

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSYARATAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
LEMBAR KONSULTASI.....	vi
LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS .....	vii
INTI SARI .....	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xx
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Beton .....	5
2.1.2 Jembatan.....	8
2.1.3 MIDAS Civil .....	15
2.1.4 Building Information Modeling (BIM) .....	16
2.2 Landasan Teori .....	18

2.2.1 Standar Pembebanan Jembatan Berdasarkan SNI 1725-2016.....	18
2.2.2 Standar Pembebanan Jembatan Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-2833-2016 .....	24
2.2.3 Perencanaan Jembatan Menurut RSNI T12-2004.....	30
2.2.4 Perencanaan Beton Precast dan Prategang Menurut <i>PCI 8<sup>th</sup> Edition</i> ....	63
2.2.6 Analisa Konstanta Pegas Tanah .....	65
BAB III .....	66
3.1 Metode Pengumpulan Data.....	66
3.2 Langkah-Langkah Penelitian .....	66
BAB IV .....	70
4.1 Analisa Perilaku Struktur Jembatan <i>Slab On Pile</i> Dengan Metode <i>Precast Prestressed</i> .....	70
4.1.1 Analisa Struktur Menggunakan MIDAS Civil.....	73
4.1.2 Perhitungan Struktur <i>Slab On Pile</i> Dengan Metode <i>Precast-Prestressed</i> .....	92
4.2 Pemodelan 3D dan <i>Take Off Quantity</i> Menggunakan <i>Tekla Sturcture</i> .....	111
4.2.1 Pemodelan 3D Dengan <i>Tekla Structure</i> .....	111
4.2.2 <i>Take Off Quantity</i> Material .....	115
4.3 Evaluasi Efektivitas Metode Konvensional Dengan Metode <i>Precast-Prestressed</i> .....	118
4.3.1 Evaluasi Terhadap Mutu .....	118
4.3.2 Evaluasi Terhadap Waktu .....	119
4.3.3 Evaluasi Terhadap Biaya.....	121
BAB V .....	124
5.1 Kesimpulan .....	124
5.2 Saran .....	125
DAFTAR PUSTAKA .....	127
LAMPIRAN.....	130

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Variasi Bangunan Atas Beton Bertulang .....	10
Tabel 2. 2 Variasi Bangunan Atas Beton Bertulang .....	10
Tabel 2. 3 Variasi Bangunan Atas Beton Prategang.....	11
Tabel 2. 4 Variasi Bangunan Atas Beton Prategang.....	11
Tabel 2. 5 Klasifikasi dan Standar Tes Bending Slab Pracetak.....	12
Tabel 2. 6 Dimensi dan Momen Concrete Spun Pile.....	14
Tabel 2. 7 Berat Isi Untuk Beban Mati .....	19
Tabel 2. 8 Faktor Beban Untuk Berat Sendiri.....	19
Tabel 2. 9 Faktor Beban Mati Tambahan .....	19
Tabel 2. 10 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah .....	20
Tabel 2. 11 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana .....	20
Tabel 2. 12 Faktor Beban Untuk Beban Lajur "D" .....	21
Tabel 2. 13 Faktor Beban "T" .....	22
Tabel 2. 14 Sifat bahan rata-rata akibat perubahan.....	23
Tabel 2. 15 Kombinasi Beban.....	24
Tabel 2. 16 Kelas Situs .....	25
Tabel 2. 17 Faktor Amplifikasi Untuk PGA dan 0,2 detik (FPGA/Fa) .....	26
Tabel 2. 18 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik (Fv) .....	26
Tabel 2. 19 Zona Gempa.....	27
Tabel 2. 20 Nilai Respon Spektra Wilayah Semarang.....	28
Tabel 2. 21 Kelas Situs Wilayah Semarang.....	28
Tabel 2. 22 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Bangunan Bawah .....	29
Tabel 2. 23 Faktor Modifikasi Respons (R) Untuk Hubungan Antar Elemen Struktur .....	29
Tabel 2. 24 Koefisien Standar Rangka Beton.....	33
Tabel 2. 25 Faktor Reduksi Kekuatan.....	36
Tabel 2. 26 Selimut Beton .....	37
Tabel 2. 27 Selimut Beton .....	37

