

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

Analisa Perencanaan Gedung Parkir Indosat Semarang Dengan Struktur Beton
Prategang Berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan
Gedung (SNI 03-1728-2002)

*"Indosat Park Building Design Analysis with Prestress Concrete Structure
Based on The Indonesian Standard of Concrete Structure Calculating Methode
for Building (SNI 03-1728-2002)"*

Disusun oleh:

SUBKHAN	L2A 003 136
WISNU PUJO SEMBODO	L2A 003 151

Diperiksa dan Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
--------------------	---------------------

Ir. HIMAWAN INDARTO, MS

NIP. 131 596 953

Ir. R. ARWANTO, MT.

NIP. 132 046 699

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Diponegoro

Ir. BAMBANG PUDJIANTO, MT

NIP. 131 459 44

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir kami ini tanpa mengalami hambatan dan gangguan yang berarti.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata - 1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih secara khusus kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Pudjianto, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Ibu Ir. Sri sangkawati, MS, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Bapak Ir. Arif Hidayat, CES, MT selaku Kepala Bidang Akademis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
4. Bapak Ir. Himawan Indarto, MS, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. R. Arwanto, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Rudi Yuniarto Adi , MT, selaku Dosen Wali.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga amal baik mereka mendapat imbalan pahala sebesar-besarnya di sisi Allah SWT.

Tugas akhir ini merupakan salah satu representasi dari keilmuan dan pengetahuan yang telah kami peroleh selama kuliah di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semoga seiring dengan meningkatnya pengetahuan dan pengalaman kami, dimasa yang akan datang kami dapat menghasilkan sesuatu yang lebih baik dan lebih bermanfaat bagi masyarakat luas.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami berharap ketidaksempurnaan ini dapat menjadi motivasi yang mendorong pembaca untuk melakukan penyusunan yang lebih baik.

Ahkirnya kami berharap, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kami khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, Agustus 2007

Penyusun

2.4.1.2.2	Daya dukung Izin Pile Cap Group	16
2.4.1.2.3	Pmax yang Terjadi Pada Tiang	16
2.4.1.2.4	Kontrol Settlement	17
2.4.1.2.5	Penulangan Tiang Pancang	18
2.4.2	Perencanaan Struktur Atas	20
2.4.2.1	Asumsi Perencanaan	21
2.4.2.2	Kekuatan dan Kemampuan Layan	22
2.4.2.2.1	Kuat Perlu	22
2.4.2.2.2	Kuat Rencana	24
2.4.2.2.3	Kuat Geser	26
2.4.2.2.3.1	Kuat Geser yang Disumbangkan Beton Pada Komponen Struktur Prategang	27
2.4.2.2.3.2	Kuat Geser yang Disumbangkan Oleh Tulangan Geser	29
2.4.2.2.4	Perencanaan untuk Puntir	31
2.4.2.2.4.1	Kuat Lentur Puntir	32
2.4.2.2.4.2	Tulangan Puntir Minimum	33
2.4.2.3	Tegangan Izin	34
2.4.2.3.1	Tegangan Izin Beton untuk Komponen Struktur Lentur	34
2.4.2.3.2	Tegangan Izin Tendon Prategang	35
2.4.2.3.3	Kontrol Terhadap Lendutan	35
2.4.2.4	Kehilangan Prategang	37
2.4.2.4.1	Kehilangan Akibat Dudukan Angkur pada Saat Penyaluran Gaya	37
2.4.2.4.2	Kehilangan Akibat Perpendekan Beton	38
2.4.2.4.3	Kehilangan Akibat Rangkak Beton	39
2.4.2.4.4	Kehilangan Akibat Susut Beton	41
2.4.2.4.5	Kehilangan Akibat Relaksasi Tegangan pada Tendon	42

