

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VOUTE PADA BALOK DENGAN BENTANG PANJANG
TERHADAP KINERJA STRUKTUR AKIBAT BEBAN GEMPA**

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1)



Dosen Pembimbing : Ir. Resmi Bestari Muin, MS.

Disusun oleh:

Riezky Fauzan Putra Diena

41116010103

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2020



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Q

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : PENGARUH VOUTE PADA BALOK DENGAN BENTANG PANJANG TERHADAP KINERJA STRUKTUR AKIBAT BEBAN GEMPA

Disusun oleh :

Nama : Riezky Fauzan Putra Diena
NIM : 41116010103
Program Studi : Teknik Sipil

Diujikan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana :

Tanggal : 28 Agustus 2020

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir

(Dr. Resmi Bestari Muin, MT)

Ketua Penguji

(Ir. Zainal Abidin Shahab, MT)

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Acep Hidayat, S.T., M.T.

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riezky Fauzan Putra Diena
Nomor Induk Mahasiswa : 41116010103
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 6 September 2020

Yang memberikan pernyataan


Riezky Fauzan Putra Diena

ABSTRAK

Judul : Pengaruh Voute pada Balok dengan Bentang Panjang Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa, Nama : Riezky Fauzan Putra Diena, NIM : 41116010103, Dosen Pembimbing : Ir. Resmi Bestari Muin, MS., 2020.

Dalam desain arsitektur tidak jarang kita jumpai ruangan yang luas dengan bentang panjang, sehingga, penampang balok harus dibuat berukuran besar. Namun, karena tinggi ruangan terbatas, tinggi balok perlu dibatasi pada suatu ukuran tertentu. Tentu balok dengan bentang panjang ini memiliki permasalahan tersendiri, yaitu munculnya gaya-dalam momen dan lendutan yang besar di tengah bentangannya. Salah satu solusi dari balok dengan bentang panjang adalah dengan melakukan perluasan penampang pada pertemuan antara kolom dengan balok pada bentang yang sama, inilah yang disebut dengan voute. Dengan menambahkan voute, maka akan menambah kekakuan balok dengan kolom sehingga akan memperkecil momen dan lendutan yang terjadi di tengah balok akibat beban tetap.

Penelitian ini dilakukan sejak Februari 2020 – Agustus 2020, dalam selang waktu tersebut, penulis melakukan analisis pengaruh voute pada balok dengan bentang panjang pada struktur beton bertulang menggunakan aplikasi ETABS 2013. Metode yang digunakan yaitu analisis dinamis respon spektra.

Hasil dari penelitian ini adalah bangunan dengan voute memiliki berat struktur yang lebih ringan daripada bangunan tanpa voute, sehingga gaya geser gempa yang terjadi pada bangunan dengan voute lebih kecil daripada bangunan tanpa voute. Selain itu lendutan dan simpangan yang terjadi pada bangunan yang menggunakan voute lebih kecil daripada bangunan tanpa voute. Struktur bangunan dengan penambahan voute memiliki kekakuan yang lebih besar daripada bangunan tanpa voute, semakin panjang ukuran voute maka semakin besar juga nilai kekakuan strukturnya.

Kata kunci : voute, balok non-prismatik, gaya geser gempa, simpangan, kekakuan.

ABSTRACT

Title: Effect of Voute on Long-Span Beams on Structural Performance Due to Earthquake Loads, Name: Riezky Fauzan Putra Diena, NIM: 41116010103, Supervisor: Ir. Official Bestari Muin, MS., 2020.

In architectural design, it is not uncommon for us to find large rooms with long spans, so that the beam cross-sections must be large. However, because the height of the room is limited, the beam height needs to be limited to a certain size. Of course, this long-span beam has its problems, namely the emergence of a moment-in-force and a large deflection in the middle of its stretch. One solution of long-span beams is to expand the cross-section at the joints between columns and beams in the same span, this is called voute. By adding voute, it will increase the stiffness of the beam with the column so that it will minimize the moment and deflection that occurs in the middle of the beam due to fixed loads.

