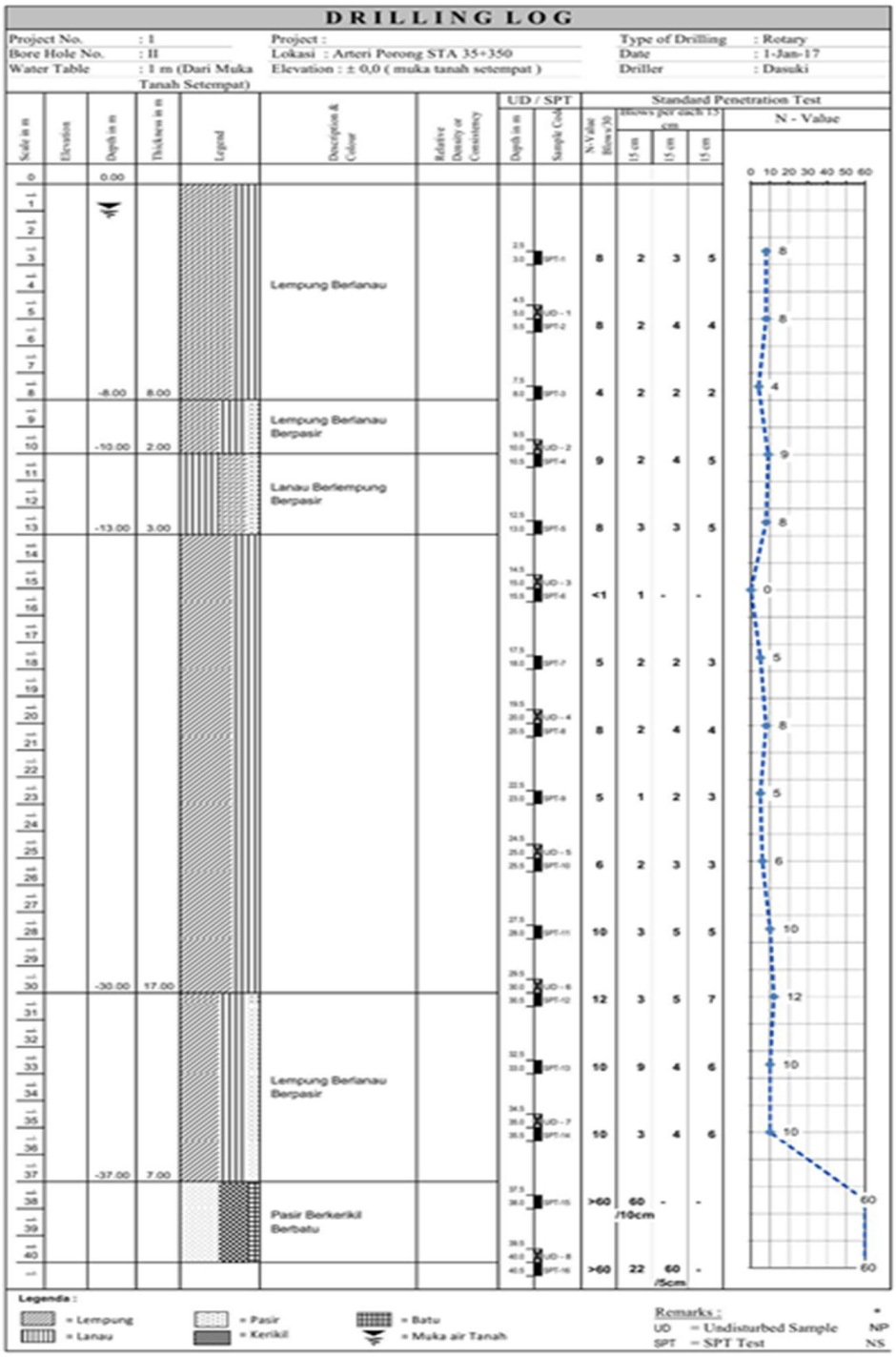
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian penelitian *Piled Slab* dan Cakar Ayam Modifikasi

Pada penelitian ini penulis membandingkan biaya dan waktu pelaksanaan pada Struktur *Piled Slab* dan Cakar Ayam Modifikasi pada tanah lunak adalah untuk mendapatkan gambaran secara umum agar pada pelaksanaan untuk daerah-daerah lainnya dengan jenis dan tanah lunak seperti itu dapat dilaksanakan dengan dengan baik. Hal tersebut tidak lepas dari evaluasi terhadap perhitungan Struktur *Piled Slab* dan Cakar Ayam Modifikasi.

Penulis membuat suatu perhitungan Struktur *Piled Slab* dan Cakar Ayam Modifikasi dengan memperhatikan data tanah bor dalam yang telah penulis dapatkan dari PT. WIJAYA KARYA (PERSERO) yakni dengan jenis tanah bervariasi yang terdiri dari lempung berlanau, lempung berlanau berpasir, lanau berlempung berpasir dan pada tanah keras dengan jenis pasir berkerikil berbatu seperti pada gambar 2.1 Bor Log dibawah ini :



Sumber Boring Lab ITS

Gambar 2.1. Bor Log

Sehingga hal tersebut berpotensi terjadi penurunan yang sangat cepat apabila jenis tanah lunak tersebut tidak ditangani dengan jenis konstruksi yang penulis ajukan.

