

PERBANDINGAN DESAIN DERMAGA CURAH KERING BERDASARKAN STANDAR OCDI DAN BS DI CIREBON

Albany Putera Satria¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

¹albanyputas@gmail.com dan ²murtia704@gmail.com

Kata kunci: Desain, Dermaga, OCDI, British Standard

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) unit 2 di Cirebon direncanakan selesai pada tahun 2020. PLTU ini mengandalkan batubara sebagai sumber energi utamanya. Pembangunan PLTU ini tentunya menambah kebutuhan batubara, oleh karena itu dibutuhkan dermaga bongkar muat batu bara yang baru. Dalam pembangunan dermaga batubara, tentunya memerlukan peraturan teknis atau standar tertentu guna mengatur mengenai kriteria desain dermaga. Saat ini di Indonesia peraturan teknis atau standar yang sering digunakan dalam mendesain dermaga adalah *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) dan *British Standard* (BS). Pada tugas akhir ini akan dibandingkan desain dermaga dengan standar OCDI dan dermaga dengan standar BS.

Dalam mendesain dermaga diperlukan data lingkungan dan data operasional. Data lingkungan dapat berupa data angin, arus, pasang surut, gelombang, dan tanah pada lokasi sedangkan data operasional dapat berupa kapal rencana, dan alat-alat operasional pada dermaga. Data lingkungan dan data operasional ini digunakan sebagai dasar desain dimensi dermaga, geometri dermaga dan pembebanan yang dilakukan dengan 2 peraturan teknis atau standar yaitu *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) dan *British Standard* (BS). Hasil desain struktur dermaga kemudian akan dianalisis menggunakan perangkat lunak SAP2000. Output dari analisis struktur SAP2000 dapat berupa nilai UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Hasil dari analisis pemodelan struktur dermaga akan digunakan untuk desain dermaga selanjutnya, gaya dalam pada dermaga akan digunakan untuk desain tulangan elemen struktur dermaga seperti balok, pelat dan pile cap, sedangkan reaksi perletakan akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah untuk menentukan kedalaman pancang tiang.

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah desain dermaga dengan standar OCDI dan BS serta perbandingan dimensi, geometri elemen, hasil permodelan, desain penulangan dan analisis daya dukung tanah dari kedua dermaga.

PENDAHULUAN

PT. Cirebon Electric Power merupakan perusahaan yang bergerak dibidang energi, yang mengandalkan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan batubara sebagai sumber energi utama. Pada saat ini sudah terdapat PLTU unit I Cirebon yang terletak di Desa Kanci, Kecamatan Astanajapura, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat dan sebuah pelabuhan bongkar batu bara PLTU unit I Cirebon. PLTU ini menghasilkan listrik sebesar 660 MW yang disuplay dari 2,3 juta ton batu bara per tahun. PLTU ini telah mendapatkan penghargaan sebagai PLTU terbaik di tingkat Asia Tenggara. Menyusul suksesnya pelabuhan unit I dan demi menunjang pemenuhan kebutuhan listrik nasional sebesar 35000 Mega Watt (MW), akan dibangun pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Cirebon unit II berkapasitas 1000 MW yang rencananya akan selesai pada tahun 2020.

Pembangunan PLTU unit II Cirebon tentunya menambah kebutuhan bongkar batu bara di dermaga PLTU unit I, oleh karena itu akan dibangun dermaga bongkar batu bara PLTU unit II yang berlokasi tidak jauh dari dermaga yang sudah ada. Dermaga PLTU unit II ini direncanakan dibangun dengan struktur *jetty deck on pile* tipe *wrafft* dan mampu melayani kapal berkapasitas 15000 DWT.