This research was conducted from February 2020 - August 2020, during that time, the authors analyzed the effect of voute on long-span beams in reinforced concrete structures using the ETABS 2013 application. The method used was dynamic response spectra analysis.

The results of this study are buildings with voute have a lighter weight than buildings without voute, so that the earthquake shear forces that occur in buildings with voute are smaller than buildings without voute. Also, deflections and deviations that occur in buildings using voute are smaller than in buildings without voute. A building structure with the addition of voute has a greater stiffness than a building without voute, the longer the voute size, the greater the structural stiffness value.

Keywords : voute, nonprismatic beam, base shear seismik, displacement, stiffness

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir tugas akhir dengan judul “Pengaruh *Voute* pada Balok dengan Bentang Panjang terhadap Kinerja Struktur akibat Beban Gempa” ini dengan baik dan tepat waktu serta sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Tugas akhir tugas akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana. Diharapkan dengan adanya tugas akhir ini akan menambah pengetahuan dan pengalaman mengenai perencanaan struktur gedung, baik bagi penulis maupun pembaca.

Pada kesempatan ini saya selaku penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah membantu saya selama penulisan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Lina dan Ayah Eddi yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan berupa do'a, perhatian, kasih sayang, serta nasihat dan dukungan moril maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
2. Kepada saudara-saudara saya semua, terutama Teh Poppy, Teh mega, Ai, Bang Roni, Mas Habibi, Dede Mahrez yang telah mendukung dan menyemangati selama penulisan tugas akhir ini berlangsung.

3. Ibu Ir. Resmi Bestari Muin, MS, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar membimbing dan memberikan banyak masukan serta saran yang berguna bagi saya dalam penulisan tugas akhir ini sehingga saya dapat menyusun tugas akhir ini dengan lancar.
4. Bpk. Acep Hidayat, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
5. Viaranty Rachmania, Salma, Rizky Wahyu, Aldy, Gilang, Rabih, Farhan, Fadhil, Syahrizal, Lutfi, dan semua teman-teman dekat saya yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman sesama mahasiswa Teknik Sipil 2016 dan para pejuang tugas akhir yang secara bersama-sama telah melakukan proses perkuliahan di Universitas Mercu Buana.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik serta saran yang bersifat membangun sangat membantu sekali dalam kesempurnaan tugas akhir ini.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Jakarta, 18 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI**HALAMAN JUDUL**

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-3
1.3 Perumusan Masalah	I-3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Batasan dan Ruang Lingkup Masalah.....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Umum.....	II-1
2.2 Struktur Balok	II-2
2.3 Analisis Struktur Balok	II-3
2.3.1 Defleksi	II-3

2.3.2 Momen Lentur.....	II-4
2.3.3 Tegangan Geser.....	II-4
2.3.4 Tegangan Tumpu	II-4
2.3.5 Tekuk Lateral	II-5
2.3.6 Momen Puntir atau Torsi	II-5
2.4 Balok Prismatik dan Non-Prismatik.....	II-5
2.5 Bangunan Tahan Gempa	II-6
2.6 Beban Struktur Bangunan	II-8
2.6.1 Beban Mati	II-8
2.6.2 Beban Hidup.....	II-9
2.6.3 Beban Gempa	II-10
2.7 Analisis Struktur Akibat Beban Gempa.....	II-10
2.7.1 Gaya Dasar Seismik	II-11
2.7.2 Perioda Fundamental Struktur.....	II-13
2.7.3 Distribusi Vertikal Gaya Gempa.....	II-14
2.7.4 Distribusi Horizontal Gaya Gempa	II-14
2.7.5 Kombinasi Pembebatan.....	II-15
2.7.6 Simpangan Antar Lantai	II-16
2.7.7 Pengaruh P-Delta	II-17
2.8 Konsep Desain Kapasitas	II-18
2.9 Desain Struktur Beton dengan SRPMK.....	II-19
2.9.1 Prinsip SRPMK.....	II-20
2.9.2 Konsep <i>Strong Column – Weak Beam</i>	II-21
2.10 Perencanaan Berbasis Kinerja.....	II-21
BAB III METODOLOGI PENELETIAN.....	III-1

