

# PERHITUNGAN NILAI KOEFISIEN MOMEN LENTUR DENGAN METODE KEKAKUAN PADA BALOK BETON BERTULANG

Febriani Palallo

Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [vebypalallo@gmail.com](mailto:vebypalallo@gmail.com)

## ABSTRAK

Balok merupakan salah satu elemen struktur yang sangat penting disuatu bangunan. Dalam perencanaan konstruksi balok beton bertulang direncanakan kuat menahan gaya-gaya yang mungkin akan terjadi sesuai perhitungan beban. Menurut SNI 03-2847-2013, untuk menghitung momen-momen maksimum akibat pembebanan yang terjadi pada balok tersebut dapat dihitung menggunakan koefisien momen sebagai suatu metode pendekatan.

Analisis balok menerus dengan variasi bentang dilakukan untuk membandingkan nilai eksakta koefisien momen lentur tersebut dengan menggunakan metode kekakuan bantuan excel.

Setelah menghitung nilai-nilai koefisien momen dari balok yang dianalisis, didapatkan perbandingan maksimum nilai koefisien momen dari metode kekakuan dengan SNI yaitu sebesar 0.0547958. Jika nilai perbandingannya lebih dari 0.05, maka tidak berlaku/tidak sesuai dengan peraturan yang ada menurut SNI 03-2847-2013.

**Kata Kunci:** Balok Menerus, Koefisien Momen Lentur, Metode Kekakuan

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tata cara analisis dan perencanaan komponen struktur beton bertulang menurut SNI 03-2847-2013 memiliki ketentuan-ketentuan (persyaratan) tertentu, sehingga perencanaan dapat dilakukan dengan metode yang lebih sederhana.

Sebelum menentukan atau menghitung dimensi penampang serta tulangnya, perlu diketahui gaya-gaya dalam yang bekerja. Menurut SNI tersebut untuk menghitung momen-momen maksimum akibat pembebanan yang terjadi pada suatu balok dapat dihitung menggunakan koefisien momen lentur.

Adanya koefisien momen ini merupakan suatu metode pendekatan untuk menentukan momen lentur dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah.

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian tentang nilai eksakta dari koefisien-koefisien momen lentur pada suatu balok menerus menggunakan metode kekakuan.

### Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang didapat dirumuskan sebuah permasalahan sebagai berikut:

“Bagaimana perbandingan nilai eksakta koefisien momen lentur menggunakan metode kekakuan dengan nilai koefisien momen yang ada berdasar SNI 03-2847-2013 pada suatu balok beton bertulang”

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk membandingkan nilai eksakta dari koefisien momen lentur pada balok beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2013 dengan menggunakan metode kekakuan.
- 2) Untuk membandingkan nilai koefisien momen lentur SNI pada balok menerus dengan variasi bentang menggunakan metode kekakuan
- 3) Untuk mengetahui berapa besar nilai eksakta dari koefisien momen yang berlaku sesuai perhitungan dengan metode kekakuan

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai bahan referensi untuk menambah wawasan dan pengetahuan

khususnya tentang nilai-nilai koefisien momen yang dihitung menggunakan metode kekakuan.

**LANDASAN TEORI**

**Koefisien Momen Lentur**

Pada SNI 03 – 2847 - 2013 mengijinkan untuk menentukan momen lentur dengan menggunakan koefisien momen untuk perancangan balok dan plat satu arah menerus, asalkan dipenuhi syarat-syarat sbb:

- 1) Terdapat dua bentang atau lebih
- 2) Panjang bentang seragam, jika ada perbedaan selisih bentang yang terpanjang dengan bentang sebelahnya yang lebih pendek maksimum 20%
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- 4) Beban hidup harus ≤ 3 kali beban mati
- 5) Penentuan panjang L untuk bentang yang berbeda:
  - Untuk momen lapangan, L = bentang bersih diantara tumpuan
  - Untuk momen tumpuan, L = rata-rata bentang bersih pada sebelah kiri dan kanan tumpuan

