa semakin tinggi tingkat klasifikasi kontraktor semakin tinggi nilai faktor reduksi kekuatan, begitu pula tidak bisa dikatakan semakin rendah tingkat klasifikasi kontraktor semakin rendah nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga dalam pemilihan kontraktor dilakukan dengan cermat dan teliti guna menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang tinggi. Nilai faktor reduksi kekuatan akan tinggi bila dalam pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan yang direncanakan.
4.	Muhammad Fadli Pratama (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari penelitian di lapangan untuk kondisi di Indonesia - Perbandingan hasil nilai faktor reduksi kekuatan yang didapat dari hasil penelitian lapangan dengan nilai menurut code. 	<ul style="list-style-type: none"> - Metode realibilitas momen kedua, orde pertama (<i>advanced first order, second momen procedure</i>). - Penelitian lapangan. 	-

Berdasarkan uraian pada Tabel 2.1 maka dapat dilihat perbedaan penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Jika pada penelitian sebelumnya digunakan untuk membandingkan nilai faktor reduksi kekuatan yang ada dilapangan dengan code 2002 baik ACI maupun SNI dan juga membandingkan antar grade kontraktor, sedangkan pada penelitian sekarang digunakan untuk membandingkan nilai faktor reduksi kekuatan yang ada dilapangan dengan code 2013. Jika pada penelitian sebelumnya objek yang digunakan pada penelitian merupakan kolom beton bertulang bujursangkar dan profil baja tabung, maka pada penelitian sekarang objek yang diteliti adalah balok, kolom dan pelat yang sedang dikerjakan di lima proyek di Yogyakarta.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, elemen-elemen struktur sangat perlu diperhatikan dari berbagai segi yang dapat mempengaruhi kekuatan elemen tersebut, seperti beban yang bekerja, fungsi bangunan, sifat material maupun dimensi-dimensi struktur. Tetapi kondisi yang ada di lapangan sangat berbeda dengan apa yang telah direncanakan. Bila penyimpangan tersebut terakumulasi menjadi satu akan mengakibatkan penurunan kekuatan dari perencanaan sebelumnya. Penyimpangan-penyimpangan dari Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971) diijinkan, asal dapat dibuktikan dengan perhitungan dan atau percobaan bahwa konstruksi bangunan yang dihasilkan di lapangan cukup aman. Oleh karena itu, perencanaan struktur dihitung dengan menentukan suatu komponen struktur, maka beban minimum harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan yang sesuai dengan sifat beban untuk memperoleh kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar.

Besarnya nilai faktor reduksi (ϕ) kekuatan tergantung dari kesempurnaan dan ketepatan di lapangan. Nilai ϕ akan mendekati satu apabila dalam pelaksanaan di lapangan sesuai dengan yang direncanakan. Bila penyimpangan-penyimpangan di lapangan cukup besar maka akan menghasilkan nilai ϕ berkurang jauh dari angka satu. Berikut Nilai faktor reduksi kekuatan yang ada hingga saat ini, dapat dilihat pada Tabel 3.1 .

Tabel 3.1 Nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) menurut SKSNI dan ACI

No.	Jenis Gaya	Nilai ϕ					
		SK SNI 1991	SNI 2002	SNI 2013	ACI 318-99	ACI 318-11	ACI 318-14
1	Gaya Lentur	0,80	0,80	0,90	0,90	0,9	0,6-0,9
2	Gaya Geser	0,60	0,75	0,75	0,85	0,85	0,75
3	Gaya Aksial	0,65	0,65	0,75	0,70	0,75	0,6-0,9

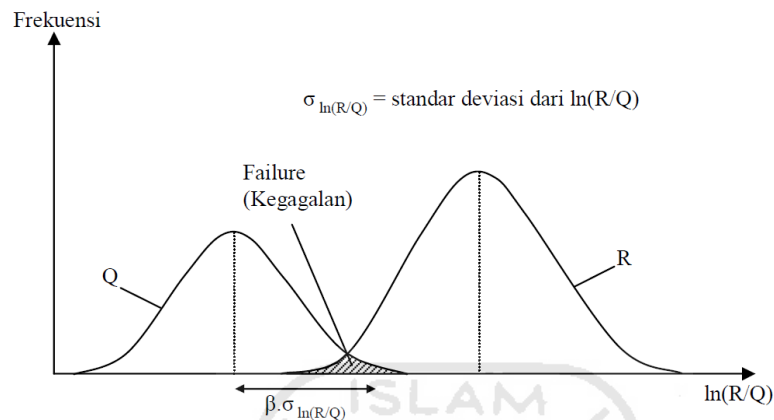
3.1.1 Konsep Perhitungan Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)

Dewasa ini dicari metode yang lebih sederhana dengan penaksiran keamanan struktur dalam hal ini struktur beton bertulang berdasarkan probabilitas, yakni dengan “metode realibilitas momen kedua, orde pertama” (*advanced first order, second momen procedure*). Metode ini memperhitungkan sifat random dari semua variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ). Metode ini disebut Second Momen Procedure karena dalam menggambarkan distribusi masing masing variabel selalu menggunakan 2 parameter statistik yaitu nilai rata-rata (mean) dan koefisien variasi. Metode ini telah dianggap sebagai sarana yang reliable untuk penyusunan keamanan struktur oleh ACI *Fall Convention Canada*, meskipun hambatan utama pemakainnya adalah kurang cukup data statistik yang konsisten (Purwono, 1989).

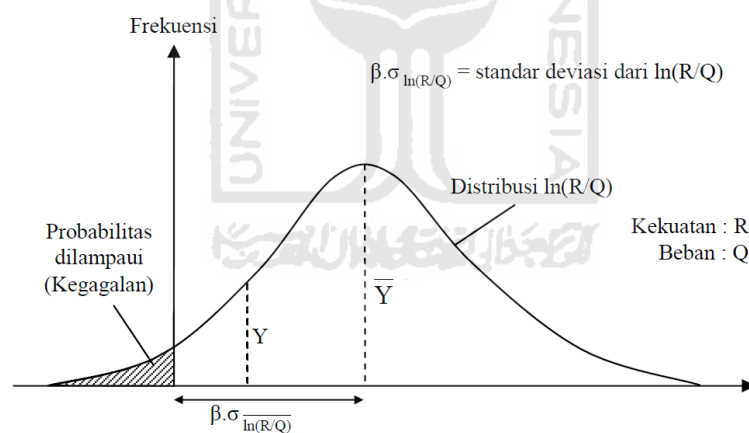
Metode tersebut mengasumsikan beban sebesar Q dan kekuatan sebesar R sebagai variabel-variabel acak. Pada Gambar 3.1 terlihat distribusi frekuensi tipikal dari variabel-variabel acak. Bila kekuatan R melebihi beban Q, maka akan terdapat suatu margin keamanan. Apabila R tidak melebihi Q dalam jarak yang besar, ada kemungkinan bahwa R kurang dari Q seperti pada bagian yang telah diarsir dimana Kurva R dan Q saling Menutupi.

Oleh karena itu, kegagalan pada struktur beton bertulang dapat didefinisikan dengan membandingkan R dan Q, atau dalam bentuk logaritmik $\ln(R/Q)$, seperti Gambar 3.2. pada kedua bentuk tersebut, kegagalan merupakan wilayah perpotongan. Jarak di antara garis kegagalan dengan nilai rata-rata dari fungsi $\ln(R/Q)$ didefinisikan sebagai perkalian b dengan standar deviasi s dari fungsi

tersebut. Pengali β disebut indeks kepercayaan (indeks kehandalan). Semakin besar β , semakin besar pula margin keamanannya.



Gambar 3.1 Distribusi frekuensi beban Q dan kekuatan R



Gambar 3.2 Distribusi frekuensi dari Y

Struktur akan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya kekuatan dan beban. Jika mengasumsikan R , \bar{R} , dan σ_r menunjukkan distribusi kekuatan dan Q , \bar{Q} , dan σ_Q menunjukkan beban, beberapa kegagalan struktur dapat diberikan jika $R < Q$. Sehingga probabilitas dari kegagalan adalah probabilitas $R < Q$ atau :

$$P_f = P \left[\frac{R}{Q} < 1 \right] \quad (3.1)$$

Dengan : P_f = Probabilitas kegagalan

Bila $\ln 1 = 0$, maka Persamaan 3.1 menjadi :

$$P_f = P \left[\ln \frac{R}{Q} < 0 \right] \quad (3.2)$$

Bila $\frac{P_f}{p} = Y$, maka dapat didefinisikan :

$$Y = \ln \left(\frac{R}{Q} \right) \quad (3.3)$$

Diasumsikan Y berdistribusi normal dan (R/Q) berdistribusi log-normal seperti ditunjukkan Gambar 3.2.

Nilai rata-rata dari Y dan standar deviasi (σ_y) adalah :

$$\bar{Y} = \overline{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \quad (3.4.a)$$

$$\sigma_y = \sigma_{\ln \left(\frac{R}{Q} \right)} \quad (3.4.b)$$

Berdasarkan prinsip logaritma (kurdiono, 1995) $\ln(R/Q) = \ln R - \ln Q$, maka Persamaan (3.4.b) menjadi :

$$\sigma_y = \sigma_{(\ln R - \ln Q)} \quad (3.5)$$

Berdasarkan sifat varian (Whitmore, 1993) menjadi :

$$\sigma_y^2 = \sigma^2_{(\ln R - \ln Q)} \quad (3.6)$$

Berdasarkan sifat varian (Walpole, 1986) $\sigma^2_{X-Y} = \sigma^2_X + \sigma^2_Y$, Persamaan 3.6 menjadi :

$$\sigma_y^2 = \sigma^2_{(\ln R - \ln Q)} = \sigma^2_{\ln R} + \sigma^2_{\ln Q} \quad (3.7)$$

Fungsi Y seperti pada Persamaan 3.3 dapat dilihat pada Gambar 3.2. Rata-rata dari Y akan lebih besar nilainya dari Y dengan Y adalah standar deviasi dikalikan faktor keamanan (b). Pernyataan tersebut dapat ditulis menjadi

$$\bar{Y} \geq \beta \sigma_y \quad (3.8)$$

Dengan memperhitungkan Persamaan 3.4.a dan 3.4.b maka persamaan 3.8 menjadi:

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} \geq \beta \sigma_{(\ln R/Q)} \quad (3.9)$$

Dengan mengingat hubungan pada Persamaan 3.7 maka Persamaan 3.9 menjadi :

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} \geq \beta \sqrt{\sigma^2_{\ln R} + \sigma^2_{\ln Q}} \quad (3.10)$$

Sesuai dengan prinsip statistika fungsi yang terdistribusi log-normal, koefisien variasi dapat dicari dengan persamaan (Kite, 1989).

$$V_R = (e^{\sigma^2_{\ln R}} - 1)^{1/2} \quad (3.11)$$

Menurut Mc Gregor (1976) untuk $V_R \leq 0,6$ maka diambil hubungan :

$$V_R = \sigma^2_{(\ln R)} \quad (3.12)$$

Substitusi Persamaan 3.12 ke dalam Persamaan 3.10 akan diperoleh,

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} = \beta \sqrt{V_R^2 + V_Q^2} \quad (3.13)$$

Lind (1971) menunjukkan bahwa :

$$\sqrt{A^2 + B^2} = \alpha A + \alpha B \quad (3.14)$$

Dengan α adalah fungsi separasi yang bernilai antara 0,707 - 1.

Dengan memperhitungkan Persamaan 3.14, maka fungsi separasi Persamaan 3.13 menjadi :

$$\overline{\ln\left(\frac{R}{Q}\right)} \geq \beta\alpha V_R + \beta\alpha V_Q \quad (3.15)$$

Persamaan 3.15 dapat ditulis menjadi bentuk :

$$\overline{R/Q} \geq e^{\beta\alpha V_R + \beta\alpha V_Q} \quad (3.16)$$

Selanjutnya Persamaan 3.16 dapat disusun menjadi :

$$\overline{R} e^{\beta\alpha V_R} \geq \overline{Q} e^{\beta\alpha V_Q} \quad (3.17)$$

Didalam perhitungan rata-rata kekuatan (\bar{R}) direduksi dengan faktor yang kurang dari satu dan beban rata-rata (\bar{Q}) diperbesar dengan faktor yang lebih dari satu (lihat Persamaan 2.1). Meskipun, ketika perancang (desainer) menggunakan aturan-aturan persamaan disain dan penentuan, menghitung kekuatan disain R dari pada rata-rata kekuatan R. Dengan cara yang sama, perencanaan (disain) didasarkan atas dari Q yang ditetapkan dalam tabel pembebanan.

Dengan mendefinisikan nilai γ adalah perbandingan dari \bar{Q}/Q maka :

$$\bar{R} = R \cdot \gamma_R \quad (3.18.a)$$

$$\bar{Q} = Q \cdot \gamma_Q \quad (3.18.b)$$

Maka Persamaan 3.18.a dan 3.18.b ditulis menjadi:

$$R \cdot \gamma_R [e^{\beta \alpha V_R}] \geq Q \cdot \gamma_Q [e^{\beta \alpha V_Q}] \quad (3.19)$$

Atau dibentuk menjadi :

$$\Phi R \geq \lambda Q \quad (3.20)$$

Harga Φ adalah nilai faktor reduksi kekuatan dan λ adalah faktor beban, sehingga persamaan yang digunakan menurut Mac Gregor 1976 adalah sebagai berikut :

$$\Phi = \gamma_R [e^{\beta \alpha V_R}] \quad (3.21)$$

dan

$$\lambda = \gamma_R [e^{\beta \alpha V_R}] \quad (3.22)$$

dengan :

$$\gamma_R = \bar{R}/R \quad (3.23)$$

V_R = koefisien variasi R

α = separation function yang bernilai antara 0,707 – 1

β = ukuran kehandalan bagian struktur

Dalam penelitian ini nilai α dipakai sebesar 0,75. Sedangkan nilai β digunakan sebagaimana yang dianjurkan oleh Mc Gregor, yaitu:

$\beta = 3,0$ untuk balok beton bertulang

$\beta = 3,5$ untuk kolom bersengkang

$\beta = 3,5$ untuk geser

3.2 FORMAT KEKUATAN / KEAMANAN

Setiap konstruksi bangunan beton bertulang harus direncanakan sedemikian rupa sehingga keamanan / penghuninya terjamin. Untuk mencapai hal tersebut, ada beberapa hal yang harus diperhitungkan, adalah sebagai berikut :

1. Adanya pelaksana kontraktor di lapangan yang kurang memperhatikan mutu pelaksanaan sehingga kurang sesuai dengan desain dan dapat menurunkan kekuatan rencana
2. Variabilitas mutu bahan yang digunakan di lapangan sehingga dapat menyebabkan perbedaan perhitungan dengan keadaan yang sesungguhnya.
3. Adanya penyederhanaan perhitungan dalam menganalisis dan desain elemen struktur.
4. Dalam pelaksanaan di lapangan adanya variabilitas ukuran elemen-elemen atau dimensi yang kurang sesuai di lapangan.

5. Adanya penyimpangan intensitas beban yang tidak sesuai atau adanya pembebanan diluar perkiraan.

Suatu bangunan struktur beton bertulang dapat terjamin keamanannya dengan cara diberikan kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar dari berbagai kombinasi efek beban yang bekerja. Kuat rencana (*design strength*) dapat diperoleh dengan mengalikan kuat nominal dengan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang lebih kecil dari satu ($\phi < 1$) dan beban nominal dikalikan dengan faktor beban yang nilainya lebih dari satu. Dapat ditulis sebagai persamaan tahanan berfaktor \geq beban berfaktor (Kadek Diana, 2005)

Faktor tahanan dapat diekspresikan dalam beberapa cara seperti ACI *Building Code* mengekspresikan sebagai:

$$\phi.R \geq \lambda.Q \quad (3.24)$$

Dengan : ϕ = faktor reduksi kekuatan,

R = kekuatan nominal,

λ = faktor beban,

Q = Beban yang bekerja.

3.3 PARAMETER STATISTIK YANG DIGUNAKAN

Berikut ini ditunjukkan parameter-parameter statistik yang dicari dan digunakan dalam penelitian ini.

3.3.1 Rata-Rata Hitung (Mean)

Rata-rata hitung untuk data bervariasi yang terdapat dalam sebuah sampel dihitung dengan cara membagi jumlah nilai data oleh banyak data. Simbol rata-rata untuk sampel adalah \bar{x} . Menurut Subagyo, 1988 nilai rata-rata tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 3.25 dan 3.26 sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (3.25)$$

atau

$$\bar{x} = \frac{\sum x_n}{n} \quad (3.26)$$

Dengan :

x = data yang diuji

n = banyaknya data

Dalam tugas akhir ini data diambil dari pengukuran di lapangan dan pengujian di laboratorium yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan.

3.3.2 Deviasi Standar

Deviasi standar (σ) adalah standar penyimpangan data dari rata-ratanya. Pangkat dua dari simpangan baku atau standar deviasi dinamakan varians. Nilai deviasi standar dari data sampel uji dapat dihitung menurut Supranto, 2008 dengan persamaan:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.27)$$

Persamaan 3.4 dirubah agar dalam menghitung dapat lebih cepat dan lebih mudah, sebab tanpa menghitung rata-ratanya dahulu seperti pada persamaan sehingga deviasi standar bisa dicari dengan persamaan 3.28.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3.28)$$

3.3.3 Koefisien Variasi

Koefisien Variasi (V) adalah menyatakan persentase deviasi standar dari rata-ratanya. Kegunaan dari koefisien variasi ini adalah mengukur keseragaman sesuatu hal. Semakin kecil koefisien variasi berarti data itu semakin tidak seragam (Subagyo, 1988). Untuk mengetahui tingkat penyebaran data digunakan koefisien variasi yang dapat dihitung menurut Hasan, 1999 dengan persamaan berikut

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \quad (3.29)$$

Atau

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.30)$$

3.3.4 Kombinasi Distribusi Statistik

Bila dalam kombinasi ini A dan B adalah menyatakan persamaan-persamaan (rumus) yang dipakai menurut Walpole, 1986.

a. Kombinasi penjumlahan

$$x = A - B \text{ (atau } A + B) \quad (3.31)$$

$$\bar{x} = \bar{A} - \bar{B} \text{ (atau } \bar{A} + \bar{B}) \quad (3.32)$$

Maka :

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} \quad (3.33)$$

Dengan : σ_A, σ_B adalah deviasi standar dari A dan B, dengan rumus persamaan 3.27.

b. Kombinasi perkalian

$$y = A \times B \quad (3.34)$$

$$\bar{y} = \bar{A} \times \bar{B} \quad (3.35)$$

Maka :

$$V_y = \sqrt{V_A^2 + V_B^2} \quad (3.36)$$

Dengan :

V_y = koefisien variasi dari y

V_A = koefisien variasi dari A

V_B = Koefisien variasi dari B

Untuk mencari nilai V_A dan V_B menggunakan Persamaan 3.29.

3.3.5 Kuat Desak Beton (f'_c)

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang bersifat heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan juga kondisi lingkungan setempat pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan desak karakteristik beton f'_c .

Dengan menganggap bahwa nilai-nilai hasil pengujian tersebut terdistribusi normal perhitungan secara statistik dapat dilakukan. Distribusi semacam ini menurut Wahyudi, 1997 dengan kekuatan desak rata-rata f'_c dan deviasi standar s , akan berlaku hubungan :

$$f'c = f'cr - 1,64 . k . s \quad (3.37)$$

Dengan :

$f'c$: kuat desak beton (MPa)

$f'cr$: kuat desak beton rata-rata (MPa)

k : faktor pengali deviasi standar

s : deviasi standar

Harga deviasi standar tergantung pada kuat desak beton yang secara tidak langsung dipengaruhi oleh metode pelaksanaan pengecoran, dan diformulasikan seperti persamaan diatas dengan mengganti variabel $f'c_{28}$ $f'cr$ dengan :

$f'c_{28}$: kuat desak beton yang berumur 28 hari (MPa)

N : Jumlah benda uji

Untuk mendapatkan nilai k sebagai faktor pengali standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut dengan jumlah sampel kurang dari 30 buah.

Tabel 3.2 Faktor pengali (k) untuk deviasi standar

Jumlah benda uji	15	18	19	20	25	>30
Faktor pengali deviasi standar (k)	1,16	1,12	1,096	1,03	1,03	1

3.4 BAJA TULANGAN

Setiap baja tulangan yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik baja terkenal dapat dipakai. Setiap pabrik baja mempunyai standar mutu dan jenis baja, sesuai dengan yang berlaku di negara yang bersangkutan. Baja tulangan menurut bentuknya dibagi dalam batang polos dan batang diprofilkan (*deform*). Yang dimaksud dengan batang polos adalah batang prismatis berpenampang bulat, persgi, lonjong, dan lain-lain, dengan permukaan licin. Yang dimaksudkan dengan batang yang diprofilkan adalah batang prismatis atau dipuntir yang permukaannya diberi rusuk-rusuk yang terpasang tegak lurus atau miring terhadap sumbu batang, dengan jarak antara

rusuk-rusuk tidak lebih dari 0,7 kali diameter pengenalnya. Di dalam perhitungan-perhitungan luas penampang batang polos yang tidak berpenampang bulat dan batang yang diprofilkan, harus diambil sebesar $\frac{1}{4} \pi dp^2$, dimana dp disebut diameter pengenal. Apabila g adalah berat batang per m' dalam kg, maka diameter pengenal dalam mm pada batang yang diprofilkan menurut Wiratman, 1971 dapat dihitung dengan rumus :

$$dp = 12,8 \sqrt{g} \quad (3.38)$$

3.5 PERHITUNGAN NILAI FAKTOR REDUKSI KEKUATAN

Unruk perhitungan nilai Φ mengikuti cara yang dikemukakan oleh Mac Gregor, 1976. Berikut tahapan perhitungan nilai Φ pada balok, kolom, dan pelat.

3.5.1 Penyederhanaan Asumsi dan Perumusan Kekuatan

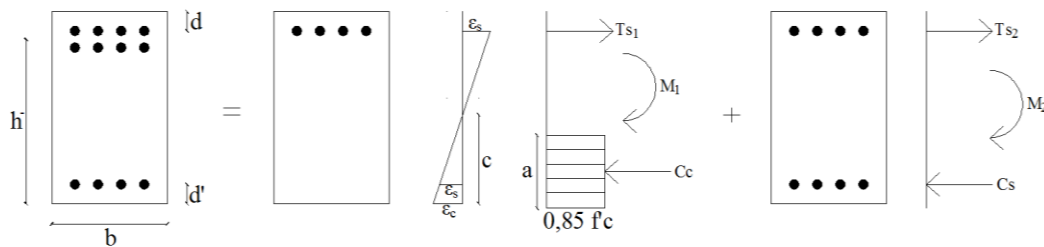
Penyederhanaan asumsi yang dilakukan dalam rumus perencanaan kekuatan penampang antara lain penggunaan blok tegangan pada mutu beton, pembatasan regangan dan pengabaian strain hardening (pengerasan regangan). Penyederhanaan tersebut mengakibatkan kesalahan yang sistematis dan acak. Yang akan menunjukkan ketelitian rumus perencanaan dinyatakan oleh perbandingan antara kekuatan penampang yang dihitung dengan penyederhanaan di atas terhadap kekuatan yang diukur dari hasil percobaan-percobaan di laboratorium. Nilai P ini menurut Mac Gregor, 1976 diasumsikan dalam Tabel 3.3 :

Tabel 3.3 Asumsi nilai P menurut Mac Gregor

Jenis	P rata-rata	V_p
Luas Tulangan (A_s)	1,00	0,03
Lentur (M_n)	1,06	0,04
Aksial Kolom (P_n)	0,98	0,05
Geser oleh beton (V_c)	1,10	0,15
Geser oleh sengkang	1,20	0,15

3.5.2 Perhitungan Nilai Φ Pada Momen Lentur Balok

3.5.2.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)



Gambar 3.3 Distribusi tegangan regangan balok

Untuk menghitung nilai kekuatan penampang momen rencana terdapat dua kondisi yang ada yaitu kondisi baja desak sudah leleh dan baja desak belum leleh. Sebelum mendapatkan hasil kekuatan momen pada balok dengan kedua kondisi tersebut, terlebih dahulu mencari apakah kondisi baja desak sudah leleh atau baja desak belum leleh. Dengan melihat diagram tegangan regangan pada Gambar 3.3, langkah awal yang dilakukan adalah:

$$c = \frac{a}{\beta} \quad (3.39)$$

Dengan perbandingan segitiga pada Gambar 3.3 maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \quad (3.40)$$

$$\varepsilon_s = \frac{h-c}{c} \times 0,003 \quad (3.41)$$

Dari Persamaan 3.4 dilakukan pengecekan yaitu kondisi baja desak belum leleh $\varepsilon'_s < \varepsilon_y$, dan untuk baja desak sudah leleh $\varepsilon'_s > \varepsilon_y$. Perbedaan kondisi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kondisi baja desak sudah leleh ($\varepsilon'_s > \varepsilon_y$)

Kondisi baja desak sudah leleh terjadi saat regangan beton mencapai angka 0,003 dan $\varepsilon'_s > \varepsilon_y$. Berdasarkan Gambar 3.3 diperoleh perhitungan kuat momen yang dirumuskan sebagai berikut:

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s \quad (3.42)$$

Dengan

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y \quad (3.43)$$

$$T_{s2} = A_s' \cdot f_y \quad (3.44)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (3.45)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_y \quad (3.46)$$

Maka persamaan-persamaan diatas menjadi:

$$A_{st} \cdot f_y = (0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + (A_s' \cdot f_y) \quad (3.47)$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = (A_{st} - A_s) f_y \quad (3.48)$$

$$a = \frac{(A_{st} - A_s') f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.49)$$

$$M_1 = C_c \cdot (h - a/2) = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot (h - a/2) \quad (3.50)$$

$$M_2 = C_s \cdot (h - d') = A_s' \cdot f_y \cdot (h - d') \quad (3.51)$$

Bila:

$$M_n = M_1 + M_2 \quad (3.52)$$

Maka, dengan mensubstitusikan Persamaan 3.49, 3.50 dan 3.51 diperoleh:

$$M_n = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot (h - a/2) + A_s' \cdot f_y \cdot (h - d') \quad (3.53)$$

2. Kondisi baja desak belum leleh ($\epsilon'_s < \epsilon_y$)

Untuk kondisi baja desak belum leleh terjadi pada saat regangan beton mencapai 0,003 dan $\epsilon'_s < \epsilon_y$ maka $f_s' = f_y$. Dilihat dari tegangan dan regangan pada Gambar 3.3 , diperoleh perhitungan:

$$T_{s1} + T_{s2} = C_c + C_s \quad (3.54)$$

Dengan

$$T_{s1} = A_s \cdot f_y \quad (3.43)$$

$$T_{s2} = A_s' \cdot f_y \quad (3.44)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \quad (3.45)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s \quad (3.55)$$

Maka persamaan-persamaan diatas menjadi:

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + (A_s' \cdot f_s) \quad (3.56)$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s \quad (3.57)$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot \varepsilon_s \cdot E_s \quad (3.58)$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot \frac{c-d'}{c} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s \quad (3.59)$$

$$A_{st} \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot \frac{a-\beta \cdot d'}{a} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s \quad (3.60)$$

$$0 = (0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b)a^2 + \{(A_s' \cdot \varepsilon_c \cdot E_s) - (A_{st} \cdot f_y)\} \cdot a - (A_s' \cdot \beta \cdot d' \cdot \varepsilon_c \cdot E_s) \quad (3.61)$$

$$a = \frac{\{(A_s' \cdot \varepsilon_c \cdot E_s) - (A_{st} \cdot f_y)\} + \sqrt{\{(A_s' \cdot \varepsilon_c \cdot E_s) - (A_{st} \cdot f_y)\}^2 + 4 \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot (A_s' \cdot \beta \cdot d' \cdot \varepsilon_c \cdot E_s)}}{2 \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b)} \quad (3.62)$$

$$M_1 = C_c \cdot (h - a/2) = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (h - a/2) \quad (3.63)$$

$$M_2 = C_s \cdot (h - d') = A_s' \cdot f_s \cdot (h - d') \quad (3.64)$$

Dengan cara yang sama pada Persamaan 3.53 maka persamaan menjadi:

$$M_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (h - a/2) + A_s' \cdot f_s \cdot (h - d') \quad (3.65)$$

Dengan:

$$F_s = \varepsilon_s' \cdot E_s \quad (3.66)$$

3.5.2.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata (R)

Dengan mengacu pada Persamaan 3.63 maka tiap variabel yang diperoleh di lapangan dibuat nilai rata-rata untuk mencari \overline{M}_n . Nilai ini harus dikoreksi terhadap kesalahan yang diijinkan dalam persamaan diatas dengan demikian menurut Mac Gregor, 1976:

$$\overline{R} = \overline{M}_n \cdot \overline{P} \quad (3.67)$$

Dengan:

\overline{M}_n = Momen nominal rata-rata, Nm

\overline{P} = Faktor penyederhanan asumsi (Tabel 3.3)

Nilai rata-rata diperoleh dari data yang telah diambil dari hasil pengukuran di lapangan dan di laboratorium yang di rata-rata. Setelah nilai R dan \overline{R} diperoleh kemudian masukkan ke dalam Persamaan 3.23 yang akan menghasilkan nilai perbandingan kekuatan penampang rerata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R).

3.5.2.3 Koefisien variasi (V_R)

Pada Persamaan 3.62, 3.63, dan 3.64 terdapat beberapa hal yang harus diperoleh yaitu tinggi balok tegangan desak beton (a) dengan variabel A_s , A_s' , d' , b, f_c dan f_y . Momen tulangan sebelah (M1) dengan variabel f_c , b dan $(h-a/2)$. Momen tulangan kembar (M2) dengan variabel A_s' , f_y dan $(h-d')$. Seluruh variabel tersebut digunakan untuk menghasilkan nilai koefisien variasi yang harus dihitung. Untuk memudahkan perhitungan nilai V_R , maka dilakukan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencari nilai rata-rata

Dengan menggunakan Persamaan 3.27, maka dihitung nilai rata-rata yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang yaitu luasan tulangan tarik rerata ($\overline{A_{st}}$), luasan tulangan desak rerata ($\overline{A_s'}$), jarak tulangan ke tepi atas rerata ($\overline{d'}$), lebar balok rerata (\overline{b}), mutu beton rerata ($\overline{f'c}$), mutu baja rerata ($\overline{f_y}$), tinggi efektif balok rerata (\overline{h}), tinggi balok tegangan beton rerata (\overline{a}), momen tulangan sebelah rerata ($\overline{M_1}$) dan momen tulangan kembar rerata ($\overline{M_2}$).

2. Mencari nilai koefisien variasi tinggi balok tegangan desak beton ($V_{a/2}$)

Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.30 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga persamaan yang dapat dihasilkan yaitu:

Koefisien variasi mutu beton,

$$V_{f'c} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f'c - \overline{f'c})^2}{n-1}}}{\overline{f'c}} \quad (3.68)$$

Koefisien variasi mutu baja,

$$V_{f_y} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f_y - \overline{f_y})^2}{n-1}}}{\overline{f_y}} \quad (3.69)$$

Koefisien variasi luas tulangan tarik,

$$V_{A_{std}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(A_{st} - \overline{A_{st}})^2}{n-1}}}{\overline{A_{st}}} \quad (3.70.a)$$

Menurut Mac Gregor nilai $V_{A_{st}}$ harus dikalikan dengan faktor penyerdahanan, dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Astd}^2 + V_{Aasp}^2} \quad (3.70.b)$$

nilai V_{asp} dapat dilihat pada Tabel 3.3

Koefisien variasi luas tulangan tekan,

$$V_{As'd} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(A_{s'i} - \bar{A}_{s'})^2}{n-1}}}{\bar{A}_{s'}} \quad (3.71.a)$$

Menurut Mac Gregor nilai $V_{As'}$ harus dikalikan dengan faktor penyederhanaan, dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{As'} = \sqrt{V_{As'd}^2 + V_{Aasp}^2} \quad (3.71.b)$$

nilai V_{asp} dapat dilihat pada Tabel 3.3

Koefisien variasi lebar balok

$$V_b = \frac{\sqrt{\frac{\sum(b - \bar{b})^2}{n-1}}}{\bar{b}} \quad (3.72)$$

Koefisien variasi jarak tulangan ke tepi atas,

$$V_{d'} = \frac{\sqrt{\frac{\sum(d' - \bar{d}')^2}{n-1}}}{\bar{d}'} \quad (3.73)$$

Dari koefisien variasi yang mempengaruhi di atas, dengan mengacu pada Persamaan 3.36 dapat dihasilkan persamaan koefisien variasi setengah tinggi balok desak beton yaitu:

$$V_{a/2} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{As'}^2 + V_b^2 + V_{d'}^2} \quad (3.74)$$

3. Mencari nilai koefisien variasi $h-a/2$ ($V_{h-a/2}$)

Variabel yang mempengaruhi koefisien variasi $h-a/2$ ($V_{h-a/2}$) adalah V_h dan $V_{a/2}$. Dengan menggunakan Persamaan 3.74, 3.30, dan 3.33 maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{a}{2}\right) \cdot V_{a/2} \quad (3.75)$$

$$\sigma_{(h-\frac{a}{2})} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{a/2}^2} \quad (3.76)$$

$$V_{\left(\frac{a}{2}\right)} = \frac{\sigma_{(h-\frac{a}{2})}}{\left(h-\frac{a}{2}\right)} \quad (3.77)$$

4. Mencari nilai deviasi standar dari M_1 ($\overline{M_1}$) dan M_2 ($\overline{M_2}$)

$$\sigma_x = V_x \cdot \overline{X} \quad (3.78)$$

Sehingga:

$$\sigma_{M_1} = V_{M_1} \cdot \overline{M_1} \quad (3.79)$$

$$\sigma_{M_2} = V_{M_2} \cdot \overline{M_2} \quad (3.80)$$

5. Mencari nilai koefisien variasi Mn (V_{Mn})

Deviasi standar dari momen nominal (σ_{Mn}) dihitung menggunakan Persamaan 3.33 seperti berikut

$$\sigma_{Mn} = \sqrt{\sigma_{M_1}^2 + \sigma_{M_2}^2} \quad (3.81)$$

Kemudian dengan Persamaan 3.30 diperoleh nilai V_{Mn} .

6. Mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Langkah selanjutnya untuk mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Mn} (koefisien variasi momen nominal) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3.

3.5.2.4 Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (Φ) momen lentur balok

Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur pada balok (Φ_{lentur}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.5.3 Perhitungan Nilai Φ Pada Gaya geser balok

3.5.3.1 Kekuatan penampang struktur untuk gaya geser rencana (R)

Dalam perencanaan gaya geser nominal balok (V_n) adalah penjumlahan dari gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh beton (V_c) dan gaya-gaya yang mampu dikerahkan oleh tulangan geser (V_s). Sehingga persamaan gaya geser menurut Gurki, 2002 tersebut menjadi:

$$R = V_n = V_c + V_s \quad (3.82)$$

Yang mana:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c \cdot b \cdot h} \quad (3.83)$$

$$V_s = \frac{A_{sv} \cdot f_y \cdot h}{S} \quad (3.84)$$

Dengan $f'c$ adalah mutu beton (dalam Mpa), lebar balok (b), tinggi efektif balok (h), luasan tulangan sengkang (A_{sv}), mutu baja (f_y) dan jarak antar tulangan sengkang (S).

3.5.3.2 Kekuatan penampang struktur gaya geser rerata (\bar{R})

Kapasitas kekuatan gaya geser balok dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.82 dengan menambah nilai rata-rata variabel pada persamaan tersebut, sehingga nilai gaya geser yang ditahan oleh beton rerata adalah \bar{V}_c dan nilai gaya geser yang ditahan oleh baja rerata adalah \bar{V}_s . Koreksi terhadap kesalahan dalam persamaan gaya geser balok tersebut menurut Mac Gregor, 1976 adalah P_{geser} (Tabel 3.3), maka persamaan menjadi:

$$\bar{R} = (\bar{V}_c + \bar{V}_s) \cdot \overline{P_{geser}} \quad (3.85)$$

3.5.3.3 Koefisien variasi (V_R)

1. Mencari nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi dari V_R maka harus dihitung nilai rata-rata variabel yang mempengaruhi nilai V_R tersebut. Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.5.2.3, bahwa kekuatan gaya geser pada balok diperoleh dari dua gaya yaitu gaya geser yang mampu di tahan oleh beton (V_c) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah $f'c$, b dan h , dan gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_s) dengan variabel yang mempengaruhinya

adalah A_{sv} , f_y , dan S . Dengan menggunakan Persamaan 3.27 maka rerata dari variabel yang mempengaruhi diatas dapat diperoleh yaitu mutu beton rerata ($\bar{f}'c$), lebar balok rerata (\bar{b}), tinggi efektif balok rerata (\bar{h}), luasan tulangan sengkang rerata (\bar{A}_{sv}), mutu baja rerata (\bar{f}_y), dan jarak tulangan sengkang rerata (\bar{S}).

2. Mencari nilai koefisien variasi V_{Vc} dan V_{Vs}

Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.30 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi yang akan menghasilkan koefisien variasi berupa koefisien variasi mutu beton ($V_{f'c}$), koefisien variasi lebar balok (V_b), koefisien variasi tinggi efektif balok (V_h), koefisien variasi mutu baja (V_{f_y}), koefisien variasi luas tulangan sengkang ($V_{A_{sv}}$), dan koefisien variasi jarak sengkang (V_s). Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_{Vc}) dan nilai koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja (V_{Vs}) digunakan Persamaan 3.36 yang kemudian akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{Vc} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_h^2} \quad (3.86)$$

$$V_{Vs} = \sqrt{V_{A_{sv}}^2 + V_{f_y}^2 + V_h^2 + V_s^2} \quad (3.87)$$

3. Mencari nilai deviasi standar dari Vc (σ_{Vc}) dan Vs (σ_{Vs})

Berdasarkan Persamaan 3.76, deviasi standar dari beban atau gaya X akan menghasilkan nilai σ_{Vc} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) dengan mengganti variabel berupa V_{Vc} (koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) serta \bar{V}_c (gaya geser yang mampu ditahan oleh beton rerata) dan menghasilkan nilai σ_{Vs} (standar deviasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) dengan mengganti variabel berupa V_{Vs} (koefisien

variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh baja) serta \bar{V}_s (gaya geser yang mampu ditahan oleh baja rerata) sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_{V_c} = V_{V_c} \cdot \bar{V}_c \quad (3.88)$$

$$\sigma_{V_s} = V_{V_s} \cdot \bar{V}_s \quad (3.89)$$

4. Mencari nilai koefisien variasi M_n (V_{M_n})

Dengan menggunakan Persamaan 3.33, dihasilkan standar deviasi gaya geser total (σ_{V_n}) dengan mengubah variabel menjadi σ_{V_c} dan σ_{V_s} . Dengan demikian koefisien variasi gaya geser total (V_{V_n}) dihitung berdasarkan Persamaan 3.30 sebagai berikut:

$$\sigma_{V_n} = \sqrt{\sigma_{V_c}^2 + \sigma_{V_s}^2} \quad (3.90)$$

$$V_{V_n} = \frac{\sigma_{V_n}}{V_n} \quad (3.91)$$

5. Mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Langkah selanjutnya untuk mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{V_n} (koefisien variasi gaya geser total) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi, pada Tabel 3.3 yang akan menghasilkan nilai koefisien variasi dari kekuatan penampang struktur sebesar V_R).

