

**TUGAS AKHIR**

**STUDI NUMERIK SAMBUNGAN BALOK KANTILEVER  
BETON BERTULANG PRACETAK DENGAN  
MENGUNAKAN PEMBEBANAN SIKLIK**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Weni Dwi Damayanti**

**20160110122**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2020**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Weni Dwi Damayanti  
NIM : 20160110122  
Judul : Studi Numerik Sambungan Balok Kantilever Beton  
Bertulang Pracetak dengan Menggunakan Pembebanan  
Siklik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 20 September 2020

Yang membuat pernyataan



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini penulis persembahkan terutama untuk kedua orang tua, kakak, adik dan seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi serta doa dari awal kuliah sampai berada di titik ini sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Terimakasih kepada Dr. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng yang telah bersedia membimbing dan memberikan motivasi serta masukan-masukan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Terimakasih kepada Muhammad Pasha Djohor Djawas dan Muhammad Yuliantoro selaku teman seperjuangan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Terimakasih kepada sahabat-sahabat yang senantiasa selalu mengingatkan penulis agar segera menyelesaikan tugas akhir ini.

Terimakasih kepada teman-teman kelas C 2016 Teknik Sipil UMY yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini dan mohon maaf tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk agama, bangsa dan negara serta dapat memberikan keberkahan kepada saya dan teman-teman yang membaca tugas akhir ini.

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku balok kantilever pracetak terhadap beban siklik, yaitu untuk mengetahui pola retak yang terjadi, hubungan tegangan-regangan, nilai daktilitas, hubungan antara beban dan *displacement*, serta mengetahui nilai kekakuan dan disipasi energi.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Dr. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, ..... 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERNYATAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
DAFTAR ISTILAH .....	xiii
ABSTRAK .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>ABSTRACT</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I. PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Manfaat Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1 Penelitian terdahulu tentang balok kantilever	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
2.2 Dasar Teori .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1 Hubungan tegangan-regangan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2 Daktilitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3 <i>Displacement</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.4 Kekakuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.5 Jenis-jenis retakan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.6 Disipasi energi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.7 Kriteria penerimaan sambungan balok kolom pracetak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

BAB III. METODE PENELITIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Bahan atau Materi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Material Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1 Material beton .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2 Material baja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Tahapan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
4.1 Pola Retak.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Daktilitas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4 Kekakuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5 Disipasi Energi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6 Kriteria Penerimaan Sambungan Balok Kolom Sistem Pracetak.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.6.1 Kriteria Pertama .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.2 Kriteria Kedua.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.3 Kriteria Ketiga.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian kuat tekan beton (Marpaung dkk., 2015).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.2 Hasil pengujian kuat tarik tulangan (Marpaung dkk., 2015) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.3 Nilai beban dan lendutan (Marpaung dkk., 2015)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.4 Data variasi benda uji (Prayuda dkk., 2018).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.5 Hasil tegangan dan regangan (Prayuda dkk., 2018)....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.6 Beban maksimum yang diterima benda uji (Simbolon dkk., 2019) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.7 Rekapitulasi gaya lateral dan perpindahan lateral (Simbolon, 2019) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.8 Daktilitas benda uji (Simbolon dkk., 2019) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2.9 Dimensi benda uji (Sofias and Pachoumis, 2020)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.1 Data yang digunakan dalam penelitian (Syandy, 2017) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.2 Parameter plastisitas beton (Syandy, 2017) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.3 Desak beton (Syandy, 2017) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.4 Tarik beton (Syandy, 2017) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.5 Parameter elastisitas baja (Syandy, 2017).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.6 Parameter plastisitas baja (Syandy, 2017) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.7 Parameter plastisitas baja (Apriyatno dkk., 2019)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 3.8 Dimensi dan spesifikasi benda uji.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.1 Hasil analisis perhitungan nilai kekakuan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.2 Hasil analisis perhitungan nilai disipasi energi....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.3 Penurunan beban maksimum .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Detail balok kantilever untuk benda uji 1 (BK-1) (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Detail balok kantilever untuk benda uji 2 (BK-2) (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Detail balok kantilever untuk benda uji 3 (BK-3) (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Pola retak BK-1 (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Pola retak BK-2 (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Pola retak BK-3 (Prayuda dkk., 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Hubungan tegangan regangan benda uji (Prayuda dkk., 2018).. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Material kolom berongga (a) Tampak samping , (b) Tampak atas, (c) Bentuk 3D, (d) Spesimen kolom (Nugroho, 2019) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Detail benda uji (Nugroho, 2019) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Pola retak benda uji (Nugroho, 2019) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11 (a) Balok monolit, (b) Balok dengan sambungan takikan rangkap (Simbolon dkk., 2019) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12 Gaya lateral dan perpindahan lateral berdasarkan *ECCS* (a) Balok monolit, (b) Model sambungan takikan rangkap (Simbolon dkk., 2019) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.13 Detail benda uji (a)2D, (b)3D (Sofias and Pachoumis, 2020) . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.14 *Setup* benda uji (Sofias and Pachoumis, 2020) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.15 Hasil pengujian benda uji (a) RBS1, (b) RBS2 (Sofias and Pachoumis, 2020)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.16 Hubungan tegangan-regangan beton tak terkekang (Sudarsana, 2010) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.17 Hubungan tegangan-regangan beton tertekang (Sudarsana, 2010) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.18 Kurva tegangan-regangan (Wijaya, 2018) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.19 Kurva tegangan-regangan (Budiman, 2016) .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.20 Definisi daktilitas (Yusriman dan Moestopo (2003)..... **Error! Bookmark not defined.**