2.2 Struktur *Piled Slab*

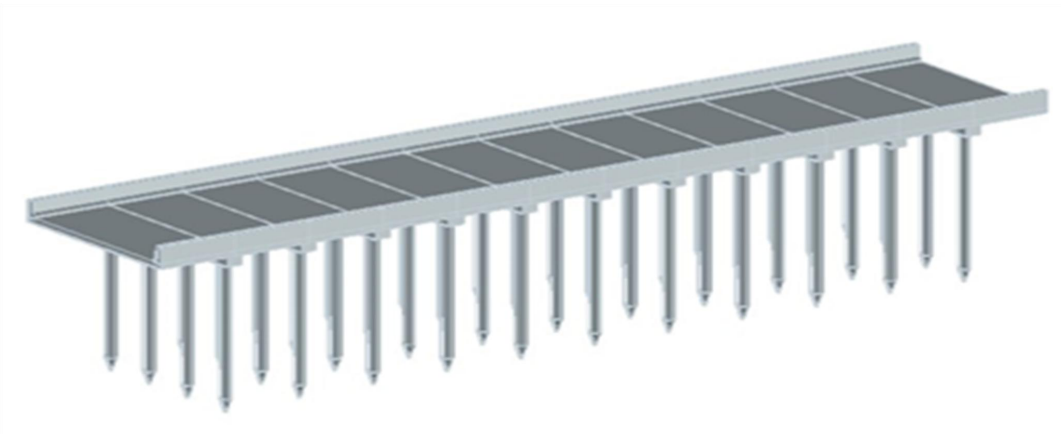
Pada Struktur *Piled Slab* ini penulis membuat kajian perencanaan dengan lingkup piled slab dengan bentang 10 x 5,00 m dengan perincian sebagai berikut :

a. Pondasi dengan struktur tiang pancang dengan menggunakan *PC SPUN PILE* D50 CM dan D60 CM.
b. *Slab* dengan struktur precast dan cast in situ tebal 35 cm
c. *Pierhead* menerus dengan dimensi 12,70 x 100 x 60 cm
d. *Pierhead* tepi dengan dimensi 12,70 x 140 x 70 cm

Pada perencanaan ini dengan mengacu pada peraturan-peraturan resmi yang dikeluarkan oleh badan standarisasi nasional (BSN) ataupun peraturan-peraturan lainnya yaitu :

- Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS 1992, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1992.
- Standar Pembebanan Untuk Jembatan, RSNI T-02-2005, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan, RSNI T-12-2004, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan, RSNI T-03-2005, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, RSNI 2833:2010, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, RSNI3 2833:201X, Badan Standardisasi Nasional.
- *Standard Specifications for Highway Bridges 17th Edition, AASHTO 2002.*

- *LRFD Bridge Design Spesifications, AASHTO 2010.*
- *American Concrete Institut, ACI 318- 2008.*
- *Australian Standard, AS.*
- *Japan International Corporation Agency (JICA 1980)*
- *Pile Foundation Analysis H.G Poulos & E.H Davis 1988.*
- *Pile Foundation in Engineering Practice by S. Prakash & Hari D. Sharma*



Gambar 2.2 Tipikal *Piled Slab (*Rekayasa Peneliti*)*

Pada hakekatnya Struktur *Pile Slab* merupakan *"System Integral Bridge"*, yaitu struktur jembatan yang direncanakan terintegrasi mulai dari struktur bawah sampai struktur atas. Sehingga pada saat struktur tersebut selesai dikerjakan, struktur tersebut menjadi portal menerus. Beberapa keuntungan dari sistem struktur tersebut antara lain :

a. Sistem struktur mempunyai tingkat kestatis-tidak tentuan yang tinggi sehingga memiliki jumlah *redudancy* yang banyak yang menyebab kanstruktur menjadi lebih kaku terutama untuk memikul beban-beban yang bekerja pada arah horinzontal sepertihalnya gaya friksi roda kendaraan akibat gaya rem, gaya centrifugal dan gaya gempa.

b. Karena memiliki jumlah *redudancy* yang banyak, maka pada saat terjadi gempa dan gaya gempa rencana terlampaui akan terjadi banyak sendi plastis sehingga daktilitas system struktur akan lebih baik dibandingkan dengan single kolom.

Pada analisis Struktur *Pile Slab* ini ada tiga model untuk mensimulasikan perilaku struktur pada saat menerima beban-beban yang bekerja baik pada kondisi layan maupun pada kondisi pembebanan ultimate.

a. Model yang pertama adalah model 3 dimensi, dimana struktur dimodelkan secara terintegrasi mulai dari tiang pancang, *Pile Head* dan *Slab*nya. Interaksi antara tiang pancang yang tertanam dengan tanah diwakili dengan konstanta pegas (*soil spring*). Model 3 dimensi ini digunakan untuk menganalisis stabilitas system struktur secara global yaitu pengecekan deformasi dan gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang baik pada kondisi beban layan maupun pada kondisi beban gempa.
b. Struktur *Pile Slab* ini merupakan *"One Way Slab System"* sehingga perlu dilakukan analisis lokal pada arah memanjang (*longitudinal*) jembatan. Model ini untuk mensimulasikan perilaku *slab* yaitu deformasi dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada saat menerima beban-beban bekerja.
c. Model yang ketiga adalah model arah melintang yaitu untuk mensimulasikan dan menganalisis perilaku *Pile Head* pada saat menerima beban-beban yang bekerja.

