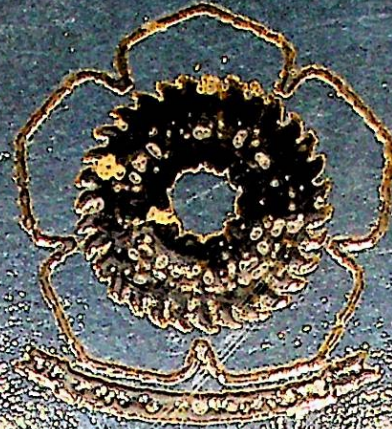


**ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA
MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA**

(Studi Kasus: Jembatan Layang-Layang Pematang Siantan-Siantan)



LOKUSAN TUGAS AKHIR

*Dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan pada
mata kuliah perancangan struktur sipil
pada jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas ITS*

Dibuat Oleh :

MYNIRS NIRA ADEFFALDIA

0001001006

Dosen Pembimbing :

Ir. H. Jansen Fidi Arim, M. Sc.

FAKULTAS TEKNIK

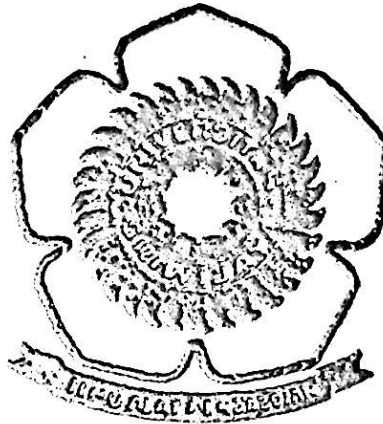
JURUSAN TEKNIK SIPIL

INSTRUMENTASI SURVEYING

Kec : 23479
Reg : 24030

ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA

(studi kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)



LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Disusun Oleh :

NYIMAS SITI ARIEFFALINDA

03081001006

Dosen Pembimbing :

Ir.H. Imron Fitri Astira, MS.

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2012

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : NYIMAS SITI ARIEFFALINDA
NIM : 03081001006
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA
MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi
kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)

Palembang, Januari 2013

Ketua Jurusan,



Ir. H. Yakni Idris, M.Sc., M.SCE
NIP. 195812111987031002

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

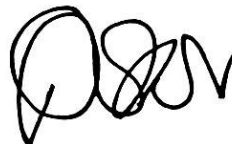
TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : NYIMAS SITI ARIEFFALINDA
NIM : 03081001006
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA
MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi
kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)

Palembang, Januari 2013

Mengetahui,

Dosen Pembimbing,



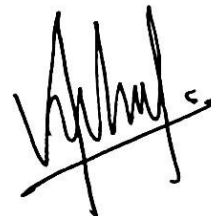
Ir. H. IMRON FIKRI ASTIRA, MS
NIP. 19540224 198503 1 001

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : NYIMAS SITI ARIEFFALINDA
NIM : 03081001006
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA
MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi
kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)

Palembang, Januari 2013



NYIMAS SITI ARIEFFALINDA

NIM. 03081001006

SURAT KETERANGAN SELESAI REVISI

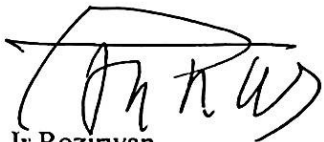
Yang bertanda tangan dibawah ini Dosen Penguji Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa berikut :

Nama : NYIMAS SITI ARIEFFALINDA
NIM : 03081001006
Judul : ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CAR MANUAL
DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi kasus Jembatan Lingkar
Pamanukan Subang-Bandung
Sidang : 22 DESEMBER 2012

Adalah benar telah menyelesaikan Tugas Akhir dan telah menyelesaikan revisi Tugas Akhir. Demikian surat keterangan dibuat sebenarnya dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Januari 2013

Dosen Penguji I



Ir. Rozirwan

NIP.19531212 198503 1 000

Dosen Penguji II



Dr. Ir. Hanafiah, MS

NIP. 19560314 198503 1 020

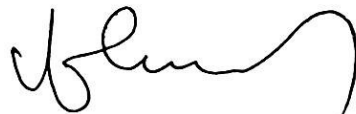
Dosen Penguji III



Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.

NIP. 19560424 199003 1 001

Dosen Penguji IV



Ir. H. Yakni Idris, M.Sc., MSCE

NIP. 19581211 198703 1002

Dosen Pembimbing,



Ir. H. Imron Fikri Astira, MS.