Momen positif pada bentang-bentang ujung:

Ujung tak menerus tak terkekang	$\frac{W_u l_n^2}{11}$
Ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan	$\frac{W_u l_n^2}{14}$
Momen positif pada bentang-bentang dalam	$\frac{W_u l_n^2}{16}$

Sumber: SNI 03 2847 2013

Momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama:

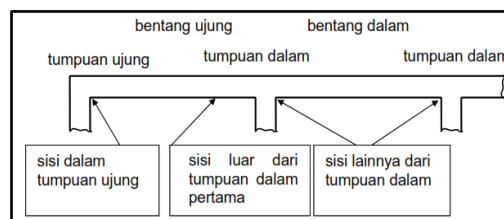
Dua bentang	$\frac{W_u l_n^2}{9}$
Lebih dari dua bentang	$\frac{W_u l_n^2}{10}$
Momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam	$\frac{W_u l_n^2}{11}$

Sumber: SNI 03 2847 2013

Momen negatif pada sisi dalam dari tumpuan yang untuk komponen struktur yang dibuat menyatu (monolit) dengan struktur pendukung:

Dimana tumpuan adalah balok spandrel	$\frac{W_u l_n^2}{24}$
Dimana tumpuan adalah kolom	$\frac{W_u l_n^2}{10}$

Sumber: SNI 03 2847 2013



Gambar 1. Terminologi Balok Diatas Banyak Tumpuan

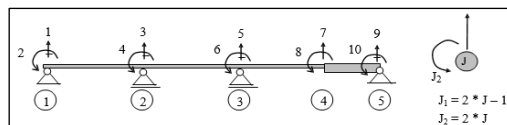
Sumber: SNI 03 2847 2013

**Analisis Struktur Balok Menerus dengan Metode Kekakuan**

Langkah-langkah analisa struktur balok menerus dengan menggunakan metode kekakuan yaitu sbb:

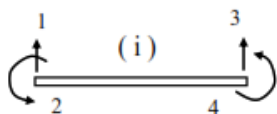
- 1) Penomoran Variabel Aksi - Deformasi
  - Penomoran Variabel Aksi-Deformasi Struktur Global

Dengan asumsi gaya normal batang tidak ada, tiap joint pada struktur balok menerus memiliki dua variabel aksi-deformasi yaitu variabel untuk gaya/translasi vertikal dan varibel untuk momen lentur/rotasi. Agar penomorannya teratur maka pemberian nomor variabel aksi - deformasi disesuaikan dengan nomor jointnya dan dilakukan yaitu : (a) Untuk gaya-translasi vertikal diberi nomor  $J_1 = 2*J-1$  dan (b) Untuk momen lentur-rotasi diberi nomor  $J_2 = 2*J$

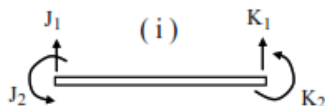


Gambar 2. Penomoran Variabel Aksi-Deformasi Struktur Balok  
Sumber: Deskarta, 2016

- Penomoran Variabel Aksi-Deformasi Elemen Batang



Gambar 3. Penomoran Variabel Aksi-Deformasi Batang ke i Sistem Sumbu Batang



Gambar 4. Penomoran Variabel Aksi-Deformasi Batang ke i Sistem Sumbu Struktur

- 2) Persamaan aksi deformasi Elemen Batang Sistem Sumbu Batang

$$\{A_m\}_i = \{S_m\}_i + \{D_m\}_i \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} A_{m1} \\ A_{m2} \\ A_{m3} \\ A_{m4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & -a & b \\ b & c & -b & c/2 \\ -a & -b & a & -b \\ b & c/2 & -b & c \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} D_{m1} \\ D_{m2} \\ D_{m3} \\ D_{m4} \end{bmatrix}$$

Dengan:

$$a = 12 EI / L^3 \quad b = 6 EI / L^2 \quad c = 4 EI / L$$

- 3) Persamaan Aksi Deformasi Struktur

$$\{A_j\} = \{A_L\} + \{S\} \{D\} \quad (2)$$

Dimana:

$\{A_j\}$  = matriks aksi langsung pada joint sesuai dengan variabel deformasinya. Aksi langsung ini dapat langsung diambil dari beban berupa gaya atau momen yang bekerja pada joint.