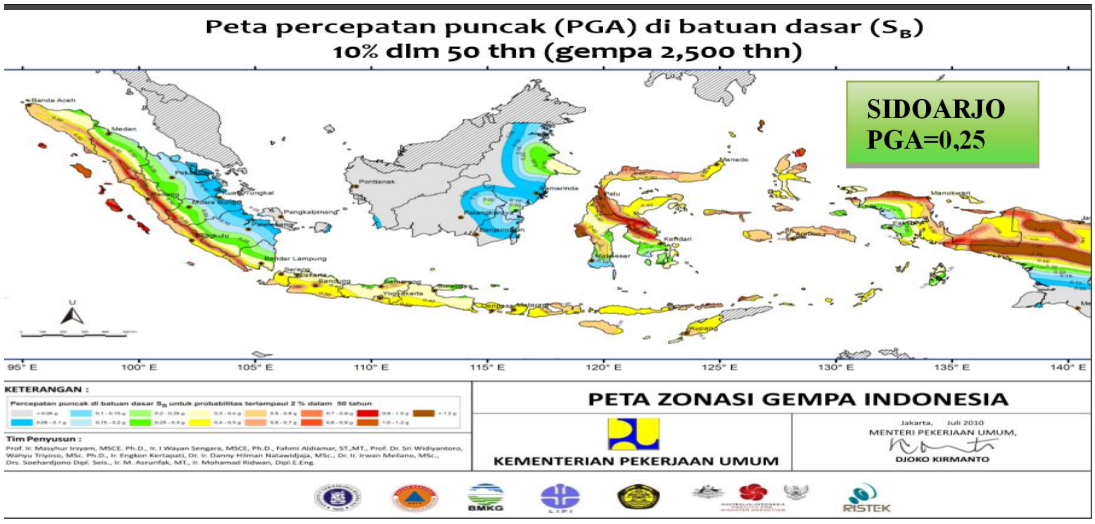
Pada perencanaan struktur *Pile Slab* untuk Proyek ini ada beberapa asumsi yang digunakan, antara lain :

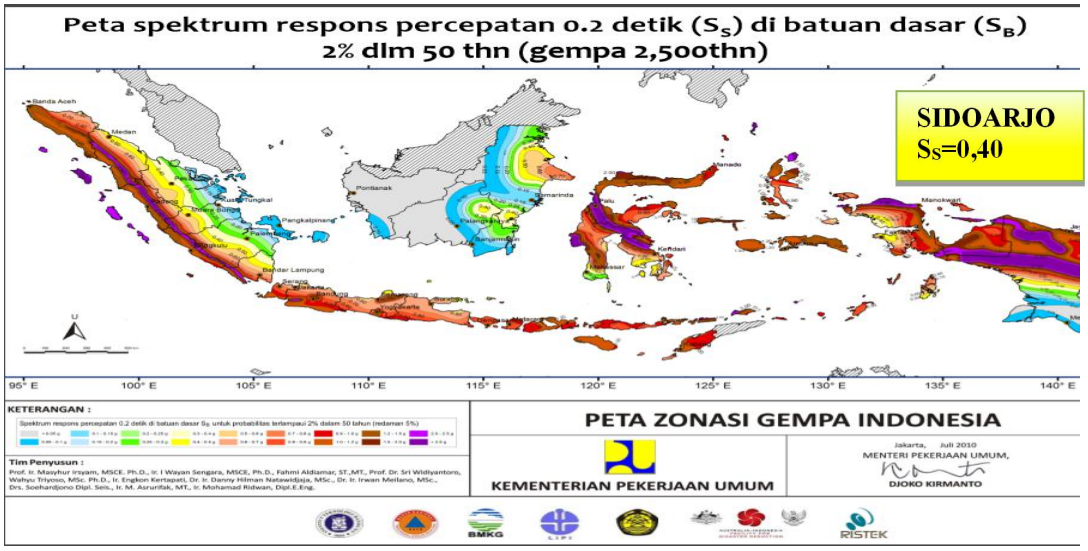
a. Tiang pancang yang digunakan adalah diameter 50 cm dan 60 cm dengan konfigurasi spesifikasi dan diagram interaksi yang dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton.

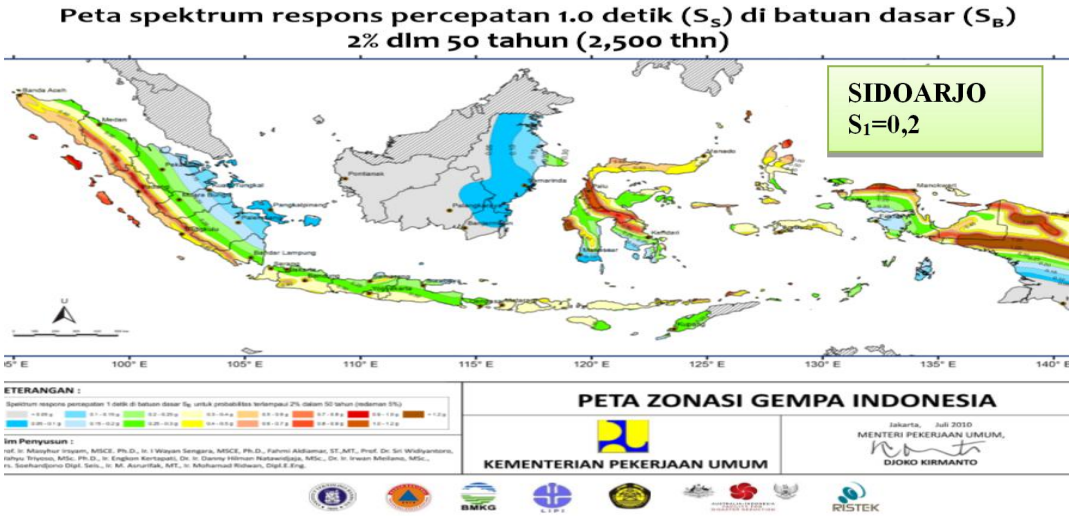
b. Ada beberapa *Free standing* tiang pancang diantaranya 2 – 4 m, 4 – 6 dan 6 - 8 m terhitung dari muka tanah sampai bottom *pier head*.

c. Berdasarkan peta tersebut, nilai PGA, S_S, dan S_1 untuk kota Sidoarjo dan sekitarnya adalah 0,25 ; 0,40 ; 0,20.

   Berikut adalah Gambar 2.3. Peta Zona Gempa dari Puskim PU dan berdasarkan pada wilayah Sidoarjo.