NIP. 19540224 198503 1 001

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**LEMBAR ASISTENSI SIDANG SARJANA
LAPORAN TUGAS AKHIR**

NAMA : NYIMAS SITI ARIEFFALINDA
 NIM : 03081001006
 JURUSAN : TEKNIK SIPIL
 JUDUL : ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)
 DOSEN PEMBIMBING : IR. H. IMRON FIKRI ASTIRA, MS.
 TANGGAL SIDANG : 22 DESEMBER 2012

No.	Tanggapan/Saran	Tanda Tangan dan Nama Dosen Pemb./Narasumber	
		Asistensi	Asistensi Revisi
1.	<i>di pnt ke pwh pwh</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
2.	<i>ditinjak X-y ke koordinat</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3.	<i>- format - 3 ketas ?</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
4.		<i>OK.</i>	<i>[Signature] 5/1/2013</i>
5.			
Kesimpulan : <i>Jilid & Besbanyak M 5/1/2013</i>		Ketua Jurusan, <i>[Signature]</i> Ir.H. Yakni Idris, M.Sc.,MSCE NIP. 19581211 198703 1 002	

ABSTRAK

Abutment merupakan tumpuan dari gelagar jembatan pada bagian ujung beton atau muatan yang diberikan pada abutment dari bagian atas. Beban jembatan dilimpahkan ke pondasi di bawahnya yang kemudian diteruskan ke tanah.

Penyusunan Tugas Akhir, merupakan pencarian nilai tegangan dengan metode elemen hingga yakni program PECST (*Plane Elasticity Constant Strain Triangle*) seta dibandingkan dengan nilai yang diperoleh secara eksak. Setiap titik *joints* dan *element* disusun secara analitis dengan bantuan Microsoft Excel 2007 kemudian dipindahkan ke dalam bentuk *Notepad*.

Dalam Tugas Akhir ini, disajikan teori-teori dasar tentang *abutment* dan Metode Elemen Hingga. Pada akhir Tugas Akhir ini akan terlihat bagaimana perbandingan beban yang ditumpu berdasarkan nilai tegangan yang dihitung secara manual dan berdasarkan program PECST

Kata Kunci : *abutment*, metode elemen hingga, *Plane Elasticity Constant Strain Triangle*

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“ANALISIS STRUKTUR ABUTMENT DENGAN CARA MANUAL DAN METODE ELEMEN HINGGA (studi kasus Jembatan Lingkar Pamanukan Subang-Bandung)”**.

Tugas akhir ini ditulis dan disusun sedemikian rupa sebagai syarat dalam ujian sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang. Penulis menyadari bahwa isi dari tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan penulis. Sehingga untuk penyempurnaannya maka penulis menerima saran dan kritik dari bapak dan ibu dosen serta rekan- rekan mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan. Bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak tugas akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan dengan baik. Sehingga dengan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. DR. Hj. Badia Perizade, MBA., selaku Rektor Universitas Sriwijaya Palembang.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Taufik Toha, DEA., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang.
3. Bapak Ir. H. Yakni Idris, M.Sc. MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang.
4. Bapak Budhi Setiawan, ST.,MT.,PhD., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang.
5. Bapak Ir. H. Imron Fikri Astira, MS. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini
6. Ibu Yulia Hastuti, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen pengajar saya selama saya menempuh studi.
7. Bapak/Ibu dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang.
8. Seluruh pegawai administrasi yang telah memberikan bantuan dalam kemudahan penyelesaian administrasi.

9. Kedua orangtuaku terkasih H.K.A. Sulaiman Fauzi dan Dra. Hj. Nyimas Siti Rosdiana yang telah mengasihi saya dengan segenap hati, yang telah membentuk saya dengan nasehat dan kasihnya, yang telah memberikan segala sesuatu yang ada pada dirinya demi anak-anaknya tercinta. Serta adik-adikku dan kakakku yang sangat kukasihi dan kubanggakan, Santi, Siska, Rani dan Kak Kemas Hamzah Zein yang telah menjadi pendorong semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini kupersembahkan untuk keluargaku yang sangat aku banggakan.
10. Civitas akademika Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang.
11. Semua pihak yang telah membantu selama penyusun mengerjakan Tugas Akhir ini.