2.4.2.4.6	Kehilangan Akibat Friksi pada Tendon Pasca-Tarik	44
2.4.2.5	Kuat Lentur	46
2.4.2.6	Struktur Statis Tak Tentu	48
2.4.2.7	Pelat	49
2.4.2.7.1	Perencanaan Pelat	49
2.4.2.7.1.1	Cara Rangka Ekuivalen	50
2.4.2.7.1.2	Kekuatan Pelat	54
2.5	Kekuatan Struktur Terhadap Gempa	55
2.5.1	Ketentuan Umum Perencanaan	55
2.5.2	Analisa Perhitungan Beban Gempa	62
2.5.2.1	Metode Analisis Statik	62
2.5.2.2	Metode Analisis Dinamik	63
2.6	Perencanaan Ramp	69
2.7	Aplikasi Rekayasa Berbasis Komputer dengan SAP2000	69
2.7.1	Prinsip Dasar Pemodelan Struktur	70
2.7.2	Teknik Memahami Perilaku struktur	70
2.7.3	Penggunaan Komputer Rekayasa	71

BAB III METODOLOGI

3.1	Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	73
3.2	Persiapan	75
3.3	Metode Pengumpulan Data	75
3.3.1	Data Primer	76
3.3.2	Data Sekunder	76
3.4	Analisa Data	77
3.5	Identifikasi Masalah	78
3.6	Analisa dan Perhitungan	78
3.6.1	Perencanaan dan Perancangan Komponen Non Struktural (Atap)	78
3.6.2	Perencanaan dan Perancangan Komponen Struktural	79
3.6.3	Perencanaan dan Perancangan Struktur Bawah	80
3.6.4	Penyajian Laporan dan Format Penggambaran	80

BAB IV ANALISA KELAYAKAN

4.1	Tinjauan Umum	81
4.2	Analisa Terhadap Aspek Lingkungan dan Rencana Tata Ruang	81
4.2.1	Rencana Pembangunan Kawasan Simpang Lima untuk Beberapa Tahun Mendatang	81
4.2.2	Analisa Terhadap Tata Guna Lahan Yang Ada	83
4.2.3	Analisa Kemungkinan Letak Lokasi dan Kondisinya untuk Pembangunan Gedung Parkir	83
4.2.4	Mengevaluasi Dampak yang Ditimbulkan oleh Gedung Parkir Indosat Terhadap Aspek Lingkungan Sekitarnya	85
4.3	Analisa Terhadap Aspek Teknis	86
4.3.1	Mengevaluasi Data lalu Lintas Harian Rata-rata tentang Berapa Besar Pengaruhnya Terhadap Volume Pengguna Parkir	86
4.3.2	Mencari Kemungkinan Ada Tidaknya Luas Lahan yang Memenuhi Syarat untuk Kapasitas Parkir Sampai Umur Rencana Proyek	87
4.3.3	Mencari Kemungkinan Pemilihan Jenis Konstruksi dan Teknologi	88
4.4	Analisa Terhadap Aspek Topografi	89
4.5	Analisa Terhadap Aspek Ekonomi	89
4.6	Analisa Terhadap Aspek Sosial Budaya	90

BAB V PERENCANAAN KONSTRUKSI

5.1	Tinjauan Umum Perencanaan	92
5.2	Perencanaan Arsitektur	92
5.3	Analisa Struktur 3 Dimensi dengan SAP2000	93
5.3.1	Sistem Satuan	93
5.3.2	Pemodelan Struktur	93
5.3.3	Pemilihan Karakteristik Material	95
5.3.4	Mendefinisikan Dimensi Elemen	96