Sumber : Puskim PU

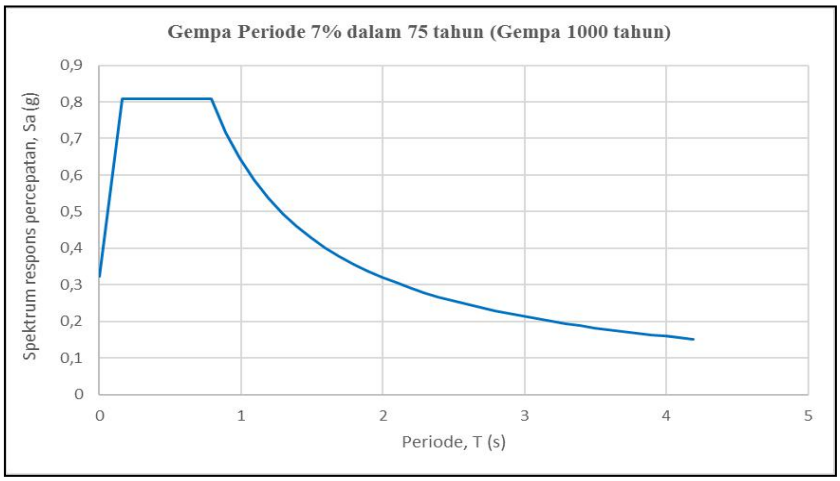
Gambar 2.3.Peta Zona Gempa

d. Berdasarkan RSNI 2833:201X Pasal 5.4.2 Koefisien repon gempa elastik adalah sebagai berikut:

Untuk $T < T_0$ maka $\mathbf{C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T/T_o + A_s}$

Untuk $T \geq T_0$ maka $\mathbf{C_{sm} = S_{DS}}$

Untuk $T \geq Ts$ maka $\mathbf{C_{sm} = S_{D1} / T}$



Sumber : Puskim PU

Gambar 2.4 Respon Spektrum (Puskim PU)

e. Menentukan zona gempa berdasarkan nilai S_{D1} kemudian menentukan koefisien modifikasi respons.

Tabel 2.1 - Zona Gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	**Zona gempa**
$S_{D1} \leq 0,15$	1
0,15 <	S_{D1}
0,30 <	S_{D1}
$S_{D1} > 0,15$	4

Sumber : Puskim PU

Tabel 2.2 Faktor Modifikasi Respon (R) untuk Bangunan Bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan			
	Sangat penting	Penting	Lainnya	
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0	
Tiang/kolom beton bertulang				
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0	→ Arah memanjang
Tiang miring	1,5	1,5	2,0	(antar pier head / tiang tunggal)
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0	
Tiang baja dan komposit				
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0	
Tiang miring	1,5	2,0	3,0	
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0	→ Arah melintang (kelompok tiang dalam satu pierhead)

Sumber : RSNI 2833:201X

f. Faktor pengali untuk SAP2000 didapatkan dari rumus 1,25g / R

2.3 Cakar Ayam Modifikasi

Pada Struktur Cakar Ayam Modifikasi ini penulis membuat kajian perencanaan dengan lingkup sebagai berikut :

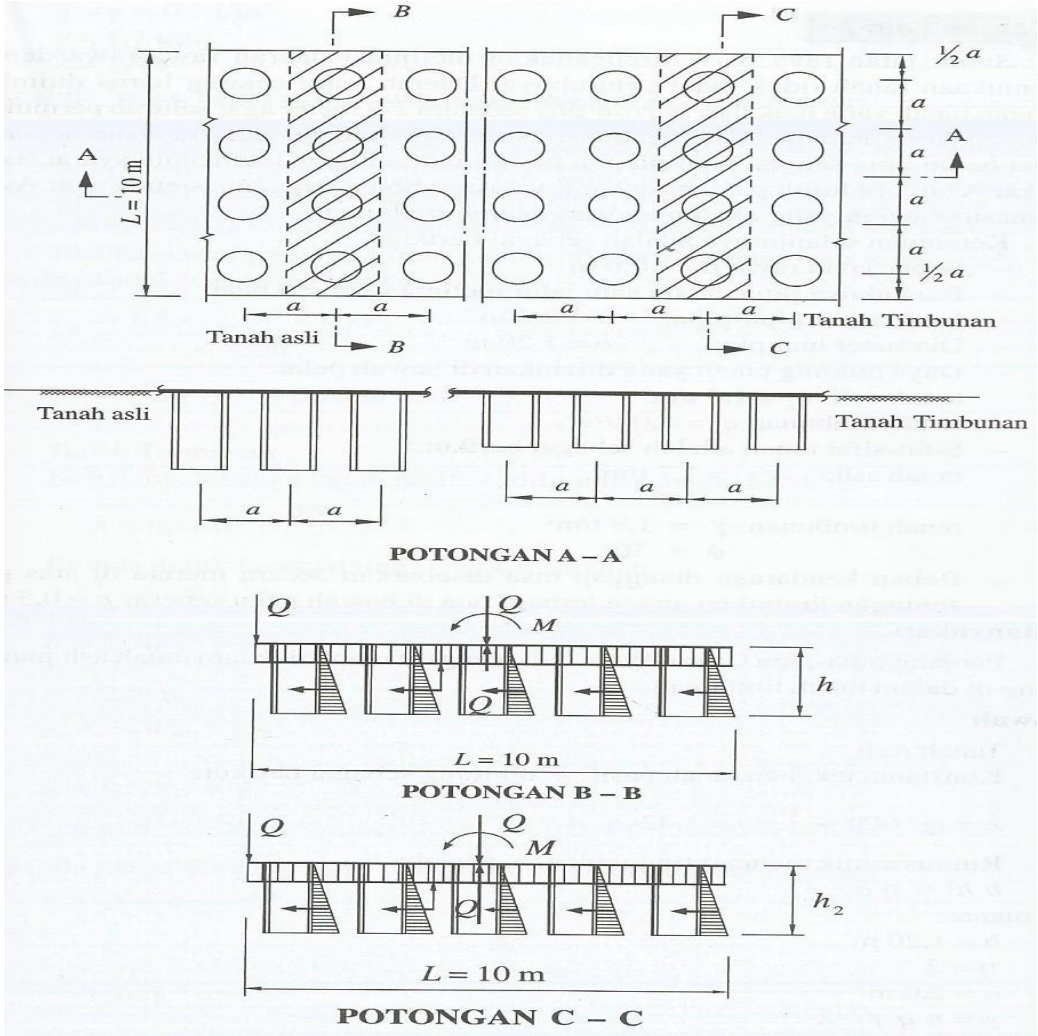
a. Cakar Ayam Modifikasi dengan struktur pendukung berupa pipa beton dengan tebal 8 cm dan diameter luar 120 cm.
b. Plat beton tipis dengan tebal 15 cm
c. Hubungan pipa dan plat beton monolit dengan adanya penebalan menjadi 30 cm