Dengan kesadaran dalam keterbatasan dari ketidaksempurnaan bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan baik dalam penulisan atau penyusunannya, maka dengan hati yang tulus mengucapkan maaf. Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini berguna bagi semua pihak yang memerlukan.

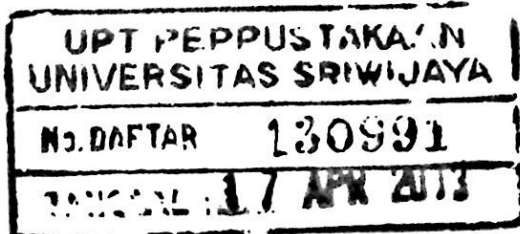
Palembang, Desember 2012

Nyimas Siti Arieffalinda

MOTTO

**“HARI INI HARUS LEBIH BAIK DARI
HARI KEMARIN DAN HARI ESOK
ADALAH HARAPAN”**

NYIMAS SITI ARIEFFALINDA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PENGESAHAN	II
SURAT KETERANGAN SELESAI REVISI	III
ABSTRAK	IV
KATA PENGANTAR	V
MOTTO	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR NOTASI	XII

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang	1
1.2.Perumusan masalah	1
1.3.Maksud dan tujuan	2
1.4.Ruang lingkup penulisan	2
1.5.Sistematika penulisan	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi	4
2.1.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal	5
2.1.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	7
2.2 Abutment	8
2.2.1 Pengertian Abutment	8
2.2.2 Kriteria Perencanaan Abutment	8
2.2.3 Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi	11
2.2.4 Perhitungan stabilitas abutment	11
2.2.5 Perhitungan tegangan yang bekerja pada abutment	12
2.3 Metode Elemen Hingga	13
2.3.1 Definisi-definisi	13
2.3.1.1 Isoparametrik dan subparametrik	13
2.3.1.2 Sistem koordinat Cartesian	13

2.3.1.3 Titik buhul dan titik simpul	14
2.3.1.4 Derajat Kebebasan	14
2.3.2 Sistem Koordinat	14
2.3.3 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga	15
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Garis Besar Pelaksanaan Penelitian	17
3.2 Program PECST	19
3.2.1 Penyusunan Data Input	19
3.2.2 Data Output	21
BAB IV ANALISIS PEMBAHASAN DAN PERHITUNGAN	
4.1 Kondisi Umum <i>Abutment</i> Jembatan	22
4.2 Analisis Perhitungan Manual	22
4.2.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Sondir	23
4.2.1.1 Daya dukung ijin tiang tunggal untuk setiap titik sondir	23
4.2.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Kelompok Tiang	25
4.2.3 Kriteria Perencanaan Abutment	25
4.3 Analisis Perhitungan Menggunakan Program PESCT	42
4.3.1 Data Input Program	42
4.3.2 Output Program	45
4.3.2.1 Analisa Hasil Output Program PECST	45
4.4 Pembahasan Hasil Perhitungan	51
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	XIV
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hitungan titik berat badan abutment	31
Tabel 4.2 Hitungan titik berat tanah di belakang abutment	32
Tabel 4.3 Hitungan titik berat tanah di depan abutment	32
Tabel 4.4 Gaya-gaya eksternal pada saat normal	36
Tabel 4.5 Gaya-gaya eksternal pada saat beban bangunan atas belum bekerja	38
Tabel 4.6 Gaya-gaya eksternal pada saat keadaan gempa	40
Tabel 4.7 Distribusi pembebanan pada Abutment jembatan	44
Tabel 4.8 Tegangan Maksimum Arah-x Abutment	45
Tabel 4.9 Tegangan Maksimum Arah-y Abutment	46
Tabel 4.10 Tegangan Maksimum Arah-z Abutment	47
Tabel 4.11 Tegangan Geser Maksimum Abutment	47
Tabel 4.12 Analisa Tegangan Tekan Maksimum Struktur Abutment	50
Tabel 4.13 Analisa Tegangan Tarik Maksimum Struktur Abutment	50
Tabel 4.14 Analisa Tegangan Geser Maksimum Struktur Abutment	51
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan analisa stabilitas abutment	51
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan analisa tegangan tekan, tarik, dan geser maksimum struktur Abutment	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Skema alat Bikinis	6
Gambar II.2 Kelompok tiang pancang	7
Gambar II.3 Gaya yang bekerja pada abutment	9
Gambar III.1 Bagan Alir Penelitian	18
Gambar III.2 Struktur Abutment Jembatan	19
Gambar III.3 Pembagian element pada struktur abutment	20
Gambar III.4 Contoh Data Input (dalam Notepad)	20
Gambar III.5 Program PESCT.EXE	21
Gambar IV.1 Gaya yang bekerja pada abutment	22
Gambar IV.2 Tinjauan Dimensi Abutment	31
Gambar IV.3 Gaya-gaya yang bekerja pada abutment	33
Gambar IV.4 Keadaan Lapisan Tanah Pondasi	35

