

Spesifikasi tiang pancang penampang bulat berongga prategang

Hak cipta Badan Standardisasi Nasional. Salinan standar ini dibuat oleh BSN untuk Ita Lisdiana | ASOSIASIAP31 |
apppi_pusat@yahoo.com

© BSN 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN

Email: dokinfo@bsn.go.id

www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Daftar gambar	ii
Daftar tabel	iii
Prakata	iv
Pendahuluan.....	v
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah, definisi, dan notasi	1
3.1 Istilah dan definisi	1
3.2 Notasi	3
4 Klasifikasi.....	3
5 Kinerja	5
5.1 Kinerja tiang pancang	5
5.2 Kekuatan lentur.....	6
6 Bentuk, dimensi, dan toleransi dimensi	6
6.1 Bentuk	6
6.2 Dimensi dan toleransi dimensi	7
7 Kualitas beton	8
7.1 Material dan metode produksi.....	8
7.2 Kekuatan tekan yang disyaratkan	8
8 Pengaturan tulangan (posisi tulangan prategang dan tulangan baja)	8
9 Pelat sambung.....	9
10 Metode pengujian	10
10.1 Uji kekuatan tekan beton	10
10.2 Uji kekuatan lentur	10
10.3 Uji kekuatan geser	11
11 Pemeriksaan tiang pancang	12
11.1 Pemeriksaan akhir.....	12
11.2 Pemeriksaan untuk pengiriman.....	13
11.3 Pemilihan sampel untuk pemeriksaan.....	13
12 Penandaan	14
13 Lain-lain.....	14
Lampiran A (Informatif) Berat tiang pancang beton pratarik	15
Lampiran B (Informatif) Kapasitas geser tiang	16
Lampiran C (Informatif) Diagram interaksi tiang pancang	17
Lampiran D (Informatif) Contoh sambungan tiang pancang	22
Lampiran E (Informatif) Diagram alir kriteria penerimaan kinerja.....	23
Bibliografi.....	24

Daftar gambar

Gambar 1 – Contoh bentuk tiang pancang.....	7
Gambar 2 – Pengukuran toleransi	8
Gambar 3 – Penyambungan tiang pancang.....	10
Gambar 4 – Metode pembebanan uji kekuatan lentur	10
Gambar 5 – Metode pembebanan uji kekuatan geser (pembebanan dengan balok 2 tumpuan sederhana)	11
Gambar 6 – Metode pembebanan uji kekuatan geser (pembebanan dengan balok 2 tumpuan sederhana melajur)	12
Gambar C.1 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 300 mm	17
Gambar C.2 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 350 mm	17
Gambar C.3 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 400 mm	18
Gambar C.4 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 450 mm	18
Gambar C.5 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 500 mm	19
Gambar C.6 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 600 mm	19
Gambar C.7 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 800 mm	20
Gambar C.8 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 1.000 mm	20
Gambar C.9 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 1.200 mm	21
Gambar D.1 – Sambungan tiang pancang	22
Gambar E.1 – Diagram alir kriteria penerimaan kinerja.....	23

Daftar tabel

Tabel 1a – Klasifikasi momen lentur tiang pancang (gaya aksial = 0 kN)	4
Tabel 1b – Kapasitas aksial tiang pancang	5
Tabel 2 – Kinerja tiang pancang	6
Tabel 3 – Dimensi dan toleransi dimensi tiang pancang ¹⁾	7
Tabel 4 – Minimum selimut beton	9
Tabel A.1 – Berat tiang pancang beton pratarik	15
Tabel B.1 – Kapasitas geser tiang	16
Tabel D.1 – Tebal las perlu minimal	22

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 9156:2023 dengan judul “*Spesifikasi tiang pancang penampang bulat berongga prategang*” merupakan standar baru yang disusun dengan jalur metode pengembangan sendiri dan ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional Tahun 2023.

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-06 Pekerjaan Teknik Sipil dan Bangunan Gedung, yang telah dibahas dalam forum Rapat Konsensus pada tanggal 8 Oktober 2021 di Bandung. Forum rapat konsensus ini dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait.

Standar ini juga telah melalui jajak pendapat pada tanggal 25 Januari 2023 sampai dengan 23 Februari 2023 dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Pendahuluan

Standar ini menetapkan spesifikasi dan metode pengujian tiang pancang beton penampang bulat berongga prategang yang diproduksi menggunakan sistem sentrifugal/putar dan digunakan sebagai fondasi dalam dari struktur bangunan. Beberapa persyaratan dari standar ini mengacu pada SNI 2847 sebagai referensi utama dan standar dari luar negeri sebagai pelengkap.

Standar ini dirumuskan dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Penyeragaman spesifikasi dan kualitas produk tiang pancang penampang bulat berongga prategang bagi seluruh pelaku usaha beton pracetak guna mewujudkan persaingan yang sehat,
- b. Memberikan perlindungan kepada pengguna/pemilik proyek bahwa produk yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan teknis,
- c. Memudahkan pengguna untuk pemilihan produk yang tepat sesuai kebutuhan.

Spesifikasi tiang pancang penampang bulat berongga prategang

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan klasifikasi, spesifikasi, kinerja, bentuk, dimensi, toleransi dimensi, metode pengujian, kriteria penerimaan, dan penandaan tiang pancang beton penampang bulat berongga prategang pratarik (selanjutnya disebut sebagai tiang pancang) yang diproduksi dengan sistem sentrifugal/putar dan digunakan terutama sebagai fondasi dalam dari suatu struktur bangunan.

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan atau amendemennya).

SNI 07-0053, Batang kawat baja karbon rendah

SNI 03-2495, Bahan tambahan untuk beton, Spesifikasi

SNI 1155, Kawat baja tanpa lapisan untuk konstruksi beton pratekan (*PC Wire / KBjP*)

SNI 1974, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak

SNI 2049, Semen portland

SNI 2052, Baja tulangan beton

SNI 2460, Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton

SNI 2493, Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium

SNI 2834, Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

SNI 2847, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan

SNI 7064, Semen portland komposit

SNI 7563, Spesifikasi profil, pelat, dan batang tulangan baja struktural dari baja karbon dan baja paduan rendah kekuatan tinggi, serta pelat baja struktural paduan hasil quen dan temper untuk jembatan

SNI 7701, Kawat baja kuens (quench) temper untuk konstruksi beton pratekan (*PC Bar / KBjP-Q*)

SNI 7974, Spesifikasi air pencampur untuk produksi beton semen hidroaulis

SNI 8321, Spesifikasi agregat beton

ASTM C494M, *Standard specification for chemical admixtures for concrete*

3 Istilah, definisi, dan notasi

3.1 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dalam dokumen ini, istilah dan definisi di bawah ini digunakan.

3.1.1

aksial izin

kemampuan tiang menahan gaya aksial pada saat layan dengan mempertimbangkan kondisi tegangan layan dan tidak memperhitungkan momen lentur

3.1.2

aksial nominal

kapasitas penampang tiang menahan gaya aksial ketika regangan beton mencapai 0,003

3.1.3

beban layan atau beban kerja

beban yang direncanakan akan bekerja pada komponen struktur. Selama umur layan bangunan

3.1.4

durabilitas

kemampuan tiang pancang dalam menahan pengaruh lingkungan yang relevan dipertimbangkan dalam desain tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu layannya

3.1.5

kinerja tahap akhir

kemampuan tiang pancang untuk menerima beban maksimum sebelum patah

3.1.6

momen hancur/patah

momen lentur tiang pancang yang menyebabkan tiang mengalami hancur ketika tiang tersebut sudah melampaui momen nominal

3.1.7

momen nominal

kapasitas momen lentur suatu penampang tiang dimana regangan tekan maksimum beton adalah 0,003

3.1.8

momen retak

momen pada tiang pancang yang mengakibatkan retak lentur pada penampang akibat beban terapan luar, kN.m (SNI 2847)

3.1.9

momen ultimit

momen yang harus ditahan oleh elemen struktur akibat kombinasi beban terfaktor

3.1.10

pratarik

pemberian gaya prategang dengan menarik tulangan prategang sebelum beton dicor

3.1.11

prategang efektif

tegangan yang masih bekerja pada tulangan prategang setelah semua kehilangan gaya prategang terjadi, di luar pengaruh beban mati dan beban tambahan

3.1.12

tiang pancang penampang bulat berongga prategang

tiang pancang berpenampang bulat berongga yang diproduksi dengan sistem sentrifugal dan menggunakan sistem prategang pratarik selanjutnya disebut tiang pancang

3.1.13

uji kekuatan lentur

pengujian tiang pancang dengan beban uji pada dua titik untuk mengetahui kapasitas lentur

3.1.14

uji kekuatan tekan

pengujian untuk mengetahui besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji silinder beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan

3.2 Notasi

A	= panjang bentang lentur (<i>span</i>) perangkat pembebanan (m) $A=1,0$ m
B	= panjang bentang (<i>span</i>) (m)
D	= diameter luar (m)
F	= beban pengujian (kN)
f	= kelurusan tiang pancang (m)
g	= percepatan gravitasi (9,81 m/detik ²)
L	= panjang tiang pancang (m)
M	= momen lentur pengujian (kN.m)
m	= massa tiang pancang (t)
Q	= kekuatan geser (kN)
t	= ketebalan (m)
ω	= berat satuan volume tiang pancang beton pratarik (t/m ³)

4 Klasifikasi

Klasifikasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 1.