Lokasi rencana dermaga PLTU unit II berada pada Desa Kanci, Kecamatan Astanajapura, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat, Indonesia atau pada titik koordinat 6°46'7.78"S dan 108°38'4.98"E. **Gambar 1** menunjukkan lokasi Desa Kanci di Indonesia dan **Gambar 2** menunjukkan lokasi dermaga yang direncanakan di Desa Kanci Sebagai berikut:



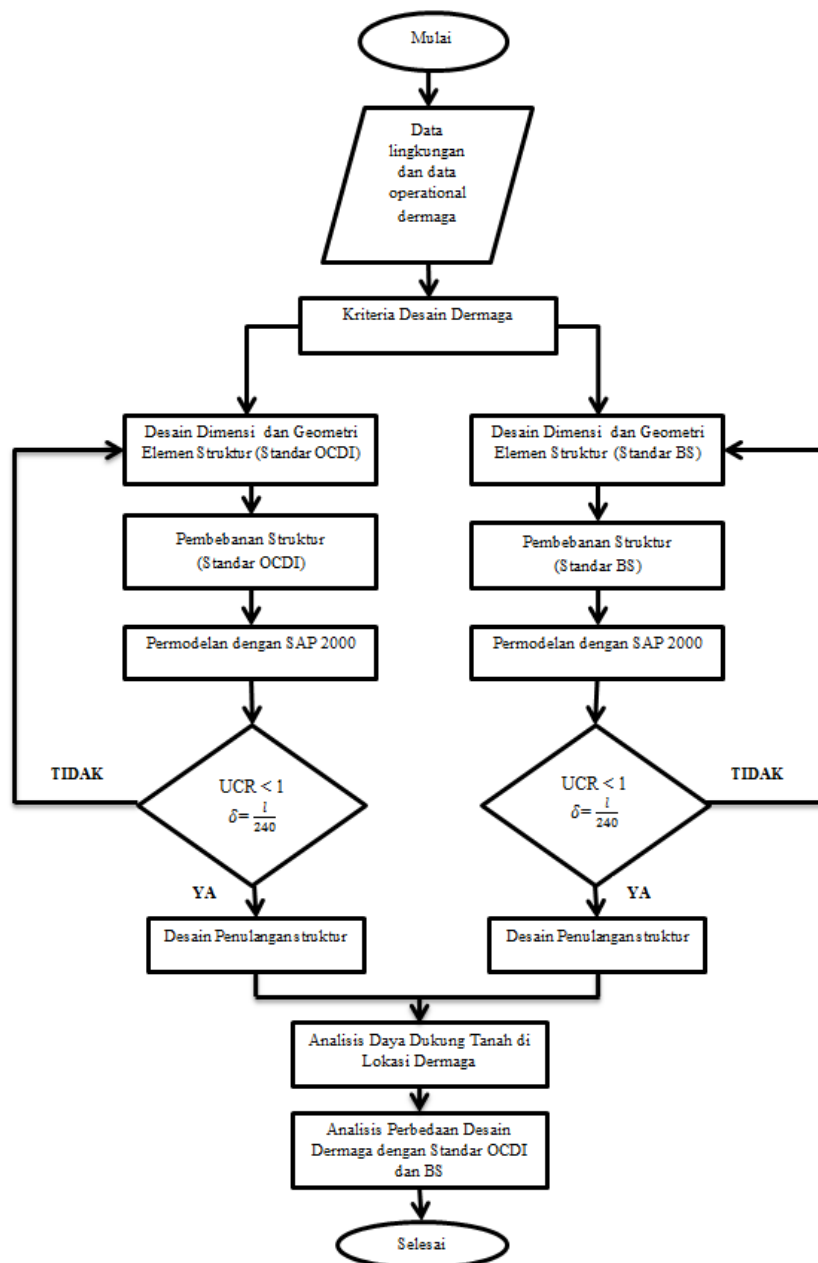
Gambar 1 Lokasi Desa Kanci di Indonesia



Gambar 2 Lokasi Dermaga

METODOLOGI DAN TEORI

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, metodologi pengerjaan dapat dilihat pada **Gambar 3** sebagai berikut:



Gambar 3 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan

Alur pengerjaan seperti ditunjukkan **Gambar 3** dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan data lingkungan dermaga berupa data angin, arus, pasang surut, gelombang, dan data tanah, serta data operasional dermaga yang berupa besar kapal rencana dan peralatan-peralatan diatas dermaga. Kecepatan angin maksimum yang digunakan dalam desain dermaga standar OCDI adalah 29,19 m/s (kecepatan angin rata-rata 10 menit) sedangkan untuk standar BS digunakan kecepatan sebesar 34,26 m/s (Kecepatan angin rata-rata 1 menit). Data tinggi gelombang diperoleh dari proses *hindcasting* yang menghasilkan tinggi gelombang desain sebesar 4,63 m dan periode 10,45 s. Selanjutnya data arus yang digunakan memiliki kecepatan maksimal sebesar 0,6 m/s, pasang surut di lokasi desain memiliki tunggang pasang sebesar 1,01 m dan dermaga didesain untuk melayani kapal curah kering dengan kapasitas 15000 DWT.

Kemudian dari data tersebut ditentukan dimensi dermaga sesuai dengan standar OCDI dan BS. Dermaga dibangun pada jarak 2,691 m dari daratan (dihubungkan dengan trestle) dan dibangun pada lokasi yang memiliki kedalaman 7,35 m. Dermaga yang didesain dengan standar OCDI memiliki panjang sebesar 172 m, lebar sebesar 32 m dan elevasi +3,9 m (dari LLWL) sedangkan dermaga yang didesain dengan standar BS memiliki panjang sebesar 162 m, lebar sebesar 34 m, dan elevasi +4,9 m (dari LLWL).

Setelah mendapatkan dimensi dermaga untuk kedua standar, akan ditentukan dimensi elemen struktur dermaga seperti balok, pelat, tiang pancang dan pile cap. Langkah selanjutnya adalah menghitung pembebanan seperti arus, gelombang, beban akibat kapal dan beban gempa. Beban yang diakibatkan oleh kapal yang meliputi beban tambat dan beban sandar dihitung sesuai dengan standar OCDI dan BS. Pada perhitungan beban sandar (*berthing*) kapal, didapatkan energi berthing untuk dermaga standar OCDI adalah sebesar 1728 kN dan untuk dermaga BS adalah sebesar 2793 kN. Pada perhitungan beban tambat (*mooring*) didapatkan dermaga standar OCDI memerlukan bollard berkapasitas 80 ton dan dermaga standar BS memerlukan bollard berkapasitas 50 ton.

Langkah selanjutnya adalah pemodelan dengan perangkat lunak SAP2000. Pemodelan ini dilakukan untuk 2 dermaga yang didesain dengan standar OCDI dan BS. Kemudian dari hasil pemodelan didapatkan output berupa UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Adapun beberapa kriteria yang harus dipenuhi dari output pemodelan adalah UCR <1 dan defleksi yang terjadi kurang dari defleksi yang diizinkan. Jika kriteria diatas tidak dipenuhi maka kembali dilakukan desain dimensi dan geometri elemen dermaga. Adapun hal yang dapat dilakukan pada desain dermaga untuk membuat struktur masuk dalam kriteria contohnya adalah menambah diameter atau ketebalan tiang pancang, menambah kualitas material, mengubah konfigurasi dari tiang pancang

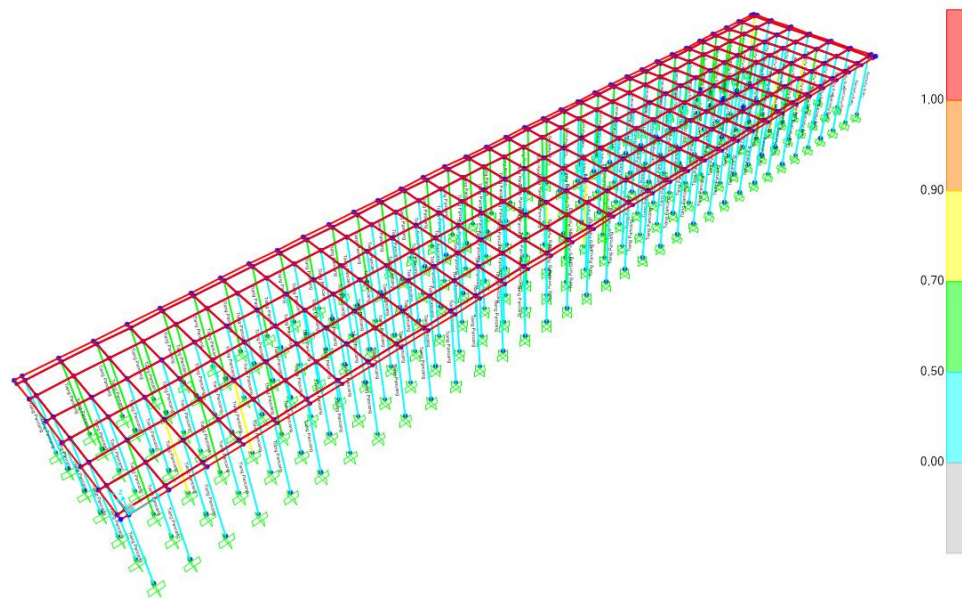
(pemancangan tiang ganda, tiang miring, memperkecil spasi antar tiang) dan merubah dimensi elemen dermaga lainnya seperti balok.