Pada perencanaan ini dengan mengacu pada peraturan-peraturan resmi yang dikeluarkan oleh badan standarisasi nasional (BSN) ataupun peraturan-peraturan lainnya yaitu :

- Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS 1992, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1992.

- Standar Pembebanan Untuk Jembatan, RSNI T-02-2005, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan, RSNI T-12-2004, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan, RSNI T-03-2005, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, RSNI 2833:2010, Badan Standardisasi Nasional.
- Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, RSNI3 2833:201X, Badan Standardisasi Nasional.
- *Standard Specifications for Highway Bridges 17th Edition, AASHTO 2002.*
- *LRFD Bridge Design Spesifications, AASHTO 2010.*
- *American Concrete Institut, ACI 318- 2008.*
- *Australian Standard, AS.*
- *Japan International Corporation Agency (JICA, 1980)*
- *Pile Foundation Analysis H.G Poulos & E.H Davis 1988.*
- *Pile Foundation in Engineering Practice by S. Prakash & Hari D. Sharma*
- *Fondasi Cakar Ayam menjabarkan teori Prof. Sedijatmo*.

Berikut adalah tipikal Cakar Ayam Modifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tipikal Cakar Ayam Modifikasi (Hand book Fondasi Cakar Ayam, Ismail,S 2006)

Pada hakekatnya struktur Cakar Ayam Modifikasi merupakan *"System Integral Bridge"*, yaitu struktur jembatan yang direncanakan terintegrasi mulai dari struktur bawah sampai struktur atas. Sehingga pada saat struktur tersebut selesai dikerjakan, struktur tersebut menjadi portal menerus. Beberapa keuntungan dari sistem struktur tersebut antara lain :

a. Sistem struktur mempunyai tingkat kestatis-tidak tentuan yang tinggi sehingga memiliki jumlah redudancy yang banyak yang menyebabkan struktur menjadi lebih kaku terutama untuk memikul beban-beban yang bekerja pada arah horinzontal seperti halnya gaya friksi roda kendaraan akibat gaya rem, gaya centrifugal dan gaya gempa.
b. Karena memiliki jumlah *redudancy* yang banyak, maka pada saat terjadi gempa dan gaya gempa rencana terlampaui akan terjadi banyak sendi plastis sehingga daktilitas system struktur akan lebih baik dibandingkan dengan single kolom.

Pada analisis struktur Cakar Ayam Modifikasi ini ada tiga model untuk mensimulasikan perilaku struktur pada saat menerima beban-beban yang bekerja baik pada kondisi layan maupun pada kondisi pembebanan ultimate.

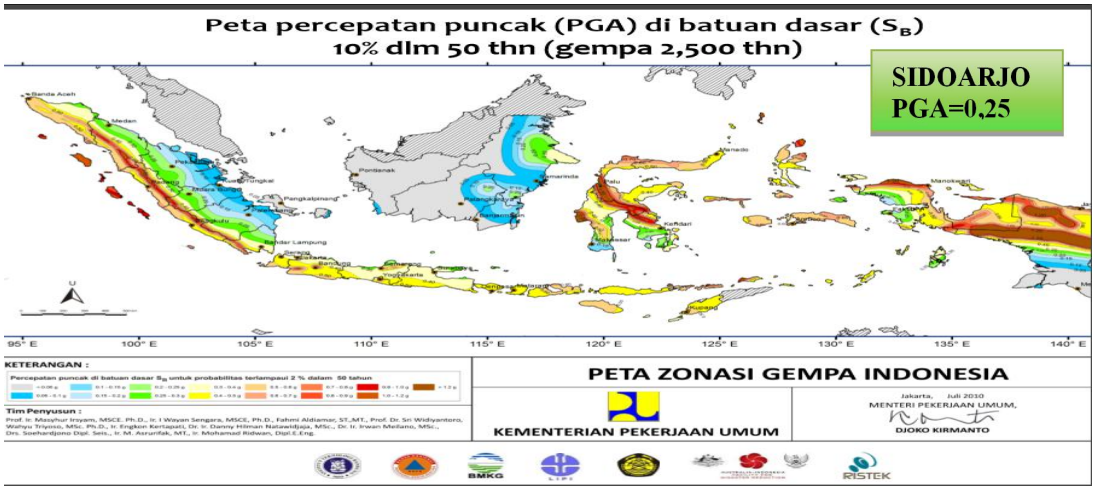
a. Model yang pertama adalah model 3 dimensi, dimana struktur dimodelkan secara terintegrasi mulai dari Pipa beton, Penebalan *Slab* diatas pipa beton dan *slab*nya itu sendiri. Interaksi antara Pipa beton yang tertanam dengan tanah diwakili dengan konstanta pegas (*soil spring*). Model 3 dimensi ini digunakan untuk menganalisis stabilitas system struktur secara global yaitu pengecekan deformasi dan gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang baik pada kondisi beban layan maupun pada kondisi beban gempa.
b. Struktur Cakar Ayam Modifikasi ini merupakan *"Two Way Slab System"* sehingga perlu dilakukan analisis lokal pada arah memanjang (*longitudinal*) jembatan. Model ini untuk mensimulasikan perilaku *slab* yaitu deformasi dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada saat menerima beban-beban bekerja.