SNI 9156:2023

Tabel 1a – Klasifikasi momen lentur tiang pancang (gaya aksial = 0 kN)

Diameter Luar (mm)	Kelas	Ketebalan (mm)	Panjang (m)	Prategang Efektif (MPa)	Momen Retak (Mcr) (kN.m)	Momen Nominal (Mn) (kN.m)
300	A1	60	6-13	4,89	24,5	39,9
	A2			6,37	26,9	50,6
	A3			7,75	29,4	60,4
	B		6-15	9,06	34,3	69,3
	C			11,45	39,2	83,8
350	A1	65	6-13	3,87	34,3	48,8
	A2			5,06	39,2	62,2
	A3			7,30	44,1	86,8
	B		6-16	8,34	49,0	97,8
	C			10,84	58,9	121,7
400	A1	75	6-13	3,92	44,1	73,8
	A2			4,82	54,0	89,4
	A3			6,56	63,8	118,2
	B		6-17	8,95	73,6	155,7
	C			10,96	88,3	183,8
450	A1	80	6-15	4,02	73,6	110,9
	A2			5,50	83,4	139,1
	A3			7,58	98,1	186,3
	B		6-18	8,87	107,9	214,1
	C			11,22	122,6	260,0
500	A1	90	6-16	4,49	103,0	159,9
	A2			6,23	122,6	216,2
	A3			7,33	137,3	250,9
	B		6-19	8,38	147,2	283,0
	C			10,89	166,8	353,5

Diameter Luar (mm)	Kelas	Ketebalan (mm)	Panjang (m)	Prategang Efektif (MPa)	Momen Retak (Mcr) (kN.m)	Momen Nominal (Mn) (kN.m)
600	A1	100	6-17	4,28	166,8	251,4
	A2			5,15	186,4	298,2
	A3			7,23	215,8	409,7
	B		6-21	8,47	245,2	473,2
	C			10,76	284,5	581,4
800	A1	120	6-20	4,64	392,4	594,7
	A2			5,90	451,3	745,3
	A3			7,11	500,3	886,4
	B		6-24	8,52	539,6	1.044
	C			11,17	637,6	1.311
1.000	A1	140	6-23	4,71	735,8	1.123
	A2			5,58	804,4	1.316
	A3			6,82	912,3	1.591
	B		6-28	8,30	1.030	1.904
	C			10,46	1.177	2.372
1.200	A1	150	6-26	4,80	1.177	1.816
	A2			6,11	1.275	2.284
	A3			7,14	1.422	2.640
	B		6-30	9,47	1.668	3.504
	C			10,85	1.962	3.939

CATATAN:

- Dimensi di luar tabel harus berdasarkan kesepakatan antarpihak yang berkepentingan.
- Panjang tiang berdasarkan pengangkatan tiang saat pemancangan menggunakan satu titik angkat pada posisi satu meter dari atas tiang. Untuk panjang tiang di luar tabel harus memperhitungkan kapasitas lentur tiang pancang maupun kelangsingan tiang saat pemancangan.
- Tiang pancang mempunyai penampang yang sama pada keseluruhan panjang.
- Diagram interaksi tercantum dalam lampiran.
- Momen nominal belum memasukkan faktor reduksi kekuatan (ϕ)

Tabel 1b – Kapasitas aksial tiang pancang

Diameter luar (mm)	Kelas	Beban aksial izin (kN)	Beban aksial nominal (kN)	Diameter luar (mm)	Kelas	Beban aksial izin (kN)	Beban aksial nominal (kN)
300	A1	717	1.867	600	A1	2.514	6.540
	A2	698	1.827		A2	2.476	6.457
	A3	681	1.789		A3	2.388	6.261
	B	665	1.754		B	2.336	6.144
	C	636	1.689		C	2.239	5.929
350	A1	937	2.437	800	A1	4.078	10.618
	A2	919	2.396		A2	3.990	10.423
	A3	884	2.318		A3	3.906	10.237
	B	867	2.281		B	3.809	10.020
	C	828	2.194		C	3.625	9.613
400	A1	1.233	3.205	1.000	A1	6.009	15.649
	A2	1.214	3.163		A2	5.921	15.453
	A3	1.178	3.083		A3	5.794	15.170
	B	1.128	2.973		B	5.643	14.836
	C	1.087	2.881		C	5.422	14.345
450	A1	1.494	3.886	1.200	A1	7.850	20.445
	A2	1.457	3.803		A2	7.675	20.057
	A3	1.405	3.687		A3	7.538	19.752
	B	1.373	3.616		B	7.226	19.059
	C	1.314	3.484		C	7.041	18.649
500	A1	1.848	4.812				
	A2	1.794	4.690				
	A3	1.759	4.614				
	B	1.726	4.541				
	C	1.648	4.366				

CATATAN:

- Besar kapasitas beban aksial izin dihitung menggunakan rumus $(0,33 f'_c - 0,27 f_{pc}) A_c$.¹⁾
- Besar kapasitas beban aksial nominal dihitung menggunakan rumus $(0,85 f'_c - 0,6 f_{pc}) A_g$.²⁾

5 Kinerja**5.1 Kinerja tiang pancang**

Kinerja tiang pancang harus sesuai dengan ketentuan pada Tabel 2.

¹⁾ Merujuk pada Bibliografi [3] ACI 543, *Guide Design Manufacture, and Installation of Concrete Piles*, American Concrete Institute, Halaman 20

²⁾ Merujuk pada Bibliografi [5] PCI Industry Handbook Committee, *Precast and Prestressed Concrete*, PCI Design Handbook 7th Edition, 2010.

Tabel 2 – Kinerja tiang pancang

Bagian kinerja	Kinerja	Metode pemeriksaan kinerja
Kinerja pada saat layan	Harus aman terhadap beban layan yang diasumsikan bekerja pada saat penggunaan, dan lebar retak harus kurang dari nilai yang diizinkan	Lihat Pasal 10 dan Pasal 11
Kinerja saat hancur	Tidak boleh hancur akibat beban yang diasumsikan bekerja pada waktu tahap akhir	Lihat Pasal 10 dan Pasal 11
Durabilitas ^{a)}	Tidak terjadi kerusakan akibat pengaruh lingkungan	Lihat ketentuan pada SNI 2847 berdasarkan data kelas paparan dari pemberi kerja
Kemungkinan dapat dilaksanakan	Kemungkinan dapat dilaksanakan pada saat transportasi, instalasi, pemasangan, dan lainnya harus dijamin	

Keterangan:

^{a)} : Durabilitas dapat dilihat pada ketentuan SNI 2847 berdasarkan kelas paparan, tipe semen, rasio air-semen, selimut beton yang menutupi tulangan dan sebagainya.

5.2 Kekuatan lentur

Kekuatan lentur badan tiang pancang dan sambungan tiang pancang sebagai berikut:

- Badan tiang pancang.
Badan tiang pancang tidak mengalami retak pada saat tiang pancang dibebani momen retak dan tidak patah pada saat dibebani momen nominal, seperti ditentukan dalam Pasal 10.2 dan Tabel 1.
- Sambungan tiang pancang.
Sambungan tiang pancang tidak rusak pada saat tiang pancang dibebani momen nominal seperti Pasal 10.2 dan Tabel 1.

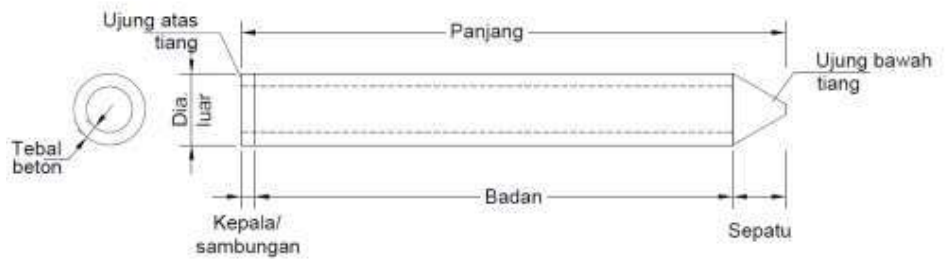
6 Bentuk, dimensi, dan toleransi dimensi**6.1 Bentuk**

Tiang pancang mempunyai badan berbentuk silinder berongga dengan penampang yang sama pada keseluruhan panjang, mempunyai ujung bawah tiang yang sesuai, sambungan dan ujung kepala, jika diperlukan.

Ujung bawah tiang, sambungan dan ujung kepala termasuk dalam panjang tiang pancang. Perlengkapan logam yang dilekatkan pada ujung tiang pancang (misal sepatu pancang khusus) setelah pabrikasi, tidak dimasukkan kedalam panjang tiang pancang. Bentuk dan dimensi tiang pancang ditentukan dalam Gambar 1 dan Tabel 1.



(a) Tiang pancang segmen atas/tengah/bawah dengan sepatu baja datar (flat steel shoe)



(b) Tiang segmen bawah/tunggal dengan sepatu tipe pensil

Gambar 1 – Contoh bentuk tiang pancang

6.2 Dimensi dan toleransi dimensi

Klasifikasi dimensi dan toleransi dimensi produk harus seperti ditentukan dalam Tabel 3.