Selanjutnya output gaya dalam dari pemodelan struktur yang sudah memenuhi kriteria digunakan dalam desain penulangan balok, pelat, dan pile cap dan reaksi perletakan digunakan dalam analisis daya dukung tanah untuk menentukan kedalaman pancang tiang.

Langkah terakhir adalah analisis perbandingan desain antara dermaga yang didesain dengan standar OCDI dan BS. Analisis perbandingan ini meliputi perbandingan dimensi desain dermaga, pembebanan dermaga, hasil output, desain penulangan, hasil analisis daya dukung tanah, dan perbandingan volume.

HASIL DAN ANALISIS

Analisa struktur dari dermaga yang didesain akan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Analisa akan dilakukan untuk kedua dermaga yaitu dermaga yang didesain dengan standar OCDI dan dermaga yang didesain dengan standar BS. Struktur yang didesain berupa balok, tiang pancang, dan pelat untuk masing-masing dermaga. Langkah dari pemodelan struktur adalah pendefinisian material dan *section* elemen dermaga seperti balok, tiang pancang, dan pelat. Selanjutnya pemodelan dimensi struktur dan pemasukan beban untuk masing-masing standar. Hasil dari analisa struktur menggunakan program SAP2000 adalah nilai UCR, defleksi, gaya dalam dan perletakan. Dalam pemodelan struktur dermaga ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi sebelum dapat dilakukan analisis selanjutnya seperti nilai $UCR < 1$ dan defleksi yang terjadi tidak melebihi defleksi yang diizinkan. Hasil analisis berupa UCR dan defleksi dari dermaga standar OCDI dapat dilihat pada **Gambar 4**, **Tabel 1** dan **Tabel 2**, sedangkan hasil analisis berupa UCR dan defleksi dari dermaga standar BS dapat dilihat pada **Gambar 5**, **Tabel 3** dan **Tabel 4** sebagai berikut :



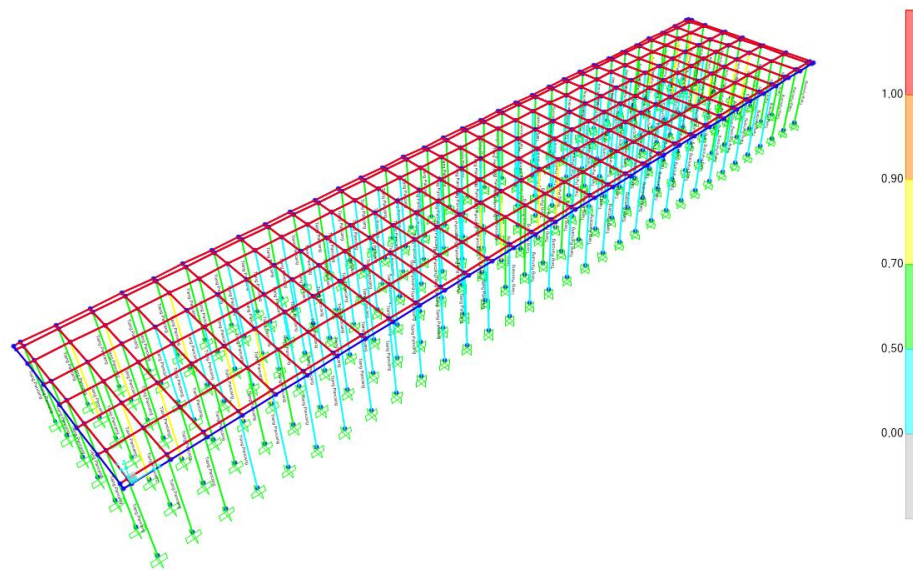
Gambar 4 Tampilan UCR Hasil Run SAP2000 Dermaga Standar OC DI