3.1	Prosedur Penelitian.....	III-1
3.2	Diagram Alir	III-2
3.3	Data Struktur	III-3
3.4	Studi Literatur	III-3
3.5	Variabel Penelitian.....	III-4
3.6	Pemodelan Struktur.....	III-4
3.6.1	Elevasi Tiap Lantai	III-4
3.6.2	Tampak Atas	III-4
3.6.3	Tampak Depan	III-4
3.6.4	Tampak Samping	III-5
3.6.5	Tampak 3D.....	III-5
3.7	Variasi Desain	III-6
	BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	IV-1
4.1	Perencanaan Awal	IV-1
4.1.1	Perencanaan Awal Balok	IV-1
4.1.2	Perencanaan Awal Pelat.....	IV-2
4.1.3	Perencanaan Kolom	IV-5
4.2	Pembebanan Struktur	IV-8
4.2.1	Beban Gravitasi	IV-8
4.2.2	Beban Gempa	IV-9
4.3	Pemodelan Sturktur.....	IV-12
4.4	Beban-baban pada Struktur	IV-12
4.5	Kombinasi Pembebanan.....	IV-13
4.6	Input Beban	IV-14
4.7	Input Balok <i>Voute</i>	IV-14

4.8	Pemeriksaan Lendutan Balok Akibat Beban Tetap	IV-16
4.8.1	Kontrol Lendutan Balok Model 1	IV-17
4.8.2	Kontrol Lendutan Balok Model 2	IV-19
4.8.3	Kontrol Lendutan Balok Model 3	IV-20
4.9	Analisis Beban Gempa Struktur Model 1	IV-21
4.9.1	Perioda Fundamental Struktur.....	IV-22
4.9.2	Koefisien Respons Seismik.....	IV-24
4.9.3	Berat Struktur	IV-25
4.9.4	Geser Dasar Seismik	IV-26
4.9.5	Distribusi Gaya Gempa	IV-27
4.9.6	Gaya Geser Dasar.....	IV-28
4.9.7	Simpangan Struktur.....	IV-31
4.9.8	Ketidakberaturan Torsional	IV-34
4.9.9	Pengaruh P-delta	IV-36
4.10	Analisis Beban Gempa Struktur Model 2	IV-37
4.10.1	Perioda Fundamental Struktur.....	IV-38
4.10.2	Koefisien Respons Seismik	IV-40
4.10.3	Berat Struktur	IV-41
4.10.4	Geser Dasar Seismik	IV-42
4.10.5	Distribusi Gaya Gempa	IV-43
4.10.6	Gaya Geser Dasar.....	IV-44
4.10.7	Simpangan Struktur.....	IV-47
4.10.8	Ketidakberaturan Torsional.....	IV-50
4.10.9	Pengaruh P-delta	IV-52
4.11	Analisis Beban Gempa Struktur Model 3	IV-53