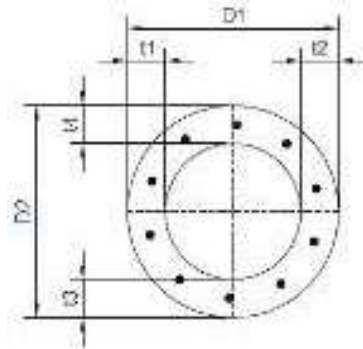
Tabel 3 – Dimensi dan toleransi dimensi tiang pancang ³⁾

Dimensi	Satuan	Toleransi
Diameter luar (D)		
300 – 600	mm	+5 -2
800 – 1.200	mm	+7 -4
Ketebalan (t)	mm	+10 -0
Panjang (L)	m	$\pm 0,3 \% \times L$
Kelurusan tiang (f)	m	Maksimum $0,1 \% \times L$
CATATAN: - Satuan panjang (L) dalam meter. - Panjang tiang pancang direncanakan dengan kelipatan penambahan 1 m. - Tiang pancang dengan panjang melebihi ketentuan Tabel 1 dapat digunakan. Dalam hal ini, nilai kinerjanya harus berdasarkan kesepakatan antara pihak-pihak yang berkepentingan. - Diameter luar tiang pancang ditentukan berdasarkan rata-rata dua pengukuran yang diambil pada dua sumbu yang saling tegak lurus pada bagian penampangnya (Gambar 2.a). - Ketebalan tiang pancang ditentukan berdasarkan rata-rata dari empat pengukuran yang diambil pada empat sumbu yang saling tegak lurus pada bagian penampangnya (Gambar 2.a).		

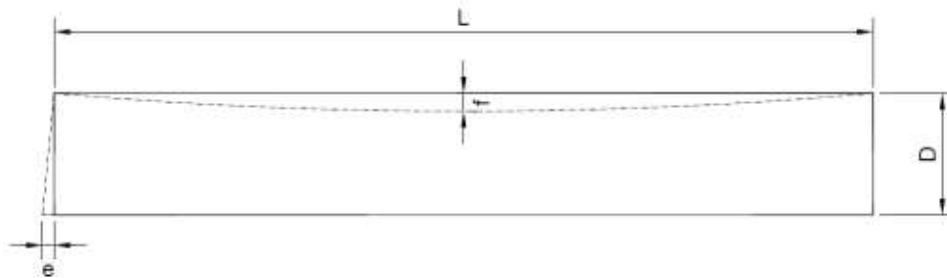
Konektivitas (kemiringan permukaan sambungan) antara permukaan sambungan harus tegak lurus dengan garis sumbu tiang pancang dengan batas penyimpangan 1 mm per 300 mm.

³⁾ Merujuk pada Bibliografi [2] JIS A5373, *Precast Prestressed Concrete Product*, Halaman 108

Untuk pengukuran kemiringan permukaan sambungan, diameter luar tiang pancang ditentukan berdasarkan rata-rata dua pengukuran yang diambil pada dua sumbu yang saling tegak lurus pada bagian penampangnya dan besarnya kemiringan diameter luar tiang pancang harus diukur dengan menggunakan alat ukur siku (Gambar 2.b).



(a) Pengukuran diameter dan ketebalan tiang pancang



(b) Pengukuran panjang, kelurusan dan akurasi permukaan pelat sambung

Gambar 2 – Pengukuran toleransi

7 Kualitas beton

7.1 Material dan metode produksi

Material untuk beton untuk tiang pancang terdiri dari semen, agregat, air, dan material tambahan yang ditetapkan dalam SNI 2049/SNI 7064, SNI 8321, SNI 7974, SNI 2460, SNI 03-2495, dan ASTM C494M. Metode pemadatan tiang pancang adalah menggunakan sistem sentrifugal/putar. Komposisi beton yang digunakan harus menyesuaikan terhadap sistem ini sehingga dihasilkan produk yang mempunyai tingkat kepadatan beton baik.

7.2 Kekuatan tekan yang disyaratkan

Kekuatan tekan beton (f'_c) yang disyaratkan digunakan untuk produksi tiang pancang tidak boleh kurang dari 52 MPa. Selain itu, kekuatan tekan pada saat prategang awal (f'_{ci}) harus mencapai 26 MPa atau lebih.

8 Pengaturan tulangan (posisi tulangan prategang dan tulangan baja)

Tulangan baja prategang yang digunakan sebagai tulangan longitudinal tiang pancang harus seperti ditentukan dalam, SNI 1155, SNI 7701, maupun pada dokumen perencanaan serta tulangan spiral maupun tulangan tambahan memenuhi ketentuan dari SNI 2052, SNI 07-0053.

Pengaturan tulangan tiang pancang harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Untuk tulangan prategang dan tulangan baja arah longitudinal diatur dengan konfigurasi simetris terhadap penampang beton, rasio tulangan terhadap total luas penampang adalah 0,4 % atau lebih, dan jumlah tulangan prategang adalah enam atau lebih. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa kekuatan lentur tiang pancang sama besar pada semua arah. Jarak antara tulangan prategang dan tulangan baja harus sama atau lebih besar dari diameter tulangan dan lebih dari 4/3 dimensi maksimum agregat kasar.
- Tulangan spiral dipasang di sisi luar tulangan prategang dan baja tulangan dalam arah transversal. Diameter kawat tulangan spiral adalah 3 mm atau lebih untuk tiang pancang dengan diameter lebih kecil sama dengan 500 mm, 4 mm atau lebih untuk tiang pancang diameter 600 mm – 1.000 mm, dan 5 mm atau lebih untuk tiang pancang 1.200 mm. Jarak tulangan spiral adalah 50 mm - 120 mm.
- Jumlah tulangan spiral yang disyaratkan untuk peningkatan ketahanan tiang terhadap geser dan kinerjanya dalam berdeformasi harus berdasarkan kesepakatan antara pihak-pihak yang berkaitan dengan pemesanan. Untuk keperluan tersebut, diameter dan jarak spiral dapat disesuaikan dengan memperhatikan ukuran agregat kasar seperti pada butir a.
- Selimut beton untuk tulangan prategang dan tulangan spiral adalah seperti ditentukan dalam Tabel 4:

Tabel 4 – Minimum selimut beton

Satuan dalam milimeter

Diameter luar (D)	Selimut beton
300 – 350	20 ^{a)}
400 – 600	30
800	40
1.000 – 1.200	50

Keterangan:

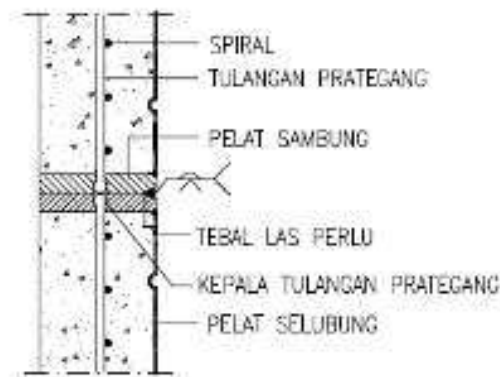
^{a)} : Umum digunakan sebagai fondasi pada struktur ringan pada lingkungan non korosif.

- Tulangan baja dan tulangan prategang harus bersih dari kerak-kerak yang lepas, minyak dan lain-lain yang dapat merusak lekatannya terhadap beton, dan harus dirakit serta dipastikan pada posisi yang benar.

9 Pelat sambung

Pelat sambung digunakan harus memenuhi SNI 7563 minimum kelas 250 dengan kekuatan luluh sebesar 250 MPa. Pelat sambung tiang pancang umumnya terdiri dari dua bagian yaitu pelat sambung dan pelat selubung. Dimensi pelat sambung harus sama dengan diameter dan ketebalan beton tiang pancang, tinggi pelat selubung minimal 80 mm dengan ketebalan pelat selubung minimal 1,6 mm. Tebal pelat sambung harus mampu menahan gaya pratekan yang diberikan saat proses produksi dan mampu menahan beban momen lentur seperti diatur pada Pasal 5.2.

Sambungan antar segmen tiang menggunakan sistem sambungan las/mekanikal. Sambungan las berpedoman pada SNI 1729, dengan jenis las tumpul (*butt weld*).



Gambar 3 – Penyambungan tiang pancang

10 Metode pengujian

10.1 Uji kekuatan tekan beton

Kekuatan tekan beton yang disyaratkan adalah berdasarkan benda uji silinder yang dibuat dengan perawatan yang sama dengan produk sebagaimana yang ditetapkan dalam SNI 2834, SNI 1974, dan SNI 2493. Jumlah pengambilan sampel silinder untuk satu uji kekuatan mengacu pada SNI 2847 minimal satu kali dalam sehari atau setiap pengecoran beton dengan volume 110 m³.