$\{A_L\}$  = matriks aksi akibat beban pada batang. Aksi ini didapat dari penjumlahan aksi ujung batang terjepit, akibat beban pada batang.

$$\{A_L\} = \sum \{A_{mli}\} \quad (3)$$

$\{S\}$  = matriks kekakuan struktur. Didapat dari penjumlahan semua matriks kekakuan batang

$$\{S\} = \sum \{S_{mli}\} \quad (4)$$

Matriks  $\{D\}$  sebenarnya terdiri dari kelompok deformasi bebas  $\{DF\}$  yang akan dicari dan kelompok deformasi terikat  $\{DR\}$  yang sudah ditentukan dan merupakan syarat batas tumpuan.  $\{DF\}$  bisa dicari dengan metoda solusi langsung persamaan (2), setelah memasukkan nilai  $\{A_j\}$  dan  $\{DR\}$  yang merupakan data dan nilai  $\{A_L\}$  dan  $\{S\}$  yang merupakan hasil perhitungan persamaan (3) dan (4).

Metoda lain adalah dengan menata ulang urutan persamaan aksi-deformasi sehingga variabel bebas dan terikatnya berkelompok. Hal ini dilakukan dengan menata urutan variabel pada persamaan aksi-deformasi, sehingga akhirnya didapat persamaan matriks aksi-deformasi untuk menghitung  $\{DF\}$  seperti berikut.

$$\{A_j\} - \{A_L\} = \{S\} \{D\} \quad (5)$$

$$\{A\} = \{S\} \{D\} \quad (6)$$

Persamaan (6) sebenarnya adalah persamaan linier simultan dengan variabel deformasi yang mengandung variabel bebas dan terikat. Jika urutan persamaan tersebut diubah sehingga variabel deformasinya berkelompok kedalam kelompok deformasi bebas dan terikat, maka dalam bentuk matriks persamaan tersebut akan menjadi:

$$\begin{bmatrix} A_F \\ A_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & S_{FR} \\ S_{RF} & S_{RR} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} D_F \\ D_R \end{bmatrix}$$

Persamaan matriks tersebut selanjutnya jika dijabarkan akan menjadi:

$$\{A_F\} = \{S_{FF}\} * \{D_F\} + \{S_{FR}\} * \{D_R\} \quad (7)$$

$$\{A_R\} = \{S_{RF}\} * \{D_F\} + \{S_{RR}\} * \{D_R\} \quad (8)$$

Jika tidak ada syarat batas deformasi pada tumpuan seperti misal diasumsikan tidak terjadi *settlement* pada pondasi, maka  $\{D_R\} = \{0\}$ , sehingga persamaan menjadi:

$$\{A_F\} = \{S_{FF}\} * \{D_F\} \quad (9)$$

Selanjutnya  $\{D_F\}$  bisa dicari dengan metoda iterasi persamaan (10) atau metoda invers:

$$\{D_F\} = \{S_{FF}\}^{-1} * \{A_F\} \quad (10)$$

- 4) Menghitung Gaya Batang

$$\{A_m\}_i = \{A_{mli}\}_i + \{A_{mD}\}_i \quad (11)$$

$\{A_{mli}\}_i$  = aksi ujung batang terjepit i akibat beban.

$\{A_{mD}\}_i$  adalah aksi ujung batang i akibat deformasi.