3.5.3.4 Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (Φ) gaya geser balok

Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan gaya geser balok (Φ_{geser}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.5.4 Perhitungan Nilai Φ Pada Gaya Aksial

3.5.4.1 Kekuatan penampang struktur untuk gaya aksial rencana (R)

Kekuatan penampang nominal pada kolom atau aksial kosentris ($e = 0$) yang disebutkan menurut Gurki, 2002 yaitu baris kerja P_o berimpit dengan garis kerja resultan gaya-gaya C_c (gaya desak beton), C_s (gaya desak baja) yang berlaku rumus:

$$R = P_o = P_c + P_s \quad (3.92)$$

Dimana:

$$P_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot A_n \quad (3.93)$$

Atau

$$P_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) \quad (3.94)$$

$$P_s = f_y \cdot A_{st} \quad (3.95)$$

Dengan kapasitas penampang batas eksentrisitas sama dengan nol (P_o), luas penampang beton netto (A_n), luas penampang kolom brutto (A_g), luas penampang total tulangan vertikal (A_{st}), kekuatan beton (f'_c) dan tegangan leleh baja (f_y).

3.5.4.2 Kekuatan penampang struktur gaya aksial rerata (\bar{R})

Berdasarkan Persamaan 3.94 dan 3.95 dapat diketahui variabel-variabel yang mempengaruhi kekuatan penampang struktur yang ada dilapangan sehingga, dengan variabel variabel tersebut dapat dicari perhitungan kekuatan penampang struktur rerata (\bar{R}). Nilai P_o rata-rata harus dikoreksi terhadap kesalahan yang

dijinkan yaitu faktor penyederhanaan asumsi dan persamaan (\bar{P}) pada Tabel 3.3, sehingga persamaan menurut Mac Gregor, 1976 menjadi:

$$\bar{R} = (\bar{P}_o) \cdot \bar{P} \quad (3.96)$$

3.5.4.3 Koefisien variasi (V_R)

1. Mencari nilai rata-rata

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi dari V_R maka harus dihitung nilai rata-rata variabel yang mempengaruhi nilai V_R tersebut. Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.5.3.3, bahwa kekuatan gaya geser pada balok diperoleh dari dua gaya yaitu gaya aksial yang mampu di tahan oleh beton (P_c) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah f'_c dan A_n , dan gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja (P_s) dengan variabel yang mempengaruhinya adalah A_{st} , dan f_y . Dengan menggunakan Persamaan 3.27 maka rerata dari variabel yang mempengaruhi diatas dapat diperoleh yaitu mutu beton rerata (\bar{f}'_c), luas penampang bersih rerata (\bar{A}_n), luas tulangan kolom rerata (\bar{A}_{st}), dan mutu baja rerata (\bar{f}_y).

2. Mencari nilai koefisien variasi V_{p_c} dan V_{p_s}

Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan persamaan (3.30) dengan mengganti variabel yang mempengaruhi yang akan menghasilkan koefisien variasi berupa koefisien variasi mutu beton ($V_{f'_c}$), koefisien variasi lebar kolom (V_b), koefisien variasi tinggi efektif kolom (V_{ht}), koefisien variasi mutu baja (V_{f_y}), koefisien variasi luas tulangan ($V_{A_{st}}$). Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton (V_{p_c}) dan nilai koefisien variasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja (V_{p_s}) digunakan Persamaan 3.36 yang kemudian akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{p_c} = \sqrt{V_{f'_c}^2 + V_b^2 + V_{ht}^2} \quad (3.97)$$

$$V_{P_s} = \sqrt{V_{A_{st}}^2 + V_{f_y}^2} \quad (3.99)$$

3. Mencari nilai deviasi standar dari P_c (σ_{P_c}) dan P_s (σ_{P_s})

Berdasarkan Persamaan 3.76, deviasi standar dari beban atau gaya X akan menghasilkan nilai σ_{P_c} (standar deviasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton) dengan mengganti variabel berupa V_{p_c} (koefisien variasi gaya geser yang mampu ditahan oleh beton) serta \bar{P}_c (gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton rerata) dan menghasilkan nilai σ_{P_s} (standar deviasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja) dengan mengganti variabel berupa V_{p_s} (koefisien variasi gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja) serta \bar{P}_s (gaya aksial yang mampu ditahan oleh baja rerata) sehingga persamaan menjadi:

$$\sigma_{P_c} = V_{P_c} \cdot \bar{P}_c \quad (3.100)$$

$$\sigma_{P_s} = V_{P_s} \cdot \bar{P}_s \quad (3.101)$$

4. Mencari nilai koefisien variasi M_n (V_{M_n})

Dengan menggunakan Persamaan 3.33, dihasilkan standar deviasi gaya geser total (σ_{P_o}) dengan mengubah variabel menjadi σ_{P_c} dan σ_{P_s} . Dengan demikian koefisien variasi gaya aksial total (V_{p_o}) dihitung berdasarkan Persamaan 3.30 sebagai berikut:

$$\sigma_{P_o} = \sqrt{\sigma_{P_c}^2 + \sigma_{P_s}^2} \quad (3.102)$$

$$V_{p_o} = \frac{\sigma_{P_o}}{P_o} \quad (3.103)$$

5. Mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Langkah selanjutnya untuk mencari koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{P_0} (koefisien variasi gaya aksial) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi, pada Tabel 3.3 yang akan menghasilkan nilai koefisien variasi dari kekuatan penampang struktur sebesar V_R).

3.5.4.4 Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (Φ) gaya aksial kolom

Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan gaya aksial pada kolom (Φ) dengan menggunakan Persamaan 3.21.

3.5.5 Perhitungan Nilai Φ Pada Momen Lentur Pelat

3.5.5.1 Kekuatan Penampang Momen Rencana (R)

Menurut Istimawan, 1993 persamaan untuk mencari momen nominal pelat dengan tulangan tarik adalah:

$$R = M_n = A_s \cdot f_y \cdot (h - a/2) \quad (3.104)$$

Dengan :

M_n : momen nominal

A_s : luas tulangan

F_y : mutu baja

H : tebal efektif pelat

A : tebal tekan

Melihat kembali pada diagram tegangan regangan Gambar 3.3 kondisi tulangan sebelah dapat diambil persamaan:

$$C_c = T_s l \quad (3.105)$$

Dengan memasukan Persamaan 3.43 dan 3.45 persamaan menjadi:

$$A_{st} \cdot f_y = (0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \quad (3.106)$$

Sehingga didapat persamaan:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.107)$$

3.5.5.2 Kekuatan Penampang Momen Rerata (\bar{R})

Dengan mengacu pada Persamaan 3.104 maka tiap variabel yang diperoleh di lapangan dibuat nilai rata-rata untuk mencari \bar{M}_n . Nilai ini harus dikoreksi terhadap kesalahan yang diijinkan dalam persamaan diatas dengan demikian menurut Mac Gregor, 1976:

$$\bar{R} = \bar{M}_n \cdot \bar{P} \quad (3.108)$$

Dengan:

\bar{M}_n = Momen nominal rata-rata, Nm

\bar{P} = Faktor penyederhanan asumsi (Tabel 3.3)

Nilai rata-rata diperoleh dari data yang telah diambil dari hasil pengukuran di lapangan dan di laboratorium yang di rata-rata. Setelah nilai R dan \bar{R} diperoleh kemudian masukkan ke dalam Persamaan 3.23 yang akan menghasilkan nilai perbandingan kekuatan penampang rerata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R).

3.5.5.3 Koefisien variasi (V_R)

1. Mencari nilai rata-rata

Dengan menggunakan persamaan (3.27), maka dihitung nilai rata-rata yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang yaitu luasan tulangan tarik rerata (\bar{A}_s), mutu beton rerata ($\bar{f}'c$), mutu baja rerata (\bar{f}_y), tinggi efektif balok rerata (\bar{h}), dan tinggi balok tegangan beton rerata (\bar{a}).

2. Mencari nilai koefisien variasi tinggi balok tegangan desak beton ($V_{a/2}$)

Untuk mencari nilai koefisien variasi digunakan Persamaan 3.30 dengan mengganti variabel yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, sehingga persamaan yang dapat dihasilkan yaitu:

Koefisien variasi mutu beton,

$$V_{f'c} = \sqrt{\frac{\sum(f'c - \bar{f}'c)^2}{n-1}}{\bar{f}'c} \quad (3.109)$$

Koefisien variasi mutu baja,

$$V_{f_y} = \sqrt{\frac{\sum(f_y - \bar{f}_y)^2}{n-1}}{\bar{f}_y} \quad (3.110)$$

Koefisien variasi luas tulangan tarik,

$$V_{A_{sd}} = \sqrt{\frac{\sum(A_s - \bar{A}_s)^2}{n-1}}{\bar{A}_s} \quad (3.111)$$

Menurut Mac Gregor nilai V_{A_s} harus dikalikan dengan faktor penyerdahanaan, dengan menggunakan Persamaan 3.36 maka dapat dihitung:

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{Asp}^2} \quad (3.112)$$

nilai Vasp dapat dilihat pada Tabel 3.3

Dari koefisien variasi yang mempengaruhi di atas, dengan mengacu pada Persamaan 3.36 dapat dihasilkan persamaan koefisien variasi setengah tinggi balok desak beton yaitu:

$$V_{a/2} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{As}^2} \quad (3.113)$$

3. Mencari nilai koefisien variasi $h-a/2$ ($V_{h-a/2}$)

Variabel yang mempengaruhi koefisien variasi $h-a/2$ ($V_{h-a/2}$) adalah V_h dan $V_{a/2}$, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{a}{2}\right) \cdot V_{a/2} \quad (3.114)$$

$$\sigma_{(h-\frac{a}{2})} = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{a/2}^2} \quad (3.115)$$

$$V_{\left(\frac{a}{2}\right)} = \frac{\sigma_{(h-\frac{a}{2})}}{\left(h-\frac{a}{2}\right)} \quad (3.116)$$

4. Mencari nilai koefisien variasi M_n (V_{Mn})

Koefisien variasi dari momen nominal (V_{Mn}) dihitung menggunakan Persamaan 3.33 seperti berikut

$$V_{Mn} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{h-a/2}^2} \quad (3.117)$$

5. Mencari nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R)

Langkah selanjutnya untuk mencari koefisien variasi kekuatan penampangan struktur (V_R) berdasarkan Persamaan 3.36 dengan menggunakan variabel V_{Mn} (koefisien variasi momen nominal) dan V_p (koefisien variasi faktor penyederhanaan asumsi) pada Tabel 3.3.

3.5.5.4 Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (Φ) momen lentur pelat

Langkah terakhir dalam perhitungan ini yaitu menghitung nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur pada pelat (Φ_{lentur}) dengan menggunakan Persamaan 3.21.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada empat proyek yang sedang berjalan di wilayah Yogyakarta, yaitu:

1. Proyek A, dengan jumlah lantai 6
2. Proyek B, dengan jumlah lantai 12
3. Proyek C, dengan jumlah lantai 8
4. Proyek D, dengan jumlah lantai 8

4.2 WAKTU PENELITIAN

Waktu penelitian yang dilakukan di lapangan pada kelima proyek dimulai pada bulan April 2016 sampai dengan Agustus 2016.

4.3 ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

Alat-alat yang digunakan untuk pengukuran dan pengambilan data di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Jangka sorong (Kaliper)
2. Penggaris
3. Timbangan
4. Alat tulis
5. Kamera

4.4 MODEL ATAU OBJEK BANGUNAN

Model atau objek bangunan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bangunan gedung yang sedang dikerjakan dengan jumlah lantai lebih atau sama dengan 2 lantai.
2. Bangunan gedung yang sedang dikerjakan menggunakan struktur beton bertulang

4.5 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dapat diuraikan dan disusun dalam tahap-tahapan sebagai berikut:

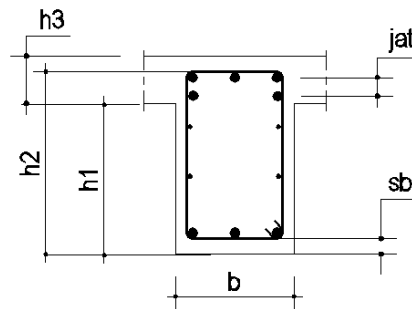
1. Pencarian lokasi proyek yang akan dijadikan dalam penelitian ini.
2. Meminta desain rencana struktur (gambar-gambar struktur proyek dan mutu bahan yang digunakan) dan menentukan bagian bagian struktur yang akan diambil datanya.
3. Pengukuran parameter-parameter dilapangan yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ).
4. Pengambilan data-data yang diperoleh dari lapangan dan laboratorium untuk mutu beton dan mutu baja tulangan yang diperlukan.
5. Menganalisis data data yang diperoleh dari lapangan dan laboratorium menggunakan metode probabilitas *advanced first order, second moment procedure* untuk setiap proyek.

4.6 DATA-DATA GAMBAR

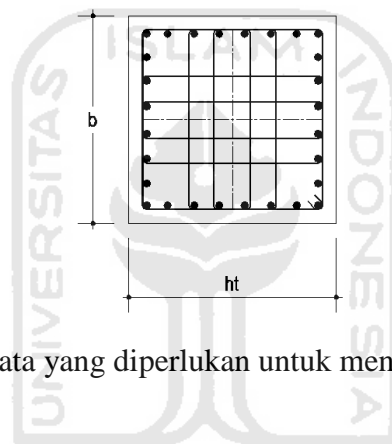
Gambar-gambar yang dibutuhkan diambil di lapangan meliputi gambar-gambar struktur pada proyek proyek yang akan diteliti nantinya.

4.7 DATA-DATA LAPANGAN

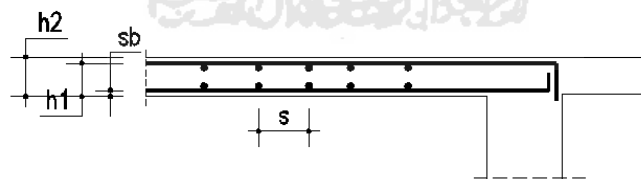
Data-data lapangan yaitu data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan yaitu dimensi struktur, jarak tulangan, dan penempatan letak tulangan pada proyek-proyek yang menjadi objek peneliti. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Data yang diperlukan untuk mencari f_i lentur balok dan geser balok



Gambar 4.2 Data yang diperlukan untuk mencari f_i aksial kolom



Gambar 4.3 Data yang diperlukan untuk mencari f_i lentur pelat

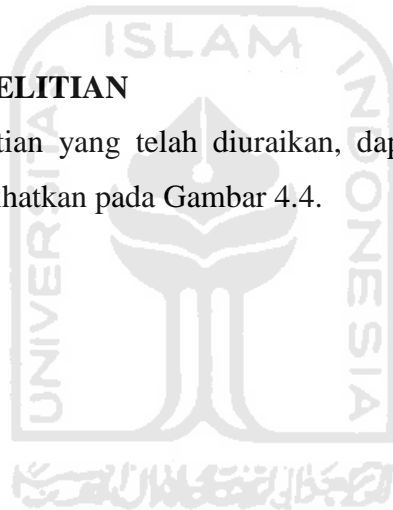
4.8 METODE ANALISIS

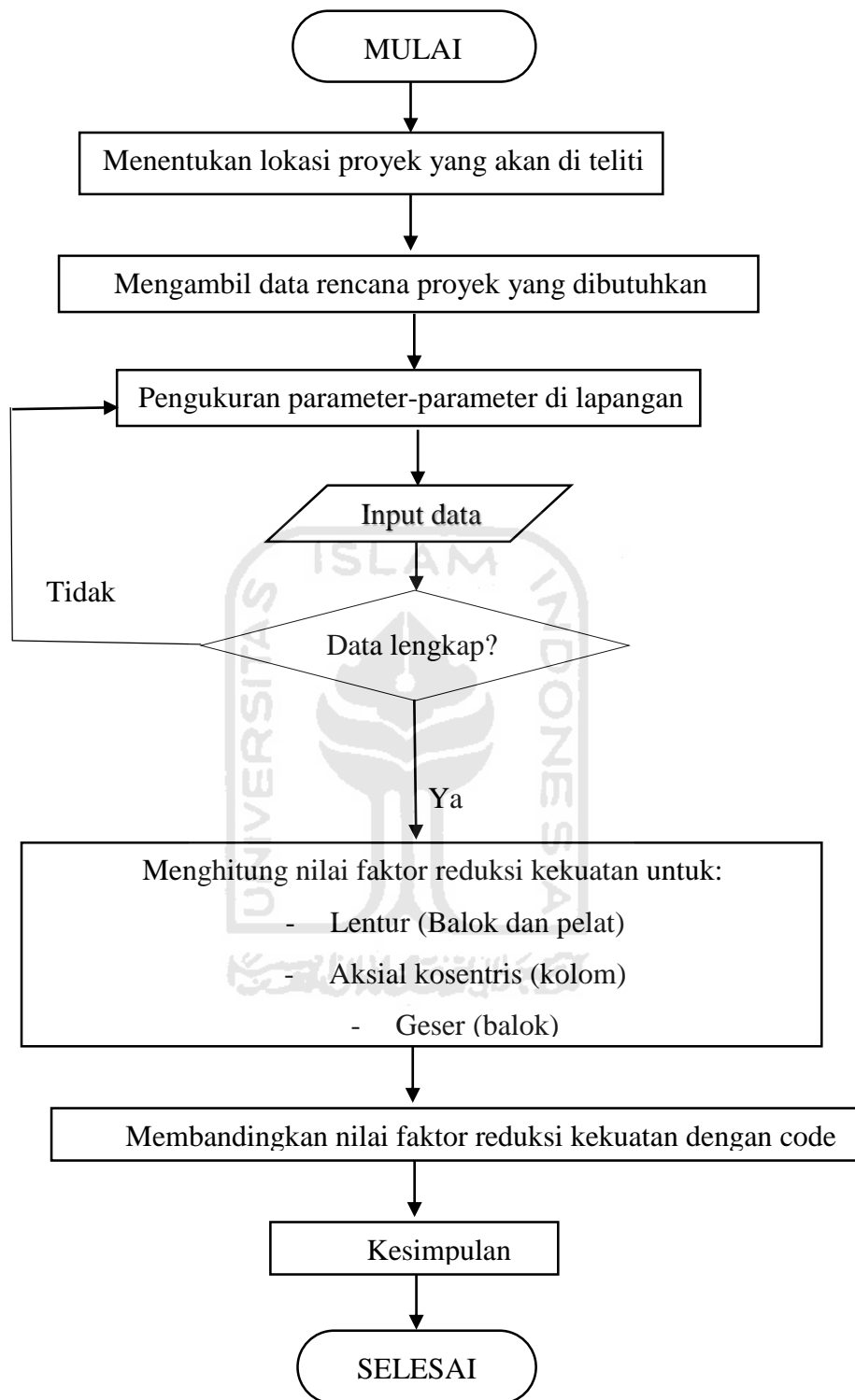
Data-data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis dengan metode probabilitas *advance first order, second moment procedur* untuk menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur balok dan pelat, geser balok dan gaya aksial kolom. Urutan-urutan analisis faktor reduksi kekuatan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat nominal rencana tiap kekuatan elemen (momen lentur, gaya geser dan gaya aksial kosentris)
2. Menghitung rerata tiap parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan.
3. Menghitung kuat penampang struktur rerata tiap kekuatan elemen.
4. Menghitung nilai perbandingan kekuatan penampang elemen rerata dengan kekuatan penampang rencana (γR).
5. Menghitung nilai koefisien variasi untuk tiap parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan.
6. Menghitung nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur.
7. Menghitung nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ).

4.9 BAGAN ALIR PENELITIAN

Dari metode penelitian yang telah diuraikan, dapat dilihat dalam bentuk bagan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.4.





Gambar 4.4 Bagan Alir Peneliti



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) mengikuti cara yang telah dikemukakan oleh Mac Gregor (1976). Dalam bab ini dijelaskan salah satu contoh urutan analisis perhitungan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

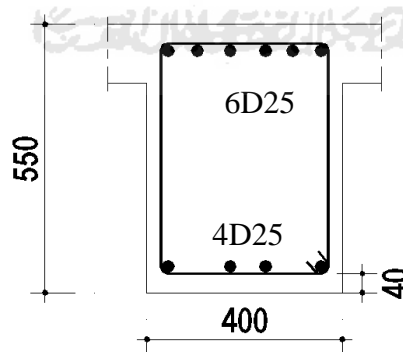
5.1 PERHITUNGAN NILAI (ϕ) PADA MOMEN LENTUR BALOK

Berikut contoh perhitungan nilai ϕ pada momen lentur balok B3 tumpuan dengan ukuran 550/400 mm pada proyek Pembangunan Hotel A.

5.1.1 Perhitungan Nilai $Mn_{rencana}$ dan $Mn_{lapangan}$

1. Perhitungan nilai $Mn_{rencana}$

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari proyek Pembangunan Hotel A, didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 5.1 Penampang balok B3 tumpuan

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$ht = 55 \text{ cm}$$

$$sb = 4 \text{ cm}$$

$$\varnothing_p = 2,5 \text{ cm}$$

$$\varnothing_s = 1 \text{ cm}$$

$$d' = s_b + \varnothing_s + (0,5 \cdot \varnothing_p) = 4 + 1 + (0,5 \cdot 2,5) = 6,25 \text{ cm}$$

$$d = s_b + \varnothing_s + (0,5 \cdot \varnothing_p) = 4 + 1 + (0,5 \cdot 2,5) = 6,25 \text{ cm}$$

$$h' = h_t - d = 55 - 6,25 = 48,75 \text{ cm}$$

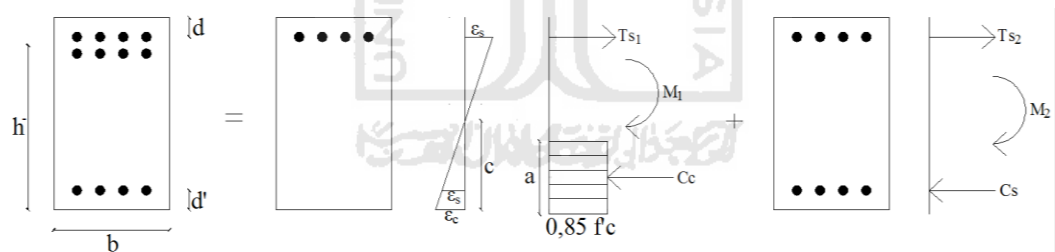
$$A_{st} = 6 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2) = 29,4375 \text{ cm}^2$$

$$A_{s'} = 4 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2) = 19,625 \text{ cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa} = 306 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa} = 4080 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan data rencana yang telah di paparkan diatas, dihitung nilai Mn rencana sebagai berikut :



Gambar 5.2 Diagram tegangan regangan

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton,

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A'_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s$$

$$29,4375 \cdot 4080 = 0,85 \cdot 306 \cdot a \cdot 40 + 19,625 \cdot \frac{a - 0,85 \cdot 6,25}{a} \cdot 0,003 \cdot 2040000$$

$$120105a = 10404a^2 + 120105a - 638057$$

$$10404a^2 + -0a - 638057$$

Dari persamaan diatas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai a sebesar 7,831227 cm.

$$\text{Menghitung letak garis netral, } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{7,831227}{0,85} = 9,21321 \text{ cm}$$

Kontrol regangan baja desak,

$$\varepsilon_s = \frac{c-d'}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{92,1321-62,5}{92,1321} \cdot 0,003 = 0,000964 < \varepsilon_y \text{ (baja desak belum leleh)}$$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,000964 \cdot 200000 = 1968,3520 \text{ Kg/cm}^2$$

Menghitung momen yang mampu dikerahkan,

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(h^- - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 306 \cdot 7,831227 \cdot 40 \cdot \left(48,75 - \frac{7,831227}{2} \right) \\ &= 3652930,553 \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= A'_s \cdot f_s \cdot (h^- - d') \\ &= 19,625 \cdot 1968,3520 \cdot (48,75 - 6,25) \\ &= 1641728,613 \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{lentur balok}} &= M_n = M_1 + M_2 \\ &= 3652930,553 + 1641728,613 = 5294659,165 \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

2. Perhitungan nilai M_n lapangan

Untuk menghitung nilai M_n lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b, h, d' , $\emptyset p$ dan $f'c$ adalah 80 data, sedangkan untuk f_y adalah 2 data. Data lapangan dapat dilihat pada lampiran.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

Menghitung nilai balok rata-rata,

$$\bar{b} = \frac{b_1+b_2+b_3+\dots+b_{80}}{n} = \frac{37,3+37,8+41,3+\dots+40,8}{80} = 39,664375 \text{ cm}$$

Menghitung nilai tinggi efektif balok negatif rata-rata,

$$\bar{h} = \frac{h1+h2+h3+\dots+h80}{n} = \frac{48,7+48,0+48,4+\dots+47,5}{80} = 48,142875 \text{ cm}$$

Menghitung nilai tinggi rata-rata,

$$\bar{d} = \frac{d'1+d'2+d'3+\dots+d'80}{n} = \frac{5,94+5,24+5,78+\dots+5,76}{80} = 5,439625 \text{ cm}$$

Menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\bar{\phi}_p = \frac{\phi p1+\phi p2+\phi p3+\dots+\phi p80}{n} = \frac{2,56+2,5+2,58+\dots+2,53}{80} = 2,5133 \text{ cm}$$

Menghitung nilai luas tulangan rata-rata,

$$\bar{A}_{st} = 6 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5133^2) = 29,82713475 \text{ cm}^2$$

$$\bar{A}_s' = 4 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5133^2) = 19,8847565 \text{ cm}^2$$

Menghitung nilai mutu baja rata-rata,

$$\bar{f}_y = \frac{f_{y1}+f_{y2}}{n} = \frac{467,937+453,0258}{2} = 460,4814 \text{ Mpa} = 4696,91028 \text{ Kg/cm}^2$$

Nilai mutu beton harus dikoreksi dengan Persamaan 3.37,

Menghitung nilai mutu beton rata-rata lapangan,

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+\dots+f'_{c80}}{n} = \frac{34,2481+32,833+33,0943+\dots+36,1428}{80} \\ &= 33,8428 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari mutu beton,

$$\sigma_{f'c} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum f'_{cr}{}^2 - (\sum f'_{cr})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}} = 1,586 \text{ Mpa}$$

Menghitung nilai mutu beton pakai (nilai k dapat dilihat pada Tabel 3.2),

$$\begin{aligned} \bar{f}'_c &= f'_{cr} - (1,64 \cdot k \cdot \sigma_{f'c}) = 33,8428 - (1,64 \cdot 1 \cdot 1,586) = 31,24126 \text{ Mpa} \\ &= 318,6609 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung nilai tinggi tegangan desak beton rata-rata,

$$\begin{aligned}
 A_s \cdot f_y &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A'_s \cdot \frac{a - \beta_1 \cdot d'}{a} \cdot \varepsilon_c \cdot E_s \\
 29,82 \cdot 4696,91 &= 0,85 \cdot 318,66 \cdot a \cdot 39,66 + \\
 19,88 \cdot \frac{a - 0,85 \cdot 5,43}{a} \cdot 0,003 \cdot 2040000 \\
 140061,85a &= 10742,34a^2 + 121665,6a - 561547,57 \\
 10742,34a^2 - 18396,25a - 561547,57 &
 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas, dengan menggunakan persamaan polinomial tingkat dua atau persamaan ABC, maka didapatkan nilai a sebesar 8,14495 cm.

Menghitung letak garis netral,

$$c = \frac{\bar{a}}{\beta_1} = \frac{8,14495}{0,85} = 9,5822 \text{ cm}$$

Kontrol regangan baja desak,

$$\varepsilon_s = \frac{c - \bar{d}'}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{9,5822 - 5,43962}{9,5822} \cdot 0,003 = 0,001297 < \varepsilon_y \text{ (baja desak belum leleh)}$$

Karena baja desak belum leleh maka harus dihitung nilai f_s ,

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,001297 \cdot 2040000 = 2645,8304 \text{ Kgcm}$$

Momen yang mampu dikerahkan,

$$\begin{aligned}
 \bar{M}_1 &= C_c \cdot \left(\bar{h} - \frac{\bar{a}}{2} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 318,6609 \cdot 8,181453 \cdot 39,664375 \cdot \left(48,142875 - \frac{8,14495}{2} \right) \\
 &= 3855441,008 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{M}_2 &= A'_s \cdot f_s \left(\bar{h} - \bar{d}' \right) \\
 &= 19,884756 \cdot 2645,8304 \cdot (48,14287 - 5,43962) \\
 &= 2246690,275 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{M}_n &= \bar{M}_1 + \bar{M}_2 = 3855441,008 + 2246690,275 \\
 &= 6102131,283 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

Nilai \overline{M}_n dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P), nilai P dapat dilihat pada Tabel 3.3

$$\overline{R}_{lentur\ balok} = \overline{M}_n \cdot P_{lentur} = 6102131,283 \cdot 1,06 = 6468259,16\ Kgcm$$

5.1.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Penampang Rata-rata dengan Kekuatan Penampang Rencana Momen Lentur Balok ($Y_R\ lentur\ balok$)

Dari hasil perhitungan M_n rencana dan M_n lapangan maka didapatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana, sebagai berikut.

$$Y_R\ lentur\ balok = \frac{\overline{R}_{lentur\ balok}}{R_{lentur\ balok}} = \frac{6468259,16}{5294659,165} = 1,221657$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur balok ($Y_R\ lentur\ balok$) menghasilkan nilai yang tinggi yaitu sebesar 1,221657, hal ini dikarenakan nilai mutu baja yang ada di lapangan cukup tinggi yaitu sebesar 460,4814 MPa di bandingkan dengan yang telah direncanakan yaitu sebesar 400 Mpa, sehingga kekuatan di lapangan dapat melebihi kekuatan yang telah direncanakan.

5.1.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi untuk Momen Nominal (V_{Mn})

Faktor selanjutnya yang menentukan nilai ϕ adalah koefisien variasi. Koefisien variasi ini adalah untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam, yang membuat nilai ϕ semakin tinggi sedangkan apabila koefisien variasi semakin besar menunjukkan bahwa data itu semakin tidak seragam, yang membuat nilai ϕ semakin rendah. Berikut perhitungan nilai koefisien variasi.

1. Koefisien variasi mutu beton terpasang

$$V_{fc} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum f'c^2 - (\sum f'c)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}} = 0,04687$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpasang

$$V_{fy} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma fy^2 - (\Sigma fy)^2}{n(n-1)}}}{\bar{fy}} = \frac{\sqrt{\frac{2.424197,4 - (920,9628)^2}{2(2-1)}}}{460,4814} = 0,022897$$

3. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$V_b = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma b^2 - (\Sigma b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} = \frac{\sqrt{\frac{80.125917,2 - (3172,4)^2}{80(80-1)}}}{39,6544} = 0,031038$$

4. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$V_{h^-} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma h^-^2 - (\Sigma h^-)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h^-}} = \frac{\sqrt{\frac{80.185465,6 - (3851,4)^2}{80(80-1)}}}{48,142875} = 0,01596$$

5. Koefisien variasi jarak tulangan ke tepi atas terpasang

$$V_{d'} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma d'^2 - (\Sigma d')^2}{n(n-1)}}}{\bar{d'}} = \frac{\sqrt{\frac{80.2413,6 - (435,2)^2}{80(80-1)}}}{5,4396} = 0,14095$$

6. Koefisien variasi luas tulangan desak terukur

$$V_{As'd} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma As'^2 - (\Sigma As')^2}{n(n-1)}}}{\bar{As'}} = \frac{\sqrt{\frac{80.31967,3 - (1590,8)^2}{80(80-1)}}}{19,8848} = 0,10355$$

$$V_{As'} = \sqrt{V_{As'd}^2 + V_{Asp}^2} = \sqrt{0,10355^2 + 0,03^2} = 0,107813$$

7. Koefisien variasi luasan tulangan tarik terukur

$$V_{Astd} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma Ast^2 - (\Sigma Ast)^2}{n(n-1)}}}{\bar{Ast}} = \frac{\sqrt{\frac{80.71926,3 - (2386,2)^2}{80(80-1)}}}{29,8271} = 0,10355$$

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Astd}^2 + V_{Asp}^2} = \sqrt{0,10355^2 + 0,03^2} = 0,107813$$

8. Koefisien variasi $(h-a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $h^- - \frac{a}{2}$ dihitung terlebih dahulu nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut yaitu h^- dan $\frac{a}{2}$, karena $h^- - \frac{a}{2}$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka harus dicari nilai standar deviasi dari h^- dan $\frac{a}{2}$ terlebih dahulu, berikut perhitungan koefisien variasi $h^- - \frac{a}{2}$.

menghitung nilai $V_{a/2}$ dengan menggunakan Persamaan 3.36

$$\begin{aligned}
 V_{a/2} &= \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2 + V_{As'}^2 + V_b^2 + V_{d'}^2} = \\
 &= \sqrt{0,04687^2 + 0,022897^2 + 0,107813^2 + 0,107813^2 + 0,031038^2} \\
 &\quad + 0,14095^2 \\
 &= 0,2163
 \end{aligned}$$

menghitung nilai standar deviasi dari h^- dan $\frac{a}{2}$

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \cdot V_{a/2} = \left(\frac{8,14495}{2}\right) \cdot 0,2163 = 0,8810 \text{ cm}$$

$$\sigma_{h^-} = \bar{h}^- \cdot V_{h^-} = 48,142875 \cdot 0,01596 = 0,76843 \text{ cm}$$

setelah didapatkan nilai standar deviasi dari h^- dan $a/2$, maka nilai koefisien variasi dari $(h^- - \frac{a}{2})$ dapat dihitung sebagai berikut,

$$\sigma_{(h^- - \frac{a}{2})} = \sqrt{\sigma_{h^-}^2 + \sigma_{a/2}^2} = \sqrt{0,76843^2 + 0,8810^2} = 1,169 \text{ cm}$$

$$V_{(h^- - \frac{a}{2})} = \frac{\sigma_{(h^- - \frac{a}{2})}}{(\bar{h}^- - \frac{\bar{a}}{2})} = \frac{1,169}{48,142875 - (\frac{8,14495}{2})} = 0,0265$$

9. Koefisien variasi ($h^- - d'$) terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $h^- - d'$ dihitung terlebih dahulu nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut yaitu h^- dan d' , karena $h^- - d'$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka harus dicari nilai standar deviasi dari h^- dan d' terlebih dahulu, berikut perhitungan koefisien variasi $h^- - d'$.

$$\sigma_{h^-} = \bar{h}^- \cdot V_{h^-} = 48,142875 \cdot 0,01596 = 0,76843 \text{ cm}$$

$$\sigma_{d'} = \bar{d}' \cdot V_{d'} = 5,4396 \cdot 0,14095 = 0,7667 \text{ cm}$$

setelah didapatkan nilai standar deviasi dari h^- dan d' , maka nilai koefisien variasi dari $h^- - d'$ dapat dihitung sebagai berikut,

$$\sigma_{(h^- - d')} = \sqrt{\sigma_{h^-}^2 + \sigma_{d'}^2} = \sqrt{0,76843^2 + 0,7667^2} = 1,08555 \text{ cm}$$

$$V_{(h^- - d')} = \frac{\sigma_{(h^- - d')}}{(\bar{h}^- - \bar{d}')} = \frac{1,08555}{48,142875 - 5,4396} = 0,0254$$

10. Koefisien variasi momen nominal 1

$$V_{M1} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_{(h-\frac{a}{2})}^2} = \sqrt{0,04687^2 + 0,14095^2 + 0,0265^2}$$

$$= 0,06216$$

11. Koefisien variasi momen nominal 2

$$V_{M2} = \sqrt{V_{As'}^2 + V_{fy}^2 + V_{(h-d')}^2} = \sqrt{0,107813^2 + 0,022897^2 + 0,0254^2}$$

$$= 0,11311$$

12. Koefisien variasi momen nominal total

menghitung nilai standar deviasi dari $M1$ dan $M2$, nilai $\overline{M1}$ dan $\overline{M2}$ didapat dari perhitungan Mn lapangan pada subbab sebelumnya,

$$\sigma_{M1} = \overline{M1} \cdot V_{M1} = 3855441,008 \cdot 0,06216 = 239661,7505 \text{ Kg}$$

$$\sigma_{M2} = \overline{M2} \cdot V_{M2} = 2246690,275 \cdot 0,11311 = 254125,5361 \text{ Kg}$$

setelah didapatkan nilai standar deviasi dari $M1$ dan $M2$, maka nilai koefisien variasi dari Mn dapat dihitung sebagai berikut,

$$\sigma_{Mn} = \sqrt{\sigma_{M1}^2 + \sigma_{M2}^2} = \sqrt{239661,7505^2 + 254125,5361^2} = 349310,0954 \text{ Kg}$$

$$V_{Mn} = \frac{\sigma_{Mn}}{\overline{Mn}} = \frac{349310,0954}{6468259,16} = 0,05724$$

5.1.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur

Momen Lentur Balok (V_R lentur balok)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok (V_R lentur balok) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36. Dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3

$$V_{R \text{ lentur balok}} = \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} = \sqrt{0,05724^2 + 0,04^2} = 0,0698$$

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok (V_R lentur balok) didapatkan nilai yang rendah yaitu sebesar 0,069834, hal ini menunjukkan data yang didapatkan di lapangan cukup seragam sehingga nilai

koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur balok (V_R lentur balok) menjadi rendah.

5.1.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Balok

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, selanjutnya menghitung nilai ϕ dengan menggunakan Persamaan 3.21. Dimana, $\beta = 3,0$ (ukuran kehandalan bagian struktur) untuk balok beton bertulang dan $\alpha = 1,0$.

$$\phi = \gamma_{R \text{ lentur balok}} [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ lentur balok}}}] = 1,221657 \cdot [e^{-(3,0,75,0,0698)}] = 1,0440$$

Dari hasil analisis untuk nilai ϕ pada momen lentur balok didapatkan nilai ϕ sebesar 1,0440, menunjukkan bahwa untuk balok B3 tumpuan pada proyek Pembangunan Hotel A sudah berada diatas standar SNI 2013. Hal ini menjelaskan pelaksanaan di lapangan yaitu penempatan tulangan, dimensi balok, diameter tulangan dan mutu bahan sesuai dengan yang telah direncanakan. Dapat dilihat dalam analisis bahwa nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur balok ($\gamma_{R \text{ lentur balok}}$) menghasilkan nilai yang tinggi yaitu sebesar 1,221657 dan untuk nilai koefisien variasi momen lentur balok (V_R lentur balok) didapatkan nilai yang rendah yaitu sebesar 0,069834, sehingga dari kedua nilai tersebut dapat menghasilkan nilai ϕ yang tinggi.

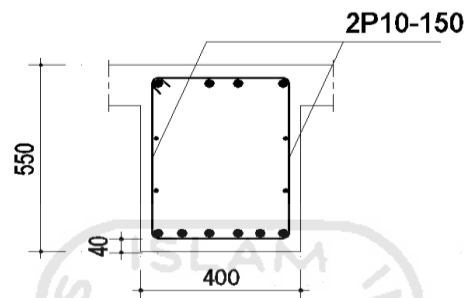
5.2 PERHITUNGAN NILAI (ϕ) PADA GAYA GESER BALOK

Berikut contoh perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok balok B3 daerah lapangan dengan ukuran 550/400 (mm) pada proyek Pembangunan Hotel A.

5.2.1 Menghitung Nilai Kekuatan Geser Balok Rencana (R_{geser}) dan Kekuatan Geser Balok Lapangan (\bar{R}_{geser})

1. Kekuatan geser balok rencana

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari proyek Pembangunan Hotel A, maka nilai kekuatan geser balok rencana dihitung dengan cara sebagai berikut.