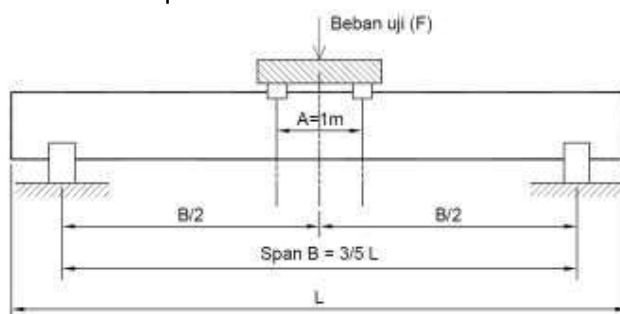
10.2 Uji kekuatan lentur

Pengujian kekuatan lentur harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan:

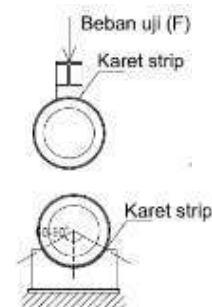
- Kekuatan lentur badan tiang pancang diuji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Panjang bentang atau span (B) adalah 3/5 dari panjang tiang pancang (L). Beban uji (F) diaplikasikan di tengah bentang, dan beban uji (F) dihitung dari momen lentur berdasarkan rumus berikut:

$$F = \frac{40M - mgL}{6L - 10A} \quad (1)$$

Jika ada kemungkinan terjadinya patah setempat di titik pembebanan atau tumpuan, sebelum terjadi patah akibat momen lentur pada tiang pancang, maka kondisi tersebut harus diantisipasi.



a. Skema pengujian



b. Perletakan dan dudukan beban

Gambar 4 – Metode pembebanan uji kekuatan lentur ⁴⁾

⁴⁾ Merujuk pada Bibliografi [2] JIS A5373, Precast Prestressed Concrete Product, Halaman 109

Bentuk perletakan dan dudukan beban mengikuti kelengkungan tiang pancang.

Ketika pengaruh gaya geser menjadi besar saat uji kekuatan lentur (terjadi keruntuhan geser pada tumpuan atau titik beban lebih dahulu dibandingkan dengan lentur pada tengah bentang), maka panjang bentang B dibuat lebih besar dari $3/5 L$. Dalam hal ini, beban uji dihitung dari momen lentur berdasarkan rumus berikut.

$$F = \frac{8M - mg(2B - L)}{2(B - A)} \quad (2)$$

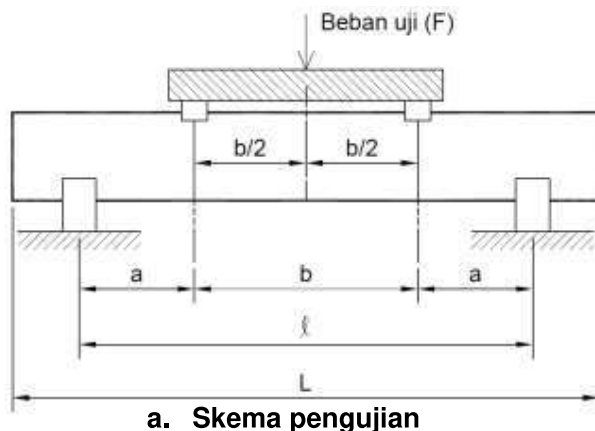
- b) Harus dipastikan bahwa tiang pancang tidak patah ketika terkena beban (F) yang sama dengan momen lentur patah.
- c) Untuk uji kekuatan lentur pada sambungan, ikatan sambungan harus dibuat tepat di tengah bentang, kemudian, prosedur a) dan b) dapat dilaksanakan.

10.3 Uji kekuatan geser

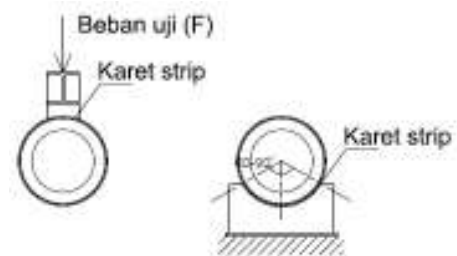
Uji kekuatan geser badan tiang pancang dilakukan dengan menggunakan metode yang ditunjukkan dalam Gambar 5 dan Gambar 6. Saat menggunakan metode yang ditunjukkan pada Gambar 5, beban muatan dihitung dari kekuatan geser berdasarkan rumus berikut.

Jika ada kemungkinan terjadinya patah setempat (*local failure*) di titik pembebanan atau di tumpuan sebelum geser patah (*shear failure*) terjadi pada tiang pancang, tindakan pencegahan harus diambil.

$$F = 2Q \quad (3)$$



a. Skema pengujian



b. Perletakan dan dudukan beban

Keterangan gambar:

- b = panjang lentur; $b = 1,0 \text{ m}$
- a = panjang geser (m); $a = 1,0D$

Gambar 5 – Metode pembebanan uji kekuatan geser (pembebanan dengan balok 2 tumpuan sederhana)⁵⁾

⁵⁾ Merujuk pada Bibliografi [2] JIS A5373, *Precast Prestressed Concrete Product*, Halaman 112

Jarak antar tumpuan (m) dari contoh adalah 1,25D sampai 2,0D.

Terutama, ketika melakukan uji geser ultimit (*shear failure test*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, dan beban muatan dihitung dari kekuatan geser berdasarkan rumus berikut.

$$F = \frac{Q(2a + b)}{b} \quad (4)$$

Keterangan:

F = beban muatan (kN)

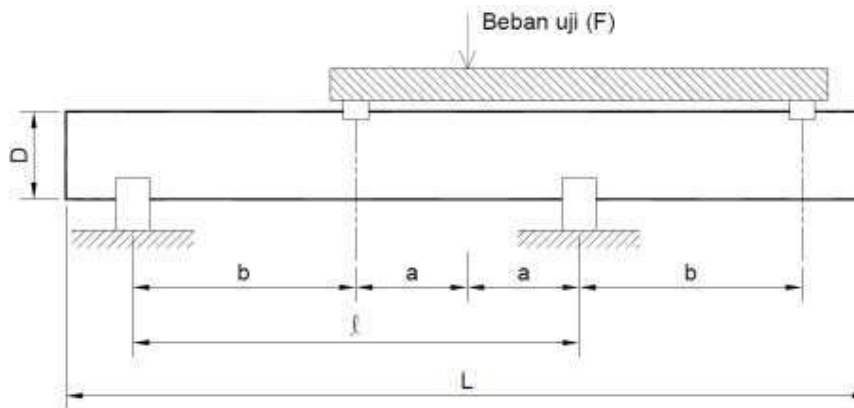
Q = kekuatan geser (kN)

b = jarak antara beban titik dan tumpuan luar (m)

a = panjang geser (m); $a = D - t/2$

t = ketebalan (m)

D = diameter luar (m)



Keterangan gambar:

b = panjang lentur ; $b = 1.0$ m

a = panjang geser ; $a = 1.0D$ m

Gambar 6 – Metode pembebanan uji kekuatan geser (pembebanan dengan balok 2 tumpuan sederhana melajur)⁶⁾

11 Pemeriksaan tiang pancang

Pemeriksaan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan:

11.1 Pemeriksaan akhir

1) Kondisi visual, bentuk dan dimensi

Untuk kondisi visual, bentuk dan dimensi, pemeriksaan harus dilakukan pada semua produk atau diambil secara acak setiap 100 batang atau minimal satu kali sehari berdasarkan karakteristik produk, metode pengerjaan, jumlah produksi, dan lainnya. Permukaan beton harus terbebas dari cacat, retak, keropos, lengkungan maupun puntir yang dapat mempengaruhi kinerja tiang pancang saat digunakan. Bentuk dan dimensi produk harus memenuhi toleransi sebagaimana yang dipersyaratkan pada Pasal 6.1 dan 6.2. Pemeriksaan dapat dibantu dengan menggunakan alat uji non destruktif (*NDT*) untuk mengetahui kondisi produk. Bila dalam pemeriksaan secara acak ditemukan

⁶⁾ Merujuk pada Bibliografi [2] JIS A5373, *Precast Prestressed Concrete Product*, Halaman 112

ketidaksesuaian, maka dilakukan pemeriksaan pada semua produk dan mengeliminasi produk yang tidak memenuhi persyaratan.

2) Kinerja

Untuk pemeriksaan kinerja, sampel diambil secara acak. Ketika kinerja diperiksa harus ada korelasi antara sampel dan produk yang dibuat. Pada pemeriksaan kinerja, sampel diambil sebanyak paling tidak satu kali dari setiap produksi 3.000 batang atau sesuai permintaan pelanggan.

3) Kriteria penerimaan kinerja

Untuk pemeriksaan kekuatan lentur retak badan (momen retak), dua tiang pancang secara acak diambil dalam satu kelompok dan diperiksa seperti ditentukan dalam Pasal 10.2.