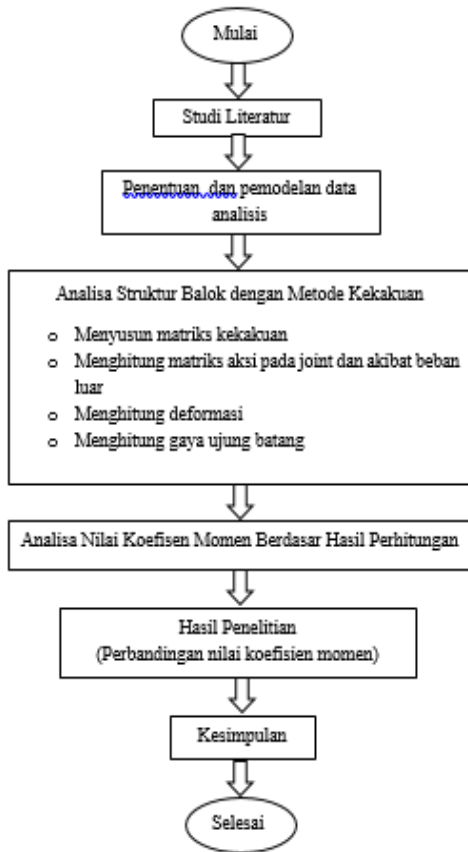
Sehingga aksi/gaya ujung batang menjadi:

$$\{A_m\}_i = \{A_{ml}\}_i + [S_{ml}] * [D_{ml}] \quad (12)$$

**METODE PENELITIAN**

**Tahapan dan Prosedur Penelitian**

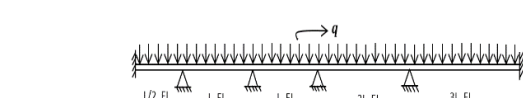
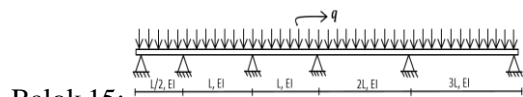
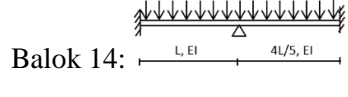
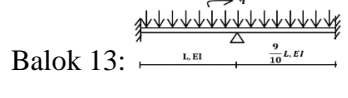
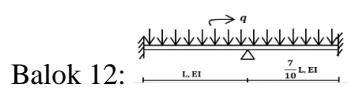
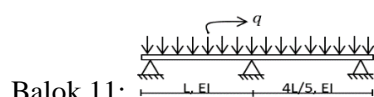
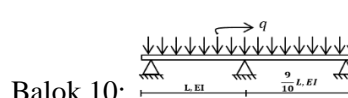
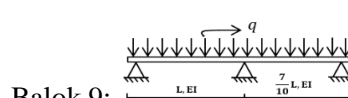
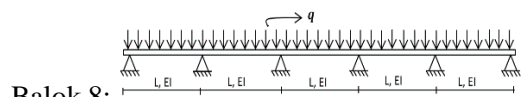
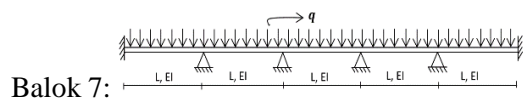
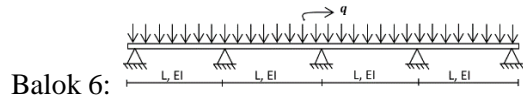
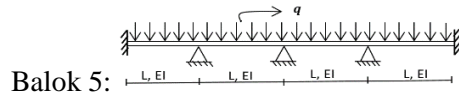
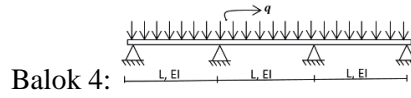
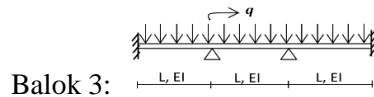
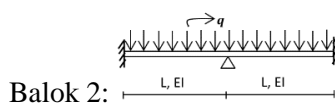
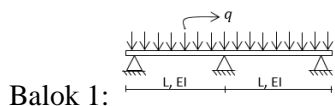
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditampilkan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram alir Penelitian

**Jenis-jenis Struktur Balok**

Berikut ini adalah 16 jenis struktur balok menerus yang akan dianalisa.