5.3.5	Pembebanan Struktur Gedung Parkir	99
5.3.5.1	Beban Mati	99
5.3.5.1.1	Berat sendiri Struktur Utama	99
5.3.5.1.2	Berat <i>Guarding Wall</i>	99
5.3.5.2	Beban Hidup	100
5.3.5.3	Beban Gempa	100
5.3.5.3.1	Analisis Modal	100
5.3.5.3.2	Analisis Ragam Spektrum Respon	104
5.3.5.4	Kombinasi Pembebanan	111
5.3.6	Referensi Perhitungan	112
5.3.7	Hasil Perhitungan	113
5.4	Perencanaan Pelat	119
5.4.1	Penulangan Pelat Atap	122
5.4.1.1	Penulangan Arah X	122
5.4.1.2	Penulangan Arah Y	123
5.4.2	Penulangan Pelat Lantai Parkir	124
5.4.2.1	Penulangan Arah X	124
5.4.2.2	Penulangan Arah Y	125
5.5	Perhitungan Ramp dan Tangga	126
5.5.1	Pelat <i>Ramp</i>	126
5.5.2	Balok <i>Ramp</i>	136
5.5.2.1	Pembebanan Balok Ramp	136
5.5.2.2	Penulangan Balok Memanjang <i>Ramp</i>	141
5.5.3	Perhitungan Tangga	145
5.6	Perhitungan Balok	150
5.6.1	Beton Bertulang	150
5.6.1.1	Perhitungan Balok	150
5.6.1.2	Perhitungan Joint	163
5.6.2	Beton Prategang	170
5.6.2.1	Menentukan Tegangan Initial	170
5.6.2.2	Menentukan Lay-Out Tendon	175

5.6.2.3	Kehilangan Prategang	180
5.6.2.3.1	Kehilangan Prategang Akibat Perpendekan Elastis pada Beton	180
5.6.2.3.2	Kehilangan Prategang Akibat Susut (<i>Shrinkage</i>) Beton	181
5.6.2.3.3	Kehilangan Prategang Akibat (<i>Creep</i>) Beton	181
5.6.2.3.4	Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja	182
5.6.2.3.5	Kehilangan Prategang Akibat Friksi pada <i>Post-Tension</i>	183
5.6.2.3.6	Kehilangan Prategang Akibat Dudukan Angkur	185
5.6.2.3.7	Kehilangan Prategang Total	186
5.6.2.4	Kuat Lentur dan Analisa Geser Balok Prategang	192
5.6.2.4.1	Analisa Kuat Lentur	192
5.6.2.4.2	Analisa Geser	194
5.6.2.5	Perencanaan untuk Puntir (Torsi)	197
5.6.2.6	Perencanaan Daerah Pengangkuran (<i>End Block</i>)	199
5.6.2.6.1	Bantalan untuk Angkur	199
5.6.2.6.2	Penulangan Daerah Pengangkuran	201
5.7	Perhitungan Kolom	216
5.7.1	Perhitungan Penulangan Kolom Gedung Parkir	220
5.7.1.1	Perhitungan Penulangan Kolom Tipe 1	220
5.7.1.2	Perhitungan Penulangan Kolom Tipe 2	230
5.8	Perhitungan Pondasi	241
5.8.1	Penyelidikan Sondir	241
5.8.2	Perhitungan Kemampuan Tiang Pancang	242
5.8.3	Perhitungan Tiang Pancang Pada Kolom Tunggal	244
5.8.3.1	Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Tipe 1	244
5.8.3.2	Perhitungan Tiang Pancang pada Pondasi Tipe 2	254
5.8.4	Penurunan Pondasi (<i>Settlement</i>)	265