Gambar 5.3 Penampang balok B3 lapangan

$$b = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$$

$$h = 48,75 \text{ cm} = 487,5 \text{ mm}$$

$$A_{sv} = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 1,0^2) \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa} = 2448 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa} = 306 \text{ Kg/cm}^2$$

menghitung kekuatan geser balok rencana,

$$\begin{aligned} R_{geser} = V_n &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot h + \frac{A_{sv} \cdot f_y \cdot h}{s} = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 487,5 + \frac{157 \cdot 240 \cdot 487,5}{150} \\ &= 300469,8311 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Kekuatan geser balok di lapangan

Untuk menghitung nilai kekuatan geser lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil

untuk b , h , s , $\emptyset p$ dan f^c adalah 80, sedangkan untuk f_y adalah 2. Data lapangan dapat dilihat pada lampiran.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

menghitung nilai balok rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{b} &= \frac{b_1+b_2+b_3+\dots+b_{80}}{n} = \frac{36,7+37,2+40,2+\dots+40,6}{80} = 39,3681 \text{ cm} \\ &= 393,681 \text{ mm}\end{aligned}$$

menghitung nilai tinggi efektif balok negatif rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{h} &= \frac{h_1+h_2+h_3+\dots+h_{80}}{n} = \frac{49,4+49,4+49,3+\dots+49,3}{80} = 49,7141 \text{ cm} \\ &= 497,141 \text{ mm}\end{aligned}$$

menghitung nilai tinggi rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{s} &= \frac{s_1+s_2+s_3+\dots+s_{80}}{n} = \frac{14,8+16,7+15,1+\dots+14,1}{80} = 15,5188 \text{ cm} \\ &= 155,188 \text{ mm}\end{aligned}$$

menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\begin{aligned}\bar{\emptyset s} &= \frac{\emptyset p_1+\emptyset p_2+\emptyset p_3+\dots+\emptyset p_{80}}{n} = \frac{0,96+0,99+0,99+\dots+1}{80} = 0,9918 \text{ cm} \\ &= 9,918 \text{ mm}\end{aligned}$$

menghitung nilai luas tulangan sengkang rata-rata,

$$\bar{A}_{sv} = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 9,918^2) \cdot 2 = 154,7859 \text{ mm}^2$$

menghitung nilai kuat tarik baja rata-rata,

$$\bar{f}_y = \frac{f_{y1}+f_{y2}}{n} = \frac{366,3054+361,7928}{2} = 364,0491 \text{ Mpa}$$

Nilai mutu beton harus dikoreksi dengan Persamaan 3.37,

menghitung nilai mutu beton rata-rata lapangan,

$$\begin{aligned} \bar{f}'_{cr} &= \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+\dots+f'_{c80}}{n} = \frac{34,2481+32,833+33,0943+\dots+36,1428}{80} \\ &= 33,8428 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

menghitung nilai standar deviasi dari mutu beton,

$$\sigma_{f'_{c}} = \sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f'_{cr}{}^2 - (\Sigma f'_{cr})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}} = 1,586$$

menghitung nilai mutu beton pakai (nilai k dapat dilihat pada Tabel 3.2),

$$\begin{aligned} \bar{f}'_c &= \bar{f}'_{cr} - (1,64 \cdot k \cdot \sigma_{f'_{c}}) = 33,8428 - (1,64 \cdot 1 \cdot 1,586) = 31,24126 \text{ Mpa} \\ &= 318,6609 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh beton,

$$\begin{aligned} \bar{V}_c &= \frac{1}{6} \sqrt{\bar{f}'_c} \cdot b \cdot h = \frac{1}{6} \sqrt{31,24126} \cdot 393,681 \cdot 497,141 \\ &= 182321,3637 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh sengkang,

$$\bar{V}_s = \frac{A_{sv} \cdot f_y \cdot h}{s} = \frac{154,7859 \cdot 364,0491 \cdot 497,141}{155,188} = 180515,4767 \text{ N}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur,

$$\begin{aligned} \bar{R}_{geser} &= (\bar{V}_c \cdot \bar{P}) + (\bar{V}_s \cdot \bar{P}) = (182321,3637 \cdot 1,1) + (180515,4767 \cdot 1,2) \\ &= 417172,0721 \text{ N} \end{aligned}$$

5.2.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Geser Balok Lapangan dengan Kekuatan Geser Balok Rencana ($\gamma_{R geser}$)

Dari hasil perhitungan V_n rencana dan V_n lapangan maka didapatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana, sebagai berikut.

$$\gamma_{R geser} = \frac{\bar{R}_{geser}}{R_{geser}} = \frac{417172,0721}{300469,8311} = 1,388$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana gaya geser ($\gamma_{R \text{ geser}}$) menghasilkan nilai yang cukup tinggi yaitu sebesar 1,388, yang menunjukkan kekuatan penampang di lapangan sudah melebihi kekuatan penampang rencana.

5.2.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Geser Nominal (V_{vn})

Faktor selanjutnya yang menentukan nilai ϕ adalah koefisien variasi. Koefisien variasi ini adalah untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam, yang membuat nilai ϕ semakin tinggi sedangkan apabila koefisien variasi semakin besar menunjukkan bahwa data itu semakin tidak seragam, yang membuat nilai ϕ semakin rendah. Berikut perhitungan nilai koefisien variasi.

1. Koefisien variasi mutu beton terpasang

$$V_{f'c} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f'c^2 - (\Sigma f'c)^2}{n(n-1)}}}{f'cr} = \frac{\sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}}}{33,8428} = 0,04687$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpasang

$$V_{f_y} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f_y^2 - (\Sigma f_y)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f}_y} = \frac{\sqrt{\frac{2.411888,2 - (907,6212)^2}{2(2-1)}}}{453,8106} = 0,008764$$

3. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$V_b = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma b^2 - (\Sigma b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} = \frac{\sqrt{\frac{80.124100,8 - (3149,5)^2}{80(80-1)}}}{39,3681} = 0,030365$$

4. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$V_{h-} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma h-^2 - (\Sigma h-)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h-}} = \frac{\sqrt{\frac{80.197723,2 - (3977,1)^2}{80(80-1)}}}{49,7141} = 0,004325$$

5. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$V_{Asvd} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma Asv^2 - (\Sigma Asv)^2}{n(n-1)}}}{Asv} = \frac{\sqrt{\frac{80.193,6 - (123,8)^2}{80(80-1)}}}{1,5479} = 0,101898$$

$$V_{Asv} = \sqrt{V_{Asvd}^2 + V_{Asp}^2} = \sqrt{0,10355^2 + 0,03^2} = 0,106223$$

6. Koefisien variasi jarak tulangan sengkang terpasang

$$V_s = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \sum S^2 - (\sum S)^2}{n(n-1)}}}{\bar{S}} = \frac{\sqrt{\frac{80 \cdot 19337,5 - (1241,5)^2}{80(80-1)}}}{15,5188} = 0,0610634$$

7. Koefisien variasi kekuatan gaya geser yang mampu ditahan oleh beton

$$V_{Vc} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_b^2 + V_h^2} = \sqrt{0,04687 + 0,030365^2 + 0,004325^2} \\ = 0,05601$$

8. Koefisien variasi kekuatan gaya geser yang mampu ditahan oleh baja

$$V_{Vs} = \sqrt{V_{Asv}^2 + V_{fy}^2 + V_s^2} = \sqrt{0,106223^2 + 0,00876^2 + 0,0610634^2} \\ = 0,1228$$

9. Koefisien variasi gaya geser total

Menghitung nilai standar deviasi dari V_c ,

$$\sigma_{Vc} = \bar{Vc} \cdot V_{Vc} = 182321,3637 \cdot 0,05601 = 10212,92277$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_s ,

$$\sigma_{Vs} = \bar{Vs} \cdot V_{Vs} = 180515,4767 \cdot 0,1228 = 27571,0699$$

Menghitung nilai standar deviasi dari V_n ,

$$\sigma_{Vn} = \sqrt{\sigma_{Vc}^2 + \sigma_{Vs}^2} = \sqrt{10212,92277^2 + 27571,0699^2} = 29401,8313$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}),

$$V_{Vn} = \frac{\sigma_{Vn}}{\bar{Vn}} = \frac{29401,8313}{479999,4121} = 0,062479$$

5.2.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang Struktur (V_R)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_{Rgeser}) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36. Dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3

$$V_{Rgeser} = \sqrt{V_{Vn}^2 + V_P^2} = \sqrt{0,062479^2 + 0,15^2} = 0,16249$$

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang di dapat cukup rendah yaitu sebesar 0,16249, hal ini disebabkan nilai faktor-faktor yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_{Rgeser}) rendah seperti V_{Vn} dengan nilai sebesar 0,062479 sehingga dapat membuat nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_{Rgeser}) menjadi cukup baik.

5.2.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Gaya Geser Balok

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, selanjutnya menghitung nilai ϕ dengan menggunakan Persamaan 3.21. Dimana, $\beta = 3,5$ (ukuran kehandalan bagian struktur) untuk geser balok beton bertulang dan $\alpha = 1,0$.

$$\Phi = \gamma_R [e^{-(\beta \alpha V_{Rgeser})}] = 1,388. [e^{-(3,5 \cdot 0,75 \cdot 0,16249)}] = 0,909$$

Dari hasil analisis didapatkan nilai ϕ sebesar 0,909, menunjukkan bahwa untuk balok B3 lapangan pada proyek Pembangunan Hotel sudah memenuhi standar SNI 2013 dimana nilai standar tersebut sebesar 0,75. Dapat dilihat dalam analisis nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) cukup tinggi yaitu sebesar 1,388, dan juga nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_{Rgeser}) yang di dapat cukup rendah yaitu sebesar 0,16249, sehingga mengakibatkan nilai ϕ menjadi tinggi.

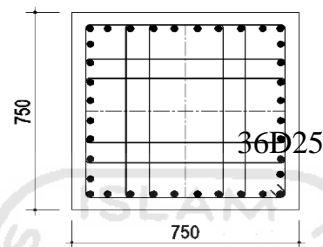
5.3 PERHITUNGAN NILAI (Φ) PADA GAYA AKSIAL KOLOM

Berikut contoh perhitungan nilai ϕ pada gaya aksial kolom K1 dengan ukuran 750/750 (mm) pada proyek Pembangunan Hotel A.

5.3.1 Menghitung Nilai Kekuatan Penampang Struktur Rencana (R) dan Kekuatan Penampang Struktur Lapangan (\bar{R})

1. Kekuatan gaya aksial rencana

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari proyek Pembangunan Hotel A, maka nilai kekuatan gaya aksial rencana dihitung dengan cara sebagai berikut.



Gambar 5.4 Penampang rencana kolom K1

$$b = 75 \text{ cm}$$

$$h = 75 \text{ cm}$$

$$n = 36 \text{ buah}$$

$$A_{st} = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2) \cdot 36 = 176,625 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa} = 4080 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa} = 306 \text{ Kg/cm}^2$$

menghitung kekuatan gaya aksial penampang struktur,

$$\begin{aligned} R_{\text{aksial}} = P_o &= 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= 0,85 \cdot 306 \cdot ((75 \cdot 75) - 176,625) + 4080 \cdot 176,625 \\ &= 1417122,34 + 720630 = 2137752,34 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Kekuatan gaya aksial di lapangan

Untuk menghitung nilai kekuatan gaya aksial di lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang

diambil untuk b , h , s , $\emptyset p$ dan $f'c$ adalah 80, sedangkan untuk f_y adalah 2. Data lapangan dapat dilihat pada lampiran.

n = jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)

menghitung nilai balok rata-rata,

$$\bar{b} = \frac{b_1+b_2+b_3+\dots+b_{80}}{n} = \frac{74,7+75,2+75,3+\dots+75,3}{80} = 74,9525 \text{ cm}$$

menghitung nilai tinggi efektif balok negatif rata-rata,

$$\bar{h} = \frac{h_1+h_2+h_3+\dots+h_{80}}{n} = \frac{74,6+74,4+74,5+\dots+75}{80} = 74,91 \text{ cm}$$

menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\emptyset p = \frac{\emptyset p_1+\emptyset p_2+\emptyset p_3+\dots+\emptyset p_{80}}{n} = \frac{2,56+2,5+2,58+\dots+2,53}{80} = 2,5133 \text{ cm}$$

menghitung nilai luas tulangan total rata-rata,

$$\bar{A}_{st} = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,5133^2) \cdot 36 = 178,96281 \text{ cm}^2$$

menghitung nilai kuat tarik baja rata-rata,

$$\bar{f}_y = \frac{f_{y1}+f_{y2}}{n} = \frac{467,937+453,0258}{2} = 460,4814 \text{ Mpa} = 4696,91028 \text{ Kg/cm}^2$$

nilai mutu beton harus dikoreksi dengan Persamaan 3.37,

menghitung nilai mutu beton rata-rata lapangan,

$$\begin{aligned} f'cr &= \frac{f'c_1+f'c_2+f'c_3+\dots+f'c_{80}}{n} = \frac{34,2481+32,833+33,0943+\dots+36,1428}{80} \\ &= 33,8428 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

menghitung nilai standar deviasi dari mutu beton,

$$\sigma_{f'c} = \sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f'c^2 - (\Sigma f'c)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}} = 1,586 \text{ Mpa}$$

menghitung nilai mutu beton pakai (nilai k dapat dilihat pada Tabel 3.2,

$$\begin{aligned}\overline{f'c} &= f'_{cr} - (1,64 \cdot k \cdot \sigma_{frc}) = 33,8428 - (1,64 \cdot 1 \cdot 1,586) = 31,24126 \text{ Mpa} \\ &= 318,6609 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

menghitung kekuatan geser yang ditahan oleh beton,

$$\begin{aligned}\overline{Po} &= 0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= 0,85 \cdot 318,6609 \cdot ((74,9525 \cdot 74,91) - 178,96281) \\ &\quad + 4696,91028 \cdot 178,96281 \\ &= 1470761,78 + 840571,255 = 2311334,05 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Koreksi terhadap kekuatan geser penampang struktur,

$$\overline{R}_{aksial} = (\overline{Po} \cdot \overline{P}) = (2311334,05 \cdot 0,98) = 2265107,36 \text{ Kg}$$

5.3.2 Menghitung Nilai Perbandingan Kekuatan Gaya Aksial Lapangan dengan Kekuatan Gaya Aksial Rencana (γ_R)

Dari hasil perhitungan P_o rencana dan P_o lapangan maka didapatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana, sebagai berikut.

$$\gamma_R = \frac{\overline{R}_{aksial}}{R_{aksial}} = \frac{2265107,36}{2137752,34} = 1,05957$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana gaya aksial ($\gamma_{R_{aksial}}$) menghasilkan nilai diatas angka 1 yaitu sebesar 1,0596, menunjukkan bahwa kekuatan di lapangan berada diatas kekuatan yang telah di rencanakan, hal tersebut dikarenakan nilai mutu baja di lapangan lebih tinggi dari yang telah direncanakan yaitu sebesar 460,4814 Mpa sedangkan di perencanaan sebesar 400 MPa.

5.3.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Gaya Aksial (V_{vn})

Faktor yang selanjutnya menentukan nilai ϕ adalah koefisien variasi. Koefisien variasi ini adalah untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin

kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam, yang membuat nilai ϕ semakin tinggi sedangkan apabila koefisien variasi semakin besar menunjukkan bahwa data itu semakin tidak seragam, yang membuat nilai ϕ semakin rendah. Berikut perhitungan nilai koefisien variasi.

1. Koefisien variasi mutu beton terpasang

$$V_{fc} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f_{tc}^2 - (\Sigma f_{tc})^2}{n(n-1)}}}{f_{tcr}} = \frac{\sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}}}{33,8428} = 0,04687$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpasang

$$V_{fy} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f_y^2 - (\Sigma f_y)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f}_y} = \frac{\sqrt{\frac{2.424197,4 - (920,9628)^2}{2(2-1)}}}{460,4814} = 0,022897$$

3. Koefisien variasi lebar balok terpasang

$$V_b = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma b^2 - (\Sigma b)^2}{n(n-1)}}}{\bar{b}} = \frac{\sqrt{\frac{80.449439,3 - (5996,2)^2}{80(80-1)}}}{74,9525} = 0,00452$$

4. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$V_h = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma h^2 - (\Sigma h)^2}{n(n-1)}}}{\bar{h}} = \frac{\sqrt{\frac{80.448930 - (5992,8)^2}{80(80-1)}}}{74,91} = 0,004583$$

5. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$V_{A_{std}} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma A_{sv}^2 - (\Sigma A_{sv})^2}{n(n-1)}}}{A_{sv}} = \frac{\sqrt{\frac{80.2589347,8 - (14317)^2}{80(80-1)}}}{178,96281} = 0,10355$$

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{A_{svd}}^2 + V_{A_{sp}}^2} = \sqrt{0,10355^2 + 0,03^2} = 0,107813$$

6. Koefisien variasi kekuatan gaya geser yang mampu ditahan oleh beton

$$V_{Pc} = \sqrt{V_{f_{tc}}^2 + V_b^2 + V_h^2} = \sqrt{0,04687^2 + 0,004523^2 + 0,004583^2} \\ = 0,04731$$

7. Koefisien variasi kekuatan gaya geser yang mampu ditahan oleh baja

$$V_{Ps} = \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{fy}^2} = \sqrt{0,107813^2 + 0,022897^2} = 0,106056$$

8. Koefisien variasi gaya geser total

Menghitung nilai standar deviasi dari V_c ,

$$\sigma_{Pc} = \overline{Pc} \cdot V_{Vc} = 1470761,78 \cdot 0,04731 = 69586,2847 \text{ Kg}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari Vs,

$$\sigma_{Ps} = \overline{Ps} \cdot V_{Vs} = 840571,255 \cdot 0,106056 = 89147,9617 \text{ Kg}$$

Menghitung nilai standar deviasi dari Vn,

$$\sigma_{Po} = \sqrt{\sigma_{Pc}^2 + \sigma_{Ps}^2} = \sqrt{682218,477^2 + 873999,624^2} = 113091,158 \text{ Kg}$$

Menghitung nilai koefisien variasi gaya geser total (V_{Vn}),

$$V_{Po} = \frac{\sigma_{Po}}{Po} = \frac{113091,158}{2265107,36} = 0,04893$$

5.3.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang

Struktur ($V_{R \text{ aksial}}$)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial ($V_{R \text{ aksial}}$) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36. Dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3

$$V_{R \text{ aksial}} = \sqrt{V_{Po}^2 + V_P^2} = \sqrt{0,04893^2 + 0,05^2} = 0,06996$$

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial ($V_{R \text{ aksial}}$) didapatkan nilai yang cukup rendah yaitu sebesar 0,06996, dikarenakan data lebar kolom dan tinggi kolom seragam yaitu sebesar 0,00452 untuk koefisien variasi lebar balok dan 0,004583 untuk koefisien variasi tinggi kolom. Sehingga membuat nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial ($V_{R \text{ aksial}}$) menjadi rendah.

5.3.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (Φ) Gaya Aksial Konsentris

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, selanjutnya menghitung nilai Φ dengan menggunakan Persamaan 3.21. Dimana, $\beta = 3,5$ (ukuran kehandalan bagian struktur) untuk geser balok beton bertulang dan $\alpha = 1,0$.

$$\Phi = \gamma_R [e^{-\beta \alpha V_{R \text{ aksial}}}] = 1,0596 [e^{-(3,5 \cdot 0,75 \cdot 0,06996)}] = 0,8818$$

Dari hasil analisis untuk nilai ϕ pada gaya aksial kolom didapatkan nilai ϕ sebesar 0,8818, menunjukkan bahwa untuk kolom K1 pada proyek Pembangunan Hotel A sudah berada diatas standar SNI 2013 dimana nilai standar tersebut sebesar 0,75. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan di lapangan yaitu dimensi kolom, diameter tulangan dan mutu bahan sesuai dengan yang direncanakan. Dapat dilihat dalam analisis bahwa nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana gaya aksial ($\gamma_{R \text{ aksial}}$) menghasilkan nilai diatas angka 1 yaitu sebesar 1,0596, dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur gaya aksial ($V_{R \text{ aksial}}$) cukup rendah yaitu sebesar 0,06996, sehingga berdampak bagus untuk nilai ϕ .

5.4 PERHTIUNGAN NILAI (ϕ) PADA MOMEN LENTUR PELAT

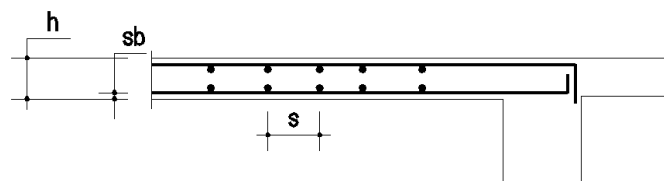
Berikut contoh perhitungan nilai ϕ pada momen lentur pelat A daerah tumpuan arah y dengan tebal pelat 120 mm pada proyek Pembangunan Hotel A.

5.4.1 Menghitung Nilai Momen Nominal Pelat Rencana (M_{nren})($R_{lentur \text{ pelat}}$) dan Nilai Momen Nominal Pelat Lapangan (M_{nlap})($\bar{R}_{lentur \text{ pelat}}$)

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari proyek Pembangunan Hotel A, maka nilai momen nominal rencana dihitung dengan cara sebagai berikut.

1. Kekuatan gaya aksial rencana

Berdasarkan data dan gambar rencana yang didapatkan dari proyek Pembangunan Hotel A, maka nilai momen nominal rencana dihitung dengan cara sebagai berikut.



Gambar 5.5 Penampang pelat A

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$d_s = 3,5 \text{ cm}$$

$$h' = h - d_s = 12 - 3,5 = 8,5 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 1 \text{ cm}$$

$$S = 17,5 \text{ cm}$$

$$A_{1d} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1^2 = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = \frac{A_{1d} \cdot b}{s} = \frac{0,785 \cdot 100}{17,5} = 4,4857 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa} = 2448 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa} = 306 \text{ Kg/cm}^2$$

menghitung tinggi tegangan desak beton rencana,

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{4,4857 \cdot 2448}{0,85 \cdot 306 \cdot 100} = 0,42218 \text{ cm}$$

menghitung momen nominal rencana,

$$\begin{aligned} R_{\text{lentur pelat}} \quad M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(h - \frac{a}{2} \right) = 4,4857 \cdot 2448 \cdot \left(8,5 - \frac{0,42218}{2} \right) \\ &= 91020,73078 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Kekuatan gaya aksial di lapangan

Untuk menghitung nilai momen nominal lapangan digunakan data yang diambil dari lapangan dengan cara pengukuran, yang selanjutnya data-data yang didapat dari lapangan tersebut dicari nilai rata-ratanya. Jumlah data yang diambil untuk b , h' , s , \emptyset dan f'_c adalah 80, sedangkan untuk f_y adalah 2. Data lapangan dapat dilihat pada lampiran.

$$n = \text{jumlah data (sesuai banyak data yang diambil)}$$

$$\bar{b} = 100 \text{ cm}$$

menghitung nilai tinggi efektif balok negatif rata-rata,

$$\bar{h} = \frac{h_1+h_2+h_3+\dots+h_{80}}{n} = \frac{9,02+7,705+7,705+\dots+9,2}{80} = 8,7141 \text{ cm}$$

menghitung nilai tinggi rata-rata,

$$\bar{s} = \frac{d'1+d'2+d'3+\dots+d'80}{n} = \frac{19,0+18,0+17,0+\dots+18,3}{80} = 17,66125 \text{ cm}$$

menghitung nilai diameter tulangan rata-rata,

$$\bar{\emptyset} = \frac{\emptyset_1+\emptyset_2+\emptyset_3+\dots+\emptyset_{80}}{n} = \frac{0,96+0,99+0,99+\dots+1,0}{80} = 0,99175 \text{ cm}$$

menghitung nilai luasan tulangan rata-rata,

$$\overline{A1d} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,99175^2 = 0,77393 \text{ cm}^2$$

$$\overline{A_{st}} = \frac{A1d \cdot b}{s} = \frac{0,77393 \cdot 100}{17,66125} = 4,41031 \text{ cm}^2$$

menghitung nilai kuat tarik baja rata-rata,

$$\bar{f}_y = \frac{f_{y1}+f_{y2}}{n} = \frac{366,3054+361,0491}{2} = 364,0491 \text{ Mpa} = 3713,30082 \text{ Kg/cm}^2$$

Nilai mutu beton harus dikoreksi dengan Persamaan 3.37,

menghitung nilai mutu beton rata-rata lapangan,

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= \frac{f'_{c1}+f'_{c2}+f'_{c3}+\dots+f'_{c80}}{n} = \frac{34,2481+32,833+33,0943+\dots+36,1428}{80} \\ &= 33,8428 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

menghitung nilai standar deviasi dari mutu beton,

$$\sigma_{f'c} = \sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f'_{cr}{}^2 - (\Sigma f'_{cr})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}} = 1,586$$

menghitung nilai mutu beton pakai (nilai k dapat dilihat pada Tabel 3.2,

$$\begin{aligned} \bar{f}'_c &= f'_{cr} - (1,64 \cdot k \cdot \sigma_{f'c}) = 33,8428 - (1,64 \cdot 1 \cdot 1,586) = 31,24126 \text{ Mpa} \\ &= 318,6609 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung tinggi tegangan desak beton rata-rata,

$$\bar{a} = \frac{A_{st}.f_y}{0,85.f'c.b} = \frac{4,41031.3713,30082}{0,85.318,6609.100} = 0,60225 \text{ cm}$$

Menghitung momen nominal rencana,

$$\begin{aligned}\bar{M}_n &= A_{st}.f_y.(h - \frac{a}{2}) = 4,41031.3713,30082.(8,7141 - \frac{0,60225}{2}) \\ &= 137777,9432 \text{ Kgcm}\end{aligned}$$

Nilai \bar{M}_n dikoreksi dengan faktor penyederhanaan asumsi (P)(Tabel 3.3)

$$\bar{R}_{\text{lentur pelat}} = (\bar{P}_o.\bar{P}) = (137777,9432 . 1,06) = 146044,6198 \text{ Kg}$$

5.4.2 Menghitung Nilai Perbandingan Momen Nominal Lapangan dengan Momen Nominal Lapangan Rencana Momen Lentur Pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$)

Dari hasil perhitungan M_n rencana dan M_n lapangan maka didapatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dan kekuatan penampang rencana, sebagai berikut.

$$\gamma_{R \text{ lentur pelat}} = \frac{\bar{R}_{\text{lentur pelat}}}{R_{\text{lentur pelat}}} = \frac{146044,6198}{91020,73078} = 1,6045$$

Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$) menghasilkan nilai yang tinggi yaitu sebesar 1,60452, nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$) tinggi dikarenakan mutu baja di lapangan lebih tinggi daripada mutu baja yang telah direncanakan yaitu sebesar 364,0491 Mpa yang membuat kekuatan di lapangan menjadi sangat tinggi sedangkan mutu baja yang direncanakan sebesar 240 Mpa.

5.4.3 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Momen Nominal (V_{Mn})

Faktor selanjutnya yang menentukan nilai ϕ adalah koefisien variasi. Koefisien variasi ini adalah untuk mengetahui keseragaman suatu data. Semakin kecil nilai koefisien variasi menunjukkan bahwa data tersebut semakin seragam, yang membuat nilai ϕ semakin tinggi sedangkan apabila koefisien variasi semakin besar menunjukkan bahwa data itu semakin tidak seragam, yang membuat nilai ϕ semakin rendah. Berikut perhitungan nilai koefisien variasi.

1. Koefisien variasi mutu beton terpasang

$$V_{fc} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f_{tc}^2 - (\Sigma f_{tc})^2}{n(n-1)}}}{f_{tcr}} = \frac{\sqrt{\frac{91825,65 - (1147,821)^2}{80(80-1)}}}{33,8428} = 0,04687$$

2. Koefisien variasi mutu baja tulangan terpasang

$$V_{fy} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma f_y^2 - (\Sigma f_y)^2}{n(n-1)}}}{\bar{f}_y} = \frac{\sqrt{\frac{2.265073,7 - (728,0982)^2}{2(2-1)}}}{364,0491} = 0,008765$$

3. Koefisien variasi tinggi efektif balok terpasang

$$V_h = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma h^{-2} - (\Sigma b)^2}{n(n-1)}}}{h^-} = \frac{\sqrt{\frac{80.6103,8 - (697,1)^2}{80(80-1)}}}{8,71413} = 0,0069429$$

4. Koefisien variasi luas tulangan sengkang terukur

$$V_{Astd} = \frac{\sqrt{\frac{n \cdot \Sigma A_{sv}^2 - (\Sigma A_{sv})^2}{n(n-1)}}}{A_{sv}} = \frac{\sqrt{\frac{80.1561,3 - (348,4)^2}{80(80-1)}}}{4,41031} = 0,1691029$$

$$V_{Ast} = \sqrt{V_{Astd}^2 + V_{A_{sp}}^2} = \sqrt{0,1691029^2 + 0,03^2} = 0,17174$$

5. Koefisien variasi $(h-a/2)$ terpasang

Untuk mendapatkan nilai koefisien variasi $h^- - \frac{a}{2}$ dihitung terlebih dahulu nilai-nilai yang mempengaruhi nilai tersebut yaitu h^- dan $\frac{a}{2}$, karena $h^- - \frac{a}{2}$ merupakan kombinasi penjumlahan sesuai dengan teori statistika, maka harus dicari nilai standar deviasi dari h^- dan $\frac{a}{2}$ terlebih dahulu, berikut perhitungan koefisien variasi $h^- - \frac{a}{2}$.

$$V_{a/2} = \sqrt{V_{f'c}^2 + V_{fy}^2 + V_{Ast}^2} = \sqrt{0,04687^2 + 0,008765^2 + 0,17174^2}$$

$$= 0,1782$$

menghitung nilai standar deviasi dari h^- dan $\frac{a}{2}$

$$\sigma_{a/2} = \left(\frac{\bar{a}}{2}\right) \cdot V_{a/2} = \left(\frac{0,60225}{2}\right) \cdot 0,1782 = 0,05367 \text{ cm}$$

$$\sigma_{h^-} = \bar{h}^- \cdot V_{h^-} = 8,7141 \cdot 0,0069429 = 0,05367 \text{ cm}$$

setelah didapatkan nilai standar deviasi dari h^- dan $a/2$, maka nilai koefisien variasi dari $(h^- - \frac{a}{2})$ dapat dihitung sebagai berikut,

$$\sigma_{(h^- - \frac{a}{2})} = \sqrt{\sigma_{h^-}^2 + \sigma_{a/2}^2} = \sqrt{0,05367^2 + 0,05367^2} = 0,60739 \text{ cm}$$

$$V_{(h^- - \frac{a}{2})} = \frac{\sigma_{(h^- - \frac{a}{2})}}{(\bar{h}^- - \frac{\bar{a}}{2})} = \frac{0,60739}{8,7141 - (\frac{0,60225}{2})} = 0,0722$$

6. Koefisien variasi kekuatan gaya geser yang mampu ditahan oleh beton

$$V_{Mn} = \sqrt{V_{Ast}^2 + V_{fy}^2 + V_{(h^- - \frac{a}{2})}^2} = \sqrt{0,17174^2 + 0,008765^2 + 0,0722^2}$$

$$= 0,186507$$

5.4.4 Menghitung Nilai Koefisien Variasi Kekuatan Penampang

Struktur Momen Lentur Pelat (V_R lentur pelat)

Nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat (V_R lentur pelat) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.36. Dimana V_P merupakan faktor penyederhanaan asumsi (P) yang diambil dari Tabel 3.3

$$V_{R \text{ lentur pelat}} = \sqrt{V_{Mn}^2 + V_P^2} = \sqrt{0,186507^2 + 0,04^2} = 0,190748$$

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat (V_R lentur pelat) didapatkan nilai yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,19074. Hal ini dikarenakan nilai koefisien variasi untuk luas tulangan total pelat yang tidak

seragam sebesar 0,17174 sehingga berakibat meningkatnya nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat ($V_{R \text{ lentur pelat}}$).

5.4.5 Menghitung Nilai Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) Momen Lentur Pelat

Setelah didapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan, selanjutnya menghitung nilai ϕ dengan menggunakan Persamaan 3.21. Dimana, $\beta = 3,0$ (ukuran kehandalan bagian struktur) untuk pelat beton bertulang dan $\alpha = 1,0$.

$$\begin{aligned}\Phi &= \gamma_{R \text{ lentur pelat}} [e^{-\beta\alpha V_{R \text{ lentur pelat}}}] = 1,60452 [e^{-(3,0,75,0,190748)}] \\ &= 1,04461\end{aligned}$$

Dari hasil analisis untuk nilai ϕ pada momen lentur pelat didapatkan nilai ϕ sebesar 1,04461, menunjukkan bahwa untuk pelat A tumpuan arah y pada proyek Pembangunan Hotel A sudah berada diatas standar SNI 2013 dimana nilai standar tersebut sebesar 0,9. Hal ini menjelaskan pelaksanaan di lapangan yaitu penempatan tulangan, dimensi balok, diameter tulangan dan mutu bahan sesuai dengan yang telah direncanakan. Dapat dilihat dalam analisis bahwa nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$) menghasilkan nilai yang tinggi yaitu sebesar 1,60452, dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat ($V_{R \text{ lentur pelat}}$) didapatkan nilai yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,19074, akan tetapi walaupun nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur momen lentur pelat ($V_{R \text{ lentur pelat}}$) tinggi yang seharusnya membuat nilai ϕ menjadi rendah, tetapi dikarenakan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana momen lentur pelat ($\gamma_{R \text{ lentur pelat}}$) yang tinggi sehingga dapat membuat nilai ϕ menjadi tinggi.

5.5 REKAPAN PERHITUNGAN NILAI ϕ

5.5.1 Rekap perhitungan nilai ϕ pada momen lentur balok

Setelah dilakukan perhitungan nilai ϕ pada momen lentur balok seperti pada sub bab 5.1, maka dihitung nilai ϕ untuk setiap proyek yang diteliti. Berikut rekap perhitungan nilai ϕ yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 . Dalam tabel tersebut hanya diambil satu contoh balok untuk setiap proyek.

Tabel 5.1 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk lentur balok pada empat proyek

Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	B3 tumpuan	B6 tumpuan	G1 tumpuan	B1 tumpuan
menghitung nilai Mn rencana				
B (cm)	40	35	40	35
Ht (cm)	55	65	60	70
Sb (cm)	4	5	5	4
JAT (cm)	-	4,2	-	-
d pokok (cm)	2,5	2,2	2,2	1,9
ds (cm)	1	1	1	1
d (cm)	6,25	10,3	7,1	5,95
d' (cm)	6,25	7,1	7,1	5,95
h- (cm)	48,75	54,7	52,9	64,05
Ast (cm ²)	29,4375	22,7964	22,7964	12,30095
As' (cm ²)	19,625	11,3982	11,3982	8,50155
f'c (Kg/cm ²)	306	306	306	255
Fy (Kg/cm ²)	4080	4080	4080	4080
Fs (Kg/cm ²)	1968,352027	1613,79332	1244,829068	755,1447488
a rencana (cm)	8,196295159	8,375007565	7,575980518	5,769382127
c (cm)	9,642700187	9,852950077	8,912918257	6,787508385
Es	0,000791075	0,000838211	0,00061021	0,000370169
M1 (Kgcm)	3775655,851	4740747,042	3871033,228	2677081,722
M2 (Kgcm)	875570,5372	1181115,511	649847,5295	372996,2388
Mn (Kgcm)	4651226,388	5921862,553	4520880,758	3050077,961
menghitung nilai Mn lapangan				
Ast (cm ²)	29,82713475	22,94736151	23,05961835	12,28490951
As' (cm ²)	19,8847565	11,47368075	11,52980918	8,435936756
Fy (Kg/cm ²)	4696,91028	3757,986	4425,1272	4235,669
Fs (Kg/cm ²)	2645,830383	948,4631498	1627,458542	917,3474118
s f'c (Kg/cm ²)	16,18035352	15,54336647	29,85845602	14,06836025

Lanjutan Tabel 5.1 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk lentur balok pada empat proyek

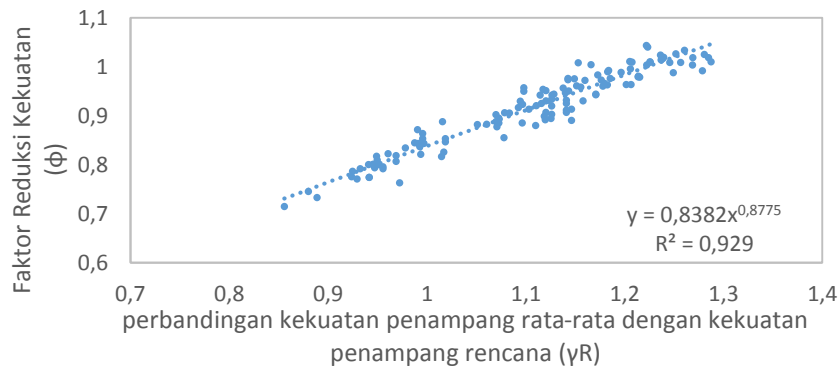
Fcr (Kg/cm ²)	345,1966456	387,3456209	371,5826135	328,746
f _c (Kg/cm ²)	318,6608658	361,8544999	322,6147456	305,6738892
B (cm)	39,654375	34,6725	38,75125	33,7175
H (cm)	54,615625	64,618375	59,9915	70,01025
h- (cm)	48,142875	52,8457125	52,739625	63,1960625
D (cm)	6,47275	11,7726625	7,251875	6,8141875
d' (cm)	5,439625	7,0244875	6,768	5,0569375
A (cm)	8,144947533	7,065865532	7,83679713	5,056303189
C (cm)	9,582291216	8,312782978	9,219761329	5,948591987
es'	0,001296976	0,000464933	0,000797774	0,00044968
M1 (Kgcm)	3855441,008	3715890,542	4065707,631	2687353,402
M2 (Kgcm)	2246690,275	498643,2213	862624,7394	449920,36
Mt (Kgcm)	6102131,283	4214533,763	4928332,371	3137273,762
R (Kgcm)	6468259,16	4467405,789	5224032,313	3325510,188
mencari nilai γR				
γR	1,221657326	0,960479112	1,155534196	1,09030334
mencari nilai koefisien variasi dari Mn				
V _{f_c}	0,046872859	0,0401279	0,080354825	0,042794012
V _{f_y}	0,022897365	0,00994168	0,0471398	0,03755358
V _b	0,031038364	0,035397604	0,022849984	0,025239918
V _{d'}	0,140952082	0,202674525	0,133604406	0,130914278
V _{h-}	0,01596144	0,026727068	0,018263096	0,010075674
V _{asd}	0,103555029	0,025347145	0,02450596	0,040397471
V _{as}	0,107813005	0,039274391	0,038736831	0,050318542
V _{as'd}	0,103555029	0,025347145	0,02450596	0,047282829
V _{as'}	0,107813005	0,039274391	0,038736831	0,055997017
V _{a/2}	0,216331948	0,217080617	0,173356286	0,163354896
s _{a/2}	0,881006182	0,766931225	0,679279024	0,412985942
s _{h-}	0,76842959	1,412410976	0,963188854	0,636742945
s(h-a/2)	1,169040601	1,607198889	1,178623248	0,758945957
V(h-a/2)	0,026526661	0,032591935	0,024141615	0,012509842
V(h-d')	0,025420078	0,04376658	0,02873785	0,015799031
VM1	0,062161955	0,062653595	0,086958825	0,051233554
VM2	0,113111068	0,059639151	0,067443064	0,069249886
sM1	239661,7505	232813,9005	353549,1597	137682,6654
sM2	254125,5361	29738,65815	58178,05534	31156,93358
sMn	349310,0954	234705,5604	358303,9135	141163,9857
V _{mn}	0,05724395	0,055689567	0,072702871	0,04499575
V _r	0,069834589	0,06856623	0,082980163	0,060204796
mencari nilai faktor reduksi kekuatan				
ϕ	1,044022015	0,823166277	0,958733034	0,95217652

Berdasarkan pada Tabel 5.1 diatas terlihat bahwa nilai ϕ terkecil berada pada proyek B, hal ini dikarenakan nilai mutu baja pada proyek B yang ada di lapangan lebih rendah dari yang telah direncanakan, sehingga mengakibatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) menurun bahkan berada di bawah angka 1 yang menunjukkan kekuatan di lapangan lebih rendah dari kekuatan yang telah direncanakan. Sedangkan untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang (V_R) pada proyek B bernilai kecil sehingga nilai V_R dapat dikatakan bagus.