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok Menerus Bentang Seragam**

Tabel 1. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 1

BALOK 1				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0	0.041667	0.041667	100%
B	0.07031	0.090909	0.020596	22.66%
C	0.125	0.111111	0.013889	11.11%
D	0.07031	0.090909	0.020596	22.66%
E	0	0.041667	0.041667	100%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)</li> <li>Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9</li> </ul>				

Tabel 2. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 2

BALOK 2				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.083333	0.0625	0.020833	25%
B	0.041667	0.071428	0.029761	41.667%
C	0.083333	0.111111	0.027778	25%
D	0.041667	0.071428	0.029761	41.667%
E	0.083333	0.0625	0.020833	25%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)</li> <li>Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9</li> </ul>				

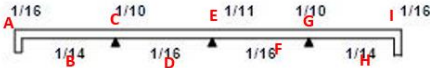
Tabel 3. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 3

BALOK 3				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.083333	0.0625	0.0208333	25%
B	0.041667	0.0714286	0.0297619	41.667%
C	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
D	0.041667	0.0625	0.0208333	33.333%
E	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
F	0.041667	0.0714286	0.0297619	41.667%
G	0.0833333	0.0625	0.0208333	25%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)</li> <li>Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16</li> <li>Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10</li> </ul>				

Tabel 4. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 4

BALOK 4				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0	0.0416667	0.0416667	100%
B	0.08	0.090909	0.0109090	12%
C	0.1	0.1	0	0%
D	0.025	0.0625	0.0375	60%
E	0.1	0.1	0	0%
F	0.08	0.090909	0.0109090	12%
G	0	0.0416667	0.0416667	100%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)</li> <li>Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16</li> <li>Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10</li> </ul>				

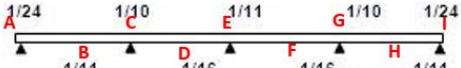
Tabel 5. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 5

BALOK 5				
				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.0833333	0.0625	0.0208333	25%
B	0.0416667	0.0714286	0.0297619	41.667%
C	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
D	0.0416667	0.0625	0.0208333	33.333%
E	0.0833333	0.090909	0.0075758	8.333%
F	0.0416667	0.0625	0.0208333	33.333%
G	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
H	0.0416667	0.0714286	0.0297619	41.667%
I	0.0833333	0.0625	0.0208333	25%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)
- Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16
- Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10
- Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11

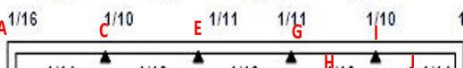
Tabel 6. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 6

BALOK 6				
				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0	0.041667	0.0416667	100%
B	0.077169	0.090909	0.0137407	15.115%
C	0.107143	0.1	0.0071429	6.667%
D	0.036352	0.0625	0.0261479	41.837%
E	0.071429	0.090909	0.0194806	21.429%
F	0.036352	0.0625	0.0261479	41.837%
G	0.107143	0.1	0.0071429	6.667%
H	0.077169	0.090909	0.0137407	15.115%
I	0	0.041667	0.0416667	100%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)
- Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16
- Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10
- Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11

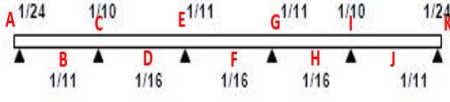
Tabel 7. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 7

BALOK 7				
				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.0833333	0.0625	0.0208333	25%
B	0.0416667	0.071429	0.0297619	41.667%
C	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
D	0.0416667	0.0625	0.0208333	33.333%
E	0.0833333	0.090909	0.0075758	8.333%
F	0.0466667	0.0625	0.0208333	33.333%
G	0.0833333	0.090909	0.0075758	8.333%
H	0.0416667	0.0625	0.0208333	33.333%
I	0.0833333	0.1	0.0166667	16.667%
J	0.0416667	0.071428	0.0297619	41.667%
K	0.0833333	0.0625	0.0208333	25%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)
- Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16
- Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10
- Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11