4.11.1 Perioda Fundamental Struktur.....	IV-54
4.11.2 Koefisien Respons Seismik.....	IV-56
4.11.3 Berat Struktur	IV-57
4.11.4 Geser Dasar Seismik	IV-58
4.11.5 Distribusi Gaya Gempa	IV-59
4.11.6 Gaya Geser Dasar.....	IV-60
4.11.7 Simpangan Struktur.....	IV-63
4.11.8 Ketidakberaturan Torsional.....	IV-66
4.11.9 Pengaruh P-delta	IV-68
4.12 Hasil Pembahasan Analisis Struktur	IV-69
4.12.1 Perbandingan Hasil Lendutan pada Balok	IV-69
4.12.2 Perbandingan Berat Struktur	IV-70
4.12.3 Perbandingan Perpindahan Total	IV-71
4.12.4 Perbandingan Simpangan antar Lantai.....	IV-72
BAB V PENUTUP	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	Pustaka - 1
LAMPIRAN	Lampiran – 1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat sendiri bahan bangunan	II-8
Tabel 2. 2 Beban hidup terdistribusi merata dan beban terpusat minimum.....	II-9
Tabel 2. 3 Faktor keutamaan gempa (Ie)	II-12
Tabel 2. 4 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	II-13
Tabel 2. 5 Simpangan antar lantai izin.....	II-16
Tabel 3. 1 Data struktur dan spesifikasi material	III-3
Tabel 3. 2 Elevasi tiap lantai	III-4
Tabel 4. 1 Perencanaan awal dimensi balok	IV-2
Tabel 4. 2 Perencanaan awal dimensi pelat	IV-4
Tabel 4. 3 Perencanaan dimensi kolom.....	IV-7
Tabel 4. 4 Beban mati pelat lantai.....	IV-9
Tabel 4. 5 Beban mati pelat atap	IV-9
Tabel 4. 6 Parameter respons spektra.....	IV-9
Tabel 4. 7 Respons spektra tanah sedang daerah Jakarta.....	IV-11
Tabel 4. 8 Kombinasi pembebanan	IV-13
Tabel 4. 9 Tebal minimum balok nonprategang atau pelat satu arah.....	IV-16
Tabel 4. 10 Lendutan ijin maksimum yang dihitung	IV-16
Tabel 4. 11 Modal participation mass ratio model 1	IV-22
Tabel 4. 12 Berat struktur bangunan model 1	IV-26
Tabel 4. 13 Distribusi beban gempa struktur model 1	IV-27
Tabel 4. 14 Pengecekan faktor skala gaya awal model 1	IV-30
Tabel 4. 15 Faktor skala baru model 1	IV-31
Tabel 4. 16 Simpangan antar lantai arah X model 1	IV-32

Tabel 4. 17 Simpangan antar lantai arah Y model 1	IV-33
Tabel 4. 18 Pengaruh P-delta arah X model 1	IV-36
Tabel 4. 19 Pengaruh P-delta arah Y model 1	IV-36
Tabel 4. 20 Modal participation mass ratio model 2.....	IV-38
Tabel 4. 21 Berat struktur bangunan model 2	IV-42
Tabel 4. 22 Distribusi beban gempa struktur model 2	IV-43
Tabel 4. 23 Pengcekan faktor skala gaya awal model 2	IV-46
Tabel 4. 24 Faktor skala baru model 2	IV-47
Tabel 4. 25 Simpangan antar lantai arah X model 2	IV-48
Tabel 4. 26 Simpangan antar lantai arah Y model 2	IV-49
Tabel 4. 27 Pengaruh P-delta arah X model 2	IV-52
Tabel 4. 28 Pengaruh P-delta arah Y model 2	IV-52
Tabel 4. 29 Modal participation mass ratio model 3.....	IV-54
Tabel 4. 30 Berat struktur bangunan model 3	IV-58
Tabel 4. 31 Distribusi beban gempa struktur model 1	IV-59
Tabel 4. 32 Pengecekan faktor skala gaya awal model 3.....	IV-62
Tabel 4. 33 Faktor skala baru model 3	IV-63
Tabel 4. 34 Simpangan antar lantai arah X model 3	IV-64
Tabel 4. 35 Simpangan antar lantai arah Y model 3	IV-65
Tabel 4. 36 Pengaruh P-delta arah X model 3	IV-68
Tabel 4. 37 Pengaruh P-delta arah Y model 3	IV-68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Voute pada balok	II-2
Gambar 2. 2 Struktur balok	II-2
Gambar 2. 3 Balok sebelum dan dalam konfigurasi terdeformasi	II-3
Gambar 2. 4 Jenis-jenis balok non-prismatik	II-6
Gambar 2. 5 Pembagian Wilayah Gempa Indonesia berdasarkan SNI 1726:2012..	II-12
Gambar 2. 6 Spektrum respons desain	II-13
Gambar 2. 7 Distribusi beban gempa	II-15
Gambar 2. 8 Konstruksi bangunan dengan Capacity Design	II-19
Gambar 2. 9 Desain SRPMK	II-21
Gambar 2. 10 Kriteria kinerja berbasis PBD.....	II-23
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	III-2
Gambar 3. 2 Layout tampak atas	III-4
Gambar 3. 3 Layout tampak depan	III-4
Gambar 3. 4 Layout tampak samping	III-5
Gambar 3. 5 Tampak 3D	III-5
Gambar 3. 6 Model desain voute	III-6
Gambar 4. 1 Perencanaan awal balok	IV-2
Gambar 4. 2 Perencanaan awal pelat lantai.....	IV-4
Gambar 4. 3 Perencanaan awal kolom	IV-8
Gambar 4. 4 Respons spektra tanah sedang daerah Jakarta	IV-11
Gambar 4. 5 Gridline pada ETABS 2013	IV-12
Gambar 4. 6 Input static load case	IV-13