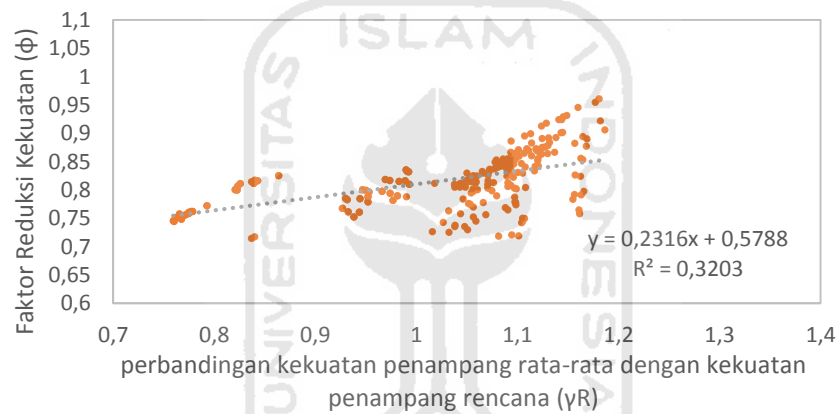
Jika dilihat dari segi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R), nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) tertinggi berada pada proyek C, hal ini dikarenakan data mutu baja dan mutu beton yang tidak seragam, dapat dilihat pada Tabel 5.1 nilai koefisien variasi untuk mutu baja dan mutu beton pada proyek C memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan ketiga proyek lainnya, sehingga akan berpengaruh kepada nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) proyek tersebut. Akan tetapi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) pada proyek C tidak terlalu jauh dibandingkan dengan proyek lainnya dan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) cukup bagus sehingga menghasilkan nilai ϕ yang berada diatas standar.

Untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) terendah berada pada proyek D hal ini menunjukkan data-data yang diambil di lapangan baik itu dimensi balok, diameter tulangan, dan mutu bahan memiliki keseragaman data yang baik untuk Proyek D, dan untuk nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) cukup bagus sehingga dapat menghasilkan nilai ϕ yang berada diatas standar.

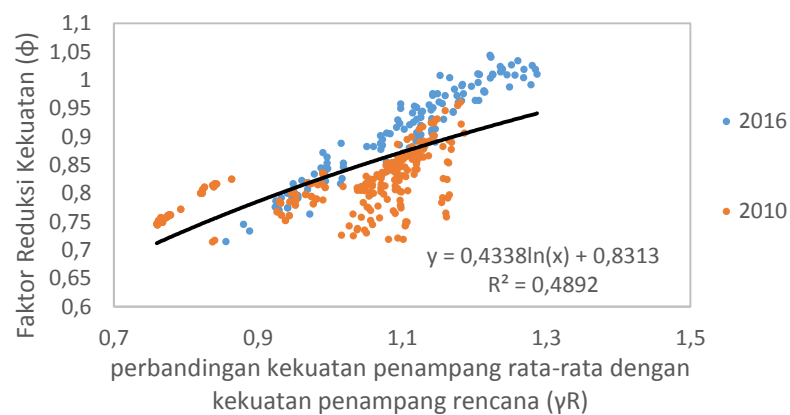
Untuk memperjelas hubungan parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada momen lentur balok dapat dilihat pada gambar berikut.



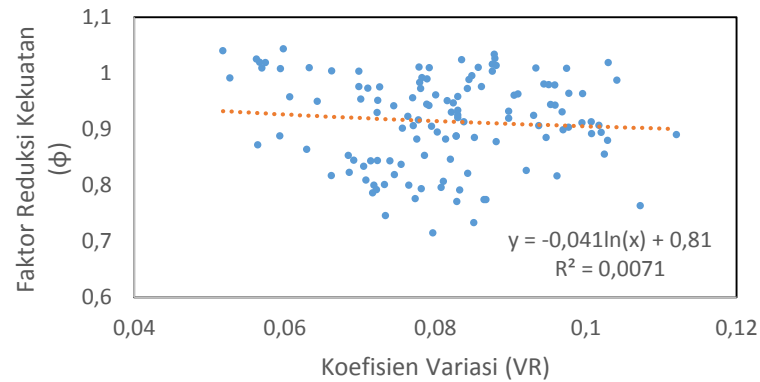
Gambar 5.6 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016



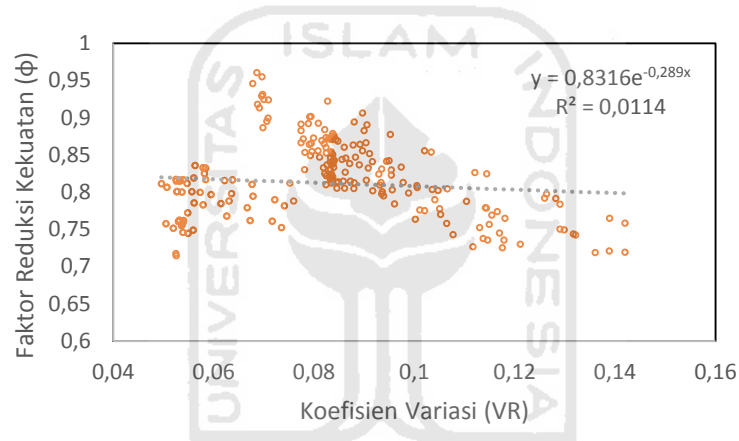
Gambar 5.7 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010



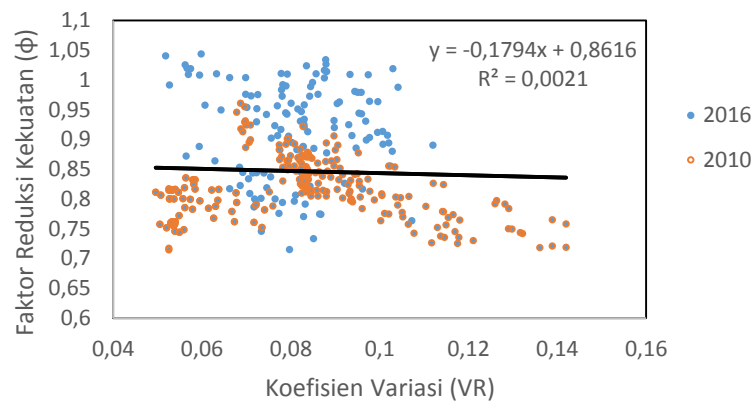
Gambar 5.8 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)



Gambar 5.9 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016



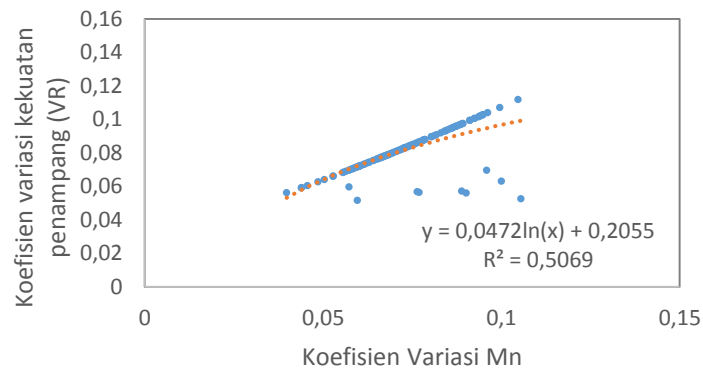
Gambar 5.10 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010



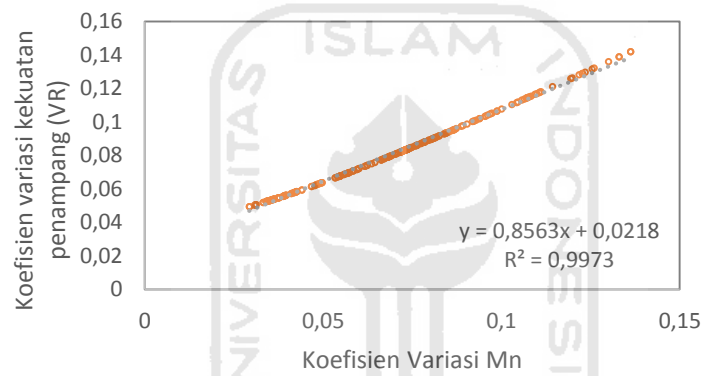
Gambar 5.11 Hubungan antara ϕ_{lentur} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)

Dengan mengacu pada Persamaan 3.21 bahwa parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan ada dua yaitu nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R). Untuk lebih memahami faktor yang mempengaruhi nilai ϕ diatas dapat dilihat pada Gambar 5.4 yang menunjukkan hubungan antara nilai ϕ dengan γ_R , dimana semakin besar nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang semakin besar, sedangkan semakin kecil nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) diperoleh dari hasil mutu pelaksanaan di lapangan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan, sehingga untuk memperoleh nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang tinggi, maka mutu pelaksanaan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan harus sesuai dengan yang telah direncanakan.

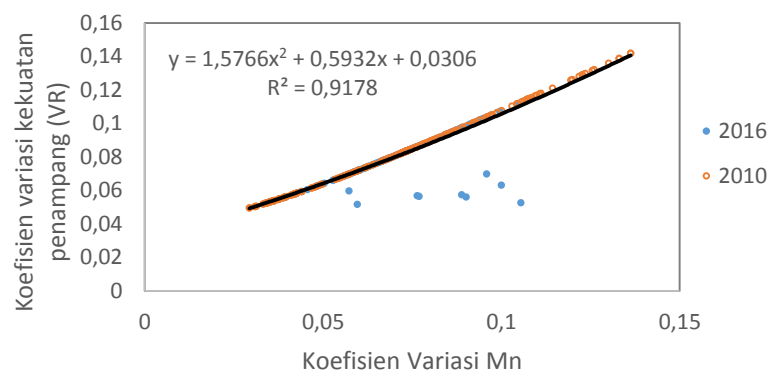
Untuk Gambar 5.5 menjelaskan hubungan antara nilai ϕ dengan V_R , bahwa semakin kecil nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang dihasilkan maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin besar, sedangkan semakin besar nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Menelusuri lebih jauh, parameter yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yaitu koefisien variasi momen nominal balok (V_{Mn}). Untuk memahami hubungan antara V_R dengan V_{Mn} dapat dilihat pada Gambar 5.6, terlihat jelas bahwa nilai V_R dengan V_{Mn} yang dihasilkan berbanding lurus yaitu semakin besar nilai V_{Mn} maka akan menghasilkan nilai V_R yang semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai V_{Mn} yang dihasilkan maka nilai V_R akan semakin kecil.



Gambar 5.12 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2016

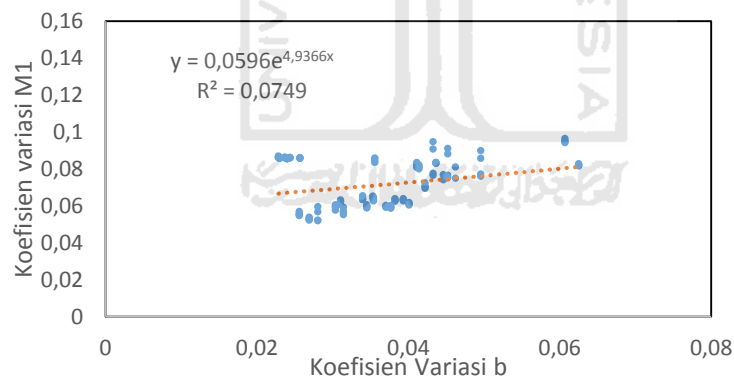


Gambar 5.13 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2010

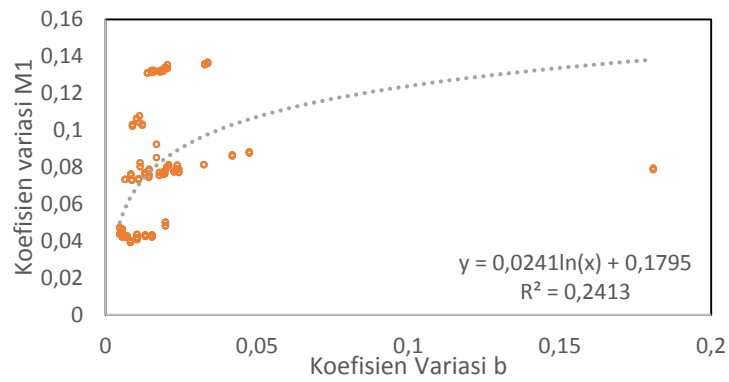


Gambar 5.14 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn}

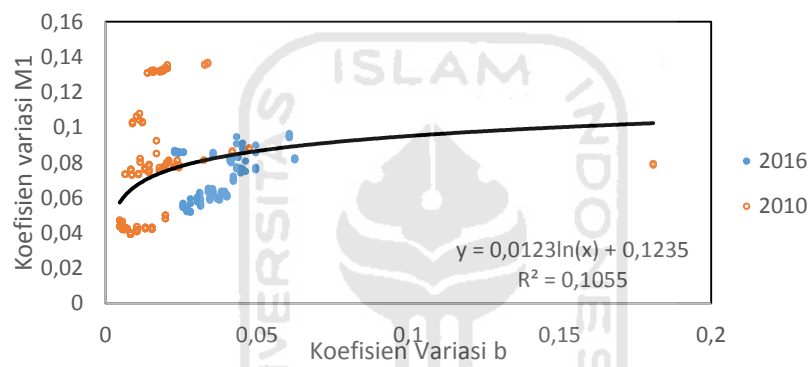
Berdasarkan Persamaan 3.65 momen nominal lentur balok adalah penjumlahan antara momen lentur tulangan sebelah (M_1) dengan momen lentur tulangan kembar (M_2) dimana parameter yang mempengaruhi M_1 adalah f'_c , a , b dan $(h-a/2)$, sedangkan parameter yang mempengaruhi M_2 adalah A_s' , f_y dan $(h-d')$, sehingga dapat diperoleh hubungan koefisien variasi. Hubungan koefisien variasi antara lain hubungan antara koefisien variasi M_1 dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu f'_c , a , b dan $(h-a/2)$, juga hubungan antara koefisien variasi M_2 dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu A_s' , f_y dan $(h-d')$. hubungan koefisien variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.7 sampai Gambar 5.12 . dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai koefisien variasi dari parameter yang mempengaruhinya maka semakin besar juga nilai koefisien yang dipengaruhinya. Untuk dapat menghasilkan nilai koefisien variasi yang kecil cara yang dapat dilakukan adalah menyeragamkan mutu pelaksanaan di lapangan sesuai dengan perencanaan seperti dimensi, penempatan tulangan dan lainnya.



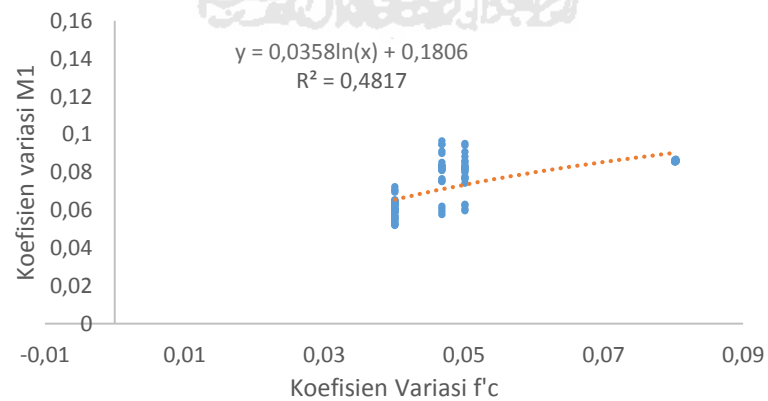
Gambar 5.15 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b 2016



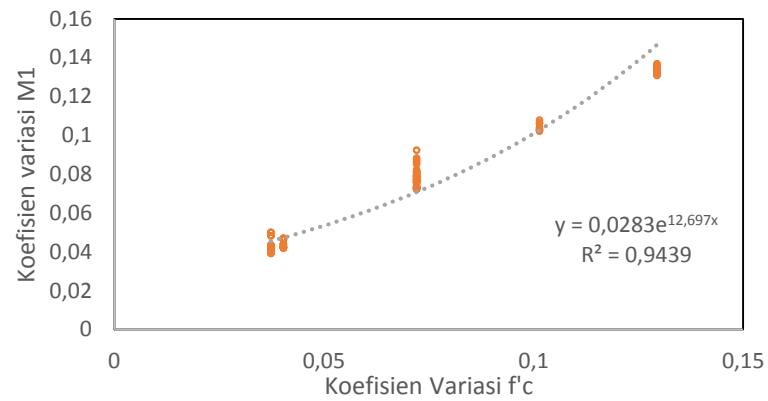
Gambar 5.16 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b 2010



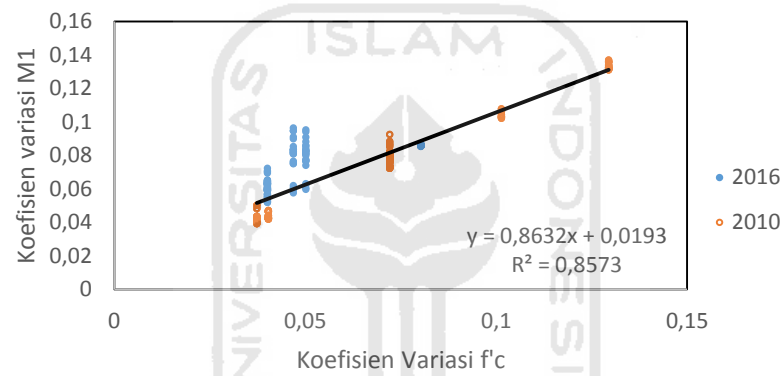
Gambar 5.17 Hubungan antara V_{M1} dengan V_b



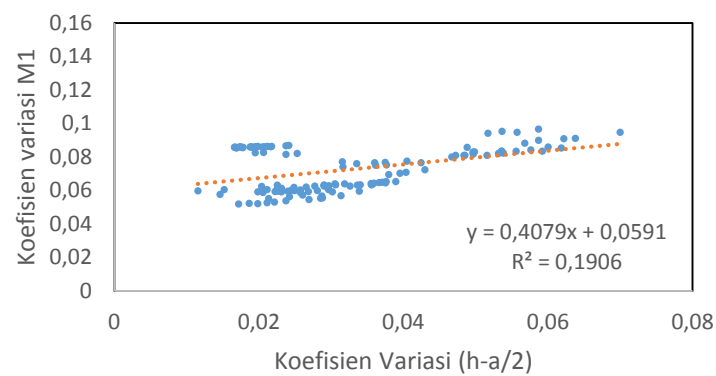
Gambar 5.18 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{f'c}$ 2016



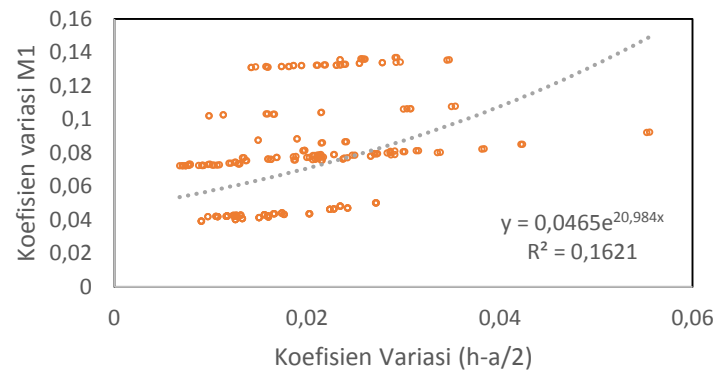
Gambar 5.19 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{f'c}$ 2010



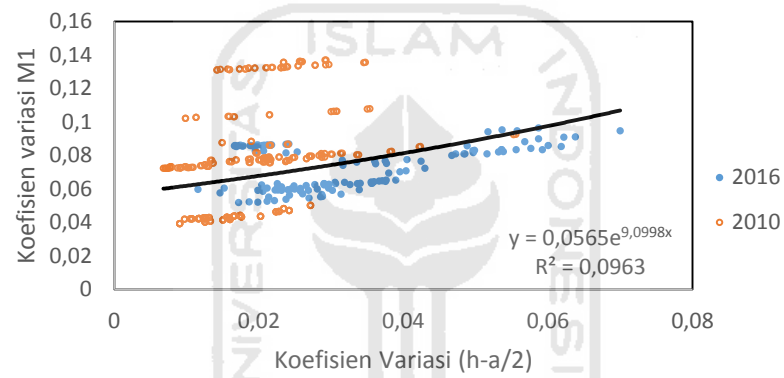
Gambar 5.20 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{f'c}$



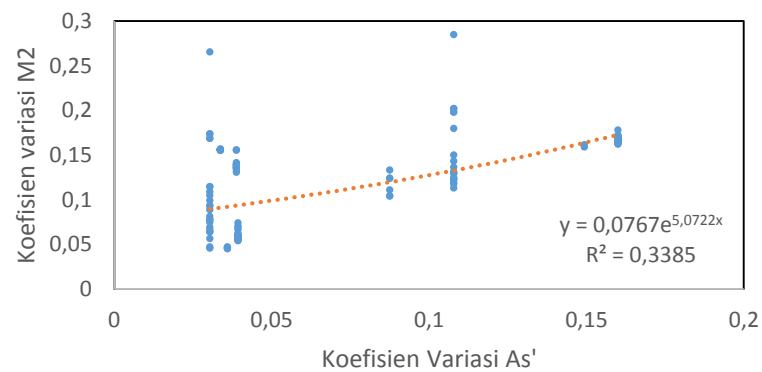
Gambar 5.21 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2016



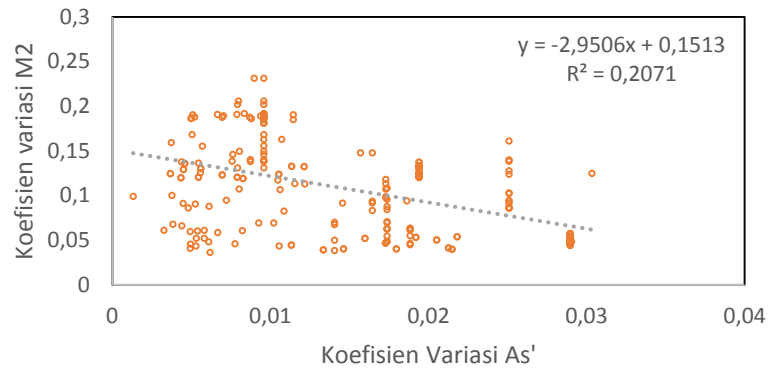
Gambar 5.22 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2010



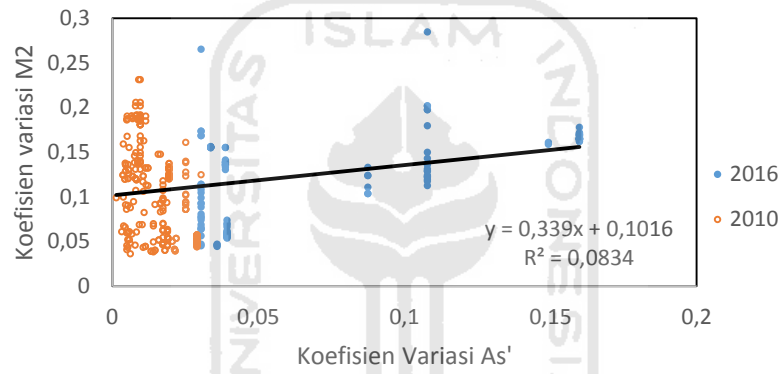
Gambar 5.23 Hubungan antara V_{M1} dengan $V_{(h-a/2)}$



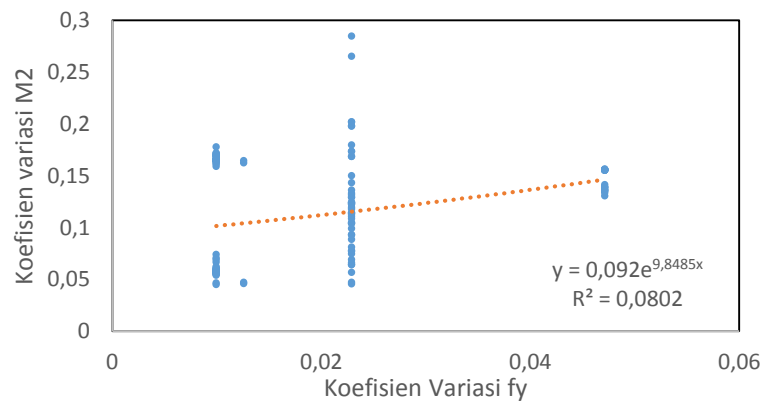
Gambar 5.24 Hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$ 2016



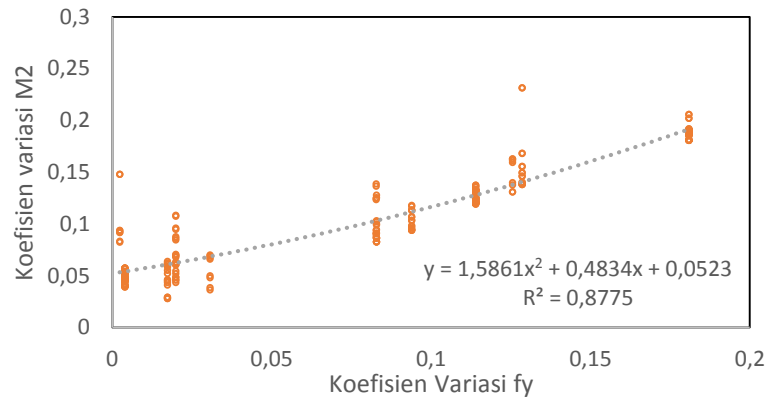
Gambar 5.25 hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$ 2010



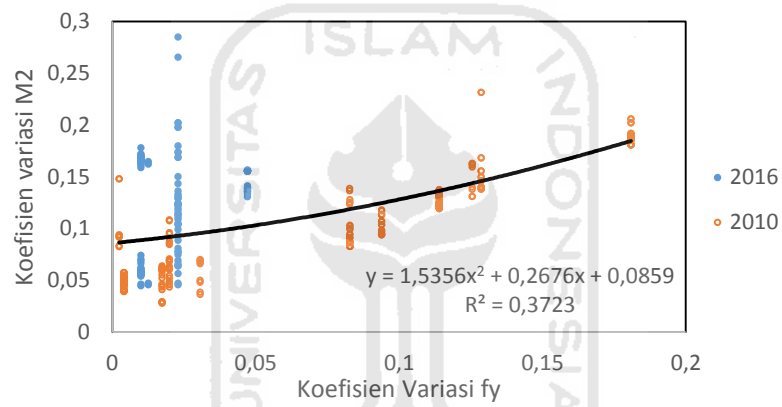
Gambar 5.26 hubungan antara V_{M2} dengan $V_{As'}$



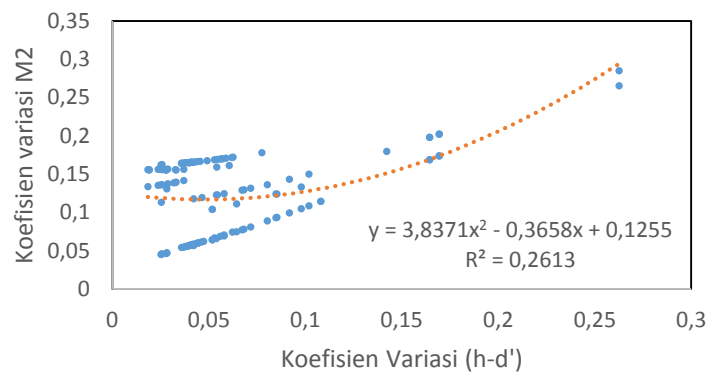
Gambar 5.27 hubungan antara V_{M2} dengan V_{f_y} 2016



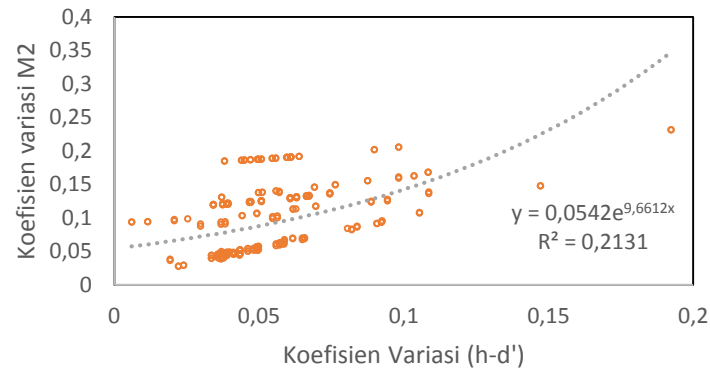
Gambar 5.28 hubungan antara V_{M2} dengan V_{fy} 2010



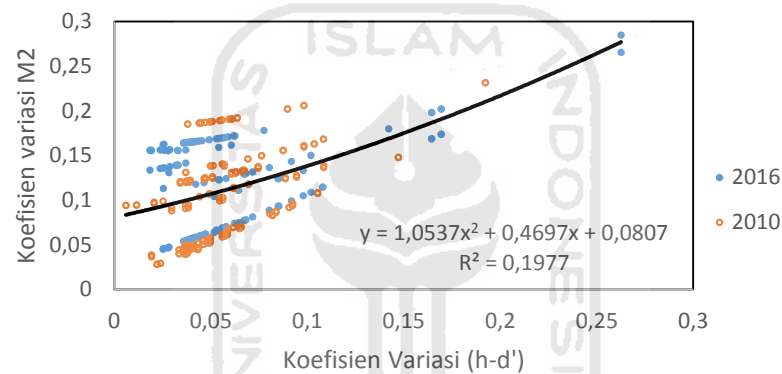
Gambar 5.29 hubungan antara V_{M2} dengan V_{fy}



Gambar 5.30 hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$ 2016



Gambar 5.31 hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$ 2010



Gambar 5.32 hubungan antara V_{M2} dengan $V_{(h-d')}$

5.5.2 Rekap perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok

Setelah dilakukan perhitungan nilai ϕ pada gaya geser balok seperti pada sub bab 5.2, maka dihitung nilai ϕ untuk setiap proyek yang diteliti. Berikut rekap perhitungan nilai ϕ yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 . Dalam tabel tersebut hanya diambil satu contoh balok untuk setiap proyek.

Tabel 5.2 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya geser balok pada empat proyek

Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	B3 tumpuan	B6 tumpuan	g1 tumpuan	B1 tumpuan
Menghitung nilai V_n rencana				
B (mm)	400	350	400	350

Lanjutan Tabel 5.2 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya geser balok pada empat proyek

Ht (mm)	550	650	600	700
JAT (mm)	-	42	-	-
Sb (mm)	40	50	50	40
d pokok (mm)	25	22	22	19
Ds (mm)	10	10	10	10
D (mm)	62,5	103	71	59,5
d' (mm)	62,5	71	71	59,5
h- (mm)	487,5	547	529	640,5
S (mm)	150	100	150	150
Asv (mm ²)	157	157	157	157
f _c (Mpa)	30	30	30	30
f _y (Mpa)	240	400	400	400
V _c (N)	178009,8312	174769,1394	193163,4886	204642,8405
V _s (N)	204100	343516	221474,6667	268156
V _n (N)	382109,8312	518285,1394	414638,1553	472798,8405
Menghitung nilai V _n lapangan				
Asv (mm ²)	154,7859075	153,5608659	154,1076675	156,4408838
f _y (Mpa)	364,0491	474,535	404,1225	504,1933333
s f _c (Mpa)	1,586309169	1,523859458	2,92729961	1,379251004
F _{cr} (Mpa)	33,84280839	37,97506087	36,42966799	32,23
f _c rata (Mpa)	31,24126135	35,47593136	31,62889663	29,96802835
b (mm)	393,68125	346,725	389,1875	337,175
h- (mm)	497,14125	528,457125	525,13375	631,960625
s (mm)	155,1875	117,375	135,75	140,2816901
V _c (N)	182321,3637	181890,7305	191566,5088	194412,0685
V _s (N)	225024,1431	328082,4163	240916,9581	355333,6932
V _r (N)	470582,4718	560970,4615	475731,8136	604720,3379
menghitung nilai γ R				
γ R	1,388	1,082358761	1,147342104	1,279022464
mencari nilai koefisien variasi dari V _n				
V _{f_c}	0,046872859	0,0401279	0,080354825	0,042794012
V _{f_y}	0,00061142	0,031992546	0,009915741	0,052628622
V _b	0,030364896	0,035397604	0,022978614	0,025239918
V _{h-}	0,00432506	0,026727068	0,015857265	0,010075674
V _{as_d}	0,101898221	0,126045297	0,045538524	0,092748859
V _{as}	0,106222631	0,129566264	0,054532167	0,097480003
V _s	0,061063409	0,100819003	0,081647781	0,341319795

Lanjutan Tabel 5.2 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya geser balok pada empat proyek

V _{vc}	0,056016051	0,059812833	0,085066841	0,050694182
s _{vc}	10212,92277	10879,39981	16295,95783	9855,560852
V _{vs}	0,122524941	0,167258516	0,098683531	0,358847217
s _{vs}	27571,06986	54874,57802	23774,53605	127510,5068
s _{vn}	29401,83132	55942,65504	28823,37256	127890,8184
V _{vn}	0,062479657	0,099724779	0,06058744	0,211487543
V _r	0,162492177	0,180125044	0,161774033	0,259281663
mencari nilai faktor reduksi kekuatan				
ϕ	0,909	0,674566145	0,750355051	0,647576543

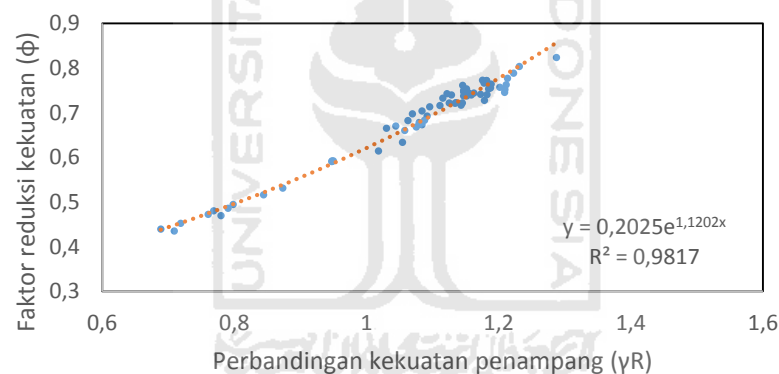
Berdasarkan pada Tabel 5.2 diatas terlihat bahwa nilai ϕ untuk gaya geser balok pada keempat proyek yang diteliti tidak memenuhi standar SNI. Hal ini dikarenakan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang sangat tinggi, sehingga mengakibatkan nilai ϕ menjadi kecil. Untuk nilai hasil perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) cukup baik karena dari semua proyek nilai tersebut sudah berada diatas angka 1, akan tetapi nilai tersebut belum cukup tinggi untuk membuat nilai ϕ meningkat.

Untuk nilai ϕ terkecil berada pada proyek A, dikarenakan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) pada proyek ini memiliki nilai tertinggi dibandingkan proyek lainnya yang membuat nilai ϕ menjadi yang terburuk. Jika dibandingkan dengan proyek lainnya untuk nilai koefisien variasi dari jarak tulangan sengkang (V_s), nilai koefisien variasi dari jarak tulangan sengkang (V_s) pada proyek ini juga merupakan yang tertinggi, menunjukkan bahwa data jarak tulangan sengkang pada proyek ini sangat tidak seragam. Hal inilah yang menyebabkan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) pada proyek ini menjadi sangat tinggi. Sedangkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) memiliki nilai yang bagus dan menjadi nilai yang tertinggi diantara proyek lainnya, dikarenakan nilai mutu baja di lapangan sangat tinggi dibandingkan dengan yang direncanakan, sehingga dapat menaikkan nilai kekuatan geser nominal (V_n) dan membuat nilai

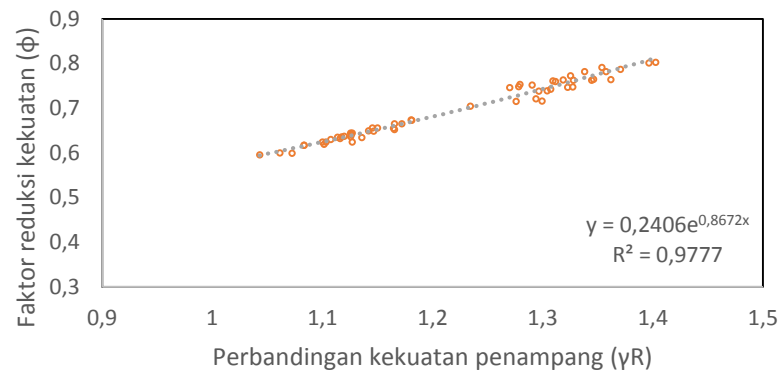
perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) menjadi tinggi.

Jika dilihat dari segi nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R), nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) terendah berada pada proyek B, hal ini dikarenakan nilai jarak tulangan sengkang yang ada di lapangan lebih tinggi dibandingkan dengan yang telah direncanakan sehingga nilai kekuatan geser di lapangan menurun, dan mengakibatkan nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) juga menurun.

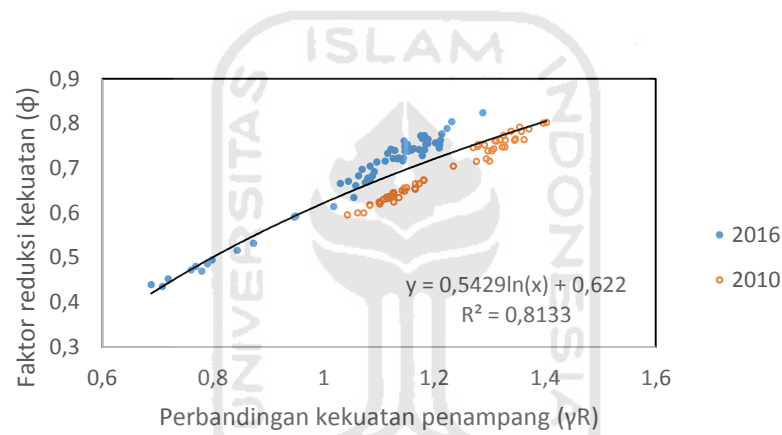
Untuk memperjelas hubungan parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada gaya geser balok dapat dilihat pada gambar berikut.