Tabel 8. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 8

BALOK 8				
				
Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen	
A	0	0.041667	0.041667	100%
B	0.077909	0.090909	0.013001	14.301%
C	0.105263	0.1	0.005263	5%
D	0.033241	0.0625	0.029259	46.814%
E	0.078947	0.090909	0.011962	13.158%
F	0.046053	0.0625	0.016447	26.316%
G	0.078948	0.090909	0.011962	13.158%
H	0.033241	0.0625	0.029259	46.814%
I	0.105263	0.1	0.005263	5%
J	0.077909	0.090909	0.013001	14.301%
K	0	0.041667	0.041667	100%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)</li> <li>Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16</li> <li>Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10</li> <li>Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11</li> </ul>				

Tabel 9. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok Tepi/Spandrel

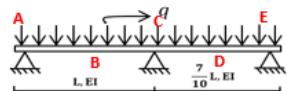
Metode Kekakuan	Koefisien Momen Balok Spandrel (1/24)	Selisih	Dalam persen
Tumpuan Sendi	0	0.041667	0.041667 100%
Tumpuan Jepit	0.083333	0.041667	0.041667 50%

Keterangan:

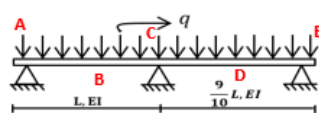
Balok spandrel berada di kondisi antara sendi dan jepit. Dimana memiliki selisih perbandingan yang sama. Tetapi untuk sendi nilai koefisien momennya cenderung lebih besar, sedangkan untuk jepit nilai koefisien momennya lebih kecil dari hasil perhitungan metode kekakuan.

**Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok Menerus Bentang Tidak Seragam**

Tabel 10. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 9

BALOK 9				
				
Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen	
A	0	0.041667	0.041667	100%
B	0.080501	0.090909	0.010408	11.449%
C	0.09875	0.111111	0.012361	11.125%
D	0.021826	0.090909	0.069084	75.992%
E	0.082142	0.041667	0.040476	49.275%
Keterangan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)</li> <li>Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)</li> <li>Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9</li> </ul>				

Tabel 11. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 10

BALOK 10				
				
Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen	
A	0	0.04167	0.041667	100%
B	0.077675	0.090909	0.013234	14.557%
C	0.12252	0.111111	0.011411	9.313%
D	0.049256	0.090909	0.041654	45.819%
E	0	0.041667	0.046667	100%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)
- Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)
- Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9

Tabel 12. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 11

BALOK 11				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0	0.041667	0.0416667	100%
B	0.078013	0.090909	0.0128965	14.186%
C	0.105	0.111111	0.0061111	5.5%
D	0.036113	0.090909	0.0547958	60.275%
E	0	0.041667	0.0416666	100%
<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)</li> <li>• Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)</li> <li>• Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9</li> </ul>				

Tabel 14. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 13

BALOK 13				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.09103	0.0625	0.028531	31.342%
B	0.045782	0.071428	0.025647	35.905%
C	0.084605	0.111111	0.026507	23.855%
D	0.029880	0.071428	0.041549	58.168%
E	0.058947	0.0625	0.003553	5.684%
<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)</li> <li>• Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)</li> <li>• Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9</li> </ul>				

Tabel 13. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 12

BALOK 12				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.09208	0.0625	0.029583	32.127%
B	0.04639	0.071429	0.025043	35.059%
C	0.06583	0.111111	0.045278	40.750%
D	0.01561	0.071429	0.055827	78.158%
E	0.01274	0.0625	0.049762	79.619%

Tabel 15. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 14

BALOK 14				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.09	0.0625	0.0275	30.556%
B	0.0452	0.071428	0.0262285	36.720%
C	0.07	0.111111	0.0411111	37%
D	0.022988	0.071428	0.0484402	67.816%
E	0.045	0.0625	0.0175	28%



Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)
- Untuk momen negatif dengan dua bentang koefisien momennya 1/9