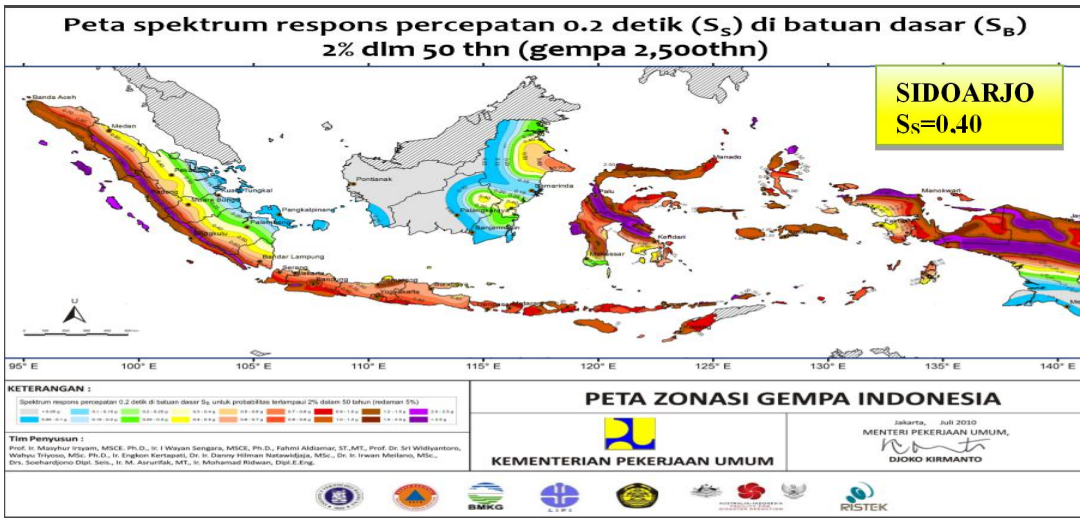
c. Model yang ketiga adalah model arah melintang yaitu untuk mensimulasikan dan menganalisis perilaku Penebalan *Slab* diatas Pipa beton pada saat menerima beban-beban yang bekerja.

Pada perencanaan struktur pile untuk Proyek ini ada beberapa asumsi yang digunakan, antara lain :

1) Pipa Beton yang digunakan adalah diameter 120 cm dengan tebal 8 cm.
2) Ada beberapa *Free standing* Pipa beton diantaranya 0 – 2 m dan 2 - 4 m terhitung dari muka tanah sampai bottom penebalan slab.
3) Berdasarkan peta tersebut, nilai PGA, S_S, dan S_1 untuk kota Sidoarjo dan sekitarnya adalah 0,25 ; 0,40 ; 0,20.

Berikut adalah Gambar 2.6.Peta Zona Gempa dari Puskim PU dan berdasarkan pada wilayah Sidoarjo.





Sumber : Puskim PU

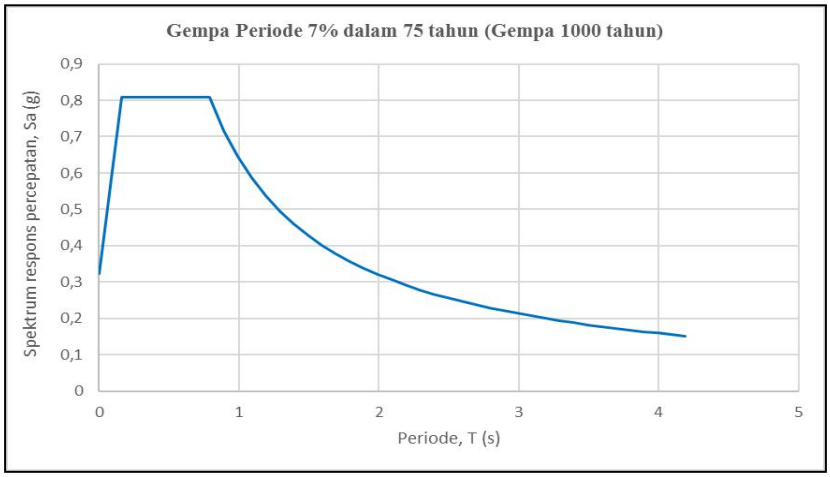
Gambar 2.6. Peta Zona Gempa (Puskim PU)

4) Berdasarkan RSNI 2833:201X Pasal 5.4.2 Koefisien respon gempa elastik adalah sebagai berikut:

5) Untuk $T < T_0$ maka $\mathbf{C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T/T_o + A_s}$

6) Untuk $T \geq T_0$ maka $\mathbf{C_{sm} = S_{DS}}$

7) Untuk $T \geq Ts$ maka $\mathbf{C_{sm} = S_{D1} / T}$



Sumber : Puskim PU

Gambar 2.7 Respon Spektrum

Menentukan zona gempa berdasarkan nilai S_{D1} kemudian menentukan koefisien modifikasi respons.