Gambar 4. 7 Input voute tumpuan bagian kiri	IV-15
Gambar 4. 8 Input voute tumpuan bagian kanan	IV-15
Gambar 4. 9 Lendutan yang terjadi akibat beban tetap struktur model 1	IV-18
Gambar 4. 10 Lendutan yang terjadi akibat beban tetap struktur model 2	IV-19
Gambar 4. 11 Lendutan yang terjadi akibat beban tetap struktur model 3	IV-20
Gambar 4. 12 Struktur model 1 (tanpa voute).....	IV-21
Gambar 4. 13 Input faktor reduksi beban hidup untuk gempa model 1	IV-25
Gambar 4. 14 Input faktor skala arah X model 1	IV-29
Gambar 4. 15 Input faktor skala arah Y model 1	IV-29
Gambar 4. 16 Input faktor skala baru arah X model 1	IV-30
Gambar 4. 17 Input faktor skala baru arah Y model 1	IV-31
Gambar 4. 18 Grafik simpangan antar lantai model 1	IV-33
Gambar 4. 19 Titik tinjauan bangunan.....	IV-34
Gambar 4. 20 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah X model 1	IV-35
Gambar 4. 21 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah Y model 1	IV-35
Gambar 4. 22 Grafik pengaruh P-delta model 1	IV-37
Gambar 4. 23 Struktur model 2 (variasi voute 1).....	IV-37
Gambar 4. 24 Input faktor reduksi beban hidup untuk gempa model 2.....	IV-41
Gambar 4. 25 Input faktor skala arah X model 2	IV-45
Gambar 4. 26 Input faktor skala arah Y model 2	IV-45
Gambar 4. 27 Input faktor skala baru arah X model 2	IV-46
Gambar 4. 28 Input faktor skala baru arah X model 2	IV-47
Gambar 4. 29 Grafik simpangan antar lantai model 2	IV-49
Gambar 4. 30 Titik tinjauan bangunan.....	IV-50
Gambar 4. 31 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah X model 2	IV-51

Gambar 4. 32 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah Y model 2	IV-51
Gambar 4. 33 Grafik pengaruh P-delta model 2	IV-53
Gambar 4. 34 Struktur model 3 (variasi voute 2).....	IV-53
Gambar 4. 35 Input faktor reduksi beban hidup untuk gempa model 3	IV-57
Gambar 4. 36 Input faktor skala arah X model 3	IV-61
Gambar 4. 37 Input faktor skala arah Y model 3	IV-61
Gambar 4. 38 Input faktor skala baru arah X model 3	IV-62
Gambar 4. 39 Input faktor skala baru arah Y model 3	IV-63
Gambar 4. 40 Grafik simpangan antar lantai model 3	IV-65
Gambar 4. 41 Titik tinjauan bangunan.....	IV-66
Gambar 4. 42 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah X model 3	IV-67
Gambar 4. 43 Rekapitulasi ketidakberaturan horizontal arah Y model 3	IV-67
Gambar 4. 44 Grafik pengaruh P-delta model 3	IV-69
Gambar 4. 45 Persentase perbandingan lendutan yang terjadi pada balok	IV-69
Gambar 4. 46 Persentase perbandingan berat struktur	IV-70
Gambar 4. 47 Persentase perbandingan perpindahan total	IV-71
Gambar 4. 47 Perbandingan simpangan antar lantai.....	IV-72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran – 1. Periode fundamental arah X dan Y model 1 Lampiran-1

Lampiran – 2. Periode fundamental arah X dan Y model 2 Lampiran-3

Lampiran – 3. Periode fundamental arah X dan Y model 3 Lampiran-5