DAFTAR NOTASI

AS	= Luas baja tulangan (mm)
b	= Lebar (cm)
C	= Kohesi tanah (t/m^2)
D	= Diameter (cm)
DL	= Beban mati (N/mm^2)
d	= Tinggi Efektif
E	= Gaya gempa (N)
f_c	= Mutu beton (Mpa)
f_y	= Mutu baja (Mpa)
Gg	= Gaya gesek
k	= Koefisien kejut
Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif
Kp	= Koefisien tekanan tanah pasif
L	= Panjang/bentang yang ditinjau
LL	= Beban hidup (N/mm^2)
M	= Momen
P	= Beban garis (t)
Pa	= Tekanan tanah aktif (t)
Pp	= Tekanan tanah pasif (t)
q	= Beban merata
Qdl	= Beban mati merata (t/m)
Qll	= Beban hidup merata (t/m)
Rv	= Gaya vertikal beban hidup (t)
Rrt	= Gaya akibat rem dan traksi (t)
SF	= Faktor Keamanan
Tb	= Gaya tumbuk
Wc	= Berat tubuh abutment
Wt	= Berat tanah abutment
σ'_{bk}	= Tegangan dasar (kg/cm^2)
σ'_b	= Tegangan desak beton (kg/cm^2)

- σ'_{bc} = Tegangan baja cor (kg/cm^2)
 σ_x = Tegangan normal sumbu x (kg/cm^2)
 σ_y = Tegangan normal sumbu y (kg/cm^2)
 σ_z = Tegangan normal sumbu z (kg/cm^2)
 σ_{xy} = Tegangan geser sumbu xy (kg/cm^2)
 σ'_{bk} = Tegangan dasar (kg/cm^2)
 ρ = Nilai banding luas tulangan tarik terhadap luas penampang beton
 π = Koefisien 3.14
 θ = Sudut geser tanah ($^\circ$)
 β_1 = Faktor penyesuaian tinggi balok tegangan desak beton terhadap jarak garis netral terhadap serat sepi desak beton

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang sedang giat melaksanakan pembangunan di segala bidang. Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi, mempunyai peranan yang penting di dalam kelancaran transportasi untuk pemenuhan hidup. Sehingga jalan yang lancar, aman, dan nyaman telah menjadi kebutuhan hidup utama. Tetapi seperti yang kita ketahui, terkadang perjalanan kita terganggu oleh sungai, selat, danau maupun jalan lalu lintas biasa sehingga perlu adanya suatu penghubung agar kita dapat melintasinya dalam hal ini adalah jembatan.

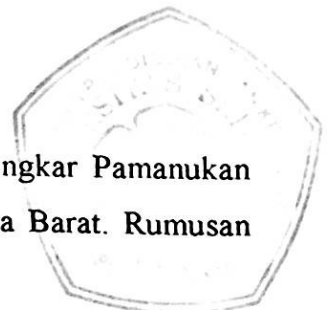
Jembatan sebagai salah satu prasarana transportasi strategis bagi pergerakan lalu lintas. Jembatan adalah istilah umum untuk suatu konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai, danau, rawa, maupun rintangan lainnya. Jika jembatan berada diatas jalan lalu lintas biasa maka dinamakan Viaduct. Seiring dengan makin berkembangnya teknologi angkutan jalan raya maka konstruksi jembatan harus direncanakan sesuai dengan tuntutan transportasi baik dari segi kecepatan, kenyamanan, maupun keamanan.

Suatu jembatan dapat dikatakan aman apabila abutmentnya telah diperhitungkan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran dasar pondasi, bahaya penggulingan dasar pondasi dan bahaya terhadap daya dukung pondasi. Pada abutment, perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan, karena stabilitas abutment sangat mempengaruhi usia desain abutment itu sendiri, keamanan jembatan, serta kondisi tanah disekitar bangunan tersebut.