8) Faktor pengali untuk SAP2000 didapatkan dari rumus 1,25g / R

2.4 Peneliti Terdahulu

Penelitian terdahulu diambil dari jurnal imternasional dan nasional yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Daftar Peneliti terdahulu

No.	Tahun	Peneliti	Judul	Keterangan
01.	2013	Zan Young Xiang, Yao Hailin, Jiang Guan Lu	*Design Method of Pile-Slab Structure Roadbed of Ballastless Track on Soil Subgrade*	
02.	2011	Arif Budi Cahyono	Studi Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang *Piled Slab* (*Fly Over*) Jembatan Martadipura Tenggarong Kalimantan Timur	
03	2015	Gede Arya Wibawa, Made Sukrawa, I Nyoman Sutarja	Efisiensi Perencanaan Jembatan *Pile Slab* dengan Bentang Bervariasi (Studi Kasus: Jalan Tol Nusa Dua-Ngurah Rai-Benoa)	
04.	2015	Ir. H. Dindin Solakhuddin, M Tech	Kajian Teknis Perbandingan Penerapan Tipe	

			Konstruksi Cakar Ayam *Modified*, Konstruksi *Precast Road On Pile* dan Konstruksi *Pile Slab* Pada Pembangunan Jalan Tol Simpang Susun Warujuanda Sidoarjo, Jawa Timur	
05.	2005	Prof. DR. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc. DR. Ir. Hary Christadi Hardiyatmo, M.Eng.	Sistem Perkerasan Modifikasi Cakar Ayam (CAM) sebagai alternative solusi konstruksi jalan diatas tanah lunak, *expansif*, dan timbunan.	
06.	2010	Hary Christady Hardiyatmo Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.	Metode hitungan Lendutan, Momen dan Gaya lintang system Cakar Ayam untuk Perencanaan Perkerasan Jalan Beton.	

		Jl. Grafika no.2 Yogyakarta. e-mail: harychristady @ yahoo.com		
07.	2015	Anas Puri Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Riau, anaspuri@yahoo.com	Studi Parametrik Perkerasan jalan Beton Sistem Plat terpaku pada tanah dasar lunak.	

Penjelasan pada tabel 2.3 diatas adalah sebagai berikut :

1. ZHAN Young-xiang, YAO Hai-lin, JIANG Guan-lu, 2013, "Metode Desain Struktur Pile-Slab pada Tanah Subgrade". Struktur tiang-tiang merupakan struktur jalan bentuk baru dari jalur rel dengan ballast untuk kereta api kecepatan tinggi. Karena kurangnya kode desain yang sesuai, berdasarkan analisis karakteristik struktur dan persyaratan aplikasinya, diusulkan untuk melakukan kombinasi efek beban sesuai dengan keadaan batas akhir dan batas kemampuan servis, dan kombinasi masing-masing negara yang paling tidak menguntungkan dipilih untuk Melalui perhitungan perancangan struktur tiang pancang. Hasil ini dapat memberikan dasar ilmiah untuk struktur jalan dengan *piled slab* yang digunakan pada tanah dasar.

2. Arif Budi Cahyono, 2011, “Studi Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang *Piled Slab* (*Fly Over*) Jembatan Martadipura Tenggarong Kalimantan Timur”. Fondasi adalah struktur perantara yang berfungsi meneruskan beban bangunan di atasnya (termasuk beban sendiri) ke tanah tempat fondasi tersebut berpijak tanpa menyebabkan kerusakan tanah yang diikuti dengan terjadinya penurunan bangunan di luar batas toleransinya" Fondasi yang digunakan adalah tiang pancang yang merupakan fondasi dalam" Dasar pertimbangan pemilihan jenis fondasi ini adalah dari hasil data sondir yang menunjukkan bahwa daya dukung tanah dan lapisan tanah keras baru bisa dicapai pada kedalaman 40 meter dari permukaan tanah, karena jenis tanahnya adalah tanah rawa" Sehingga jenis pondasi yang cocok digunakan adalah pondasi tiang pancang.
3. Gede Arya Wibawa, Made Sukrawa, I Nyoman Sutarja, 2015, “Efisiensi Perencanaan Jembatan *Pile Slab* dengan bentang bervariasi (Studi Kasus: Jalan Tol Nusa Dua-Ngurah Rai-Benoa)”. Perbandingan efisiensi perencanaan jembatan *pile slab* pada jalan tol Nusa Dua-Ngurah Rai-Benoa telah dilakukan dengan membuat tiga model jembatan dengan panjang bentang 7,5, 10, dan 15 m. Pelat dimodel dengan *element shell* sedangkan *pile cap* dan tiang pancang dimodel dengan *element frame*. Interaksi tanah dengan tiang pancang dimodel sebagai *spring* dengan nilai konstanta bervariasi sesuai jenis tanahnya. Ketiga model dibebani sesuai

RSNI T-02-2005 dan direncanakan dengan dimensi minimal yang memenuhi syarat kekuatan dan kelayanan. Kemudian ketiganya dibandingkan harga dan waktu pelaksaaan strukturnya. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa model jembatan dengan panjang bentang 10 m paling efisiensi di antara ketiga disain. Selain itu, disain dengan bentang 10 m membutuhkan waktu pelaksanaan lebih pendek dari disain dengan bentang 7,5 m.