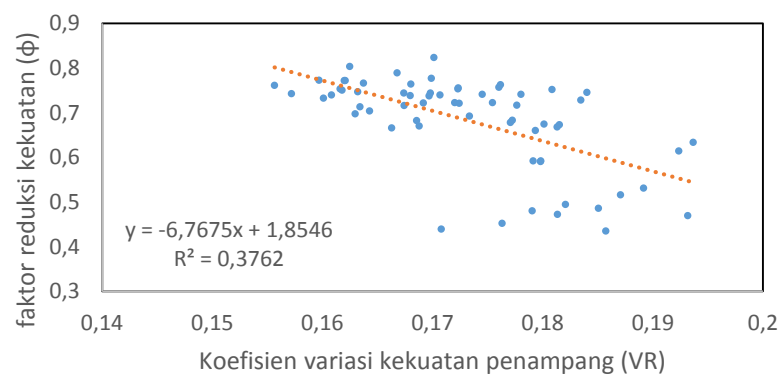
Gambar 5.33 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016



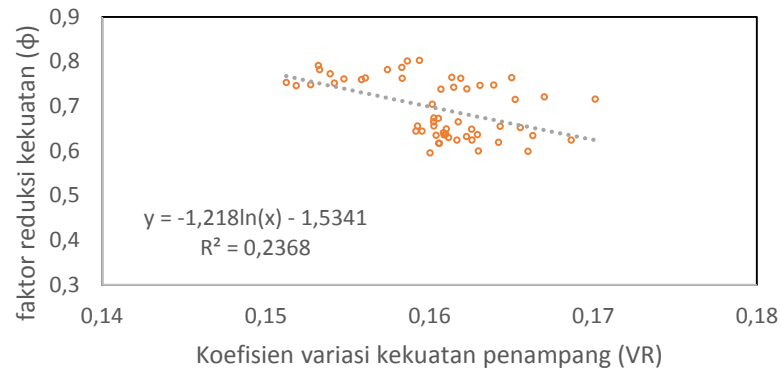
Gambar 5.34 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010



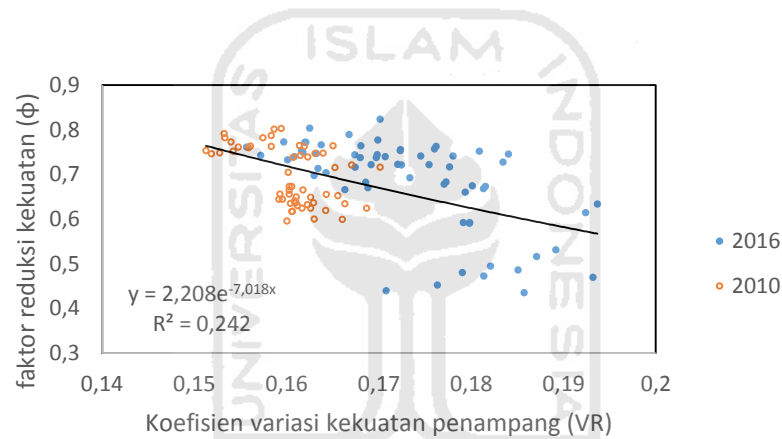
Gambar 5.35 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)



Gambar 5.36 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016



Gambar 5.37 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010

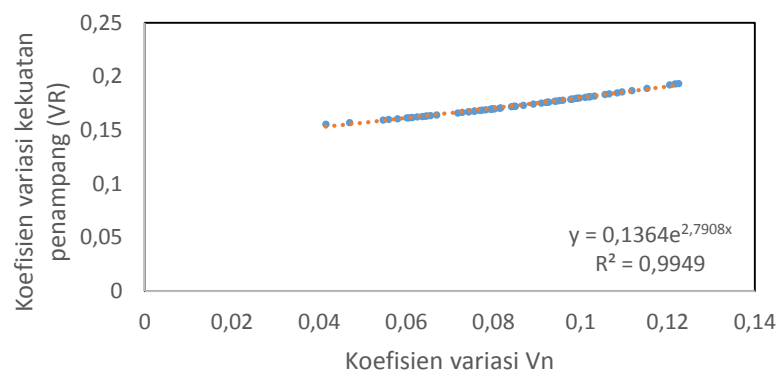


Gambar 5.38 Hubungan antara ϕ_{geser} balok dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)

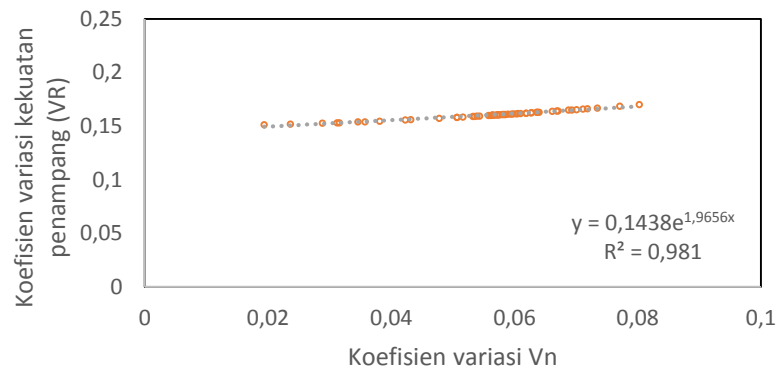
Dengan mengacu pada Persamaan 3.21 bahwa parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan ada dua yaitu nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R). Untuk lebih memahami faktor yang mempengaruhi nilai ϕ diatas dapat dilihat pada Gambar 5.13 yang menunjukkan hubungan antara nilai ϕ dengan γ_R , dimana semakin besar nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang semakin besar, sedangkan semakin kecil nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata

dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) diperoleh dari hasil mutu pelaksanaan di lapangan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan, sehingga untuk memperoleh nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang tinggi, maka mutu pelaksanaan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan harus sesuai dengan yang telah direncanakan.

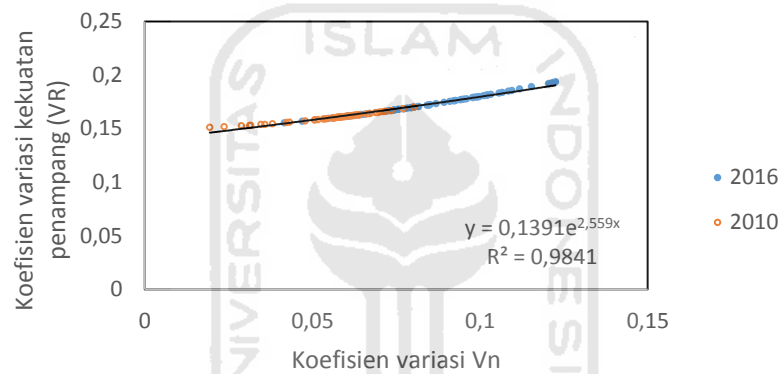
Untuk Gambar 5.14 menjelaskan hubungan antara nilai ϕ dengan V_R , bahwa semakin kecil nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang dihasilkan maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin besar, sedangkan semakin besar nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Menelusuri lebih jauh, parameter yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yaitu koefisien variasi momen nominal balok (V_{Mn}). Untuk memahami hubungan antara V_R dengan V_{Mn} dapat dilihat pada Gambar 5.15, terlihat jelas bahwa nilai V_R dengan V_{Mn} yang dihasilkan berbanding lurus yaitu semakin besar nilai V_{Mn} maka akan menghasilkan nilai V_R yang semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai V_{Mn} yang dihasilkan maka nilai V_R akan semakin kecil.



Gambar 5.39 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn} 2016



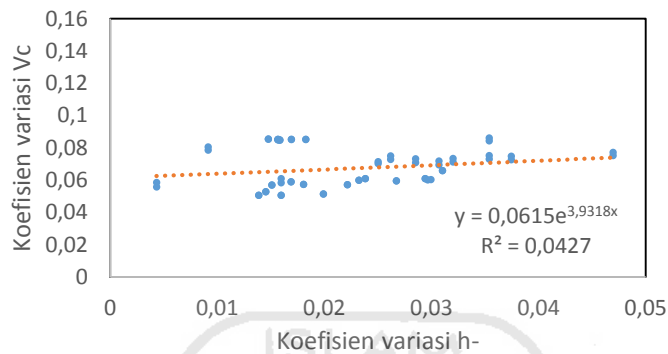
Gambar 5.40 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn} 2010



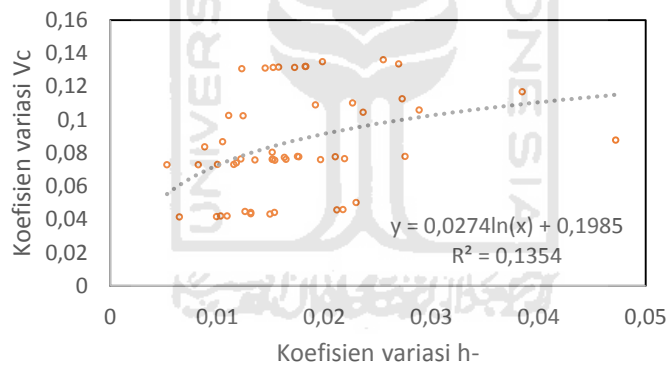
Gambar 5.41 Hubungan antara V_R dengan V_{Vn}

Berdasarkan Persamaan 3.82 gaya geser balok adalah penjumlahan antara gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_C) dengan gaya geser yang mampu ditahan oleh beton (V_S) dimana parameter yang mempengaruhi V_C adalah f'_c , b dan h , sedangkan parameter yang mempengaruhi V_S adalah Asv , f_y , h dan s , sehingga dapat diperoleh hubungan koefisien variasi. Hubungan koefisien variasi antara lain hubungan antara koefisien variasi V_C dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu f'_c , b dan h , juga hubungan antara koefisien variasi V_S dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu Asv , f_y , h dan s . Hubungan koefisien variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.16 sampai Gambar 5.19. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai koefisien variasi dari parameter yang mempengaruhinya maka semakin besar juga nilai koefisien

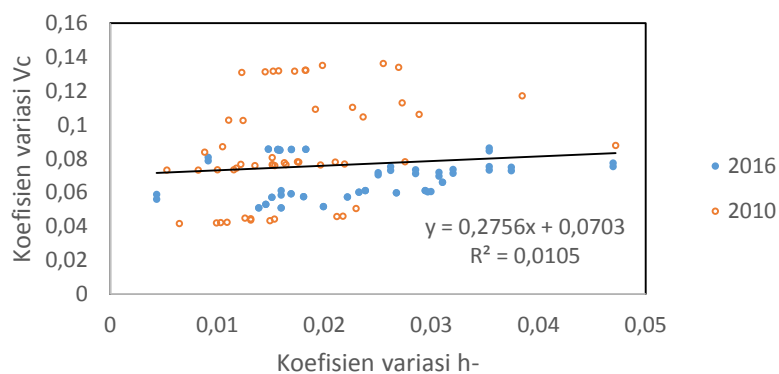
yang dipengaruhinya. Untuk dapat menghasilkan nilai koefisien variasi yang kecil cara yang dapat dilakukan adalah menyeragamkan mutu pelaksanaan di lapangan sesuai dengan perencanaan seperti dimensi, penempatan tulangan dan lainnya.



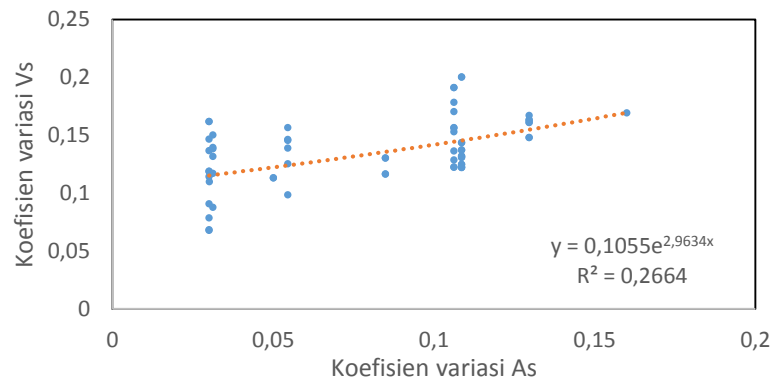
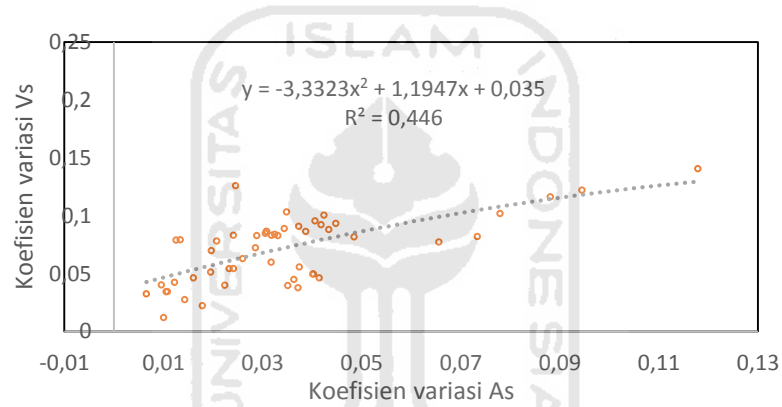
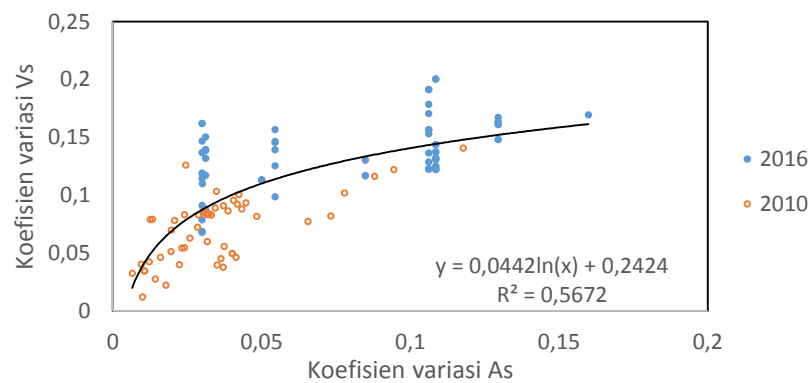
Gambar 5.42 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_h 2016

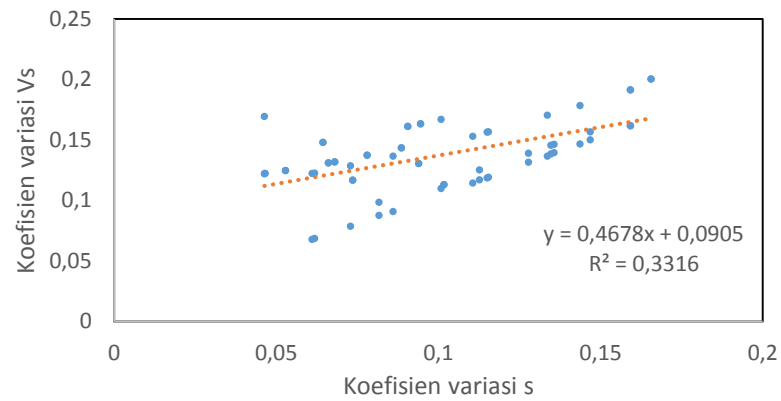
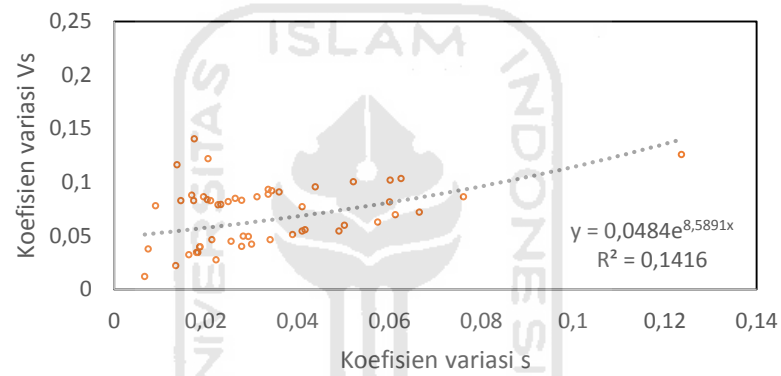
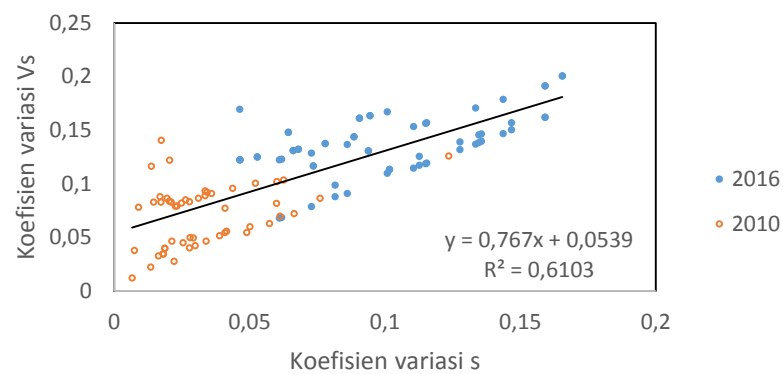


Gambar 5.43 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_h 2010



Gambar 5.44 Hubungan antara V_{Vc} dengan V_h

Gambar 5.45 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv} 2016Gambar 5.46 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv} 2010Gambar 5.47 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_{Asv}

Gambar 5.48 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s 2016Gambar 5.49 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s 2010Gambar 5.50 Hubungan antara V_{Vs} dengan V_s

5.5.3 Rekap perhitungan nilai ϕ pada gaya aksial kolom

Setelah dilakukan perhitungan nilai ϕ pada gaya aksial kolom seperti pada sub bab 5.3, maka dihitung nilai ϕ untuk setiap proyek yang diteliti. Berikut rekap perhitungan nilai ϕ yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 . Dalam tabel tersebut hanya diambil satu contoh kolom untuk setiap proyek.

Tabel 5.3 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya aksial kolom pada empat proyek

Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	K1	K4	A3	K1
menghitung nilai P_o rencana				
B (cm)	75	80	70	35
Ht (cm)	75	80	70	70
d pokok (cm)	2,5	2,2	2,5	1,6
N	36	18	24	16
Ast (cm ²)	176,625	68,3892	117,75	32,1536
Ag (cm ²)	5625	6400	4900	2450
f _c (kg/cm ²)	306	306	306	306
F _y (kg/cm ²)	4080	4080	4080	4080
P _c (kgcm)	1417122,338	1646851,969	1243863,225	628881,8486
P _s (kgcm)	720630	279027,936	480420	131186,688
P _o renc (kgcm)	2137752,338	1925879,905	1724283,225	760068,5366
menghitung nilai P_o lapangan				
B (cm)	74,9525	80,07875	68,5525	33,65
Ht (cm)	74,91	80,21	68,5	68,06
A _s (cm ²)	178,9628085	68,84208452	116,7873467	31,4172072
F _y (kg/cm ²)	4696,91028	3757,986	3599,1006	4081,734
s f _c (kg/cm ²)	16,18035352	28,04236631	29,80501382	9,231986135
F _{cr} (kg/cm ²)	346,4491654	375,4227997	371,5618506	360,774
f _c (kg/cm ²)	318,3212388	326,6739501	319,7488146	344,7251153
P _c (kgcm)	1470761,782	1764409,545	1244526,358	661865,8522
P _s (kgcm)	840572,255	258707,5898	420329,4094	128236,6828
P _o (kgcm)	2311334,037	2023117,135	1664855,767	790102,535
R (kgcm)	2265107,356	1982654,793	1631558,652	774300,4843
menghitung nilai γ R				
γ R	1,059574262	1,029479973	0,946224279	1,018724558
mencari nilai koefisien variasi dari V _n				
V _{f_c}	0,046872859	0,074695427	0,080215484	0,025589389
V _{f_y}	0,022897365	0,00994168	0,005795481	0,022204115

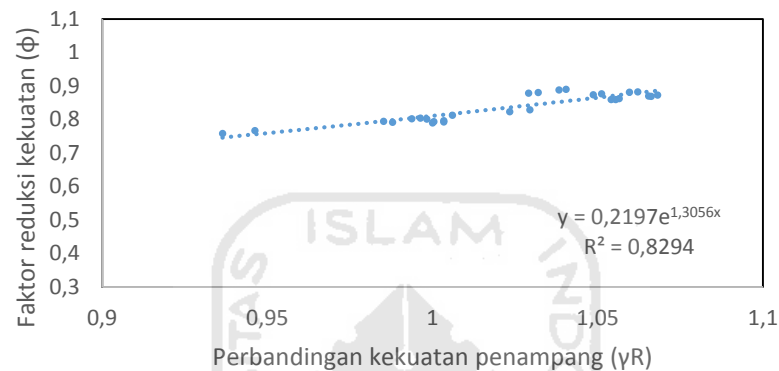
Lanjutan Tabel 5.3 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk gaya aksial kolom pada empat proyek

Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	K1	K4	A3	K1
Vb	0,004523049	0,003358416	0,015602641	0,035381123
Vht	0,004583193	0,003730174	0,014990578	0,016018019
Vpc	0,04731309	0,074863876	0,083082392	0,046510404
Spc	69586,28469	1295005,273	1013708,099	301800,4693
Vasd	0,103555029	0,025347145	0,021043431	0,040616352
Vas	0,107813005	0,039274391	0,03664459	0,050494436
Vps	0,106056274	0,027227096	0,021826901	0,046289424
Sps	89147,96166	69057,41586	89945,96357	58196,09973
Spo	113091,1583	1296845,242	1017690,713	307360,2273
Vpo	0,048928955	0,065383369	0,062350418	0,039679335
Vr	0,069957434	0,082310297	0,079922304	0,063831416
mencari nilai faktor reduksi kekuatan				
ϕ	0,881816692	0,829434832	0,767150941	0,861563899

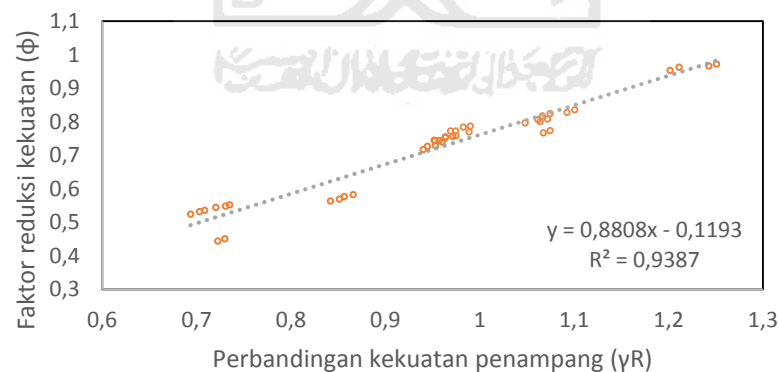
Berdasarkan pada Tabel 5.3 diatas terlihat bahwa nilai ϕ gaya aksial kolom untuk ketiga proyek yaitu proyek A, B dan D berada diatas standar SNI, sedangkan nilai ϕ gaya aksial kolom untun proyek C berada di bawah standar SNI yang telah ditetapkan. Nilai ϕ gaya aksial kolom untun proyek C rendah dikarenakan nilai hasil perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang rendah bahkan berada dibawah angka satu dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang cukup tinggi, akibat dari dua faktor tersebut nilai ϕ gaya aksial kolom untun proyek C menjadi rendah. Untuk nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) rendah disebabkan oleh nilai mutu baja, lebar kolom dan tinggi kolom yang ada di lapangan lebih rendah dari yang telah di rencanakan, sehingga berakibat menurunnya kekuatan aksial kolom di lapangan, dapat dilihat pada tabel 5.3 nilai P_o lapangan lebih kecil dibandingkan nilai P_o yang direncanakan, maka nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang dihasilkan berada di bawah angka 1. Sedangkan untuk nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) tinggi disebabkan oleh data untuk mutu

beton yang tidak seragam ditunjukkan dengan tingginya nilai koefisien variasi dari mutu beton, sehingga nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) juga ikut meningkat.

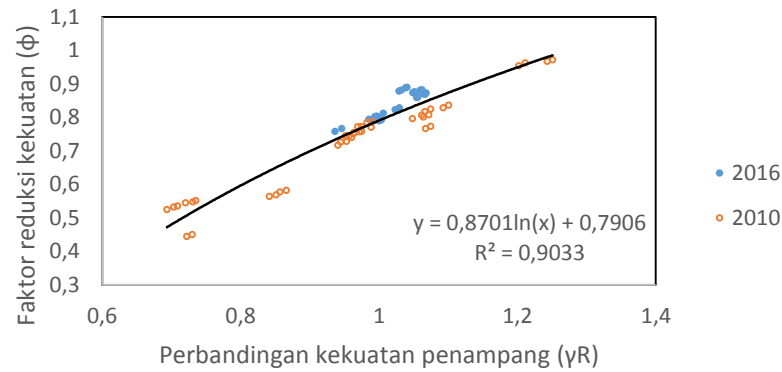
Untuk memperjelas hubungan parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada gaya aksial kolom dapat dilihat pada gambar berikut.



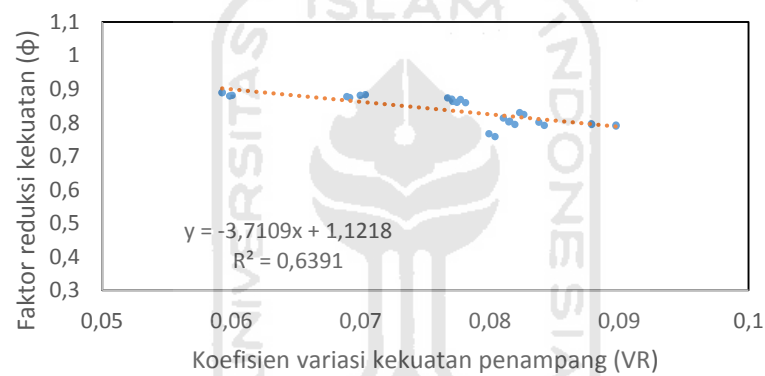
Gambar 5.51 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016



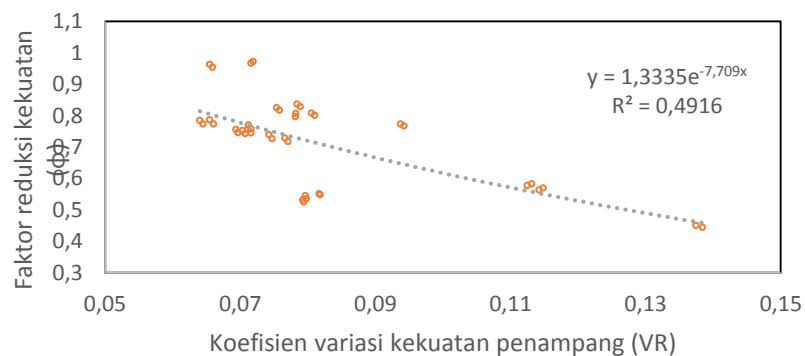
Gambar 5.52 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010



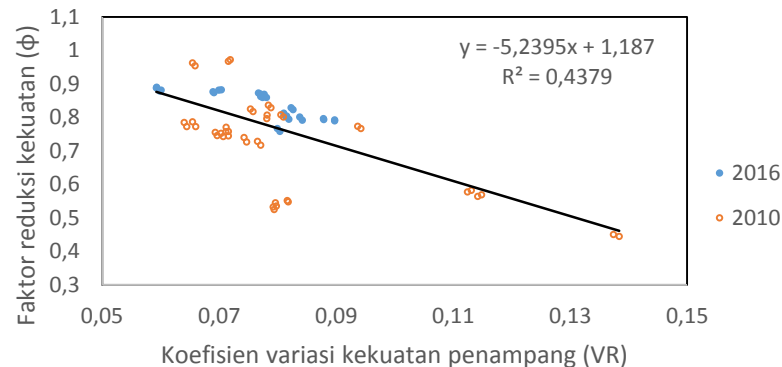
Gambar 5.53 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)



Gambar 5.54 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016



Gambar 5.55 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010

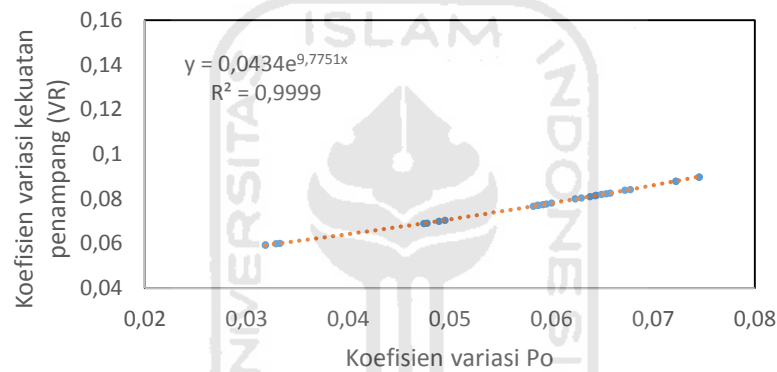


Gambar 5.56 Hubungan antara ϕ_{aksial} kolom dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)

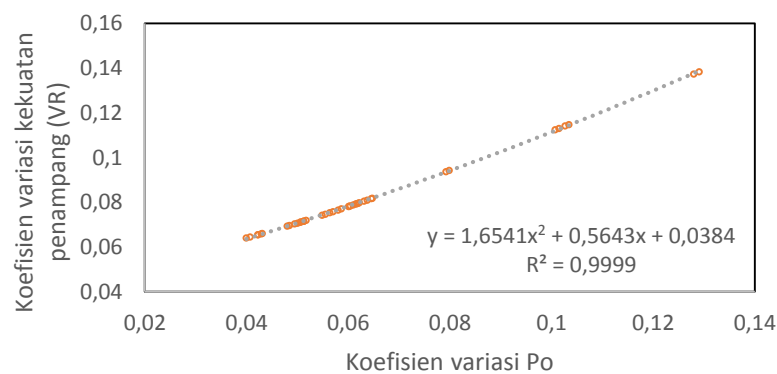
Dengan mengacu pada Persamaan 3.21 bahwa parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan ada dua yaitu nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R). Untuk lebih memahami faktor yang mempengaruhi nilai ϕ diatas dapat dilihat pada Gambar 5.20 yang menunjukkan hubungan antara nilai ϕ dengan γ_R , dimana semakin besar nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang semakin besar, sedangkan semakin kecil nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) diperoleh dari hasil mutu pelaksanaan di lapangan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan, sehingga untuk memperoleh nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang tinggi, maka mutu pelaksanaan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan harus sesuai dengan yang telah direncanakan.

Untuk Gambar 5.21 menjelaskan hubungan antara nilai ϕ dengan V_R , bahwa semakin kecil nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang dihasilkan maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin

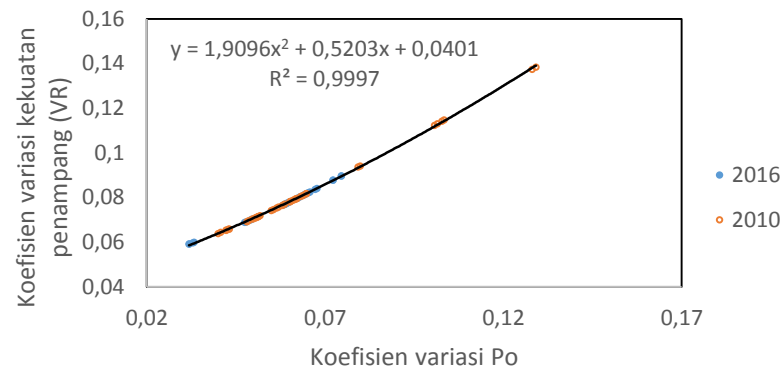
besar, sedangkan semakin besar nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Menelusuri lebih jauh, parameter yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yaitu koefisien variasi gaya aksial nominal kolom (V_{Po}). Untuk memahami hubungan antara V_R dengan V_{Po} dapat dilihat pada Gambar 5.22, terlihat jelas bahwa nilai V_R dengan V_{Po} yang dihasilkan berbanding lurus yaitu semakin besar nilai V_{Po} maka akan menghasilkan nilai V_R yang semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai V_{Po} yang dihasilkan maka nilai V_R akan semakin kecil.



Gambar 5.57 Hubungan antara V_R dengan V_{Po} 2016

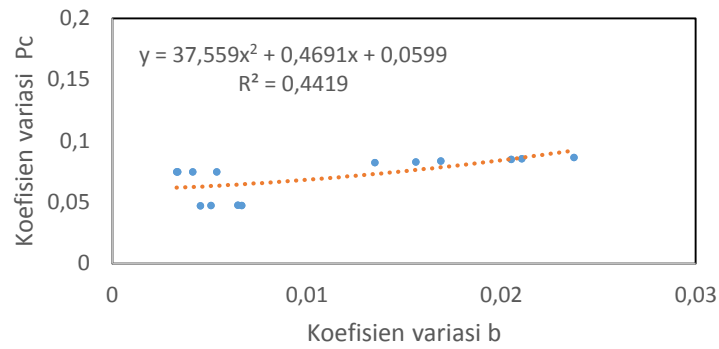


Gambar 5.58 Hubungan antara V_R dengan V_{Po} 2010

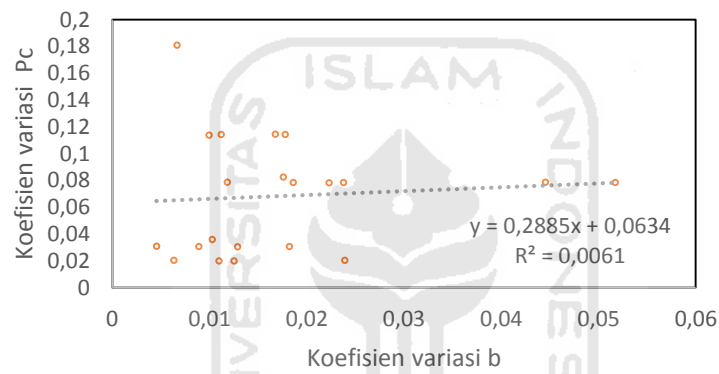


Gambar 5.59 Hubungan antara V_R dengan V_{Po}

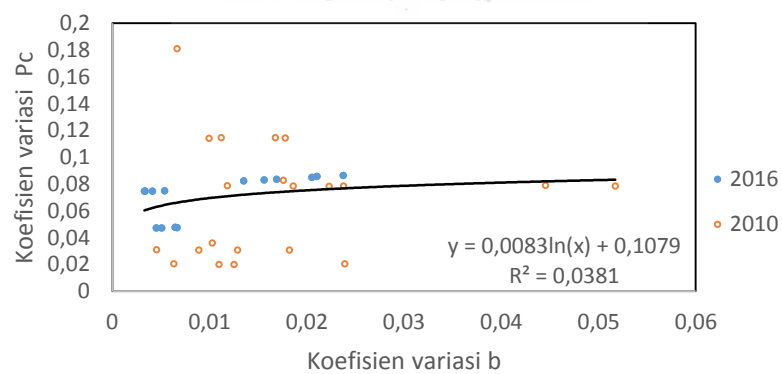
Berdasarkan Persamaan 3.92 gaya aksial kolom adalah penjumlahan antara gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton (P_C) dengan gaya aksial yang mampu ditahan oleh beton (P_s) dimana parameter yang mempengaruhi P_C adalah f'_c , b , h_t dan A_{st} , sedangkan parameter yang mempengaruhi P_s adalah A_{st} dan f_y , sehingga dapat diperoleh hubungan koefisien variasi. Hubungan koefisien variasi antara lain hubungan antara koefisien variasi P_C dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu f'_c , b , h_t dan A_{st} , juga hubungan antara koefisien variasi P_s dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu A_{st} dan f_y . Hubungan koefisien variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.23 sampai Gambar 5.26 . Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai koefisien variasi dari parameter yang mempengaruhinya maka semakin besar juga nilai koefisien yang dipengaruhi. Untuk dapat menghasilkan nilai koefisien variasi yang kecil cara yang dapat dilakukan adalah menyeragamkan mutu pelaksanaan di lapangan sesuai dengan perencanaan seperti dimensi, penempatan tulangan dan lainnya.