Tabel 2. 28 Selimut Beton Untuk Komponen Yang Di Buat Dengan Cara Di Putar .....	38
Tabel 2. 29 Selimut Beton Tulangan Beton Prategang .....	38
Tabel 2. 30 Momen Inersia Penampang .....	50
Tabel 2. 31 Faktor Ketergantungan Waktu Untuk Beban Jangka Panjang.....	60
Tabel 2. 32 Koefisien $\alpha$ .....	61
Tabel 2. 33 Klasifikasi Berdasarkan Kinerja Seismik .....	62
Tabel 2. 34 Kategori Perilaku Seismik .....	63
Tabel 4. 1 Skema Kuat Tekan Beton .....	78
Tabel 4. 2 Durasi Tahapan Pelaksanaan Konstruksi.....	84
Tabel 4. 3 Volume <i>Slab On Pile</i> dari <i>Tekla Structure</i> .....	116
Tabel 4. 4 <i>Bar Bending Schedule</i> Manual Slab Eksterior.....	117
Tabel 4. 5 <i>Bar Bending Schedule</i> Manual Slab Interior .....	117
Tabel 4. 6 Resume Volume <i>Slab On Pile</i> .....	117
Tabel 4. 7 Evaluasi Terhadap Mutu .....	119
Tabel 4. 8 Jadwal Pekerjaan Slab dengan Metode Konvensional .....	119
Tabel 4. 9 Jadwal Pekerjaan Slab dengan Metode <i>Precast-Prestressed</i> .....	121

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Balok Beton Bertulang.....	5
Gambar 2. 2 Baja Tulangan .....	6
Gambar 2. 3 Perbedaan Konsep Beton Bertulang Dengan Beton Prategang Pada Simple Beam.....	7
Gambar 2. 4 PC Wire.....	7
Gambar 2. 5 PC Strand .....	7
Gambar 2. 6 PC Bar .....	8
Gambar 2. 7 Potongan Struktur Jembatan Slab on Pile .....	9
Gambar 2. 8 Struktur Jembatan Slab on Pile .....	9
Gambar 2. 9 Contoh Bentuk dan Dimensi Slab Pracetak .....	12
Gambar 2. 10 Pile Head .....	13
Gambar 2. 11 Tiang Pancang Pada Jembatan Slab on Pile.....	14
Gambar 2. 12 Logo Software MIDAS Civil.....	15
Gambar 2. 13 Kegunaan MIDAS Civil.....	16
Gambar 2. 14 Level of Detail dari BIM.....	17
Gambar 2. 15 Logo Software Tekla Structure .....	18
Gambar 2. 16 Beban Lajur “D” .....	21
Gambar 2. 17 Alternatif Penempatan Beban "D" Dalam Arah Memanjang .....	22
Gambar 2. 18 Pembebanan Truk “T” (500kN).....	23
Gambar 2. 19 Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (PGA) Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun.....	24
Gambar 2. 20 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun.....	25
Gambar 2. 21 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam Waktu 75 Tahun .....	25
Gambar 2. 22 Bentuk Tipikal Respon Spektra Di Permukaan Tanah .....	27
Gambar 2. 23 Respon Spektrum Desain Wilayah Semarang .....	28
Gambar 2. 24 Grafik Penentuan Faktor Susut .....	31
Gambar 2. 25 Penentuan Faktor Rangkak .....	32