4. Ir. H. Dindin Solakhuddin, M Tech, 2015, "Kajian Teknis Perbandingan Penerapan Tipe Konstruksi Cakar Ayam *Modified*, Konstruksi *Precast Road On Pile* Dan Konstruksi *Pile Slab* Pada Pembangunan Jalan Tol Simpang Susun Waru-juanda Sidoarjo, Jawa Timur". Sebagaimana diketahui bahwa Pembangunan Jalan Tol Waru-Bandara Juanda ini sebagian besar ruasnya akan melintas tanah lunak (daerah rawa dan tambak) dengan rencana desain awal Jalan Tol diatas merupakan timbunan tanah dimana perbaikan tanah dasar dilakukan dengan pemasangan *PVD* (*Prefabricated Vertical Drain*) Dari bebarapa alternatif pilihan tipe konstruksi ditetapkan **"Konstruksi *Pile Slab*"**, dimana pemilihan ini didasarkan pada sasaran proyek yaitu cepat, mudah, kuat, biaya pemeliharaan minimum dan biaya konstruksi masih masuk koridor investasi dengan cara mensimulasikan bobot dan penilaian pada setiap kriteria yang telah ditetapkan.
5. Sistem **CAM** ini telah dikembangkan sejak tahun **1990** oleh **Prof. Dr. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc.**, utamanya dari aspek

pemodelan numeris yang memperhitungkan *soil-structure interaction* (interaksi antara struktur slab, pipa, dan tanah dasar) dalam mendukung beban, menggunakan *Nonlinear 3-D Finite Element Method*, yang sangat bermanfaat untuk dapat memahami parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja sistem, menjelaskan secara ilmiah mekanisme kerja sistem perkerasan CA dalam mendukung beban, sehingga *bearing capacity* dan *stiffness* sistem menjadi sangat besar meskipun berada di atas tanah lunak yang relatif tebal. Pemodelan numeris ini telah divalidasikan dengan hasil-hasil percobaan lapangan (*full scale experimental test*) di *apron* bandara Juanda - Surabaya, *runway* bandara Polinia - Medan, dan *runway* bandara Soekarno-Hatta Jakarta. Pemodelan numeris ini terus disempurnakan dengan data pengalaman terbaru yang terus berkembang. Pengembangan utamanya melalui percobaan-percobaan eksperimental di Laboratorium dengan skala tertentu telah dilakukan pula oleh **Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA**, sejak tahun **1998.** Pada perkembangan tahap berikutnya pemahaman melalui pemodelan numeris yang telah divalidasikan dengan berbagai percobaan lapangan, maupun pemodelan fisik di laboratorium tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan rancangan sistem perkerasan sesuai karakteristik beban yang akan bekerja, dan sekaligus megembangkan rumus-rumus praktis (*simplified design formula*) untuk memyususn Pedoman Perancangan dan membantu para

praktisi melakukan perancangan awal sistem perkerasan ini. Tahun 2003, setelah memahami mekanisme transfer beban sistem CA secara seksama, dilakukanlah pengembangan inovatif tahap berikutnya, yaitu dengan mengganti pipa-pipa beton Cakar Ayam dengan pipa-pipa baja galvanis tahan karat (terlapisi pula dengan *coaltar* tahan gores), oleh **Prof. Dr. Ir. Bambang Suhendro.**

6. Pembangunan jalan yang terletak di atas tanah bermasalah, seperti tanah-dasar sangat lunak dan tanah-dasar ekspansif masih menjadi masalah yang serius pada saat ini. Di Indonesia, untuk tanah-dasar lunak atau ekspansif ini, Sistem Cakar Ayam cocok digunakan (Hardiyatmo, 2008). Sistem Cakar Ayam yang terdiri dari pelat beton tebal 12 – 20 cm dan cakar-cakar (pipa-pipa) berdiameter 0,8 – 1,2 m, pan-jang 1,2 – 2 m yang berfungsi sebagai "paku" menjaga pelat agar selalu dalam kontak dengan tanah. Sistem Cakar Ayam sebagai perkerasan kaku, kecuali sangat cocok menahan beban kendaraan berat, juga menjamin biaya pemeliharaan yang sangat kecil. Pada saat ini, untuk perkerasan kaku, cakar yang pada waktu dulu di-buat dari pipa-pipa beton diganti dengan bahan dari pelat baja tebal 1,4 mm yang berukuran lebih kecil, yaitu berdia-meter 0,8 m dan panjang 1,2 m. Sistem Cakar Ayam ini disebut Sistem Cakar Ayam Modifikasi.

   Dalam perancangan Sistem Cakar Ayam sebagai perkeras-an kaku (*rigid pavement*), maka diperlukan nilai-nilai lendutan, momen dan gaya lintang yang dapat dilakukan secara analitis dengan aplikasi

metoda balok pada fondasi elastis (Hardiyatmo et al, 2000) atau dengan analisis elemen hingga (Suhendro, 2006).

7. Perkerasan Sistem Pelat Terpaku (*nailed-slab system*) dipekenalkan oleh Hardiyatmo (2008). Gambar 2 mengilustrasikan perbandingan perkerasan kaku konvensional dengan perkerasan sistem pelat terpaku dan perlawanan tiang terhadap beban.Perkerasan kaku diperkuat dengan tiang-tiang pendek.Tiang-tiang tersebut berfungsi laksana paku bagi pelat beton, serta menambah kuat dukung tanah dan mengurangi faktor kehilangan dukungan (*loss support factor, LS*), sehingga meningkatkan modulus reaksi *subgrade* vertikal efektif. Alhasil, terjadi efisiensi pada pelat beton. Hardiyatmo (2009) merekomendasikan metode analisis lendutan pelat fleksibel menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekivalen.

   Analogi dengan sistem cakar ayam, maka Sistem Pelat Terpaku juga diharapkan berfungsi sebagai angkur pada beban rendah dan sekaligus berfungsi sebagai perlawanan lendutan pada beban berat. Kinerjanya pun *Annual Civil Engineering Seminar 2015, pekanbaru* 307

   diharapkan serupa dengan kinerja sistem cakar ayam, namun dengan konstruksinya yang lebih kecil maka akan diperoleh keuntungan berupa pelaksanaan yang lebih praktis dan biaya konstruksi yang sedikit lebih rendah dibanding penggunaan cakar ayam.