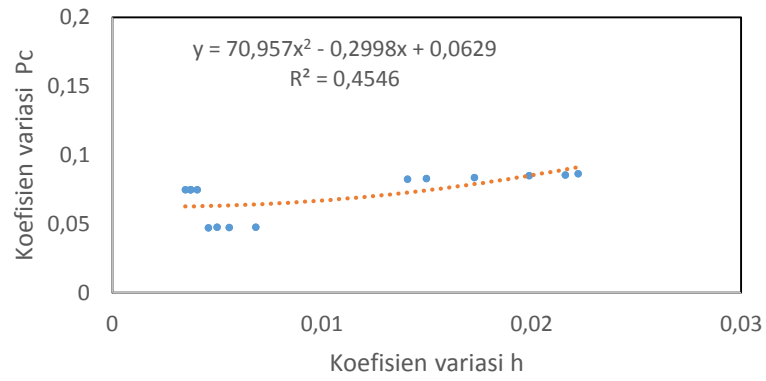
Gambar 5.60 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b 2016



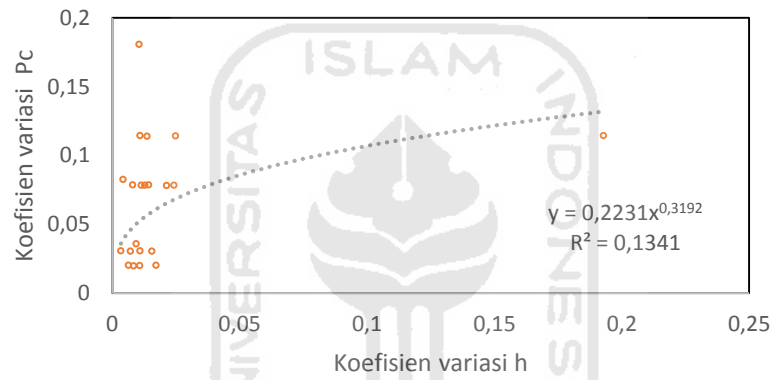
Gambar 5.61 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b 2010



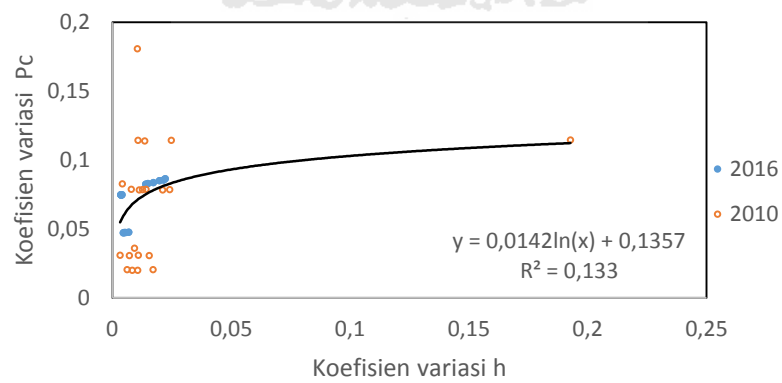
Gambar 5.62 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_b



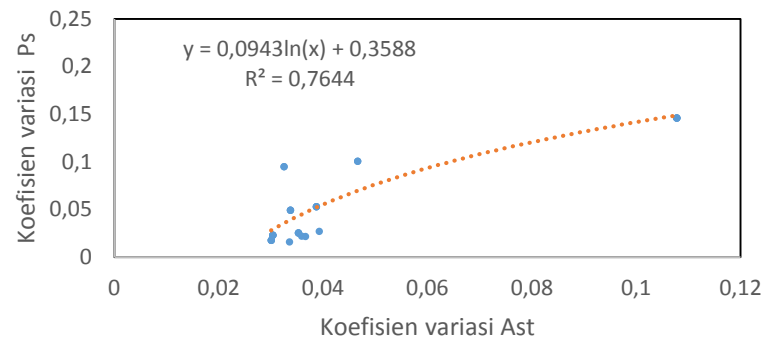
Gambar 5.63 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h 2016



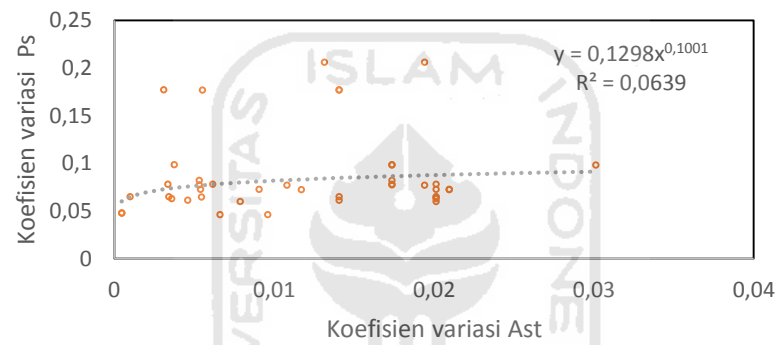
Gambar 5.64 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h 2010



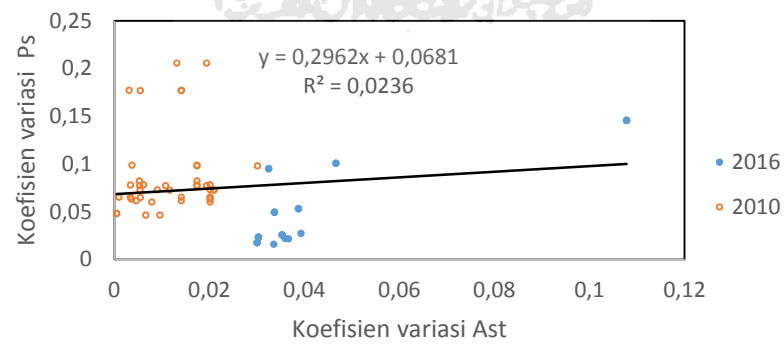
Gambar 5.65 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_h



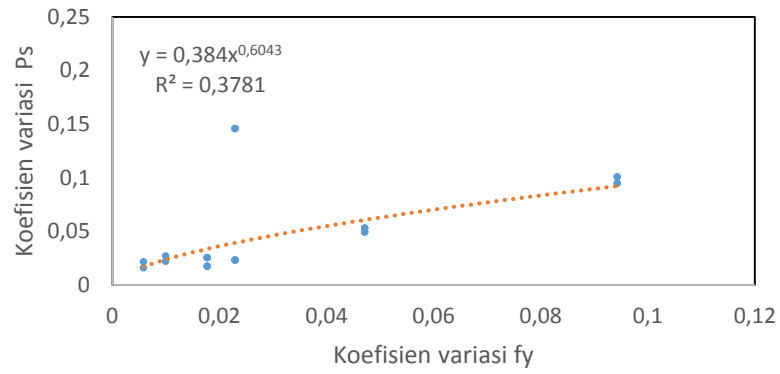
Gambar 5.66 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast} 2016



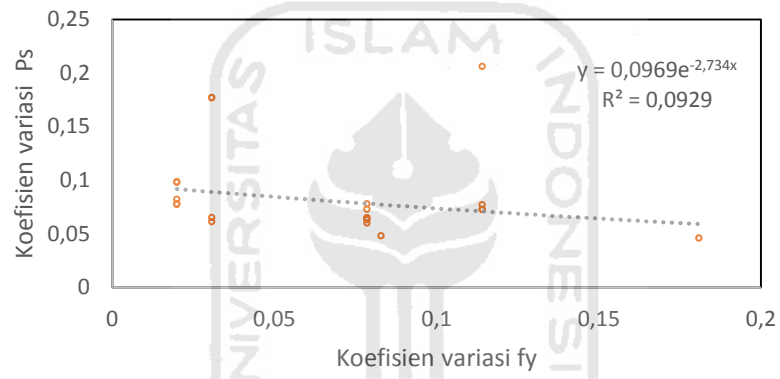
Gambar 5.67 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast} 2010



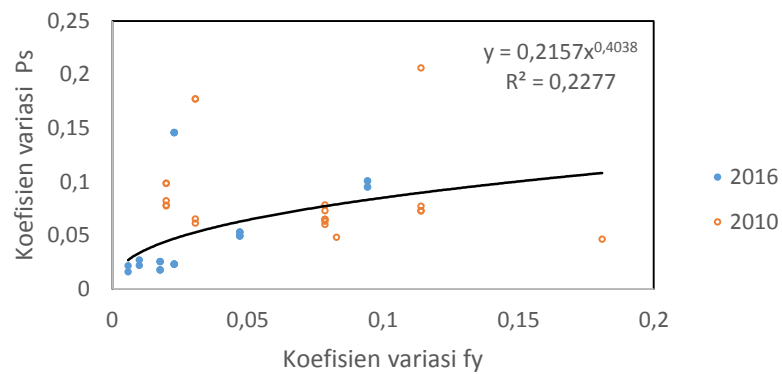
Gambar 5.68 Hubungan antara V_{Pc} dengan V_{Ast}



Gambar 5.69 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy} 2016



Gambar 5.70 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy} 2010



Gambar 5.71 Hubungan antara V_{Ps} dengan V_{fy}

5.5.4 Rekapitan perhitungan nilai ϕ pada momen lentur pelat

Setelah dilakukan perhitungan nilai ϕ pada momen lentur pelat seperti pada sub bab 5.4, maka dihitung nilai ϕ untuk setiap proyek yang diteliti. Berikut rekapitan perhitungan nilai ϕ yang dapat dilihat pada Tabel 5.4 . Dalam tabel tersebut hanya diambil satu contoh pelat untuk setiap proyek.

Tabel 5.4 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk momen lentur pelat pada empat proyek

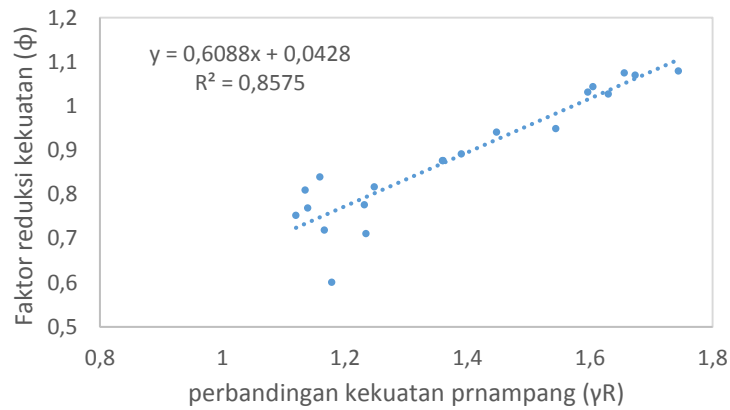
Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	A tum y	tum x	s-6 tum y	C tum x
menghitung nilai Mn rencana				
b	100	100	100	100
ht	12	12,0	12	12
Sb	3	3	3	3
d pokok	1	1	1	1
ds	0,8	1	1	1
d	3,5	3,5	306	3,5
h-	8,5	8,5	4080	8,5
s	17,5	20	3,5	30
f _c	306	306	8,5	306
f _y	2448	4080	25	4080
a/d	0,785	0,785	0,785	0,785
A _{st}	4,485714286	3,925	3,14	2,616666667
a	0,422184874	0,615686275	0,49254902	0,410457516
Mn renc	91020,73078	131189,2	105740,128	88554,97778
menghitung nilai Mn rencana				
as	4,410305759	3,95933	3,137992796	2,516036466
f _y	3713,30082	4840,257	4122,0495	5142,772
s	16,18035352	15,54336647	29,80501382	14,06836025
f _{cr}	346,4491654	387,3456209	371,5618506	328,746
f _c	319,9133856	361,8544999	322,6816279	305,6738892
b	100	100	100	100
h-	8,714125	9,08831	9,17475	8,2166875
a	0,602250952	0,623070832	0,471598028	0,498008704
Mn	137777,9432	168199,7681	115624,9881	103097,0544
R	146044,6198	178291,7542	122562,4874	109282,8777
menghitung nilai γ R				
γ R	1,604520405	1,359042925	1,159091536	1,234068151
mencari nilai koefisien variasi dari Mn				

Lanjutan Tabel 5.4 Rekap perhitungan nilai ϕ untuk momen lentur pelat pada empat proyek

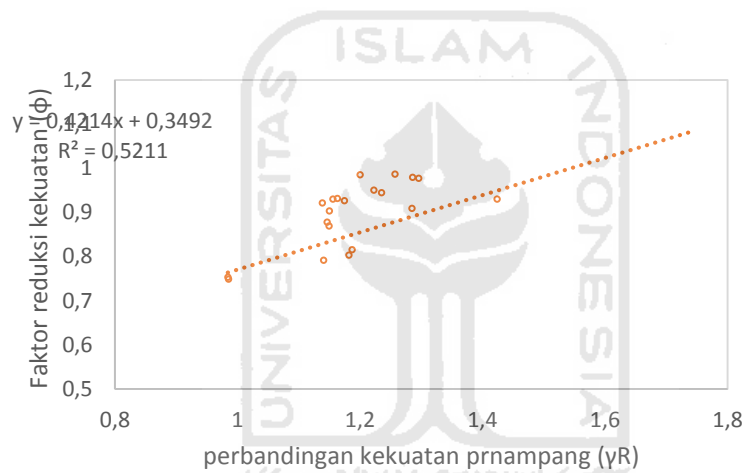
Nama proyek	A	B	C	D
Jenis balok	A tum y	tum x	s-6 tum y	C tum x
mencari nilai koefisien variasi dari Mn				
Vf _c	0,046872859	0,0401279	0,080215484	0,042794012
V _{fy}	0,008764999	0,031992546	0,009915741	0,052628622
V _{asd}	0,169102983	0,174110705	0,12169438	0,137632548
V _{as}	0,171743468	0,176676364	0,125337633	0,140864184
V _{a/2}	0,178240593	0,183979099	0,149138754	0,156345187
s _{a/2}	0,053672783	0,057316005	0,035166771	0,038930632
s _{h-}	0,605010605	0,555093756	0,492430616	0,772625781
s _(h-a/2)	0,607386697	0,558044983	0,493684731	0,773605967
V _(h-a/2)	0,072196212	0,063581993	0,055228486	0,097092963
V _{mn}	0,186507204	0,190475013	0,137324542	0,178995904
V _r	0,190748361	0,194629726	0,143031569	0,183410833
mencari nilai faktor reduksi kekuatan				
ϕ	1,044607365	0,87710	0,840141885	0,711829866

Berdasarkan pada Tabel 5.4 di atas terlihat bahwa nilai ϕ momen lentur pelat tertinggi berada pada proyek C, hal ini dikarenakan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) pada proyek ini cukup rendah dibandingkan ketiga proyek lainnya sehingga dapat membuat nilai ϕ menjadi bagus. nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) pada proyek C rendah disebabkan oleh data untuk luas tulangan total pada proyek ini cukup seragam sehingga membuat nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) menjadi rendah. Nilai yang mempengaruhi nilai ϕ adalah luas tulangan dan jarak tulangan, data untuk luas tulangan pada proyek C hampir sama seperti proyek lainnya tetapi data jarak tulangan pada proyek C sangat seragam berbeda dengan proyek lainnya oleh sebab itu nilai koefisien variasi luas tulangan total menjadi bagus.

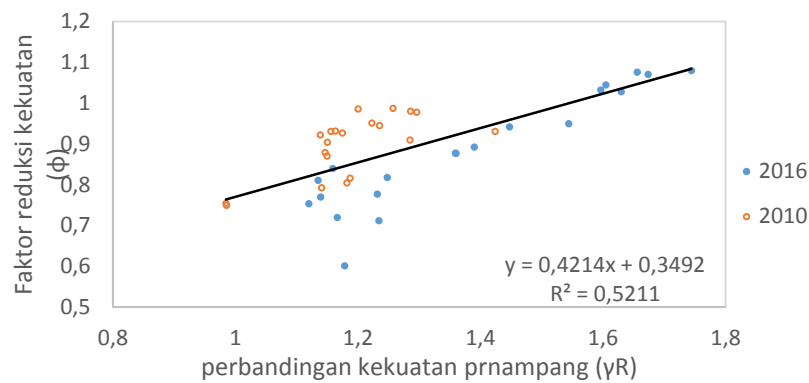
Untuk memperjelas hubungan parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada momen lentur pelat dapat dilihat pada gambar berikut.



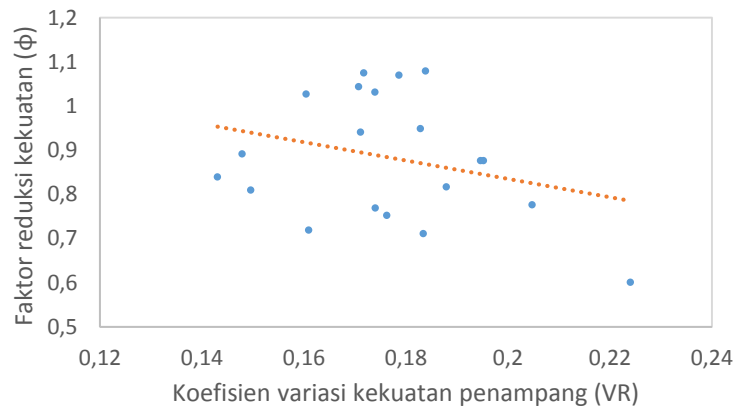
Gambar 5.72 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2016



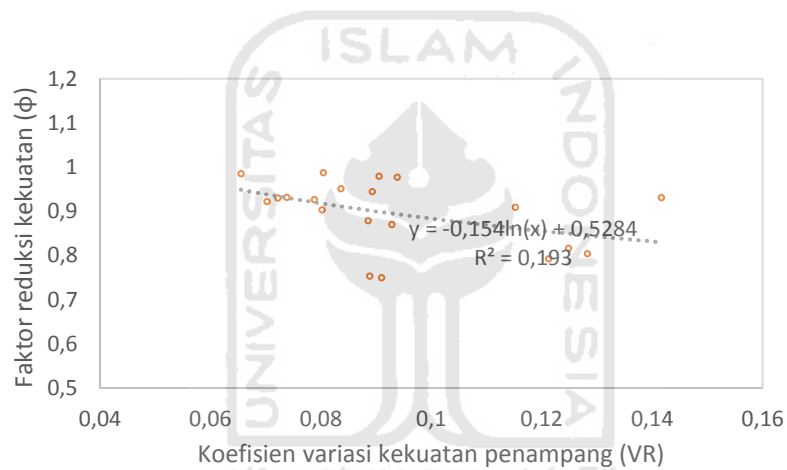
Gambar 5.73 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) 2010



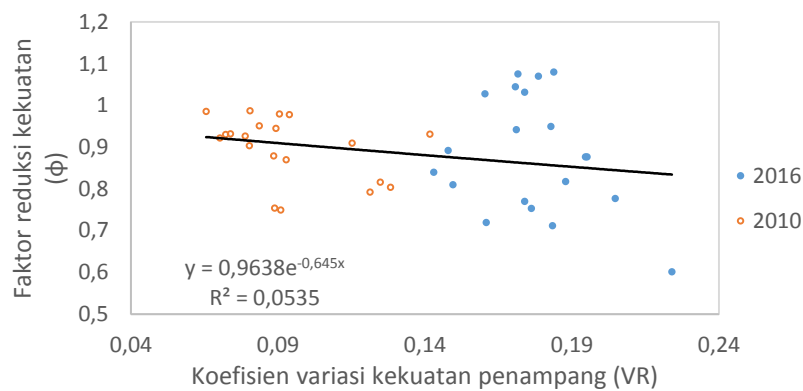
Gambar 5.74 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R)



Gambar 5.75 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2016



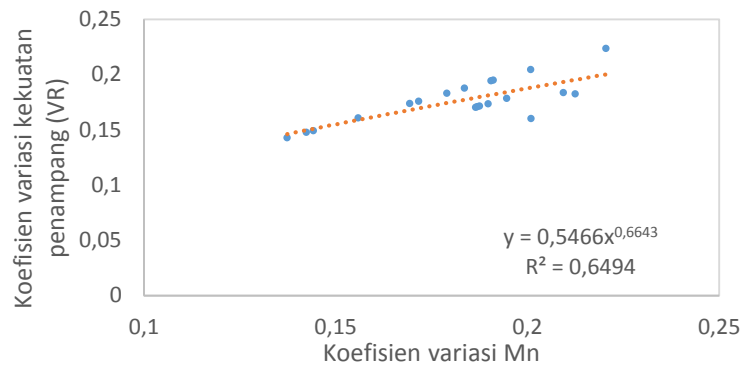
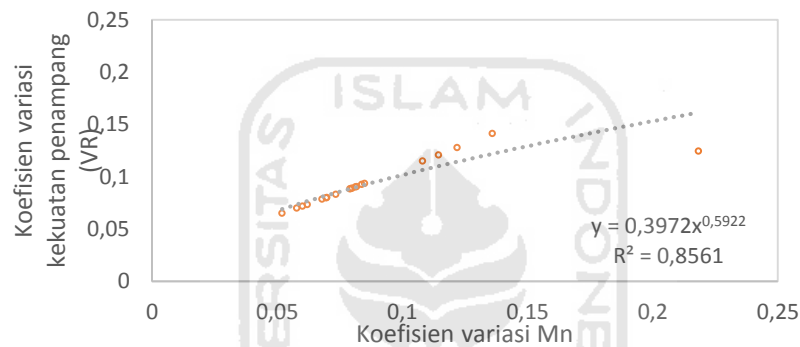
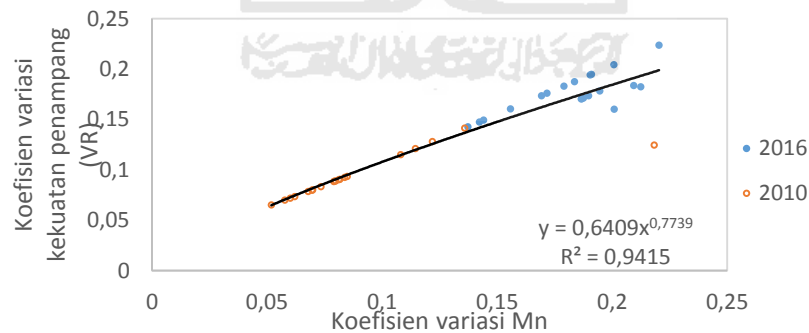
Gambar 5.76 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) 2010



Gambar 5.77 Hubungan antara ϕ_{lentur} pelat dengan koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R)

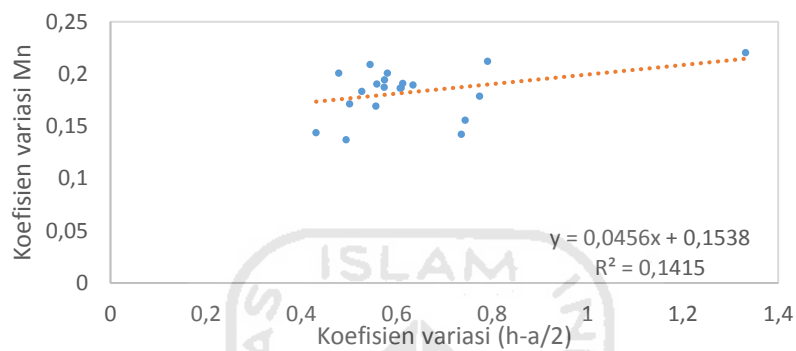
Seperti penjelasan sebelumnya, dengan mengacu pada Persamaan 3.21 bahwa parameter yang mempengaruhi nilai faktor reduksi kekuatan ada dua yaitu nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) dan nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R). Untuk lebih memahami faktor yang mempengaruhi nilai ϕ diatas dapat dilihat pada Gambar 5.27 yang menunjukkan hubungan antara nilai ϕ dengan γ_R , dimana semakin besar nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang semakin besar, sedangkan semakin kecil nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) diperoleh dari hasil mutu pelaksanaan di lapangan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan, sehingga untuk memperoleh nilai perbandingan kekuatan penampang rata-rata dengan kekuatan penampang rencana (γ_R) yang tinggi, maka mutu pelaksanaan dan mutu bahan yang digunakan di lapangan harus sesuai dengan yang telah direncanakan.

Untuk Gambar 5.28 menjelaskan hubungan antara nilai ϕ dengan V_R , bahwa semakin kecil nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yang dihasilkan maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin besar, sedangkan semakin besar nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) maka akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang semakin kecil. Menelusuri lebih jauh, parameter yang mempengaruhi nilai koefisien variasi kekuatan penampang struktur (V_R) yaitu koefisien variasi momen nominal pelat (V_{Mn}). Untuk memahami hubungan antara V_R dengan V_{Mn} dapat dilihat pada Gambar 5.29, terlihat jelas bahwa nilai V_R dengan V_{Mn} yang dihasilkan berbanding lurus yaitu semakin besar nilai V_{Mn} maka akan menghasilkan nilai V_R yang semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai V_{Mn} yang dihasilkan maka nilai V_R akan semakin kecil.

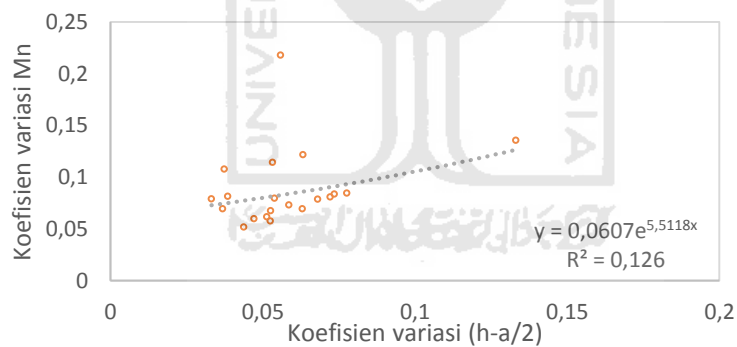
Gambar 5.78 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2016Gambar 5.79 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn} 2010Gambar 5.80 Hubungan antara V_R dengan V_{Mn}

Berdasarkan Persamaan 3.65 momen nominal lentur pelat dipengaruhi oleh Ast , f_y dan $(h-a/2)$, sehingga dapat diperoleh hubungan koefisien variasi. Hubungan koefisien variasi antara lain hubungan antara koefisien variasi Mn dengan parameter yang mempengaruhinya yaitu Ast , f_y dan $(h-a/2)$. Hubungan koefisien variasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.30 sampai Gambar 5.32 . dari gambar

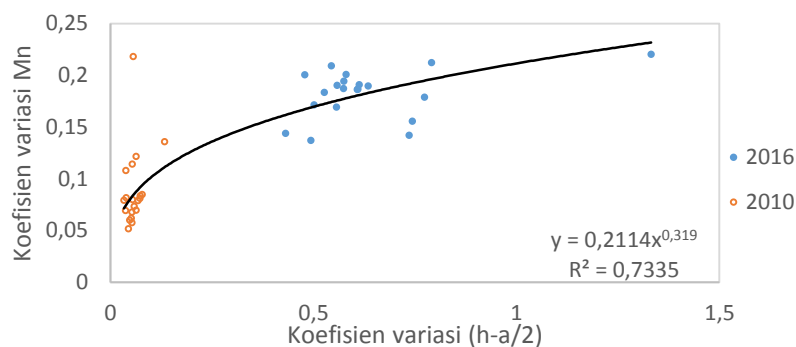
tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai koefisien variasi dari parameter yang mempengaruhinya maka semakin besar juga nilai koefisien yang dipengaruhi. Untuk dapat menghasilkan nilai koefisien variasi yang kecil cara yang dapat dilakukan adalah menyeragamkan mutu pelaksanaan di lapangan sesuai dengan perencanaan seperti dimensi, penempatan tulangan dan lainnya.



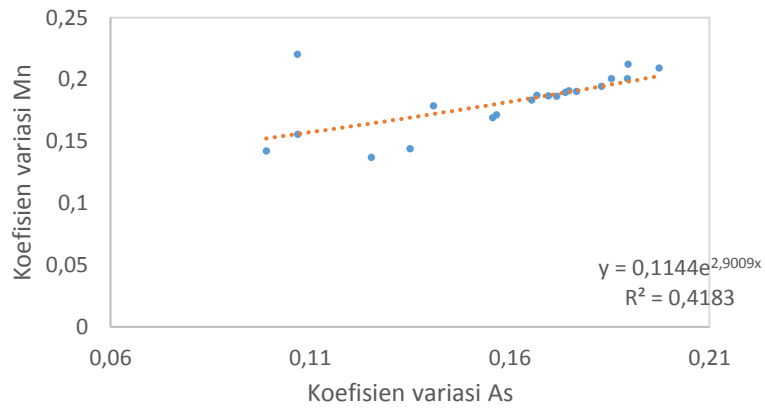
Gambar 5.81 Hubungan antara V_{M_n} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2016



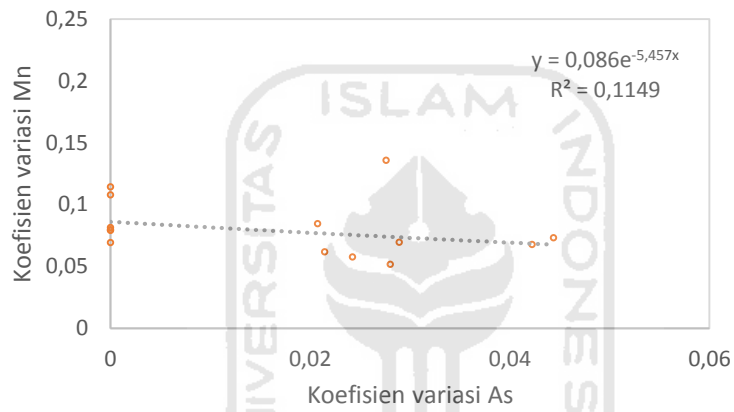
Gambar 5.82 Hubungan antara V_{M_n} dengan $V_{(h-a/2)}$ 2010



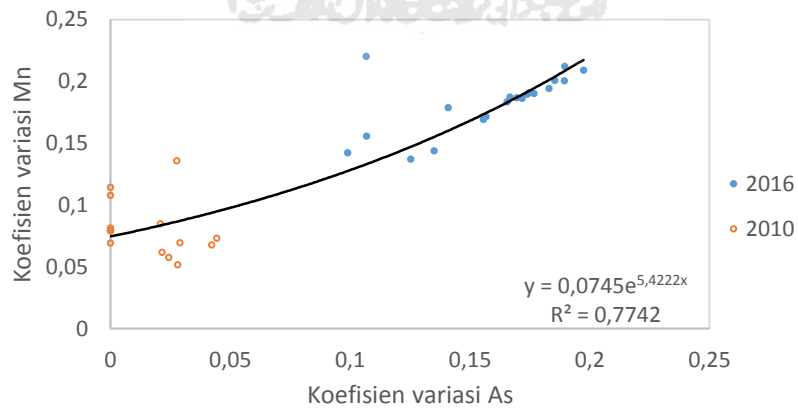
Gambar 5.83 Hubungan antara V_{M_n} dengan $V_{(h-a/2)}$



Gambar 5.84 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As} 2016



Gambar 5.85 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As} 2010



Gambar 5.86 Hubungan antara V_{Mn} dengan V_{As}

5.6 REKAPAN HASIL NILAI ϕ

5.6.1 Rekap nilai ϕ pada momen lentur balok

Berikut rekap hasil perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 5.5 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek A

Jenis Balok			B3	B4	B5	BA1	BA2	BA3
Tumpuan	Dia. Terukur	M. Neg	1,044022	0,951255	0,990255	0,972773	0,956631	0,947055
		M. Pos	1,040673	0,972977	1,014302	1,026932	1,019741	1,025721
	Dia. Terhitung	M. Neg	1,008433	0,905657	0,954125	0,942417	0,929964	0,923475
		M. Pos	1,004389	0,925613	1,009598	1,016703	1,010539	1,019039
Lapangan	Dia. Terukur	M. Neg	1,009038	0,92114	1,009438	1,004134	1,03431	0,991936
		M. Pos	1,011381	1,024166	0,942678	0,983907	0,916862	1,010383
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,97638	0,882933	0,96349	0,964207	0,989195	0,964028
		M. Pos	0,975869	0,99592	0,906686	0,951895	0,882662	0,979183

Tabel 5.6 Rekapian nilai ϕ momen lentur balok pada proyek B

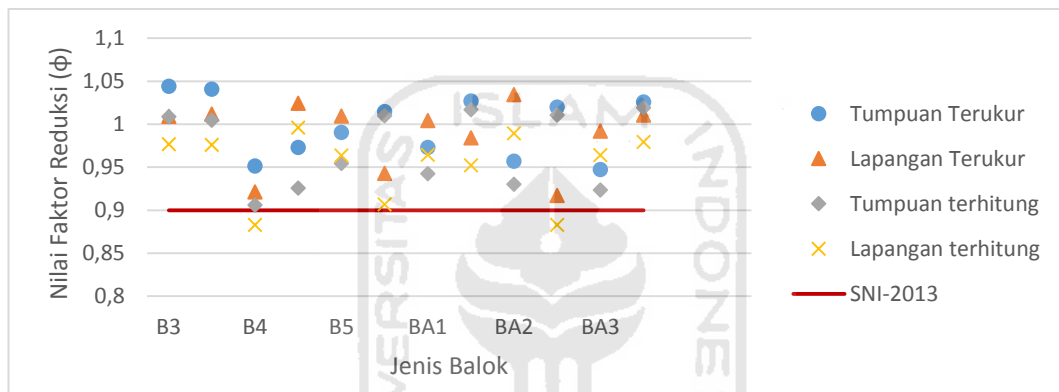
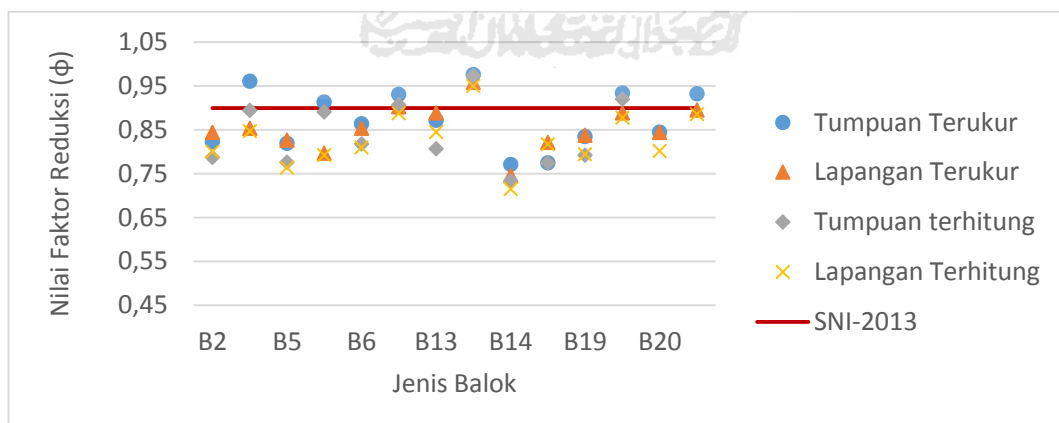
Jenis Balok			B2	B5	B6	B13	B14	B19	B20
Tumpuan	Dia. Terukur	M. Neg	0,82317	0,8191	0,8642	0,87218	0,77104	0,83442	0,845
		M. Pos	0,9608	0,9137	0,931	0,97622	0,77444	0,93418	0,9323
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,78685	0,7761	0,8176	0,80706	0,7336	0,79254	0,80048
		M. Pos	0,89455	0,8907	0,907	0,97357	0,77487	0,92004	0,91208
Lapangan	Dia. Terukur	M. Neg	0,84395	0,8265	0,8535	0,88845	0,74586	0,83762	0,84395
		M. Pos	0,85343	0,7964	0,9024	0,95787	0,82181	0,88862	0,89526
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,80054	0,7636	0,8096	0,84451	0,71521	0,79428	0,80156
		M. Pos	0,84681	0,792	0,888	0,95003	0,81726	0,87807	0,88541

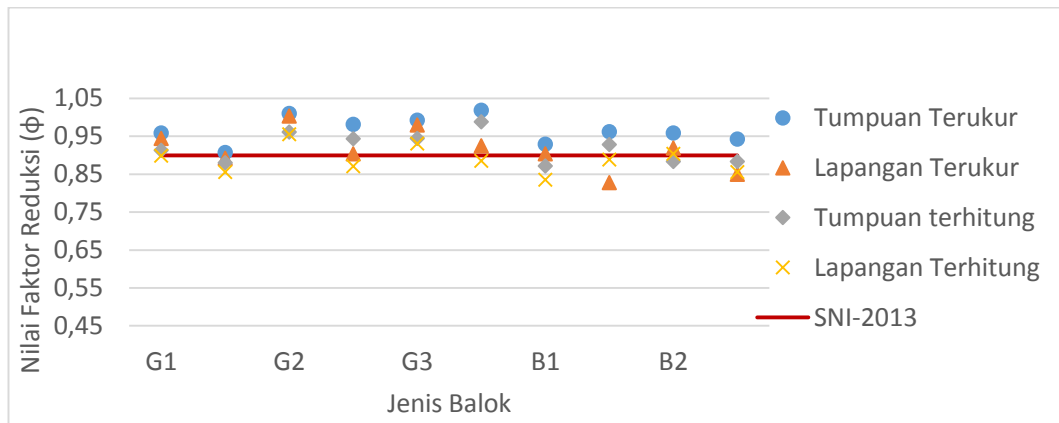
Tabel 5.7 Rekapian nilai ϕ momen lentur balok pada proyek C

Jenis Balok			G1	G2	G3	B1	B2
TUMPUAN	Dia. Terukur	M. Neg	0,95873	1,0101	0,9926	0,92948	0,95902
		M. Pos	0,90747	0,9813	1,019	0,96254	0,94236
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,91353	0,9614	0,9448	0,90364	0,91922
		M. Pos	0,88047	0,9434	0,9881	0,82797	0,84952
LAPANGAN	Dia. Terukur	M. Neg	0,94464	1,0036	0,9796	0,87149	0,94579
		M. Pos	0,89228	0,9036	0,9252	0,92877	0,88354
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,89912	0,955	0,931	0,83586	0,9039
		M. Pos	0,85594	0,8713	0,8857	0,88887	0,85585

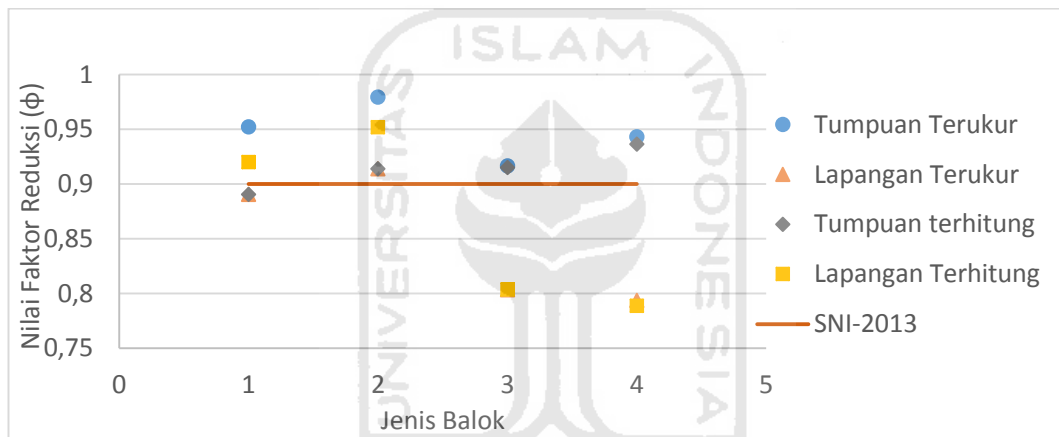
Tabel 5.8 Rekap nilai ϕ momen lentur balok pada proyek D

Jenis Balok			B1	B2
Tumpuan	Dia. Terukur	M. Neg	0,95218	0,9165
		M. Pos	0,97936	0,9432
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,89055	0,8033
		M. Pos	0,91389	0,7935
Lapangan	Dia. Terukur	M. Neg	0,95283	0,915
		M. Pos	0,97678	0,9362
	Dia. Terhitung	M. Neg	0,91993	0,8035
		M. Pos	0,95186	0,7886

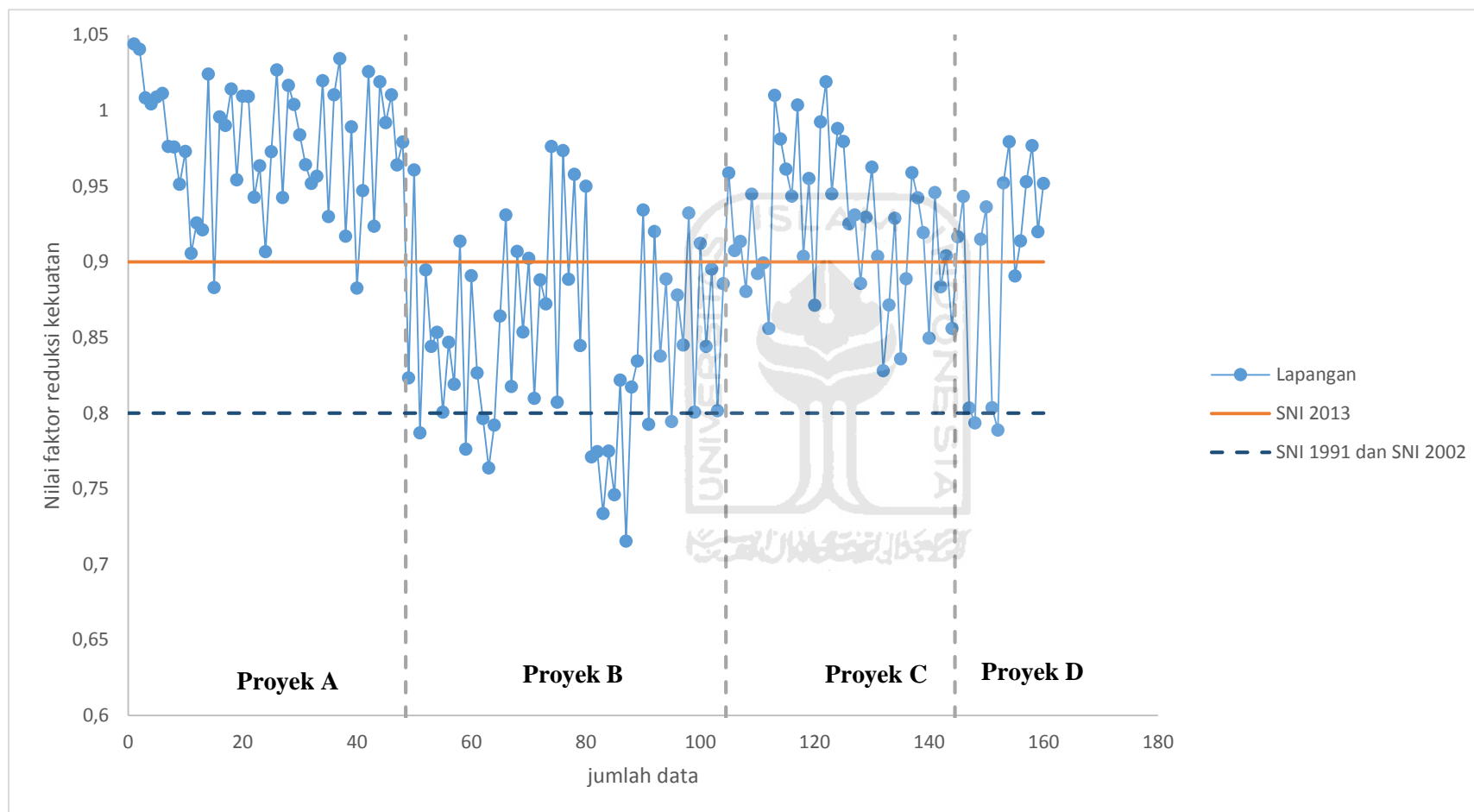
Gambar 5.87 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek AGambar 5.88 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek B

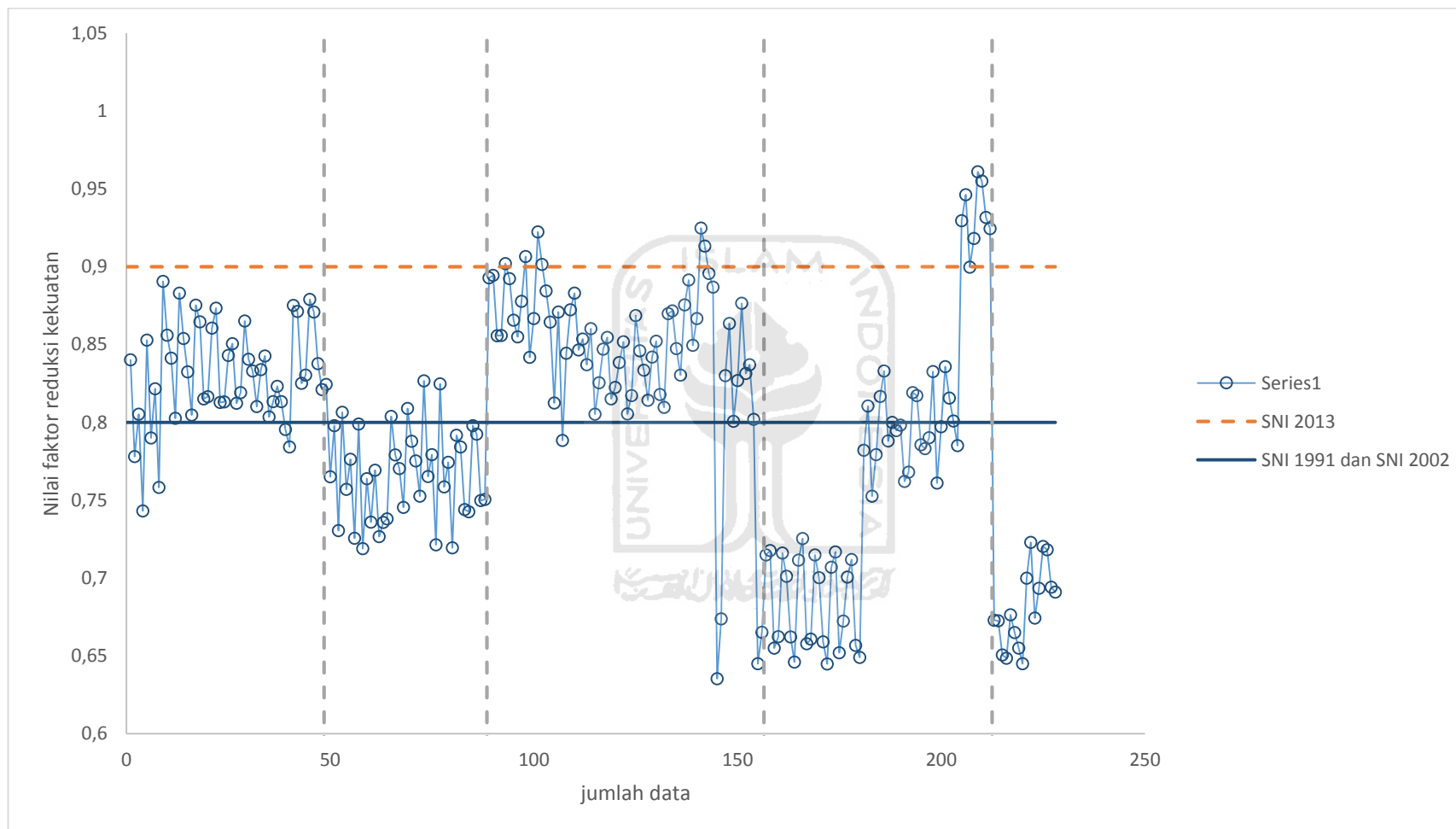


Gambar 5.89 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek C



Gambar 5.90 Grafik nilai ϕ momen lentur balok pada proyek D

Gambar 5.91 ϕ lentur balok dari keempat proyek (2016)



Gambar 5.92 ϕ lentur balok dari penelitian Rizaldi Patria (2010)

Berdasarkan Gambar 5.37, untuk nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur balok menghasilkan nilai yang sangat beragam baik antara jenis balok proyek satu dengan proyek lainnya dan juga antara jenis balok dalam satu proyek. Hal ini terjadi karena untuk setiap proyek metode pelaksanaan yang diterapkan tentu berbeda seperti tingkat ketelitian, pengawasan, mutu bahan yang dipakai dan yang lainnya. Sehingga, hasil yang didapatkanpun akan berbeda pula untuk setiap proyek.