Gambar 2.21 (a) Retak lentur, (b) Retak geser *web*, (c) Retak geser lentur, (d) retak puntir, (e) Retak lekatan (MsCormac, 2003) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.22 Disipasi energi (SNI 7834:2012).....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.23 Penurunan beban maksimum yang diterima (SNI 7834:2012) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.24 Perbandingan luas *loop* histeresis dengan luas jajaran genjang (SNI 7834:2012) .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.25 Perbandingan nilai gradien kekakuan (SNI 7834:2012) ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.2 Detail benda uji (a) balok kantilever (b) sambungan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.3 Balok yang dibuat dalam *module part***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.4 Material untuk *part* beton.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Pembuatan *section* untuk balok.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.6 Mendefinisikan material balok.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.7 Bentuk *mesh* yang digunakan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.8 Tipe elemen untuk tulangan utama ....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.9 Ukuran *mesh* pada *Global Seeds*.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.10 Tampilan balok yang telah di *mesh*..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.11 Proses pengecekan *mesh* .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.12 (a) Balok kolom, (b) Penulangan benda uji.... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.13 Proses pengeditan *step* (a) *Basic* (b) *Incrementation* ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.14 Tampilan setelah dilakukan *Interaction* (a) Balok-kolom (b) Tulangan dan beton .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.15 Data yang dimunculkan pada *Field Output Request*..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.16 Tampilan *Boundary Condition* pada tumpuan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.17 Tampilan menu *Job Manager* .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.18 Tampilan *Monitor* .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Pola retak pertama pada kondisi tekan ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Pola retak saat mencapai lendutan maksimum pada kondisi tekan .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Pola retak pertama pada kondisi tarik **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Pola retak saat mencapai lendutan maksimum pada kondisi tarik .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Hubungan tegangan-regangan.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Hubungan beban dan lendutan .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Nilai kekakuan setiap siklus.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Disipasi energi pada siklus 11 .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Nilai disipasi energi setiap siklus .....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Hubungan beban dan lendutan .....**Error! Bookmark not defined.**  
Gambar 4.11 Perbandingan luas *loop* histeresis dan luas jajaran genjang..... **Error!**  
**Bookmark not defined.**  
Gambar 4.12 Perbandingan nilai gradien.....**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Output* tegangan-regangan.....**Error! Bookmark not defined.**  
Lampiran 2. Hasil *output* titik puncak beban dan lendutan setiap siklus..... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$F_c'$	$[M/L^2]$	Kuat tekan beton
$E_s$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Modulus elastisitas baja
$\Delta y$	[L]	<i>Displacement</i> leleh
$\Delta u$	[L]	<i>Displacement</i> runtuh
$\mu$	[-]	Daktilitas
$\sigma$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Tegangan
$F$	$[MLT^{-2}]$	Gaya
$A$	$L^2$	Luas penampang
$L$	[L]	Panjang
$\varepsilon$	[-]	Regangan
$\delta$	[L]	Lendutan
$\Delta d$	[L]	Perpindahan
$m$	[M]	Massa
$K$	$[ML^{-1}]$	Kekakuan
$P$	[M]	Beban
$E_c$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	Modulus elastisitas beton

## DAFTAR SINGKATAN

<i>ECCS</i>	: <i>European Convention for Constructional Steelwork</i>
<i>RBS</i>	: <i>Reduced Beam Section</i>
<i>PBI</i>	: Peraturan Beton Bertulang Indonesia
<i>CB</i>	: <i>Cantilever Beam</i>

## DAFTAR ISTILAH

1. **Beban Siklik**  
Pembebanan yang terjadi secara berulang.
2. **Disipasi Energi**  
Energi yang hilang akibat pembebanan pada suatu elemen.
3. *Drift Ratio*  
Indikator kerusakan suatu struktur bangunan yang didapatkan dari simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai.
4. *Spalling*  
Permukaan beton yang terpisah dalam bentuk bongkahan-bongkahan kecil yang diakibatkan karena korosi dari tulangan, pengaruh suhu.
5. **Beton Terkekang**  
Beton yang tulangan utamanya dilindungi atau dikekang dengan tulangan sengkang.