- a. Jika keduanya sesuai dengan Pasal 5.2, kelompok tersebut harus diterima.
- b. Jika salah satu atau kedua tiang pancang tidak sesuai, kelompok tersebut harus diperiksa ulang.
 - Dalam pemeriksaan kembali, 4 atau lebih tiang pancang diambil dari kelompok tersebut, dan jika semuanya sesuai dengan ketentuan, kelompok tersebut dapat diterima setelah produk sebelumnya yang tidak memenuhi persyaratan dieliminasi.
 - Jika satu atau lebih dari keempatnya tidak sesuai dalam pemeriksaan ulang ini, kelompok tersebut diuji ulang dengan jumlah sampel kelipatan dua dari pengujian sebelumnya.
 - Jika seluruh tiang pancang memenuhi Pasal 5.2, maka kelompok tersebut dapat diterima, dan jika salah satu atau lebih tidak memenuhi Pasal 5.2, maka kelompok tersebut harus ditolak.
- c. Kekuatan lentur nominal badan tiang pancang harus diperiksa sebagai berikut.
 - Satu dari dua tiang pancang pertama untuk pemeriksaan Kekuatan lentur retak diperiksa seperti ditentukan dalam Pasal 10.2.
 - Jika hasil pemeriksaannya sesuai dengan Pasal 5.2, maka kelompok tersebut dapat diterima.
 - Jika hasil pemeriksaannya tidak sesuai dengan Pasal 5.2, dua atau lebih tiang pancang diambil dari kelompok tersebut untuk pemeriksaan ulang, dan jika keduanya sesuai dengan ketentuan, maka kelompok tersebut dapat diterima, setelah produk sebelumnya yang tidak memenuhi persyaratan dieliminasi.
 - Jika satu atau lebih dari keduanya tidak sesuai dalam pemeriksaan ulang ini, kelompok tersebut harus diuji ulang dengan jumlah sampel kelipatan dua dari pengujian sebelumnya.
 - Jika tidak satupun dari memenuhi Pasal 5.2, maka kelompok tersebut harus ditolak.

11.2 Pemeriksaan untuk pengiriman

Pemeriksaan untuk pengiriman tiang pancang dilakukan berdasarkan kondisi visual, bentuk dan dimensi. Pemeriksaan untuk pengiriman boleh diabaikan berdasarkan kesepakatan antara pihak-pihak yang berkepentingan.

11.3 Pemilihan sampel untuk pemeriksaan

Jumlah sampel untuk pemeriksaan ditentukan berdasarkan kesepakatan antar pihak yang berkepentingan. Sampel untuk pemeriksaan akhir ditentukan oleh pabrik dengan mempertimbangkan karakteristik produk, metode pengerjaan, jumlah produksi, dan lainnya. Untuk pemeriksaan pengiriman, sampel ditentukan oleh pembeli yang berdasarkan kesepakatan antara pihak-pihak yang berkepentingan.

12 Penandaan

Penandaan produk tiang pancang harus mengandung informasi mengenai:

- a. Klasifikasi atau singkatannya mencantumkan informasi mengenai diameter, kelas, tipe segmen dan panjang tiang pancang.
- b. Nama produsen atau logo perusahaan.
- c. Tanggal pembuatan dan nomer produksi.

13 Lain-lain

Hal-hal yang berkaitan dengan:

- a. *Handling*/instalasi.
- b. Detail sambungan tiang pancang dengan *pile cap*.
- c. Desain khusus untuk daerah gempa. Perencanaan fondasi dengan tiang pancang bulat berongga prategang untuk daerah gempa dengan KDS C, D, E dan F harus dilakukan oleh ahli.
- d. Perencanaan geoteknik.

Lampiran A
(Informatif)
Berat tiang pancang beton pratarik

Massa beban tiang pancang beton pratarik yang digunakan untuk menghitung beban muatan ditentukan dalam tabel di bawah.

Tabel A.1 – Berat tiang pancang beton pratarik

Diameter Luar (mm)		Berat (ton)									
		Panjang									
		6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
300	Min	0,678	0,791	0,904	1,017	1,130	1,243	1,356	1,469	1,582	1,695
	Maks	0,746	0,870	0,994	1,119	1,243	1,367	1,492	1,616	1,740	1,865
350	Min	0,870	1,015	1,160	1,305	1,450	1,595	1,740	1,885	2,030	2,175
	Maks	0,957	1,117	1,276	1,436	1,595	1,755	1,914	2,074	2,233	2,393
400	Min	1,146	1,337	1,528	1,719	1,910	2,101	2,292	2,483	2,674	2,865
	Maks	1,261	1,471	1,681	1,891	2,101	2,311	2,521	2,731	2,941	3,152
450	Min	1,392	1,624	1,856	2,088	2,320	2,552	2,784	3,016	3,248	3,480
	Maks	1,531	1,786	2,042	2,297	2,552	2,807	3,062	3,318	3,573	3,828
500	Min	1,740	2,030	2,320	2,610	2,900	3,190	3,480	3,770	4,060	4,350
	Maks	1,914	2,233	2,552	2,871	3,190	3,509	3,828	4,147	4,466	4,785
600	Min	2,358	2,751	3,144	3,537	3,930	4,323	4,716	5,109	5,502	5,895
	Maks	2,594	3,026	3,458	3,891	4,323	4,755	5,188	5,620	6,052	6,485
800	Min	3,846	4,487	5,128	5,769	6,410	7,051	7,692	8,333	8,974	9,615
	Maks	4,231	4,936	5,641	6,346	7,051	7,756	8,461	9,166	9,871	10,577
1.000	Min	5,676	6,622	7,568	8,514	9,460	10,406	11,352	12,298	13,244	14,190
	Maks	6,244	7,284	8,325	9,365	10,406	11,447	12,487	13,528	14,568	15,609
1.200	Min	7,422	8,659	9,896	11,133	12,370	13,607	14,844	16,081	17,318	18,555
	Maks	8,164	9,525	10,886	12,246	13,607	14,968	16,328	17,689	19,050	20,411
CATATAN Untuk kemudahan, berat dihitung dengan rumus sebagai berikut dengan asumsi berat satuan volume tiang pancang beton pratarik adalah 2,50 t/m ³ , dan nilai π = 3,14. Nilai berat dibulatkan dalam tiga desimal belakang koma. $m = \omega \pi t L (D - t)$ Keterangan: <i>m</i> adalah berat tiang pancang beton pratarik (t) <i>ω</i> adalah berat satuan volume tiang pancang beton pratarik (t/m ³) <i>t</i> adalah ketebalan (m) <i>L</i> adalah panjang (m) <i>D</i> adalah diameter luar (m)											

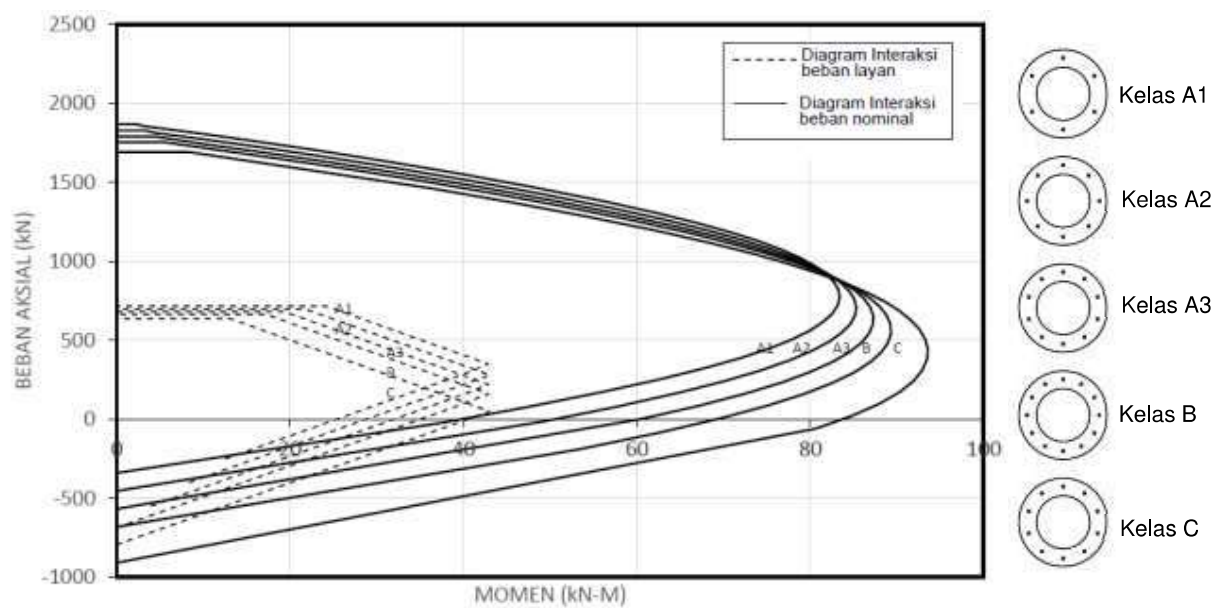
Hak cipta Badan Standardisasi Nasional. Salinan standar ini dibuat oleh BSN untuk Ita Lisdiana | ASOSIASIAP31 |