5.6.2 Rekap nilai ϕ pada gaya geser balok

Berikut rekap hasil perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya geser balok yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 5.9 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek A

Jenis Balok			B3	B4	B5	BA1	BA2	BA3
Phi geser	Dia. Terukur	Tumpuan	0,531637	0,469691	0,486386	0,516559	0,472519	0,66059
		Lapangan	0,803901	0,776956	0,716991	0,789116	0,745804	0,823937
	Dia. Terhitung	Tumpuan	0,494929	0,435476	0,452624	0,480591	0,439814	0,592234
		Lapangan	0,761314	0,739968	0,670647	0,742589	0,692694	0,773005

Tabel 5.10 Rekap nilai ϕ gaya geser balok pada proyek B

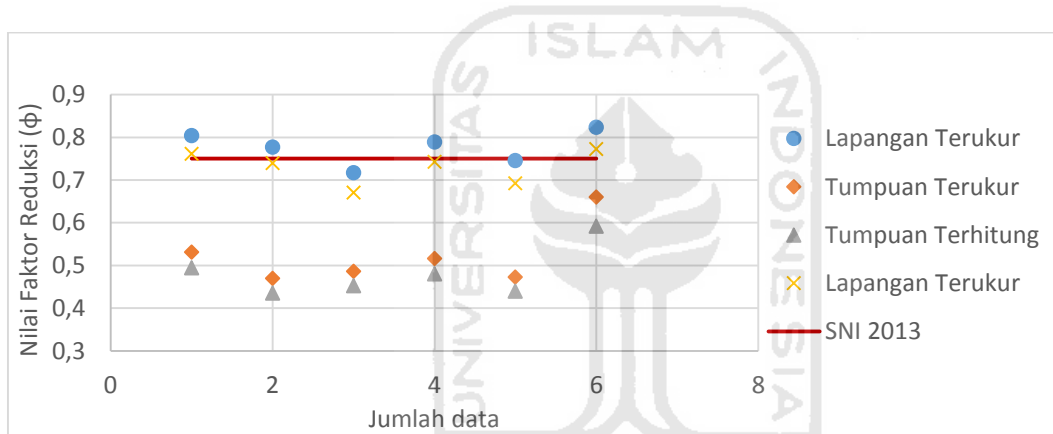
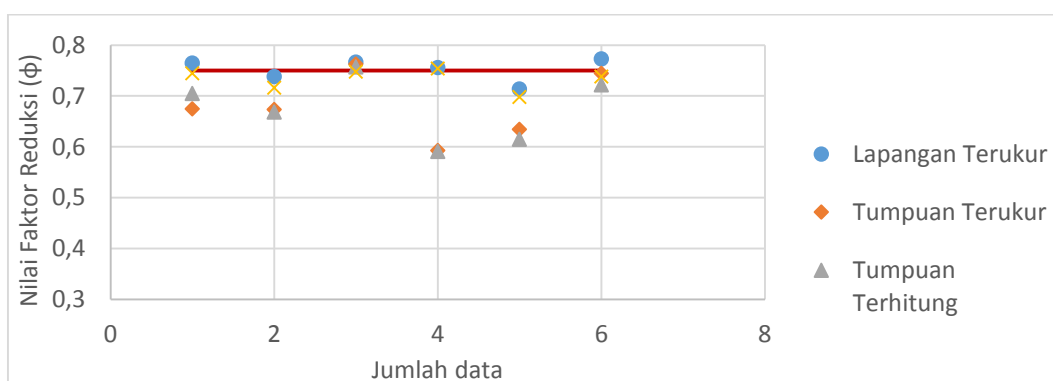
Jenis Balok			B2	B5	B6	B13	B14	B19	B20
Phi geser	Dia. Terukur	Tumpuan	0,67457	0,6731	0,7628	0,59259	0,63423	0,74437	0,68312
		Lapangan	0,76465	0,7382	0,7666	0,75568	0,71371	0,77253	0,77239
	Dia. Terhitung	Tumpuan	0,70439	0,6681	0,7571	0,59091	0,61453	0,72186	0,67844
		Lapangan	0,74411	0,7161	0,7473	0,75364	0,69744	0,73787	0,75332

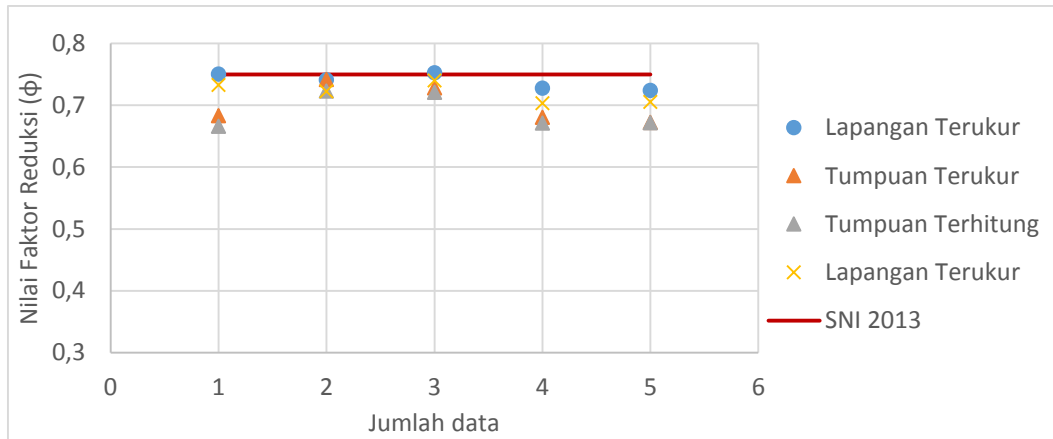
Tabel 5.11 Rekapian nilai ϕ gaya geser balok pada proyek C

Jenis balok			G1	G2	G3	B1	B2
Phi geser	Dia. Terukur	Tumpuan	0,68292	0,7417	0,7281	0,68033	0,6723
		Lapangan	0,75036	0,7411	0,7524	0,72751	0,72403
	Dia. Terhitung	Tumpuan	0,66586	0,723	0,7211	0,67112	0,67144
		Lapangan	0,73294	0,7224	0,7402	0,70316	0,70551

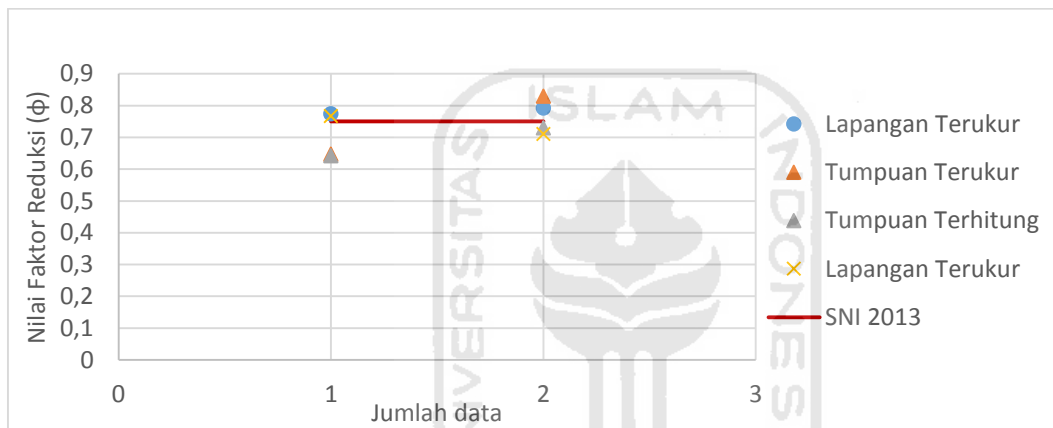
Tabel 5.12 Rekapian nilai ϕ gaya geser balok pada proyek D

Jenis balok			B1	B2
Phi geser	Dia. Terukur	Tumpuan	0,64758	0,8299
		Lapangan	0,77396	0,7929
	Dia. Terhitung	Tumpuan	0,64238	0,7303
		Lapangan	0,76734	0,7113

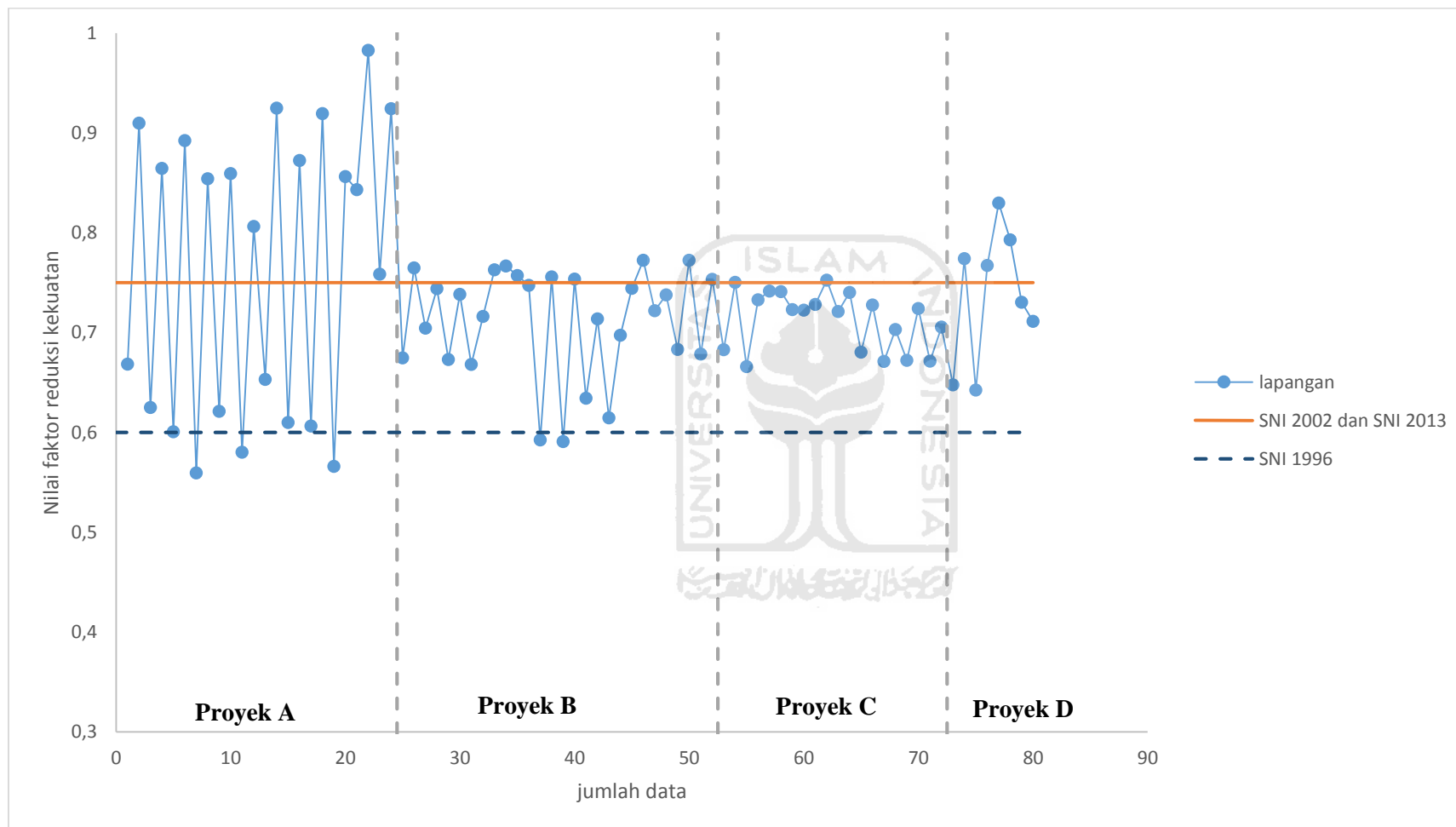
Gambar 5.93 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek AGambar 5.94 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek B



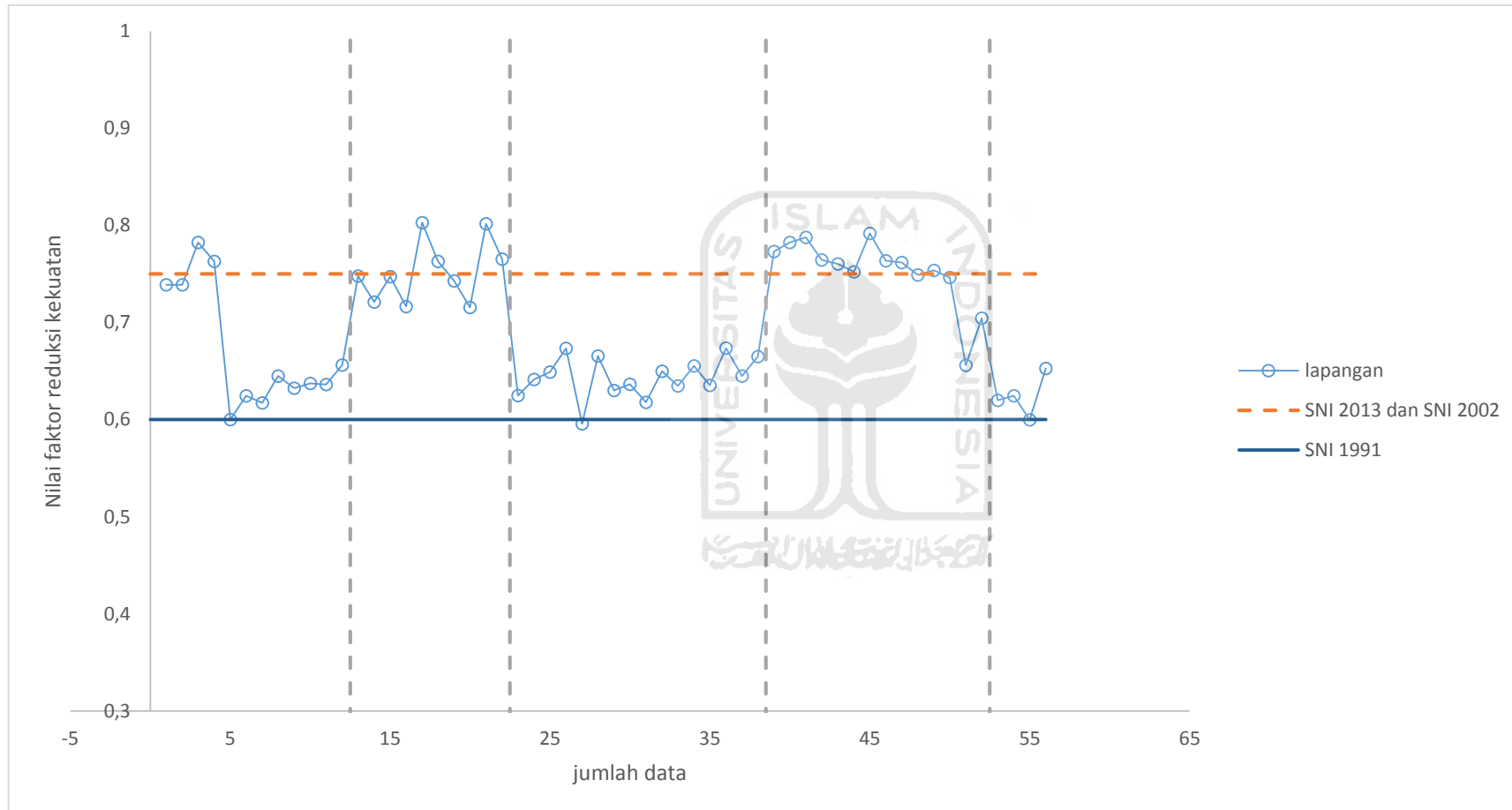
Gambar 5.95 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek C



Gambar 5.96 Grafik nilai ϕ gaya geser balok pada proyek D



Gambar 5.97 ϕ gaya geser balok dari keempat proyek 2016



Gambar 5.98 ϕ gaya geser balok dari penelitian Rizaldi Patria (2010)

Berdasarkan Gambar 5.43, untuk nilai faktor reduksi kekuatan gaya geser balok tidak ada satupun jenis balok dari keempat proyek yang diteliti berada diatas standar SNI. Hal ini disebabkan karena nilai kekuatan gaya geser dipengaruhi oleh jarak sengkang tulangan, sebagian besar data jarak sengkang di lapangan tidak seragam hal inilah yang menyebabkan turunnya nilai faktor reduksi kekuatan. Jika diamati dilapangan untuk mendapatkan jarak sengkang yang seragam sesuai yang direncanakan cukup sulit, karena pemasangan tulangan sengkang yang sembarangan dan hanya memperkira-kirakan jarak untuk memasangnya.

5.6.3 Rekap nilai ϕ pada gaya aksial kolom

Berikut rekap hasil perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya aksial kolom yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 5.13 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek A

Jenis Kolom		K1	K2	K3	K4
Phi Aksial	Dia. Terukur	0,881817	0,874635	0,877213	0,882994
	Dia. Terhitung	0,888692	0,879429	0,881416	0,890449

Tabel 5.14 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek B

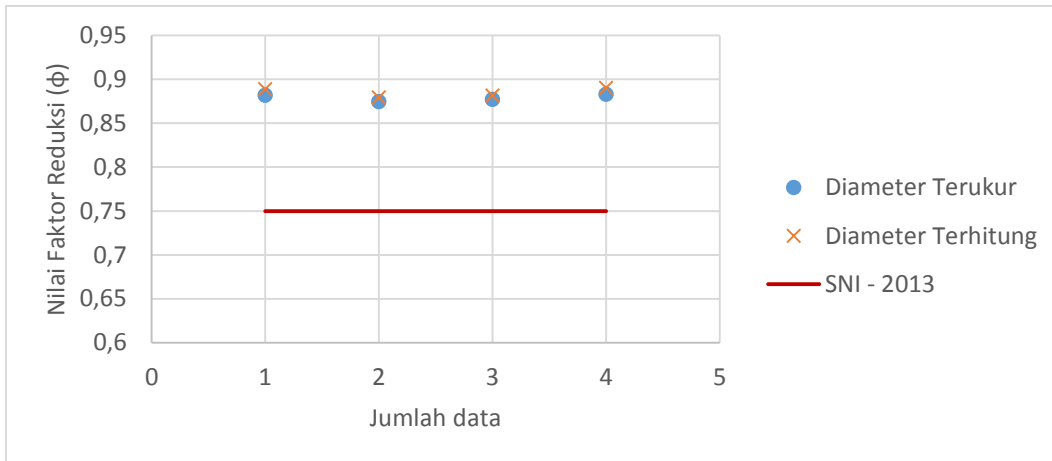
Jenis Kolom		K1	K2	K3	K4
Phi Aksial	Dia. Terukur	0,869436	0,82943	0,8703	0,8733
	Dia. Terhitung	0,859747	0,82384	0,8601	0,8628

Tabel 5.15 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek C

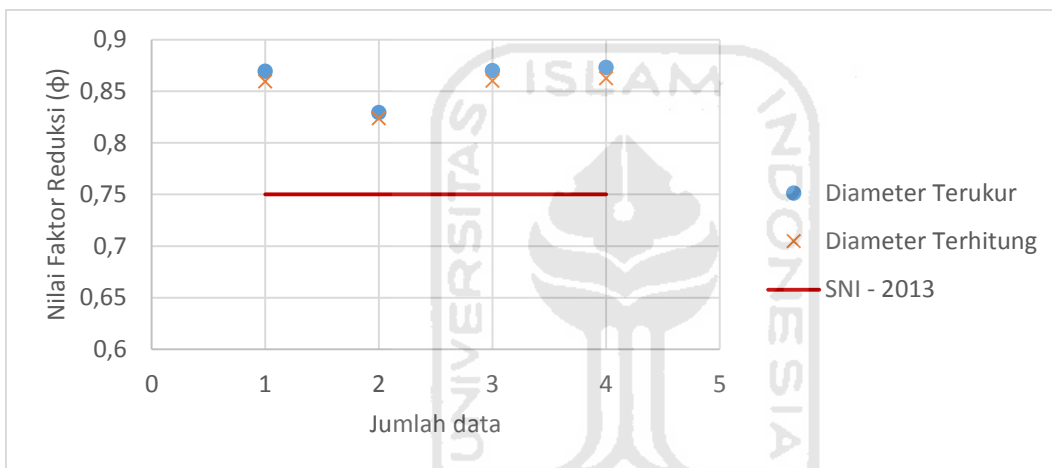
Jenis Kolom		A1	A2	A3	B1	B2	B3
Phi Aksial	Dia. Terukur	0,796812	0,80437	0,7672	0,8012	0,79281	0,81321
	Dia. Terhitung	0,794324	0,79452	0,7583	0,7943	0,79007	0,80241

Tabel 5.16 Rekap nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek D

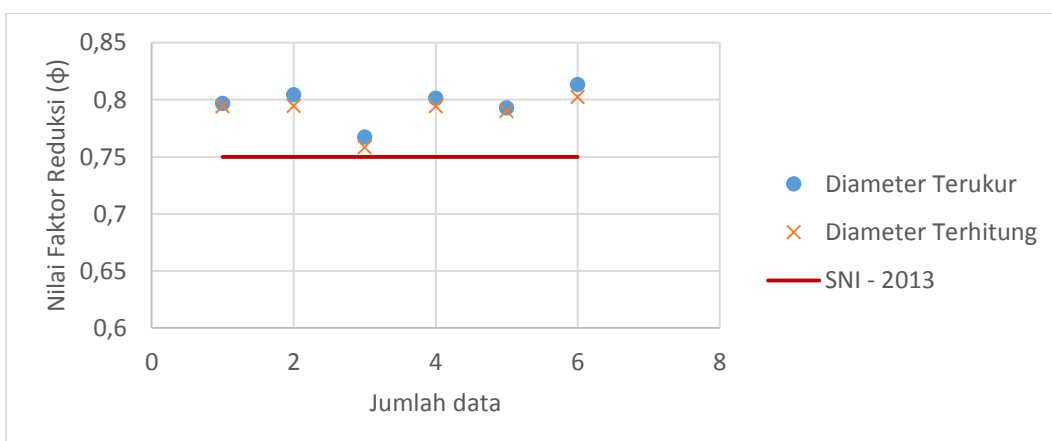
Jenis Kolom		K1	K2	K3	K4	K8
Phi Aksial	Dia. Terukur	0,861564	0,86707	0,855	0,8882	0,81215
	Dia. Terhitung	0,843055	0,84959	0,8339	0,8701	0,79



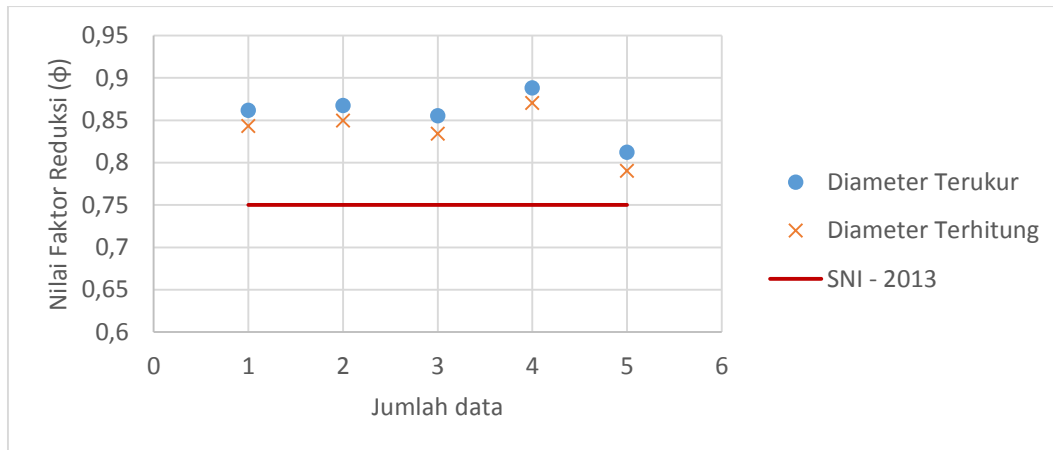
Gambar 5.99 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek A



Gambar 5.100 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek B

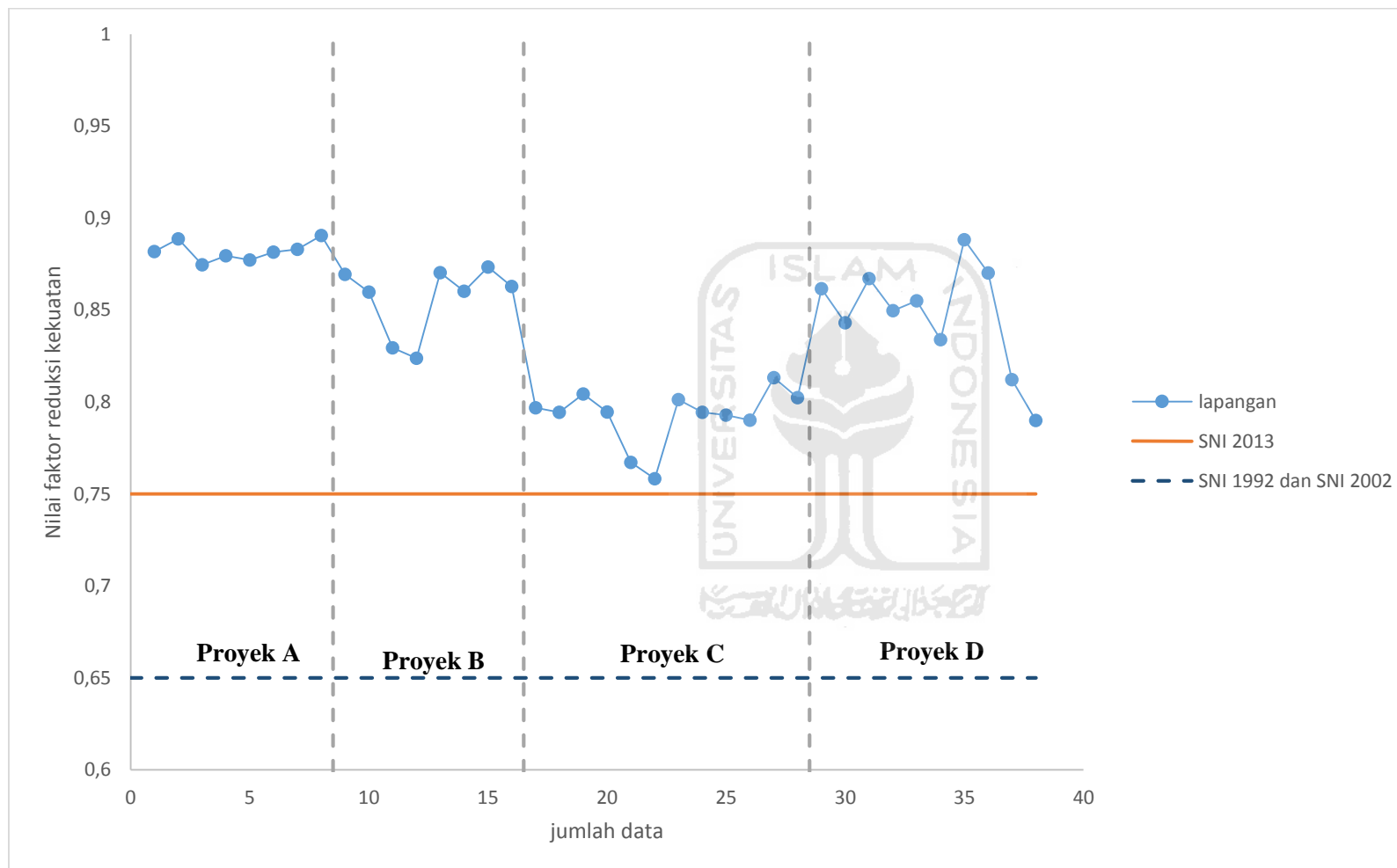


Gambar 5.101 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek C

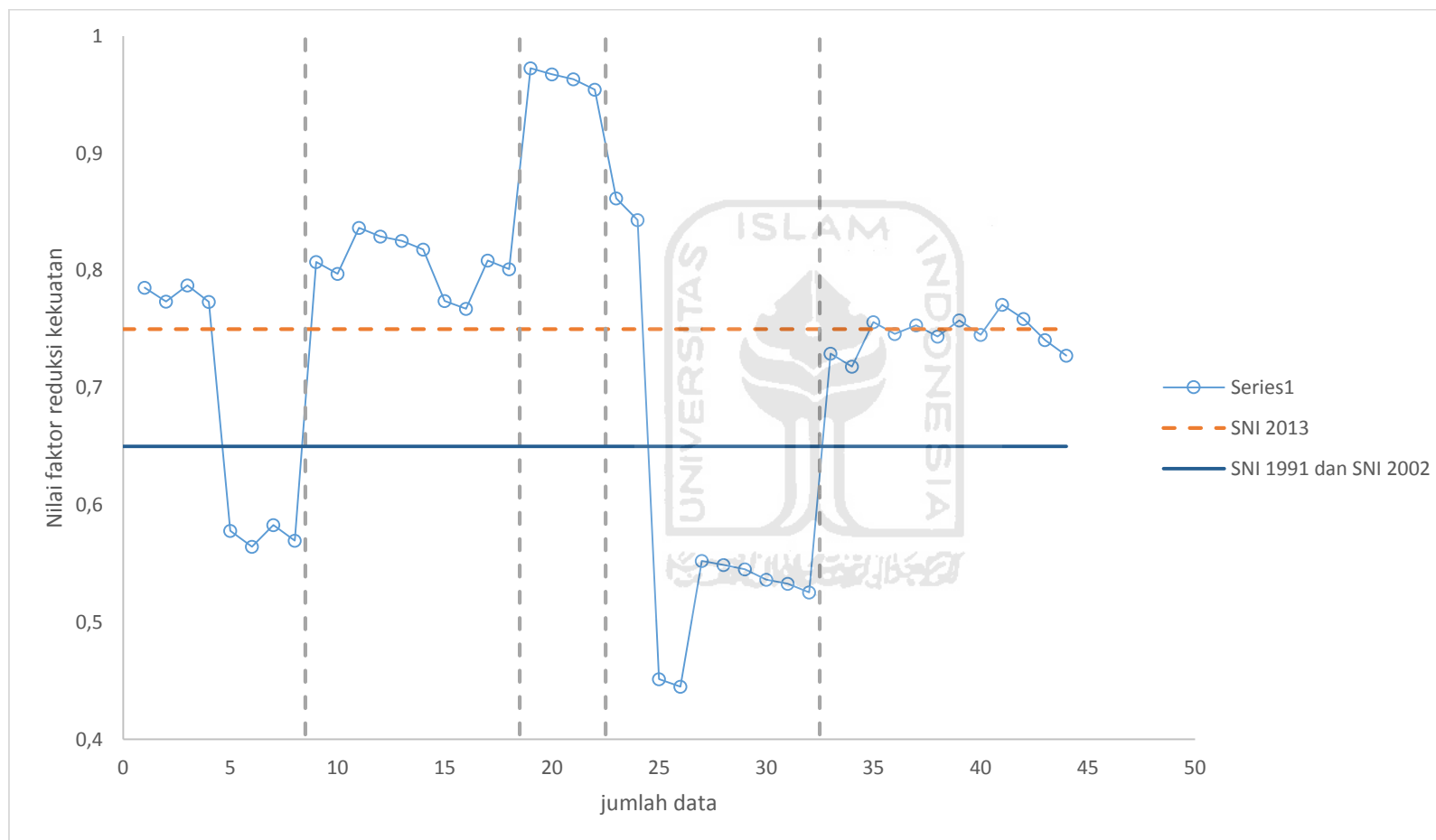


Gambar 5.102 Grafik nilai ϕ gaya aksial kolom pada proyek D





Gambar 5.103 ϕ gaya aksial kolom dari keempat proyek 2016



Gambar 5.104 ϕ gaya aksial kolom dari penelitian Rizaldi Patria (2010)

Berdasarkan Gambar 5.49 untuk nilai faktor reduksi kekuatan gaya aksial kolom menghasilkan nilai yang cukup bagus, dapat dilihat pada gambar 5.48 bahwa nilai faktor reduksi kolom pada proyek C menurun dibandingkan dengan proyek lainnya. Hal ini dikarenakan untuk proyek C nilai mutu baja yang ada di lapangan lebih rendah dari yang telah direncanakan, akibatnya nilai kekuatan gaya aksial kolom menjadi menurun dan berakibat pada menurunnya nilai faktor reduksi kekuatan. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diketahui bahwa mutu bahan yaitu mutu baja sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas kekuatan dalam suatu proyek, jika diamati akibat mutu baja yang rendah maka akan berdampak buruk pada keseluruhan suatu proyek.