Tabel 1 Rangkuman Hasil UCR Terbesar Dermaga Standar OC DI

Standar OC DI		
Frame	UCR	Kombinasi
538	0,77	COMB2.1
748	0,77	COMB2.3
734	0,77	COMB2.3
552	0,77	COMB2.1
636	0,76	COMB2.2

Tabel 2 Rangkuman Defleksi Terbesar Dermaga Standar OC DI

Standar OC DI					
U1			U2		
Joint	Defleksi (mm)	Kombinasi	Joint	Defleksi (mm)	Kombinasi
131	39,51	COMB7.1.1	159	40,64	COMB7.2.1
140	39,51	COMB7.1.1	158	40,64	COMB7.2.1
149	39,51	COMB7.1.1	159	40,64	COMB7.2.3
158	39,51	COMB7.1.1	158	40,64	COMB7.2.3
167	39,51	COMB7.1.1	160	40,64	COMB7.2.1



Gambar 5 Tampilan UCR Hasil Run SAP2000 Dermaga Standar BS

Tabel 3 Rangkuman Hasil UCR Terbesar Dermaga Standar BS

Standar BS		
Frame	UCR	Kombinasi
538	0,83	COMB5.4.1.1
734	0,82	COMB5.2.3.3
552	0,81	COMB2.1
741	0,81	COMB5.4.3.3
720	0,81	COMB2.3

Tabel 4 Rangkuman Defleksi Terbesar Dermaga Standar BS

Standar BS					
U1			U2		
Joint	Deflection (mm)	Kombinasi	Joint	Deflection (mm)	Kombinasi
22	47,04	COMB7.1.3	148	47,86	COMB7.2.3
31	47,04	COMB7.1.3	149	47,86	COMB7.2.3
40	47,04	COMB7.1.3	147	47,86	COMB7.2.3
49	47,04	COMB7.1.3	146	47,86	COMB7.2.3
58	47,04	COMB7.1.3	150	47,86	COMB7.2.3

Dari **Tabel 1** sampai **Tabel 4** diatas dapat dilihat bahwa kedua desain dermaga (dermaga standar OCDI dan BS) sudah memenuhi kriteria UCR dan defleksi izin, langkah selanjutnya adalah menggunakan hasil output gaya dalam untuk melakukan desain penulangan pada elemen struktur.

Perhitungan tulangan elemen struktur dilakukan untuk balok, pelat, dan pile cap. Dari proses perhitungan tulangan, diperoleh hasil desain penulangan yang bisa dilihat pada **Tabel 5** untuk tulangan lentur pada balok, **Tabel 6** untuk tulangan geser pada balok, **Tabel 7** untuk pelat dan **Tabel 8** untuk pile cap sebagai berikut :

Tabel 5 Desain Tulangan Lentur pada Balok

Balok	OCDI			BS		
	TebalxLebar (m)	Tulangan Lentur M3	Tulangan Lentur M2	TebalxLebar (m)	Tulangan Lentur M3	Tulangan Lentur M2
Balok Melintang	0,6x0,35	4 D19	8 D19	0,8x0,5	6 D22	8 D22
Balok Memanjang	0,6x0,35	4 D19	8 D19	0,8x0,5	6 D22	8 D22
Balok Crane	1,0x0,5	6 D32	6 D32	1,0x0,6	6 D32	6 D32
Balok Konveyor	0,6x0,35	4 D19	8 D19	0,8x0,5	6 D22	9 D22
Balok Kantilever	0,6x0,35	4 D19	8 D19	0,8x0,5	6 D22	8 D22