Lampiran B
(Informatif)
Kapasitas geser tiang

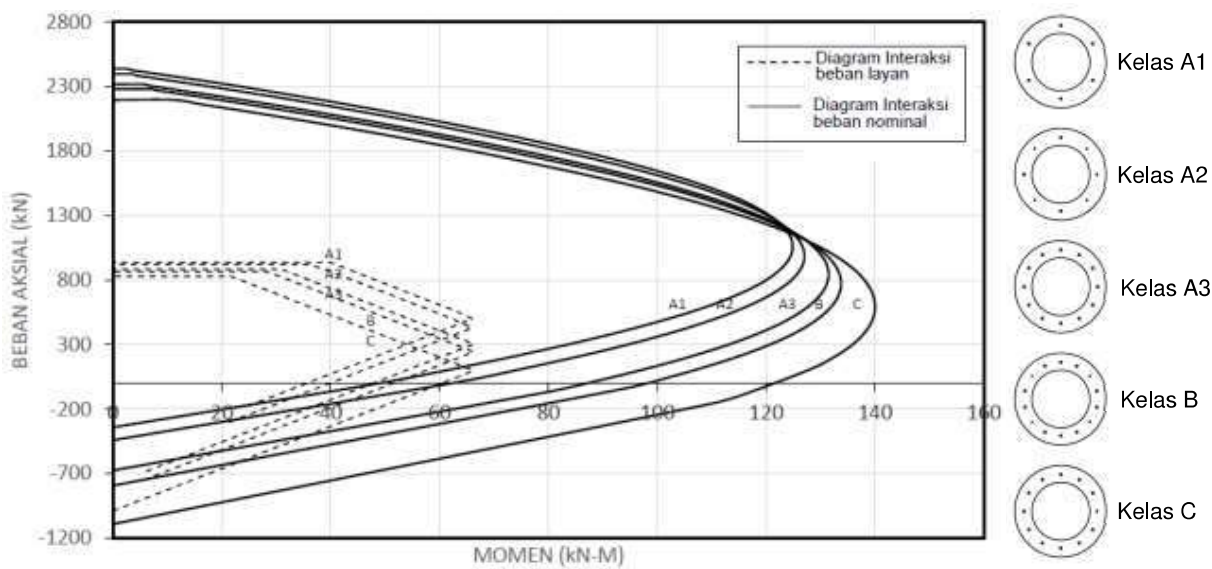
Tabel B.1 – Kapasitas geser tiang

Diameter mm	Tebal Beton mm	Diameter Dalam mm	Luas Penampang mm ²	Kelas	Retak Geser kN	Patah Geser kN
300	60	180	45239	A1	100,3	125,4
				A2	101,5	126,9
				A3	102,3	127,8
				B	103,4	131,3
				C	104,9	135,4
350	65	220	58198	A1	116,2	145,2
				A2	117,5	146,9
				A3	118,4	148,0
				B	133,0	169,0
				C	135,0	174,1
400	75	250	76576	A1	152,8	191,1
				A2	154,6	193,3
				A3	155,8	194,7
				B	175,0	222,3
				C	177,6	229,1
450	80	290	92991	A1	185,6	232,0
				A2	187,8	234,7
				A3	189,2	236,5
				B	212,6	270,0
				C	215,7	278,2
500	90	320	115925	A1	231,4	289,2
				A2	234,1	292,6
				A3	235,9	294,8
				B	265,0	336,5
				C	268,9	346,8
600	100	400	157080	A1	313,5	391,9
				A2	317,2	396,5
				A3	319,6	399,5
				B	359,1	456,0
				C	364,3	470,0
800	120	560	256354	A1	511,7	654,9
				A2	517,6	662,6
				A3	521,6	667,6
				B	586,0	756,0
				C	594,6	778,9
1000	140	720	378248	A1	755,0	966,3
				A2	763,8	977,6
				A3	769,6	985,0
				B	864,7	1115,4
				C	877,3	1149,2
1200	150	900	494801	A1	987,6	1264,1
				A2	999,1	1278,8
				A3	1006,7	1288,6
				B	1131,1	1459,1
				C	1147,6	1503,4

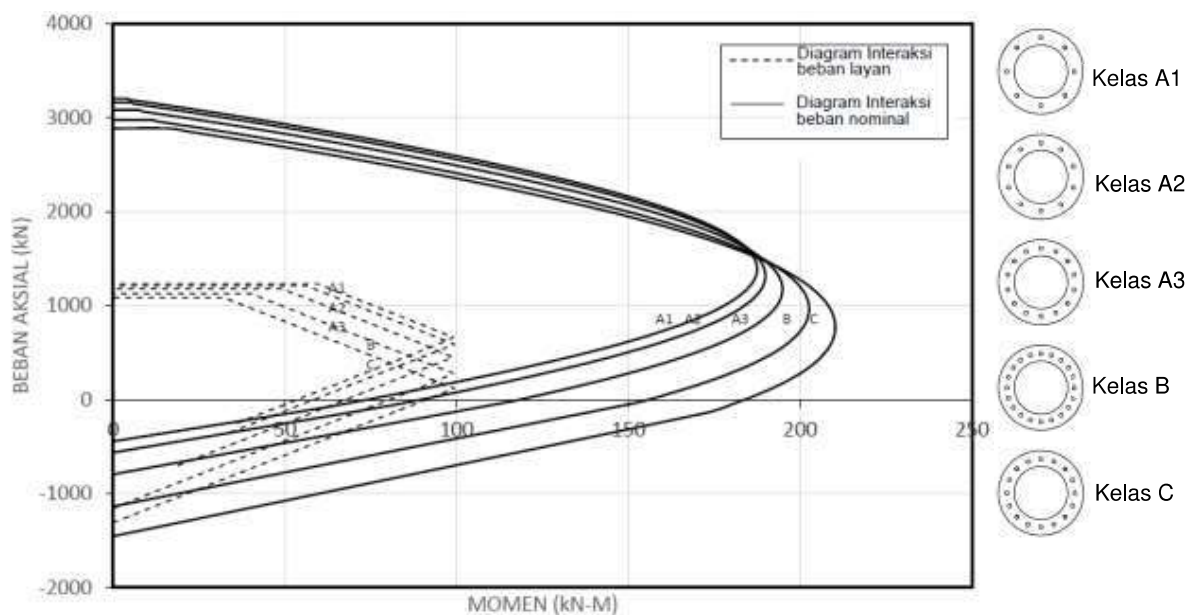
Lampiran C
(Informatif)
Diagram interaksi tiang pancang



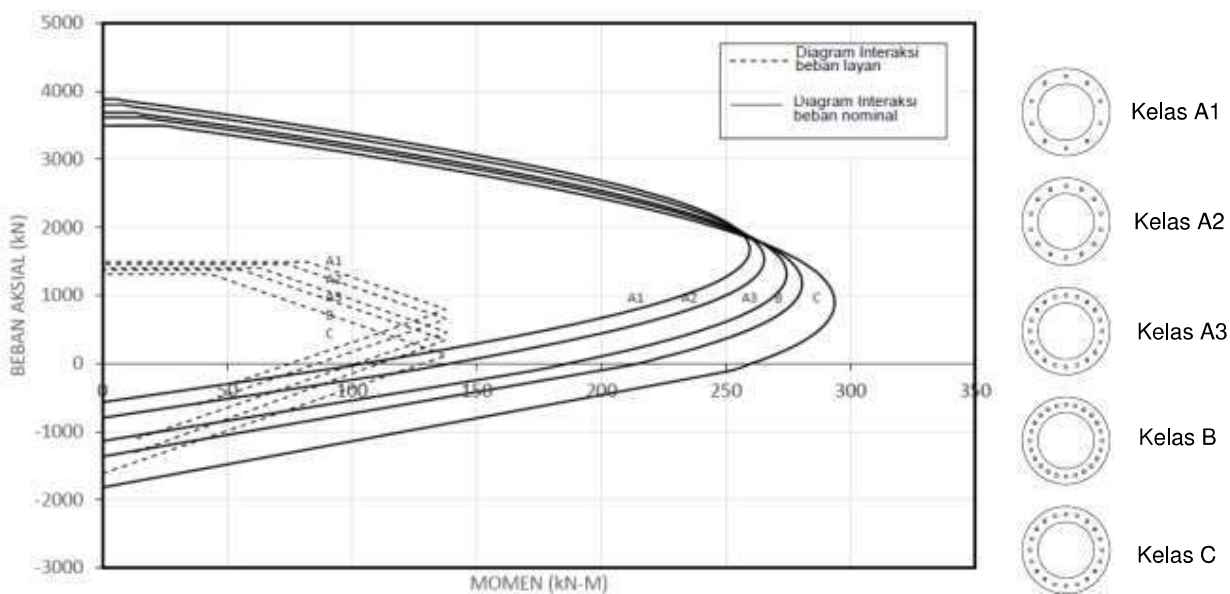
Gambar C.1 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 300 mm