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan	273
6.2 Saran	275

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

2.1	Aturan penentuan lebar <i>clearway</i>	II - 2
2.2	Jumlah lajur lalu lintas	II - 26
2.3	Temperatur bulanan (°C)	II - 29
2.4	Nilai modulus Young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ)	II - 30
2.5	Magnitude dan kelas kekuatan gempa	II - 33
2.6	Kombinasi pembebanan	II - 38
4.1	Perbandingan alternatif lokasi jembatan	IV - 4
4.2	Analisis kuantifikasi alternatif lokasi jembatan	IV - 5
5.1	Perbandingan elemen-elemen alternatif sistem struktur dalam menahan beban	V - 5
5.2	Analisis kuantitatif kestabilan sistem struktur	V - 6
5.3	Perbandingan kelayakan struktural alternatif sistem struktur	V - 7
5.4	Analisis kuantitatif kelayakan struktural	V - 7
5.5	Perbandingan aspek pemeliharaan alternatif sistem struktur	V - 8
5.6	Perbandingan sistem struktur dalam aspek pelaksanaan	V - 19
5.7	Analisis kuantitatif aspek pelaksanaan	V - 20
5.8	Perbandingan alternatif sistem struktur	V - 24
5.9	Analisis kuantitatif alternatif sistem struktur jembatan	V - 24
5.10	Perbandingan sistem <i>cable-stayed</i>	V - 27
5.11	Analisis kuantitatif alternatif sistem <i>cable-stayed</i>	V - 27
5.12	Perbandingan alternatif tipe <i>girder</i>	V - 30
5.13	Perbandingan kuantitatif alternatif tipe <i>girder</i>	V - 30
5.14	Perbandingan alternatif sistem <i>pylon</i>	V - 33
5.15	Analisis kuantitatif alternatif sistem <i>pylon</i>	V - 34
5.16	Perbandingan alternatif sistem pondasi	V - 36
5.17	Analisis kuantitatif alternatif sistem pondasi	V - 37
6.1	Penentuan titik tangkap beban gempa transversal	VI - 18
6.2	Luas tampang kabel <i>site span</i>	VI - 20
6.3	Luas tampang kabel <i>mid span</i>	VI - 21
6.4	Tulangan lapangan arah x	VI - 32
6.5	Tulangan tumpuan arah x	VI - 32

6.6	Tulangan lapangan arah y	VI - 33
6.7	Tulangan tumpuan arah y	VI - 33
6.8	Interpolasi	VI - 34
6.9	Propertis box girder	VI - 39
6.10	Gaya dan momen pada <i>main bridge</i>	VI - 40
6.11	Hasil perbandingan yi	VI - 42
6.12	Kebutuhan baut untuk sambungan	VI - 43
6.13	Tulangan pokok	VI - 57
6.14	Perhitungan Qultima	VI - 64
6.15	Penulangan <i>pile cap</i>	VI - 68
6.16	Daftar kabel jembatan Suramadu	VI - 74

DAFTAR GAMBAR

2.3 Skema Penampang Prategang	20
2.1 Penampang plat dan tulangan rangkap	II - 16
2.2 Penampang <i>pylon</i>	II - 18
2.3 Kurva bentang ekonomis	II - 22
2.4 Konfigurasi cable-stayed	II - 23
2.5 Konfigurasi kabel	II - 25
2.6 Tipe struktural kabel	II - 25
2.7 Beban gandar truk.	II - 26
2.8 Diagram beban D	II - 27
2.9 Grafik panjang bentang vs faktor beban dinamis	II - 28
2.10 Tabel perhitungan gaya rem	II - 28
2.11 Diagram arah dan kecepatan angin	II - 32
2.12 Tabel penentuan kategori jembatan (AASHTO)	II - 34
2.13 Peta pembagian zona gempa di Indonesia	II - 34
2.14 Tabel koefisien akselerasi (AASHTO)	II - 35
2.15 Tabel tipe klasifikasi tanah (AASHTO)	II - 35
2.16 Tabel <i>Site Coefisien</i> (AASHTO)	II - 36
2.17 Tabel <i>Response Modification Factors – Substructure</i> (AASHTO)	II - 36
2.18 Tabel <i>Response Modification Factors – Connections</i> (AASHTO)	II - 37
5.1 Transfer beban pada <i>Arch Bridge</i>	V - 2
5.2 Bentuk sistem struktur <i>Arch Bridge</i>	V - 3
5.3 Bentuk sistem struktur jembatan gantung	V - 3
5.4 Bentuk sistem struktur jembatan <i>cable-stayed</i>	V - 4
5.5 Penggunaan <i>temporary support</i> dalam <i>erection</i> lengkung	V - 10
5.6 Pengakngkeran belakang pada saat <i>erection</i> lengkung	V - 11
5.7 Penggunaan <i>counter weight</i> pada saat <i>erection</i> lengkung	V - 12
5.8 Tahapan pelaksanaan jembatan gantung	V - 13
5.9 <i>Erection</i> jembatan <i>cable-stayed</i> dengan <i>staging method</i>	V - 15
5.10 <i>Erection</i> jembatan <i>cable-stayed</i> dengan <i>deck launching method</i>	V - 16
5.11 <i>Erection</i> jembatan <i>cable-stayed</i> dengan <i>launching method</i>	V - 17
5.12 <i>Erection</i> jembatan <i>cable-stayed</i> dengan <i>balance cantilever method</i>	V - 19