Gambar 2. 26 Regangan dan Tegangan pada Penampang Beton Bertulang.....	38
Gambar 2. 27 Pembengkokan Tulangan Geser.....	43
Gambar 2. 28 Faktor Panjang Efektif .....	53
Gambar 4. 1 Model Potongan Jembatan Slab On Pile Cor Insitu.....	70
Gambar 4. 2 Model Potongan A-A Jembatan Slab On Pile Precast .....	71
Gambar 4. 3 Model Potongan B-B Jembatan Slab On Pile .....	71
Gambar 4. 4 Tampilan Jendela MIDAS Civil .....	73
Gambar 4. 5 Pengaturan Unit System.....	74
Gambar 4. 6 Input Properties Material Beton Precast .....	75
Gambar 4. 7 Input Properties Material Beton .....	76
Gambar 4. 8 Input Properties Material PC Strand .....	76
Gambar 4. 9 Input Properties Creep/Srinkage .....	77
Gambar 4. 10 Input <i>Properties</i> Kuat Tekan Beton .....	78
Gambar 4. 11 Input Material Link .....	79
Gambar 4. 12 Input <i>Section Slab Precast</i> .....	79
Gambar 4. 13 Input Section Pile Head.....	80
Gambar 4. 14 Input Section Pondasi.....	80
Gambar 4. 15 Hasil Pembuatan Nodes .....	81
Gambar 4. 16 Hasil Pembuatan Elements.....	81
Gambar 4. 17 Structure Grouping.....	82
Gambar 4. 18 Hasil Pemodelan Tumpuan .....	82
Gambar 4. 19 Hasil Pemodelan Spring.....	83
Gambar 4. 20 Hasil Pemodelan Struktur Menggunakan Software MIDAS Civil .	83
Gambar 4. 21 Input Jenis Beban Statis .....	85
Gambar 4. 22 Input Load Properties .....	85
Gambar 4. 23 Pemodelan Beban Mati .....	86
Gambar 4. 24 Pemodelan Beban Mati Tambahan .....	86
Gambar 4. 25 Input Beban Rem .....	87
Gambar 4. 26 Input Beban Temperatur .....	87
Gambar 4. 27 Hasil input beban angin.....	88

Gambar 4. 28 Beban “D” .....	88
Gambar 4. 29 Gambar Beban "T" .....	89
Gambar 4. 30 Input Beban Truk .....	89
Gambar 4. 31 Input respon spektra .....	90
Gambar 4. 32 Momen .....	91
Gambar 4. 33 Tegangan Geser.....	91
Gambar 4. 34 <i>Vibration Mode Shape</i> .....	91
Gambar 4. 35 Lendutan.....	92
Gambar 4. 36 <i>Import Model</i> Dari MIDAS Civil .....	112
Gambar 4. 37 Hasil <i>Import Model</i> Dari MIDAS Civil .....	112
Gambar 4. 38 <i>Setting Tools</i> .....	113
Gambar 4. 39 Pembuatan <i>Grid</i> .....	113
Gambar 4. 40 Pemodelan Tiang Pondasi .....	114
Gambar 4. 41 Pemodelan <i>Pier Head</i> .....	114
Gambar 4. 42 Pemodelan Slab .....	115
Gambar 4. 43 Model 3D Isometri .....	115
Gambar 4. 44 <i>Take Off Quantity</i> .....	116
Gambar 4. 45 <i>Take Off Quantity</i> Beton .....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil *Take Off Bill of Quantity* Volume Beton

Lampiran 2 Form *Bar Bending Schedule*

Lampiran 3 Daftar Harga Upah dan Bahan Wilayah Semarang

## DAFTAR NOTASI

- $q$  = intensitas beban terbagi merata BTR dalam arah memanjang jembatan ( $kPa$ )
- $L$  = panjang total jembatan yang dibebani ( $meter$ )
- $L$  = panjang komponen jembatan ( $mm$ )
- $\alpha$  = koefisien muai temperatur ( $mm/mm/^{\circ}C$ )
- $EQ$  = gaya gempa horizontal statis ( $kN$ )
- $C_{sm}$  = koefisien respon gempa elastis
- $R_d$  = faktor modifikasi respons
- $W_t$  = berat total struktur (beban mati dan beban hidup) ( $kN$ )
- PGA = percepatan puncak batuan dasar
- $S_s$  = parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode pendek
- $S_1$  = parameter respon spektra percepatan gempa
- $S_{DS}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ( $T=0,2$  detik)
- $S_{D1}$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik
- $T_0 = 0,2 T_s$
- $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- $SD1$  = nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik
- $F_v$  = nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik
- DL = beban mati yang bekerja
- LL = beban hidup yang bekerja
- $EQ_x$  = beban gempa pada arah x
- $EQ_y$  = beban gempa pada arah y
- $f'_c$  = kuat tekan pada umur 28 hari ( $MPa$ )
- $f_{ci}$  = kuat tekan beton pada umur saat dilakukan pembebanan sementara atau saat diberi gaya prategang ( $MPa$ )
- $w_c$  = berat jenis beton ( $kg/m^3$ )
- $f'_c$  = kuat tekan beton ( $MPa$ )
- $\epsilon_{cs,t}$  = nilai regangan susut pada umur t hari
- $\epsilon_{cs,u}$  = nilai susut maksimum beton