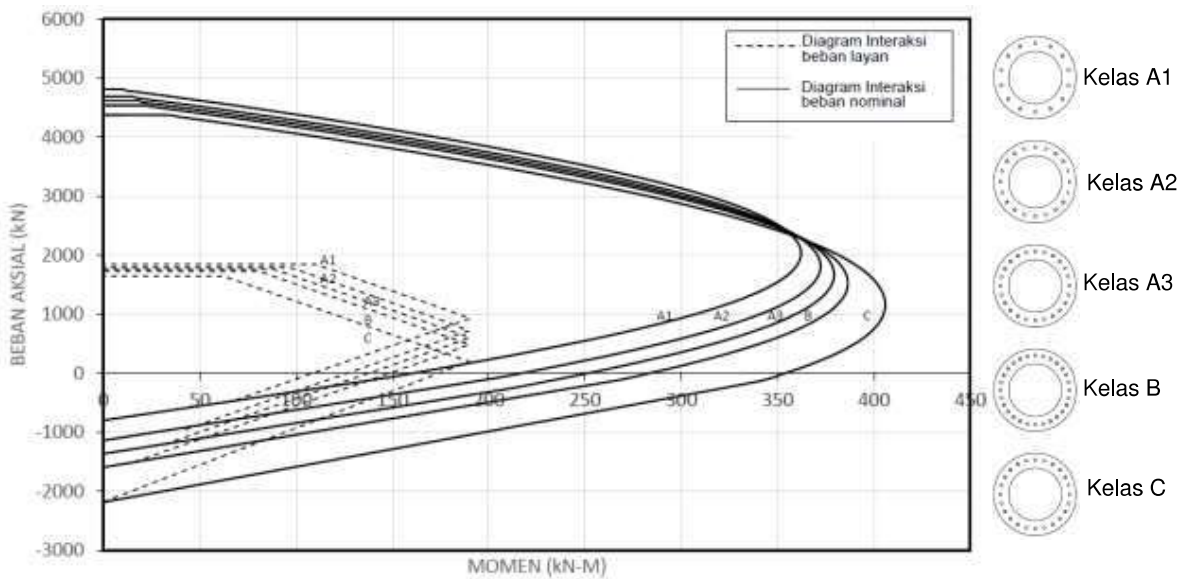
Gambar C.2 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 350 mm



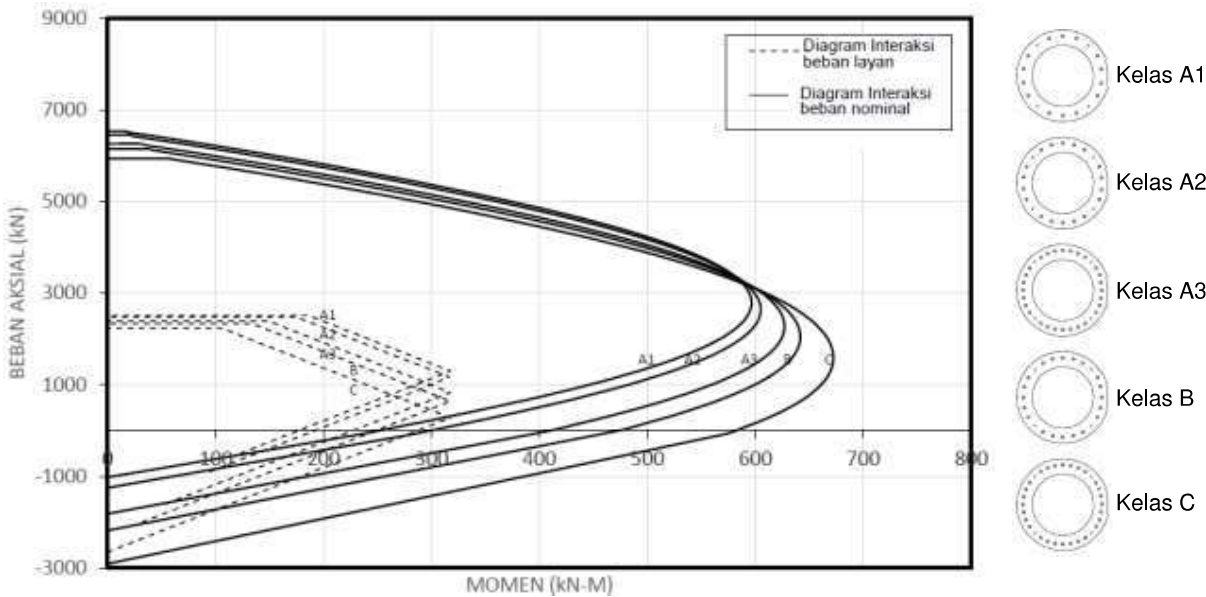
Gambar C.3 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 400 mm



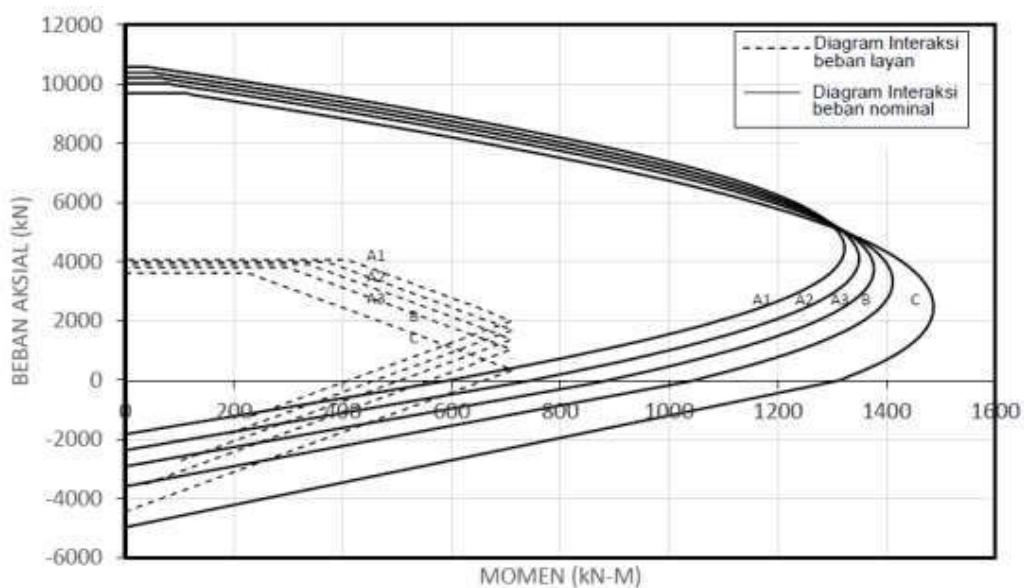
Gambar C.4 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 450 mm



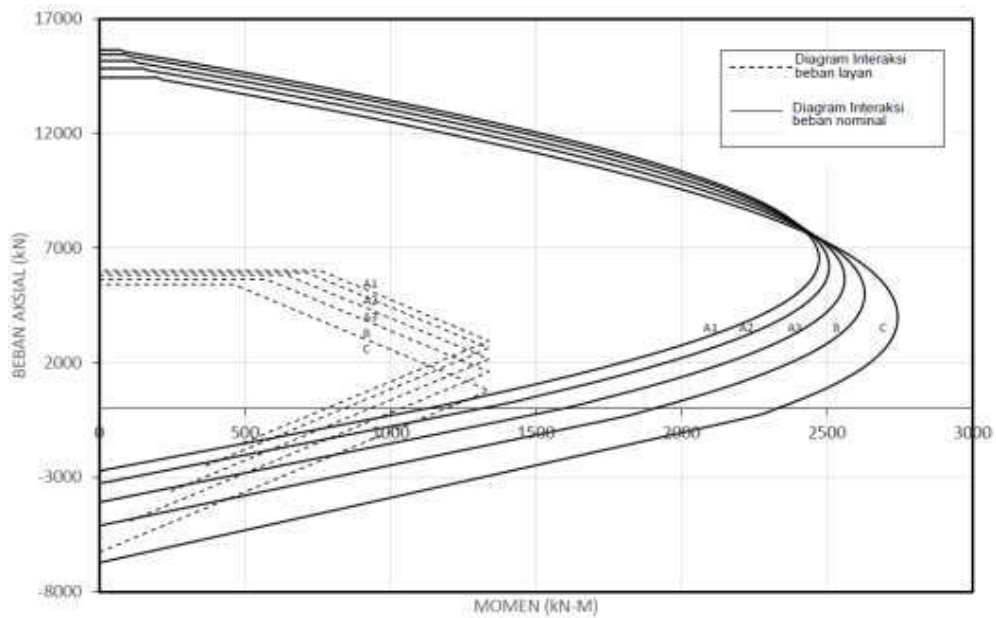
Gambar C.5 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 500 mm