5.13 Tahapan pelaksanaan jembatan Suramadu	V - 22
5.14 Diagram pemilihan tipe jembatan ekonomis	V - 23
5.15 Jembatan <i>cable-stayed</i> sistem harpa	V - 26
5.16 Jembatan <i>cable-stayed</i> sistem kipas	V - 26
5.17 Jembatan <i>cable-stayed</i> sistem <i>modified fan</i>	V - 27
5.18 <i>Truss girder</i>	V - 28
5.19 <i>Simple beam</i>	V - 29
5.20 <i>Box section</i>	V - 29
5.21 Girder jembatan Suramadu	V - 29
5.22 <i>Single plane</i> sistem dan pergerakan girder akibat gaya	V - 31
5.23 <i>A-frame system</i> dan pergerakan girder akibat gaya	V - 32
5.24 <i>Double system plane</i> dan kekokohan girdernya	V - 33
5.25 <i>Pylon</i> jembatan Suramadu	V - 33
6.1 Skema pembebanan beban mati jalur utama	VI - 1
6.2 Skema pembebanan beban hidup jalur utama	VI - 3
6.3 Skema pembebanan jalur <i>motorways</i>	VI - 5
6.4 Skema pembebanan untuk <i>steel box girder</i>	VI - 8
6.5 Pembagian segmen <i>pylon</i>	VI - 10
6.6 Distribusi beban air hujan	VI - 14
6.7 Distribusi beban rem	VI - 15
6.8 Distribusi beban akibat beban gempa	VI - 17
6.9 Penentuan titik tangkap beban gempa transversal	VI - 18
6.10 Konfigurasi kabel <i>side span</i>	VI - 19
6.11 Konfigurasi kabel <i>mid span</i>	VI - 21
6.12 Pembebanan pengaku	VI - 22
6.13 Dua jenis <i>stringer</i>	VI - 26
6.14 <i>Bracket</i>	VI - 27
6.15 Ukuran plat	VI - 27
6.16 Penentuan ukuran dx dan dy	VI - 29
6.17 Penulangan plat	VI - 31
6.18 <i>Floor beam</i>	VI - 35
6.19 Jumlah dan penempatan stud	VI - 38
6.20 Penamaan <i>box girder</i>	VI - 38
6.21 <i>Box girder</i>	VI - 39

6.22	Penyebaran momen	VI - 40
6.23	Sambungan baut	VI - 41
6.24	Gaya yang terjadi pada penyambung	VI - 42
6.25	Momen akibat gaya tendon	VI - 44
6.26	Diagram tegangan pada sambungan	VI - 44
6.27	Pembagian <i>pylon</i>	VI - 46
6.28	Penulangan kolom 1	VI - 56
6.29	Distribusi beban akibat tumbukan kapal	VI - 61
6.30	Distribusi gaya hidrostatik	VI - 62
6.31	<i>Pile cap</i>	VI - 65
6.32	Tulangan <i>pile cap</i> arah x	VI - 67
6.33	Diagram tekanan tanah pasif	VI - 69
6.34	Penulangan <i>bored pile</i>	VI - 73
6.35	Konfigurasi kabel	VI - 73
6.36	Pemasangan <i>temporary support</i> dan <i>counter weight</i>	VI - 75
6.37	Pemodelan masa pelaksanaan	VI - 76
6.38	Pemodelan <i>end beam</i>	VI - 77
6.39	<i>End beam</i>	VI - 77
6.40	Dimensi baru <i>end beam</i>	VI - 78