5.6.4 Rekap nilai ϕ pada momen lentur pelat kolom

Berikut rekap hasil perhitungan nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur pelat yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 5.17 Rekap nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek A

Jenis pelat		A	B
Tumpuan	arah x	1,070402	0,949361
	arah y	1,044607	1,031833
Lapangan	arah x	0,941716	1,027836
	arah y	1,075824	1,079772

Tabel 5.18 Rekap nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek B

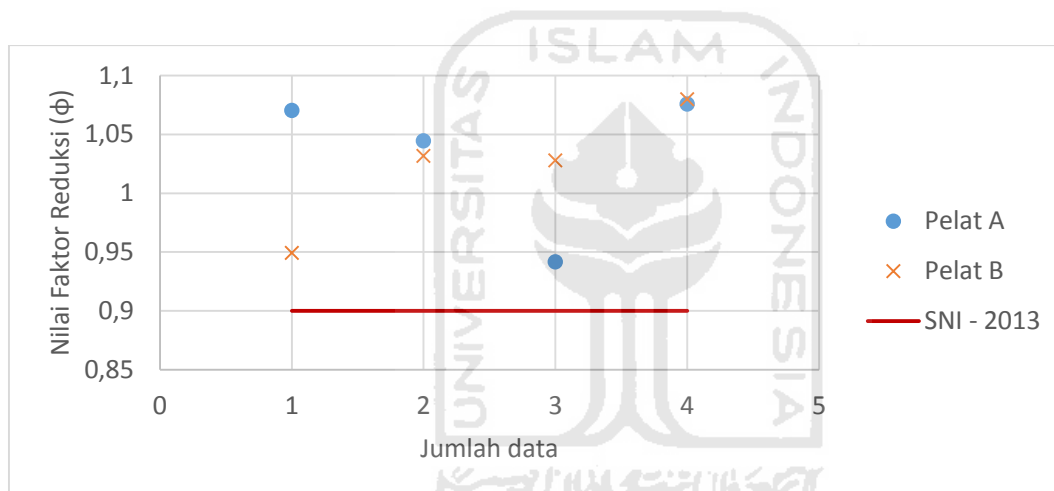
Jenis pelat		PL
Tumpuan	arah x	0,877098
	arah y	0,876717
Lapangan	arah x	0,776907
	arah y	0,817514

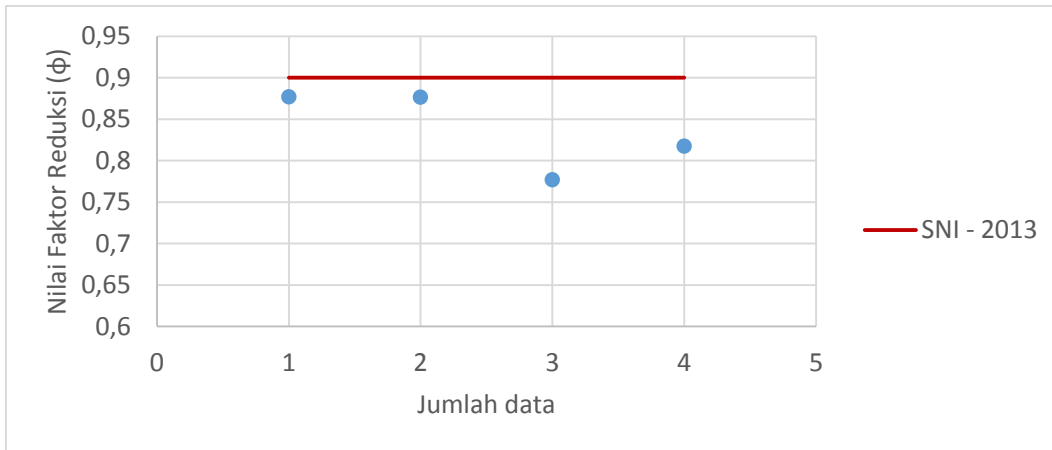
Tabel 5.19 Rekapian nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek C

Jenis pelat		PL
Tumpuan	arah x	0,810453
	arah y	0,840142
Lapangan	arah x	0,769942
	arah y	0,753266

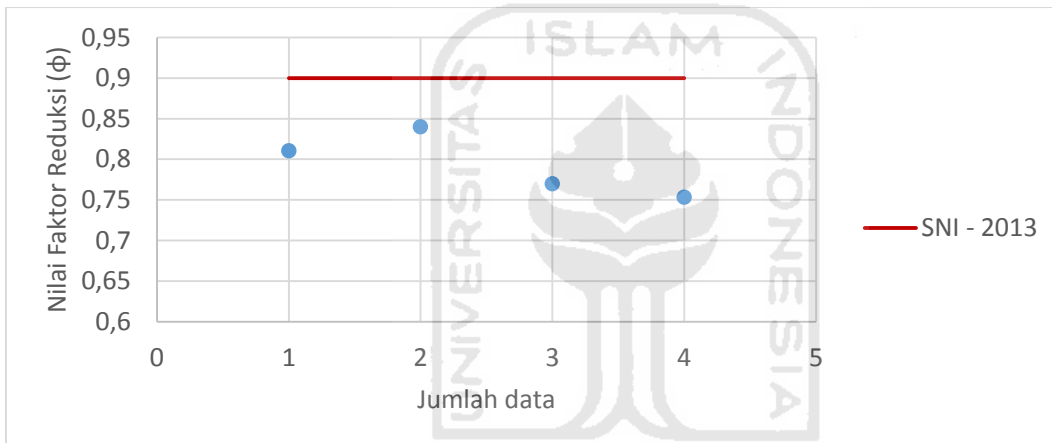
Tabel 5.20 Rekapian nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek D

Jenis pelat		PL
Tumpuan	arah x	0,71183
	arah y	0,601631
Lapangan	arah x	0,892089
	arah y	0,719715

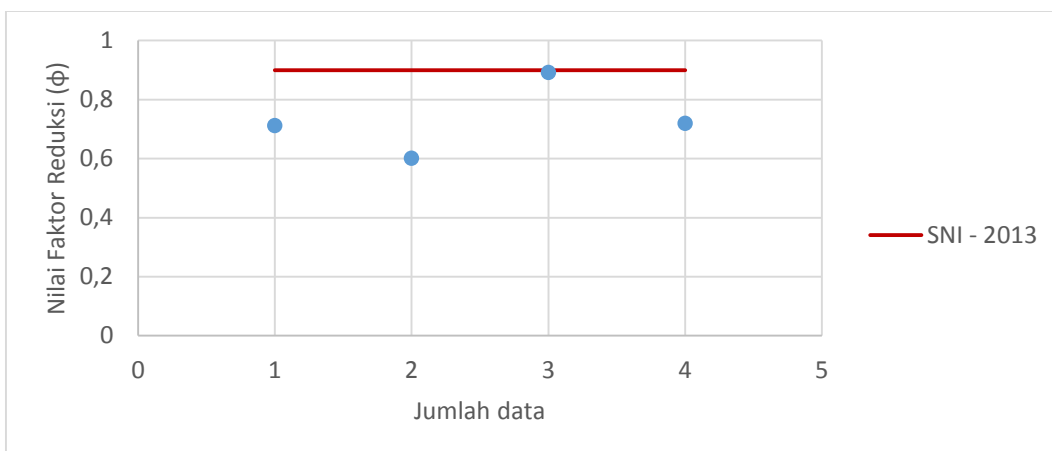
Gambar 5.105 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek A



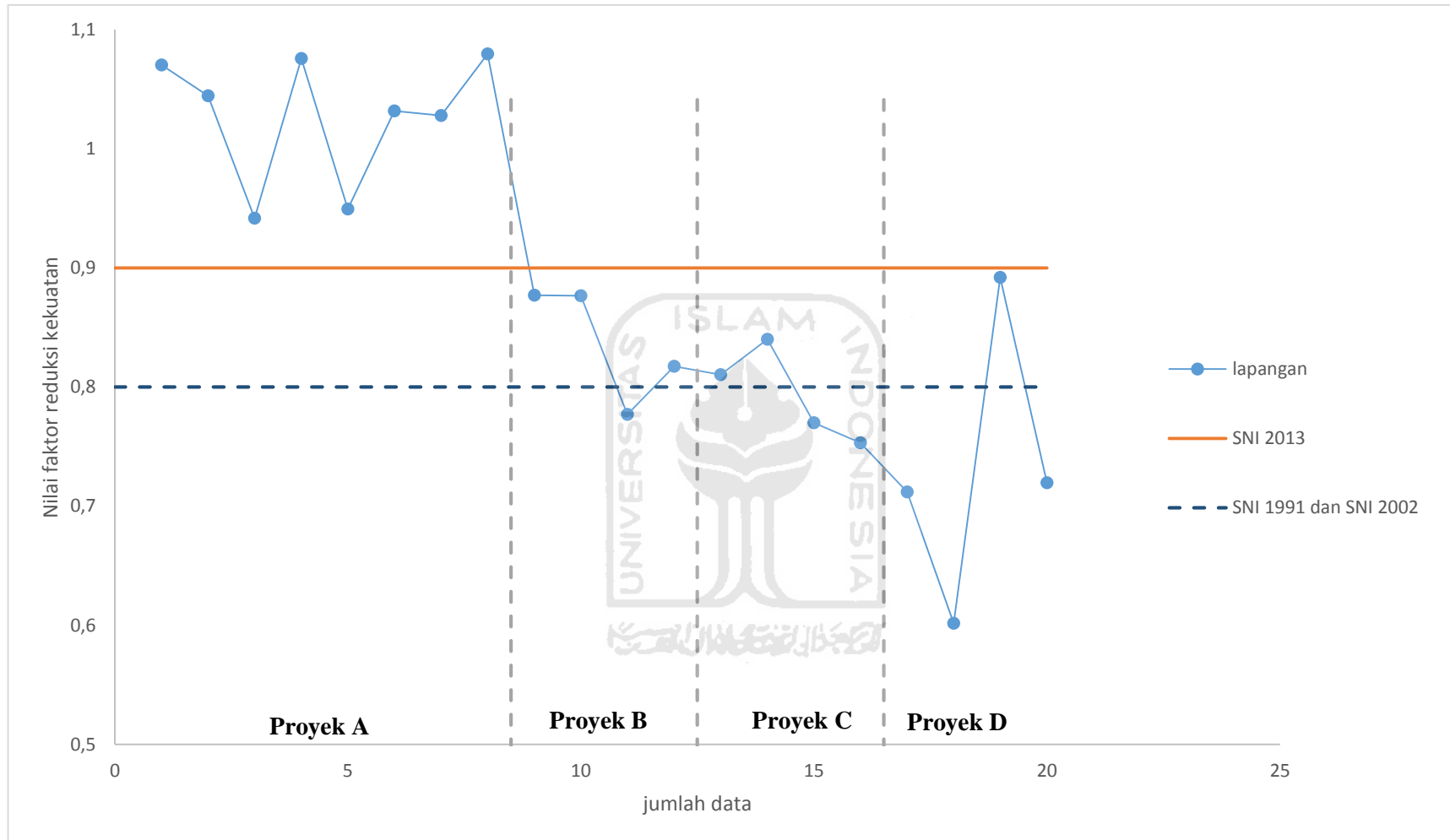
Gambar 5.106 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek B



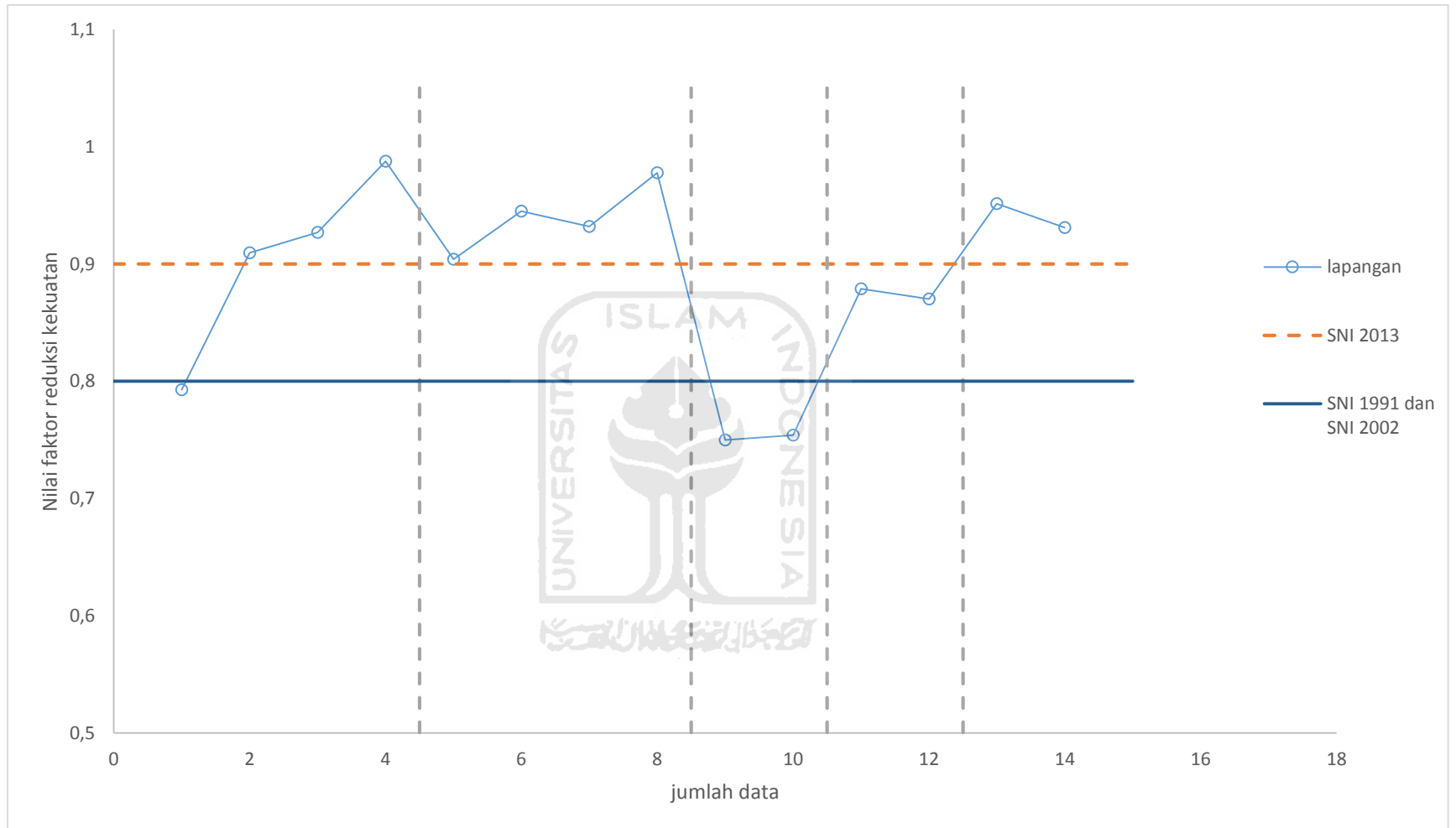
Gambar 5.107 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek C



Gambar 5.108 Grafik nilai ϕ momen lentur pelat pada proyek D



Gambar 5.109 ϕ_{lentur} pelat dari keempat proyek 2016



Gambar 5.110 ϕ_{lentur} pelat dari penelitian Rizaldi Patria (2010)

Berdasarkan Gambar 5.55 untuk nilai faktor reduksi kekuatan momen lentur pelat hanya ada satu proyek yang memenuhi syarat standar SNI, sedangkan ketiga proyek lainnya tidak ada satupun yang berada diatas standar SNI. Sama seperti geser balok, hal ini dikarenakan kekuatan momen lentur pelat dipengaruhi oleh jarak tulangan sehingga untuk mendapatkan nilai yang baik cukup sulit. Pemasangan tulangan pada pelat tidak sebaik yang direncanakan karena pemasangannya yang hanya mengira-ngira jarak yang telah direncanakan untuk meletakkan tulangan.



BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap nilai faktor reduksi kekuatan pada keempat proyek di Yogyakarta, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada Proyek A didapatkan:
 - Nilai ϕ momen lentur balok terendah sebesar 0,8826 dan terbesar 1,0440, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,97716, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek A sangat bagus.
 - Nilai ϕ gaya geser balok terendah sebesar 0,4355 dan terbesar 0,8239, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,6279, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya geser balok pada Proyek A tidak memenuhi standar.
 - Nilai ϕ gaya aksial kolom terendah sebesar 0,8746 dan terbesar 0,8904, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,8821, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya aksial kolom pada Proyek A sudah memenuhi standar.
 - Nilai ϕ momen lentur pelat terendah sebesar 0,9417 dan terbesar 1,0797, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 1,0277, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek A sangat bagus.
2. Berdasarkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada Proyek B didapatkan:
 - Nilai ϕ momen lentur balok terendah sebesar 0,7152 dan terbesar 0,9762, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,8496, dari hasil tersebut dapat

dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek B tidak memenuhi standar.

- Nilai ϕ gaya geser balok terendah sebesar 0,5909 dan terbesar 0,7725, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7119, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya geser balok pada Proyek B tidak memenuhi standar.
- Nilai ϕ gaya aksial kolom terendah sebesar 0,8238 dan terbesar 0,8733, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,8561, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya aksial kolom pada Proyek B sudah memenuhi standar.
- Nilai ϕ momen lentur pelat terendah sebesar 0,7769 dan terbesar 0,8771, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,8371, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek B tidak memenuhi standar.

3. Berdasarkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada Proyek C didapatkan:

- Nilai ϕ momen lentur balok terendah sebesar 0,8279 dan terbesar 1,0190, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,9239, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek C memenuhi standar
- Nilai ϕ gaya geser balok terendah sebesar 0,6658 dan terbesar 0,7524, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7128, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya geser balok pada Proyek C tidak memenuhi standar.
- Nilai ϕ gaya aksial kolom terendah sebesar 0,7583 dan terbesar 0,8132, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7925, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya aksial kolom pada Proyek C memenuhi standar.
- Nilai ϕ momen lentur pelat terendah sebesar 0,7533 dan terbesar 0,8401, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7935, dari hasil tersebut dapat

dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek C tidak memenuhi standar.

4. Berdasarkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada Proyek D didapatkan:

- Nilai ϕ momen lentur balok terendah sebesar 0,7886 dan terbesar 0,9793, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,9023, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek D memenuhi standar
- Nilai ϕ gaya geser balok terendah sebesar 0,6424 dan terbesar 0,8299, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7369, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya geser balok pada Proyek D tidak memenuhi standar.
- Nilai ϕ gaya aksial kolom terendah sebesar 0,7899 dan terbesar 0,8881, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,8470, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ gaya aksial kolom pada Proyek D memenuhi standar.
- Nilai ϕ momen lentur pelat terendah sebesar 0,6016 dan terbesar 0,8921, dengan rata-rata nilai ϕ sebesar 0,7313, dari hasil tersebut dapat dikatakan nilai ϕ momen lentur balok pada Proyek D tidak memenuhi standar.

5. Berdasarkan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada tahun 2016 dan hasil nilai faktor reduksi kekuatan di lapangan pada tahun 2010, didapatkan:

- Untuk nilai faktor reduksi kekuatan pada momen lentur balok dan gaya aksial kolom dapat dikatakan terjadi peningkatan pada tahun 2016 dibandingkan tahun 2010.
- Untuk nilai faktor reduksi kekuatan pada gaya geser balok dan momen lenutr pelat dapat dikatakan tidak ada peningkatan dari tahun 2010 ke tahun 2016.

6.2 SARAN

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai nilai faktor reduksi kekuatan, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian faktor reduksi kekuatan dapat di teliti pada bagian komponen struktur yang lain seperti, geser kolom, beam colom joint, pilecap, dan lainnya.
2. Lokasi penelitian dapat dilakukan di kota lain, yang mungkin perbedaan lokasi akan menghasilkan nilai faktor reduksi kekuatan yang berbeda pula.
3. Jumlah proyek yang diteliti lebih banyak atau berada pada satu proyek tetapi dilakukan dengan sangat teliti.



LAMPIRAN



Tabel 1. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 tumpuan Proyek A, perhitungan lentur balok

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b	37,3	37,8	41,3	40,8	39,2	41,2	39,8	41,3	39,3	39,8	39,7	40,1	40,2	40,3	41,2	41,5	41,0	41,0	40,0	39,6
Øp	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5	2,7	2,7	2,5	2,8	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3
sb	3,7	3,0	3,5	3,5	2,4	2,4	3,8	3,4	3,0	3,5	3,0	4,2	4,5	2,0	2,0	4,5	4,5	3,0	3,8	3,5
ht	57,7	54,3	54,4	55,0	53,7	54,9	55,3	54,7	54,0	54,9	54,2	54,7	54,4	55,5	54,7	54,5	54,1	55,4	55,1	54,8
d	9,0	6,3	6,0	6,6	6,2	7,6	6,5	6,3	6,0	6,4	6,2	5,6	5,0	8,5	7,9	5,0	4,5	7,3	6,3	6,3
d'	5,9	5,2	5,8	5,8	4,5	4,7	6,0	5,6	5,2	5,7	5,2	6,5	6,8	4,2	4,4	6,7	6,6	5,2	6,0	5,7
h-	48,7	48,0	48,4	48,4	47,5	47,3	48,8	48,4	48,0	48,5	48,0	49,1	49,4	47,0	46,8	49,5	49,6	48,0	48,8	48,5

Lanjutan Tabel 1. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 tumpuan Proyek A, perhitungan lentur balok

No	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
b	39,7	39,6	39,2	39,9	37,5	37,7	38,1	39,3	37,9	37,9	37,5	37,3	37,5	39,2	41,1	37,8	39,3	41,1	41,1	39,2
Øp	2,4	2,6	2,5	2,7	2,4	2,6	2,5	2,5	2,7	2,4	2,9	2,5	2,6	2,4	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
sb	3,0	3,0	2,0	4,5	4,0	4,8	4,5	3,5	2,4	3,8	2,2	4,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,4	3,4	2,0	2,4
ht	53,9	54,2	54,0	55,7	54,5	54,0	55,3	55,8	54,3	53,9	53,9	54,8	54,7	54,9	53,4	54,0	55,4	54,9	54,1	54,9
d	6,0	6,3	7,0	6,3	5,5	4,3	5,9	7,3	7,0	5,2	7,0	5,3	6,8	6,9	5,3	6,0	8,1	6,6	7,2	7,6
d'	5,3	5,3	4,3	6,8	6,2	7,1	6,8	5,7	4,7	6,1	4,7	6,8	5,3	5,2	5,2	5,2	4,7	5,7	4,3	4,7
h-	47,9	47,9	46,9	49,4	49,0	49,7	49,4	48,5	47,3	48,7	46,9	49,5	47,9	48,0	48,0	48,0	47,3	48,3	46,9	47,3

Lanjutan Tabel 1. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 tumpuan Proyek A, perhitungan lentur balok

No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
b	39,9	39,7	40,2	40,8	39,3	40,1	38,0	39,9	41,0	39,3	39,2	39,3	39,3	39,6	39,8	40,4	40,8	39,7	37,4	38,1
Øp	2,5	2,4	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,8	2,4	2,3	2,6	2,6	2,7	2,9	2,4	2,5	2,6
sb	2,8	2,2	2,2	2,0	3,5	3,5	2,4	2,4	3,7	3,8	3,8	3,0	3,2	3,0	3,0	3,0	4,8	3,8	3,5	3,2
ht	54,6	54,0	53,6	54,9	54,5	55,1	54,0	54,6	54,9	54,2	54,8	54,4	54,9	54,4	54,6	55,1	54,2	54,4	54,6	55,7
d	6,8	6,8	6,4	7,9	6,0	6,6	6,7	7,3	6,2	5,5	6,2	6,3	6,6	6,4	6,6	7,2	4,6	5,6	6,1	7,5
d'	5,0	4,4	4,4	4,2	5,8	5,7	4,7	4,7	5,9	6,1	6,2	5,1	5,3	5,2	5,2	5,3	7,2	6,0	5,7	5,4
h-	47,8	47,2	47,2	47,0	48,4	48,5	47,3	47,3	48,7	48,8	48,6	48,1	48,3	48,0	48,0	47,9	49,6	48,8	48,5	48,2

Lanjutan Tabel 1. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 tumpuan Proyek A, perhitungan lentur balok

No	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Rata-rata
b	39,6	37,8	37,4	37,5	41,3	40,8	40,3	39,3	41,1	41,4	41,1	41,2	39,4	40,1	40,0	39,7	40,5	41,1	40,3	40,4	39,7
Øp	2,4	2,6	2,5	2,6	2,5	2,4	2,4	2,7	2,7	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5	2,5	2,4	2,5	2,5
sb	3,8	2,0	3,4	3,2	3,0	2,4	3,8	3,2	2,2	3,5	3,0	3,0	3,8	2,4	4,2	3,8	2,0	2,4	2,0	3,8	3,2
ht	54,6	54,8	55,2	55,2	55,4	55,0	54,3	54,5	54,4	54,8	53,7	54,2	54,7	54,7	54,8	54,0	55,0	54,0	53,6	54,9	54,6
d	5,7	7,9	6,8	7,1	7,4	7,6	5,5	6,5	7,4	6,2	6,0	6,1	5,9	7,2	5,5	5,2	8,1	6,5	6,6	6,1	6,5
d'	5,9	4,3	5,6	5,5	5,3	4,6	6,0	5,6	4,6	5,6	5,5	5,2	6,0	4,5	6,4	6,0	4,3	4,6	4,2	6,0	5,4
h-	48,9	46,9	48,4	48,1	47,9	47,4	48,8	48,0	47,0	48,6	47,7	48,0	48,8	47,5	49,2	48,8	46,9	47,4	47,0	48,8	48,1

Tabel 2. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 lapangan Proyek A, perhitungan geser balok

no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b	36,7	37,2	40,2	40,6	39,2	39,1	39,6	40,6	40,4	39,7	39,4	38,9	37,2	37,8	37,6	37,0	38,9	39,0	38,9	39,4
Øs	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	14,8	16,7	15,1	14,1	16,3	14,8	14,3	14,5	14,5	16,5	16,0	16,1	14,3	16,4	14,8	15,6	14,8	14,6	16,6	16,4
sb	3,5	3,3	3,6	2,8	3,3	4,3	1,8	4,3	2,8	3,3	2,8	4,3	4,3	2,1	4,4	2,9	2,3	1,9	2,3	2,1
ht	54,4	52,7	53,9	54,6	54,6	55,2	53,8	54,7	54,8	53,9	55,1	53,3	55,2	53,8	54,3	54,9	54,8	54,4	53,7	54,0
d	5,0	3,3	4,6	5,3	5,1	5,9	4,4	5,0	5,1	4,2	5,4	3,7	5,6	4,1	4,8	5,2	5,0	4,6	4,0	4,3
d'	5,7	5,5	5,9	5,1	5,4	6,6	4,0	6,5	5,0	5,5	5,0	6,6	6,6	4,3	6,8	5,1	4,4	4,1	4,5	4,3
h-	49,4	49,4	49,3	49,3	49,5	49,3	49,4	49,7	49,7	49,7	49,7	49,6	49,6	49,7	49,5	49,7	49,8	49,7	49,7	49,7
Asv	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3	1,6	1,7	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,7

Lanjutan Tabel 2. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 lapangan Proyek A, perhitungan geser balok

no	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
b	39,2	39,8	39,2	39,2	39,5	40,7	37,3	37,7	37,3	41,2	40,3	41,1	41,1	41,2	39,4	40,0	40,5	40,3	40,4	40,7
Øs	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	15,6	16,4	16,1	14,3	17,0	16,3	15,8	15,1	15,1	14,9	15,6	15,8	15,6	15,6	18,3	14,7	14,3	15,6	16,2	14,6
sb	1,9	2,3	3,7	3,1	5,2	3,6	2,4	3,4	4,2	3,9	4,2	4,2	2,0	3,4	3,5	3,3	2,2	3,6	2,8	2,8
ht	54,2	54,7	54,7	54,3	53,8	54,6	54,9	55,2	55,1	54,4	54,6	54,0	54,1	54,5	55,0	53,8	55,1	53,5	53,6	55,0
d	4,4	4,9	4,8	4,5	3,9	4,8	5,1	5,3	5,3	4,6	5,0	4,1	4,2	4,5	4,9	3,8	5,2	3,6	3,7	5,1
d'	4,2	4,6	6,0	5,4	7,4	5,9	4,7	5,6	6,5	6,2	6,7	6,5	4,3	5,6	5,7	5,5	4,5	5,9	5,1	5,1
h-	49,8	49,8	49,8	49,8	49,9	49,8	49,8	49,9	49,8	49,8	49,6	50,0	49,9	50,0	50,0	50,0	49,9	49,9	49,9	49,9
Asv	2,0	1,8	1,6	1,5	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7	1,5	1,4	1,6	1,7	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5

Lanjutan Tabel 2. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 lapangan Proyek A, perhitungan geser balok

no	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
b	38,6	40,6	39,2	39,1	39,3	39,3	39,4	39,9	40,0	37,9	39,8	39,2	39,5	40,3	40,7	38,0	39,5	37,4	40,8	40,3
Øs	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
S	15,9	14,4	16,4	14,3	16,1	15,2	14,1	17,4	15,4	16,1	16,7	16,1	15,8	15,9	15,6	18,3	14,7	15,8	15,1	14,1
sb	2,8	2,8	1,8	4,6	2,2	2,1	2,9	2,9	2,3	2,3	2,1	3,4	3,6	3,7	2,9	3,4	5,2	4,2	4,2	3,6
ht	54,6	54,4	53,3	54,2	55,3	53,8	54,5	54,2	53,7	54,6	54,7	53,3	55,0	54,1	54,1	54,3	54,7	54,8	54,6	54,7
d	5,2	5,0	3,9	4,8	5,6	4,1	4,9	4,6	3,8	4,8	5,0	3,3	5,0	4,2	4,2	4,5	5,0	4,8	4,6	4,7
d'	5,0	5,0	4,0	6,8	4,5	4,3	5,2	5,2	4,5	4,6	4,5	5,5	5,7	5,9	5,1	5,7	7,6	6,4	6,4	5,8
h-	49,4	49,4	49,4	49,4	49,6	49,7	49,6	49,6	49,9	49,9	49,7	50,0	50,0	49,9	49,9	49,8	49,7	50,0	50,0	50,0
Asv	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,2	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4

Lanjutan Tabel 2. Data hasil pengukuran di lapangan balok B3 lapangan Proyek A, perhitungan geser balok

no	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Rata rata
b	41,1	39,4	40,1	39,7	41,1	40,4	36,7	40,7	40,2	39,2	39,2	39,4	38,9	37,8	37,6	37,2	38,9	40,8	39,6	39,2	39,4
Øs	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	16,3	16,3	15,3	15,8	15,6	14,5	14,3	16,1	14,3	15,6	14,8	16,1	14,4	16,4	14,3	16,4	15,5	16,7	15,2	14,1	15,5
sb	2,8	4,2	2,6	3,4	2,8	4,2	1,6	2,0	3,4	4,3	4,6	3,6	2,1	2,9	3,3	2,7	1,9	2,9	3,4	3,6	3,2
ht	53,3	54,9	54,3	55,3	54,9	54,1	54,4	54,5	54,6	54,3	53,3	54,8	54,6	55,2	55,1	54,1	54,8	54,3	54,4	54,9	54,4
d	3,2	5,0	4,3	6,0	5,5	4,7	5,0	5,0	5,1	4,5	3,9	5,0	4,9	5,4	5,3	4,2	4,9	4,3	4,5	5,0	4,7
d'	4,9	6,5	4,8	5,7	5,1	6,4	3,8	4,4	5,8	6,4	7,1	5,8	4,3	5,0	5,5	4,9	4,2	5,1	5,6	5,8	5,4
h-	50,1	49,9	50,0	49,3	49,3	49,4	49,4	49,5	49,5	49,8	49,4	49,7	49,7	49,8	49,7	49,9	49,8	49,9	49,9	49,9	49,7
Asv	1,3	1,5	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,6	1,6	1,2	2,4	1,5	1,6	1,4	1,4	1,6	1,6	1,4	1,5	1,4	1,5

Tabel 3. Data hasil pengukuran di lapangan kolom K1 lapangan Proyek A, perhitungan aksial kolom

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ht	74,6	74,4	74,5	75,0	75,0	74,9	75,1	75,3	74,3	74,8	75,3	75,2	75,2	75,4	75,5	75,0	75,5	75,3	75,3	75,0
b	74,7	75,2	75,3	75,3	75,1	75,2	75,5	75,5	74,4	74,3	74,9	75,3	74,9	75,2	75,4	75,4	75,0	74,8	75,3	75,3
Øp	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5	2,7	2,7	2,5	2,8	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3

Lanjutan Tabel 3. Data hasil pengukuran di lapangan kolom K1 lapangan Proyek A, perhitungan aksial kolom

NO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ht	75,1	75,2	75,1	75,1	74,3	74,3	74,7	74,7	74,9	74,5	74,8	75,0	74,7	74,5	75,0	75,1	74,6	74,9	75,0	74,9
b	75,1	75,1	74,8	74,8	74,9	74,9	74,7	74,8	74,6	74,6	75,0	75,3	75,4	74,7	73,7	74,7	74,8	74,5	74,3	74,8
Øp	2,4	2,6	2,5	2,7	2,4	2,6	2,5	2,5	2,7	2,4	2,9	2,5	2,6	2,4	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6

Lanjutan Tabel 3. Data hasil pengukuran di lapangan kolom K1 lapangan Proyek A, perhitungan aksial kolom

NO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
ht	75,3	74,8	75,4	75,3	74,3	74,8	74,8	74,9	75,6	75,6	75,1	75,5	75,1	75,1	75,0	75,1	74,4	74,5	74,3	74,7
b	74,5	74,9	74,9	74,8	75,3	75,2	75,4	75,2	75,5	75,4	74,4	74,9	74,9	75,4	75,0	75,4	75,3	74,8	75,2	75,3
Øp	2,5	2,4	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,8	2,4	2,3	2,6	2,6	2,7	2,9	2,4	2,5	2,6

Lanjutan Tabel 3. Data hasil pengukuran di lapangan kolom K1 lapangan Proyek A, perhitungan aksial kolom

NO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
ht	75,0	74,4	74,8	74,7	74,9	74,7	75,0	75,0	75,0	75,1	75,3	75,1	74,3	74,3	75,1	74,5	74,8	74,7	74,5	75,0	74,9
b	75,1	75,1	74,9	74,9	74,8	74,7	74,7	74,6	74,6	75,0	75,3	75,2	74,8	74,7	74,6	74,8	74,5	74,8	74,9	75,0	75,0
Øp	2,4	2,6	2,5	2,6	2,5	2,4	2,4	2,7	2,7	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,5	2,5	2,4	2,5	2,5

Tabel 4. Data hasil pengukuran di lapangan pelat A lapangan Proyek A, perhitungan lentur pelat

no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ht	12,4	11,7	12,0	12,2	12,1	12,5	12,0	12,2	12,0	11,9	11,9	11,6	12,4	12,2	11,7	12,1	12,1	12,3	12,0	11,7
Øp	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	17,5	16,0	19,0	16,0	18,5	18,0	19,0	15,6	17,5	18,4	13,5	16,5	16,0	16,5	17,0	18,7	17,0	16,0	16,0	16,0
Sb	2,6	2,2	3,5	2,2	1,6	2,8	1,8	3,0	2,2	3,1	2,3	2,0	3,7	3,6	3,1	1,8	2,3	3,7	1,9	2,2
Ast	4,1	4,8	4,0		3,4	4,4	4,6	4,9	4,2	4,4	5,7	4,5	4,8	4,7	4,7	4,1	4,3	4,4	4,8	5,3
h-	9,3	9,0	8,0	9,5	10,1	9,2	9,7	8,7	9,3	8,3	9,1	9,1	8,2	8,1	8,1	9,8	9,3	8,1	9,6	9,0

Lanjutan Tabel 4. Data hasil pengukuran di lapangan pelat A lapangan Proyek A, perhitungan lentur pelat

no	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ht	11,9	11,9	12,0	12,2	12,2	12,0	12,2	12,3	12,0	12,0	11,9	11,9	11,6	11,8	12,1	12,0	12,4	11,7	12,2	12,5
Øp	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	18,0	19,0	17,5	16,0	17,5	21,5	17,5	17,5	18,0	18,3	14,5	17,5	17,3	16,6	17,5	14,5	17,0	16,0	19,5	17,0
Sb	2,1	2,1	2,2	2,7	2,1	2,1	3,8	2,6	1,6	1,6	2,5	3,2	1,9	2,7	3,0	2,6	3,0	2,2	2,7	4,0
Ast	5,6	4,6	4,5	4,7	4,2	4,0	4,9	4,3	4,1	4,7	6,0	4,3	4,2	4,9	4,8	4,9	4,8	4,6	3,9	4,5
h-	9,2	9,3	9,3	9,0	9,6	9,4	7,9	9,2	9,9	9,9	8,9	8,2	9,2	8,6	8,6	8,9	8,9	9,0	9,0	8,0

Lanjutan Tabel 4. Data hasil pengukuran di lapangan pelat A lapangan Proyek A, perhitungan lentur pelat

no	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
ht	12,2	11,9	11,6	12,2	12,1	12,1	11,7	12,2	12,0	12,0	11,9	11,6	12,1	12,0	12,4	12,0	12,5	12,0	11,9	12,4
Øp	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
S	19,0	18,0	18,9	18,3	16,5	17,5	17,5	18,0	19,5	17,5	17,5	17,5	17,5	19,5	17,7	17,0	17,5	18,3	17,5	21,5
Sb	2,4	1,9	1,1	1,9	2,4	1,9	1,5	2,9	2,7	2,7	2,3	2,9	2,8	4,2	2,6	3,2	3,7	2,4	3,3	2,9
Ast	4,3	4,2	4,1	4,2	4,5	3,9	4,4	4,2	4,0	4,5	4,5	4,2	4,0	3,7	3,5	4,3	4,6	4,2	4,1	3,2
h-	9,3	9,5	10,0	9,8	9,2	9,7	9,7	8,8	8,8	8,8	9,1	8,2	8,8	7,3	9,4	8,3	8,3	9,1	8,1	9,0

Lanjutan Tabel 4. Data hasil pengukuran di lapangan pelat A lapangan Proyek A, perhitungan lentur pelat

no	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
ht	11,7	12,3	11,9	12,2	12,2	12,0	11,9	11,8	11,7	12,5	11,6	12,1	12,2	12,0	12,1	11,7	12,1	12,2	11,9	12,2	12,0
Øp	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
S	19,0	18,0	17,3	17,8	17,5	21,5	16,5	19,5	16,0	18,5	15,5	17,5	21,5	17,3	18,5	17,0	18,5	18,0	17,5	15,5	17,6
Sb	1,4	2,2	2,1	2,7	2,1	2,1	2,0	1,7	2,8	2,8	2,2	2,2	2,8	2,3	2,7	1,8	2,7	1,8	2,5	2,8	2,5
Ast	3,5	4,3	4,4	4,9	4,9	3,6	4,5	4,1	5,1	3,3	7,8	4,4	3,7	3,9	3,7	4,8	4,4	4,0	4,4	4,7	4,4
h-	9,8	9,6	9,3	9,0	9,6	9,4	9,4	9,6	8,4	9,3	8,8	9,4	8,9	9,2	8,9	9,4	8,9	9,9	8,9	8,9	9,0

Tabel 5. Data pengujian mutu beton

No	Mpa
1	34,25
2	32,83
3	33,09
4	36,14
5	36,58
6	37,45
7	34,84
8	34,84
9	35,27
10	36,58
11	33,97
12	34,84
13	33,09
14	33,09
15	34,84
16	34,84
17	36,58
18	35,71
19	34,84
20	32,66
21	33,97
22	33,97
23	33,09
24	33,97
25	31,79
26	34,84
27	33,09
28	30,48
29	31,35
30	31,79
31	34,84
32	33,09
33	30,92
34	32,66
35	33,12
36	33,97
37	32,27
38	31,42

No	Mpa
39	33,40
40	34,53
41	32,83
42	33,40
43	36,58
44	34,84
45	33,97
46	32,83
47	34,53
48	32,27
49	31,98
50	32,27
51	33,97
52	32,22
53	32,22
54	34,40
55	32,83
56	33,97
57	32,55
58	35,10
59	32,83
60	33,97
61	33,40
62	32,55
63	33,40
64	32,27
65	33,53
66	34,84
67	39,19
68	34,84
69	33,97
70	32,66
71	33,97
72	35,10
73	33,40
74	35,10
75	36,23
76	32,83
77	36,80

No	Mpa
78	34,53
79	33,09
80	31,35
rata - rata	33,84
jumlah	2707,42

Tabel 6. Data pengujian mutu baja

	Mpa
S13	457,3422
S13	454,0068
S13	455,0859
S16	441,9405
S16	446,6493
S25	467,937
S25	453,0258
p10	366,3054
p10	361,7928