- $T$  = umur beton yang di rawat basah di lokasi pekerjaan (*hari*)
- $K_h^s$  = faktor pengaruh kelembaban relatif udara setempat,  $H$  (%)
- $K_d^s$  = faktor pengaruh ketebalan komponen beton,  $d$  (*cm*)
- $K_s^s$  = faktor pengaruh konsistensi (slump) adukan beton,  $s$  (*cm*)
- $K_f^s$  = faktor pengaruh kadar agregat halus dalam beton,  $F$  (%)
- $K_b^s$  = faktor pengaruh jumlah semen dalam beton,  $C$  ( $kg/m^3$ )
- $K_{ac}^s$  = faktor pengaruh kadar udara dalam beton,  $AC$  (%)
- $\beta l$  = faktor tegangan beton
- $f'_c$  = kuat tekan beton (*MPa*)
- $M_n$  = Momen nominal (*kNm*)
- $M_{cr}$  = Momen retak (*kNm*)
- $V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang
- $V_n$  = kuat geser nominal yang di hitung dari,
- $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- $V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser
- $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- $b_w$  = lebar penampang yang ditinjau
- $d$  = tinggi efektif
- $\rho_w$  = rasio tulangan
- $E_c$  = modulus elastisitas beton (*MPa*)
- $E_s$  = modulus elastisitas baja (*MPa*)
- $E_{ps}$  = modulus elastisitas baja prategang (*MPa*)
- $F_c$  = tegangan tekan beton saat layan (*MPa*)
- $F_t$  = tegangan tarik beton saat layan (*MPa*)
- $F_{ci}$  = tegangan tekan beton saat demoulding (*MPa*)
- $F_{ti}$  = tegangan tarik beton saat demoulding (*MPa*)
- $f_r$  = tegangan retak beton saat layan (*MPa*)
- $f_{ri}$  = tegangan retak beton saat demoulding (*MPa*)
- $f_{pu}$  = tegangan ultimate baja prategang (*MPa*)
- $f_{py}$  = tegangan leleh baja prategang (*MPa*)
- $f_p$  = tegangan ijin baja partegang (*MPa*)

$A_c$  = luas penampang beton ( $mm^2$ )

$\gamma_c$  = berat jenis beton ( $kg/m^3$ )

$\gamma_{asp}$  = berat jenis aspal ( $kg/m^3$ )

$t_{asp}$  = tebal aspal ( $mm$ )

$q$  = beban merata lalu lintas ( $kPa$ )

$KEL$  = beban garis ( $kN/m$ )

$P_b$  = beban gandar ( $kN$ )

$K_{es}$  = rasio modulus elastisitas baja prategang

$ES$  = kehilangan tegangan akibat perpendekan elastisitas ( $MPa$ )

$K_{sh}$  = Koefisien susut

$RH$  = Koefisien kelembapan relative

$V/S$  = rasio penampang

$\epsilon_{sh}$  = susut efektif

$SH$  = kehilangan tegangan akibat susut rangkai beton ( $MPa$ )

$K_{re}$  = koefisien relaksasi baja ( $psi$ )

$J$  = faktor waktu

$C$  = faktor kawat

$RE$  = kehilangan tegangan akibat relaksasi baja ( $MPa$ )

$K_{cr}$  = Koefisien rangkai

$CR$  = kehilangan tegangan akibat rangkai ( $MPa$ )

$\Delta_p$  = lendutan akibat prategang ( $mm$ )

$\Delta_d$  = lendutan akibat beban sendiri ( $mm$ )

$\Delta_{add}$  = lendutan akibat beban mati tambahan ( $mm$ )

$\Delta_{ll}$  = lendutan akibat beban hidup ( $mm$ )