Untuk kepentingan analisis abutment jembatan ini digunakan program *Plane Elasticity Constant Strain Triangle (PECST)*, program ini terpilih karena mempunyai akurasi yang tinggi.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini menganalisis struktur jembatan Lingkar Pamanukan yang terletak di kecamatan Pamanukan, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Rumusan masalah tugas akhir ini adalah :



1. Apakah *abutment* jembatan stabil terhadap gaya pergeseran dan penggulingan.
2. Apakah *abutment* jembatan stabil terhadap daya dukung tanah.
3. Apakah *abutment* jembatan dengan konstruksi beton bertulang bisa dianalisis dengan metode elemen hingga menggunakan program PECST *plane-strain* untuk perhitungannya.
4. Apakah *abutment* jembatan tersebut aman terhadap gaya-gaya luar yang bekerja pada konstruksinya.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk meninjau atau menguji kembali hasil perencanaan struktur bangunan bawah (*abutment*) jembatan lingkaran Pamanukan dari beton bertulang yang meliputi perbandingan perhitungan manual dan perhitungan dengan metode elemen hingga yang menggunakan program PECST *Plane-strain*.

Tujuan penulisan laporan :

1. Menghitung stabilitas geser dan guling pada *abutment*.
2. Menghitung stabilitas terhadap daya dukung tanah.
3. Menghitung tegangan pada *abutment* yang dindingnya terbuat dari beton bertulang.
4. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada *abutment* dengan metode elemen hingga.

1.4. Ruang Lingkup Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini diharapkan dapat menambah pengetahuan penulis secara umum berkaitan dengan kontrol gaya-gaya eksternal pada *abutment* jembatan.

1.5. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini dibagi menjadi 5 bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

- Bab I. PENDAHULUAN
- a. Latar belakang

Berisi tentang alasan pemilihan topik/judul, uraian permasalahan dan kondisi yang berkaitan dengan topik yang ditulis.

b. Perumusan Masalah

Berisi tentang uraian permasalahan dari latar belakang.

c. Maksud dan Tujuan

Menggambarkan dengan jelas hasil dari perbandingan perhitungan kontrol gaya-gaya eksternal yang dihitung secara manual dan menggunakan program PECST.

d. Ruang lingkup penulisan

Menjelaskan perbandingan perhitungan kontrol gaya-gaya eksternal yang dihitung secara manual dan menggunakan program PESCT.

e. Sistematika Penulisan.

Bab II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan tinjauan pustaka mengenai pondasi, abutment, stabilitas gaya yang bekerja pada abutment, dan metode elemen hingga PECST.

Bab III. METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan menguraikan informasi tentang penjelasan metode atau cara-cara yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Bab IV. ANALISIS PEMBAHASAN DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisikan hasil perhitungan stabilitas abutment, gaya yang bekerja pada abutment secara manual, tinjauan penulangan bangunan bawah jembatan dan mencari nilai tegangan dengan menggunakan metode elemen hingga PECST

Bab V. PENUTUP

Pada bab ini, penulis akan menarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arieffalinda, Nyimas Siti. Tinjauan Pelaksanaan dan Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Metode Statis Pada Proyek Pembangunan Jembatan Lingkar Pamankuan Kecamatan Pamanukan Kabupaten Subang Bandung, Laporan Kerja Praktek. Inderalaya. 2012.
- Astira, Ir. H. Imron Fikri, MS. Progam Plane Elasticity Constant Strain Triangle. Bahan Kuliah Metode Elemen Hingga. Jurusan Teknik Sipil. Inderalaya. 2010.
- Canonica, Lucio., *Memahami Pondasi*, Angkasa, Bandung. 1991
- Dipohusodo, Istimwan. STRUKTUR BETON BERTULANG BERDASARKAN SK SNI T-15-1991-03 DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM RI. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1999
- Hardiyatmo, Hary Christady. Analisis dan Perancangan Fondasi. Bagian I. Cetakan ke-1. GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS. Yogyakarta. 2010.
- Sonief, Ir. A. As'ad, MT. Diktat Metode Elemen Hingga. Universitas Brawijaya. Malang. 2003.
- Sunggono, Ir. Mekanika Tanah. Nova. Bandung. 1998.
- Weaver, Willian Jr dan Paul R. Johnston. ELEMEN HINGGA untuk ANALISIS STRUKTUR. Cetakan Pertama. PT. ERESKO. Bandung. 1989.