Tabel 6 Desain Tulangan Geser pada Balok

Balok	Tulangan Geser	
	OCDI	BS
Balok Melintang	D 10- 360	D 10- 360
Balok Memanjang	D 10- 360	D 10- 360
Balok Crane	D 25- 230	D 10- 360
Balok Konveyor	D 10- 360	D 10- 360
Balok Kantilever	D 10- 360	D 10- 360

Tabel 7 Desain Tulangan pada Pelat

Pelat	OCDI		BS	
	Tulangan Memanjang	Tulangan Melebar	Tulangan Memanjang	Tulangan Melebar
Pelat 5x4	18 D19	15 D19	18 D19	15 D19
Pelat 5x5	18 D19	18 D19	18 D19	18 D19
Pelat 5x5,5	18 D19	20 D19	18 D19	20 D19
Pelat 5x6	-	-	18 D19	22 D19
Pelat Kantilever	D19	D19	D19	D19

Tabel 8 Desain Tulangan pada Pile cap

Pile Cap	OCDI		BS	
	Tulangan Arah Memanjang	Tulangan Arah Melebar	Tulangan Arah Memanjang	Tulangan Arah Melebar
Tipe 1	D25-210	D25-210	D25-210	D25-210
Tipe 2	D29-185	D29-180	D29-160	D29-160

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan volume seperti pada **Tabel 9** dibawah ini :

Tabel 9 Perbandingan Perhitunga Volume Dermaga Standar OCDI dan BS

Baja			
Jenis	Standar OCDI	Standar BS	Selisih (%)
Volume Tiang Pancang (m ³)	284,36	288,25	1,37
Beton			
Jenis	Standar OCDI	Standar BS	Selisih (%)
Volume Pelat (m ³)	1926,4	1927,80	0,07
Volume Balok (m ³)	586,64	966,40	64,73
Volume Pilecap (m ³)	1088,25	973,50	11,79
Jumlah Volume Beton	3601,29	3867,70	7,40

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada desain dimensi dermaga menggunakan 2 standar (OCDI dan BS) terdapat beberapa perbedaan yaitu, dalam desain panjang dermaga, standar OCDI menyarankan panjang yang lebih besar yaitu dengan panjang 172 m sedangkan BS sebesar 162 m. Sebaliknya, pada lebar dan elevasi dermaga standar BS yang mensyaratkan ukuran yang lebih besar, sehingga mendapatkan nilai sebesar 34 m untuk lebar dan +4,9 m (dari LLWL) untuk elevasi sedangkan desain dengan standar OCDI mendapatkan lebar sebesar 32 m dan +3,9 m (dari LLWL) untuk elevasi . Selanjutnya, pada hasil pemodelan kedua dermaga (standar OCDI dan BS), dermaga yang didesain dengan standar BS menghasilkan UCR, defleksi dan gaya dalam yang lebih besar. Pada bagian desain penulangan, Dermaga yang didesain dengan standar BS memerlukan tulangan yang lebih kuat. Selanjutnya dalam perbandingan volume didapatkan volume dermaga desain standar BS memiliki volume yang lebih besar, yaitu dengan volume 3867,7 m³ lebih besar 7,4 % dari dermaga standar OCDI yang memiliki volume sebesar 3601,29 m³.

DAFTAR PUSTAKA

1. The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, Japan Port and Harbour Association, Tokyo, 2002.
2. *British Standard 6349, Maritime Structure - Part 1 : Code of Practice for General Criteria, 2000*
3. *British Standard 6349, Maritime Structure - Part 2 : Design of Quay Walls, Jetties and Dolphins*
4. *British Standard 6349, Maritime Structure - Part 4 : Fendering dan Mooring*
5. Fentek Catalogue: Marine Fendering System. Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1991.
6. Trelleborg. 2007. Safe Berthing and Mooring, Trelleborg Marine Systems: Trelleborg.
7. Liebherr. 2012 . Mobile Harbour Crane LHM 120
8. SNI- 03 -2846-2002, mengenai Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
9. SNI 1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung
10. Principles of Foundation Engineering, Sixth Edition, Braja M.Das