Tabel 16. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 15

BALOK 15				
	Metode Kekakuan	Koef. Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0	0.041667	0.0416667	100%
B	0.007574	0.090909	0.0833347	91.668%
C	0.06345	0.1	0.0365401	36.540%
D	0.04821	0.0625	0.0142894	22.863%
E	0.09087	0.090909	3.878E-05	0.043%
F	0.043194	0.0625	0.019306	30.890%
G	0.073059	0.090909	0.0178502	19.635%
H	0.110762	0.0625	0.0482624	43.573%
I	0.860388	0.1	0.7603882	88.377%
J	0.73593	0.090909	0.6450228	87.647%
K	0	0.041667	0.0416667	100%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah balok spandrel, sehingga terdapat nilai koefisien momen (1/24)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus tak terkekang (1/11)
- Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16
- Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10
- Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11

Tabel 17. Perbandingan Nilai Koefisien Momen SNI dengan Metode Kekakuan pada Balok 16

BALOK 16				
	Metode Kekakuan	Koefisien Momen SNI	Selisih	Dalam Persen
A	0.005195	0.0625	0.057305	91.688%
B	0.009597	0.0714285	0.061831	86.564%
C	0.07289	0.1	0.027109	27.110%

D	0.055996	0.0625	0.006503	10.406%
E	0.065176	0.090909	0.025733	28.306%
F	0.014333	0.0625	0.048167	77.067%
G	0.1664042	0.09090909	0.075495	45.369%
H	0.1429675	0.0625	0.080467	56.284%
I	0.5931989	0.1	0.493198	83.142%
J	0.4172735	0.07142857	0.345845	82.882%
K	0.8284005	0.0625	0.765900	92.455%

Keterangan:

- Tumpuan ujung adalah kolom (1/16)
- Untuk momen positif dengan bentang ujung yaitu ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan (1/14)
- Untuk momen positif pada bentang-bentang dalam yaitu 1/16
- Untuk momen negatif pada sisi luar dari tumpuan dalam pertama dengan bentang lebih dari dua yaitu 1/10
- Untuk momen negatif pada sisi-sisi lain dari tumpuan-tumpuan dalam yaitu 1/11

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perbandingan selisih terbesar nilai koefisien momen lentur SNI dengan metode kekakuan mencapai hingga 100%, yaitu pada momen tumpuan di ujung pada kondisi balok dengan tumpuan ujung sendi.
- 2) Balok dengan bentang yang tidak seragam semakin besar selisih panjang bentang diantara bentang disebelahnya maka semakin besar pula perbandingan selisih nilai koefisien momen lenturnya.
- 3) Perbandingan nilai koefisien momen SNI dengan metode kekakuan, terbesar yaitu 0.0547958, apabila selisih antara koefisien momen SNI dengan metode kekakuan adalah melebihi 0.05 maka tidak berlaku/tidak memenuhi syarat SNI 03-2847-2013.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, saran yang perlu disampaikan untuk dijadikan suatu pemikiran yang lebih baik dalam penelitian lebih lanjut yaitu: Melakukan penelitian tentang perhitungan koefisien momen lentur SNI 03-2847-2013 khususnya untuk persyaratan tentang beban hidup harus  $\leq 3$  kali beban mati

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Perencanaan Gendung*. Jakarta, Indonesia.
- Darwis M. Ferdi. *Metode Matriks Balok Menerus*. Scribd
- Deskarta, Putu. 2016. *Buku Diktat Analisa Struktur 2 Metode Kekakuan*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Kartono. *Diktat Kuliah Analisa Struktur Metode Matrix Fleksibilitas Matrix Kekakuan*. Sipil-ITATS
- Siagian, S Saputra, *Analisa Matriks*. <https://www.slidesahre.net/mobile/sasedisiagian/analisa-matriks-63233134> diakses pada tanggal 20 November 2018
- Supartono F.X, Boen Teddy. *Analisa Struktur dengan Metode Matrix Cetakan Ketiga*. Universitas Indonesia.
- Wang, Chu Kia. *Matrix Method of Structural Analysis*. Internasional Textbook Company.