Gambar C.6 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 600 mm

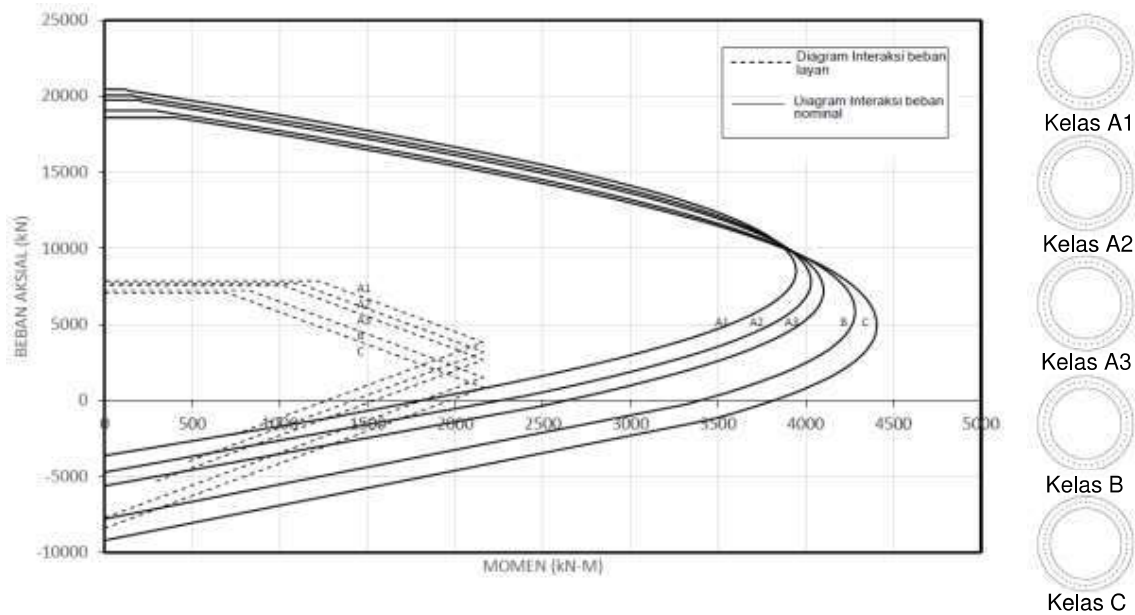


Gambar C.7 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 800 mm



Gambar C.8 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 1.000 mm



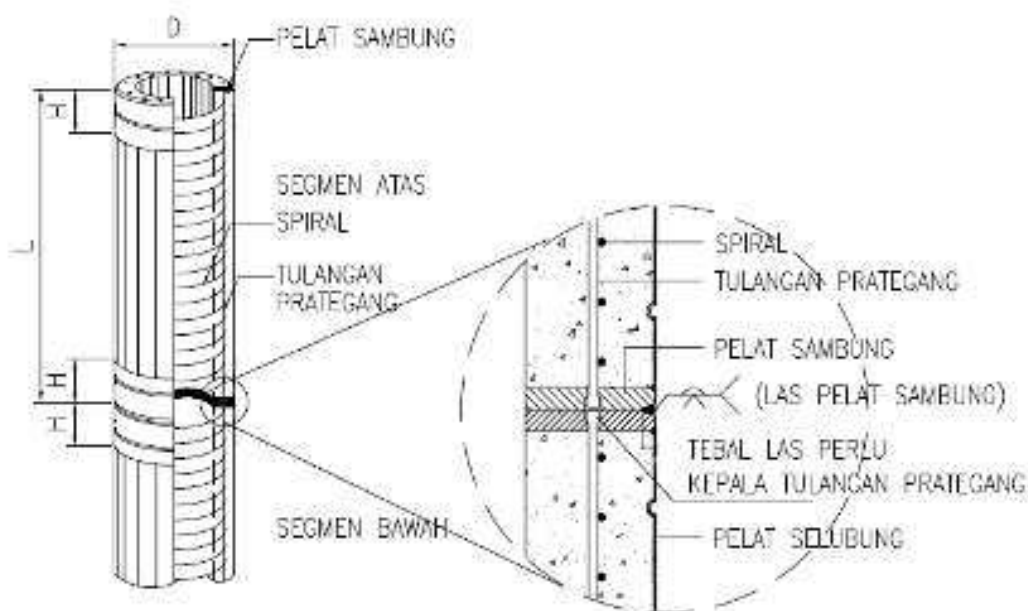


Gambar C.9 – Diagram interaksi tiang pancang diameter 1.200 mm

CATATAN:

- Diagram interaksi ini mengacu batasan pada Tabel 1a di atas.
- Diagram interaksi digunakan untuk perencanaan tiang pancang dengan beban kombinasi aksial dan momen.

Lampiran D
(Informatif)
Contoh sambungan tiang pancang

**CATATAN:**

- (1) Tebal las perlu harus mengakomodir kapasitas tiang menahan beban luar maupun saat pengujian kinerja tanpa mengalami kerusakan.

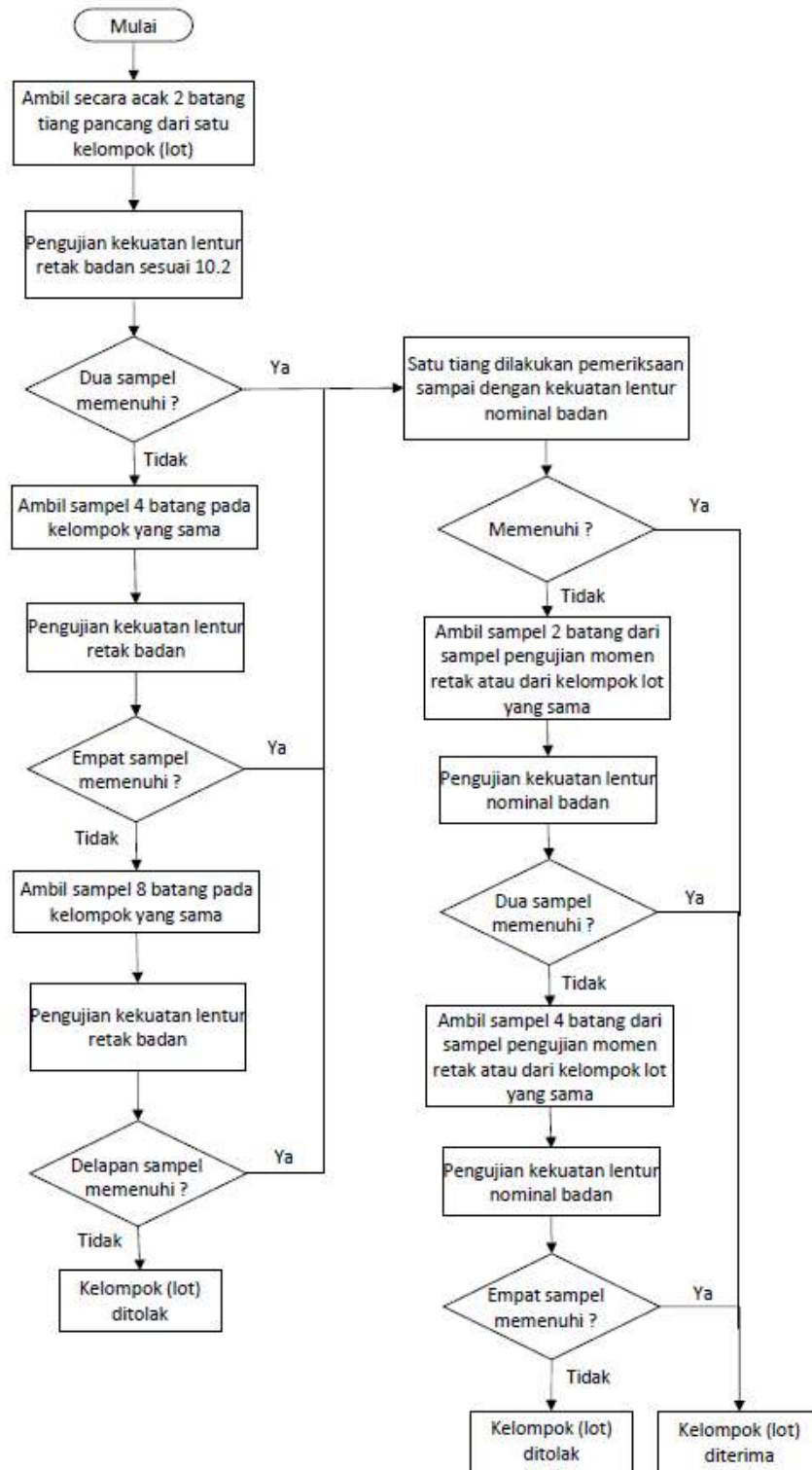
Tabel D.1 – Tebal las perlu minimal

Diameter Tiang (mm)	Tebal Las Perlu (mm)
300	12
350	12
400	12
450	12
500	12
600	12
800	15
1.000	18
1.200	18

- (2) Saran proteksi sambungan terhadap lingkungan korosif setelah pengelasan disesuaikan pada kondisi di lapangan antara lain:
- *Coating epoxy (coal tar epoxy)*
 - *Pilling tape sacrificial anode / active corrosion*
 - *Jacketed bolted system.*

Gambar D.1 – Sambungan tiang pancang

Lampiran E
(Informatif)
Diagram alir kriteria penerimaan kinerja



Gambar E.1 – Diagram alir kriteria penerimaan kinerja

Bibliografi

- [1] ACI 423.10R-16, Guide to Estimating Prestress Loss, American Concrete Institute, August 2016.
- [2] JIS A5373, Precast Prestressed Concrete Product
- [3] ACI 543R-12, Guide to Design, Manufacture, and Installation of Concrete Piles, American Concrete Institute, March 2012.
- [4] PCI Prestressed Concrete Piling Committee, Recommended Practice for Design, Manufacture, and Installation of Prestressed Concrete Piling, PCI Journal July-August 2019.
- [5] PCI Industry Handbook Committee, Precast and Prestressed Concrete, PCI Design Handbook 7th Edition, 2010.
- [6] Moussa A. Issa, Report No. 98-9 Testing of Pile-to-Pile Cap Moment Connection for 30" Prestressed Concrete Pipe-Pile (Final Report), Florida Department of Transportation, October 1999.
- [7] JSCE Guidelines for Concrete No. 15, STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONCRETE STRUCTURES – 2007 (Design)

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komite Teknis perumus SNI

Komite Teknis 91-06 Pekerjaan Teknik Sipil dan Bangunan Gedung.

[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis perumus SNI

Ketua : Ir. Ridwan Marpaung, MT
Wakil Ketua : Ferri Eka Putra, ST, MDM
Sekretaris : Rudi Setiadji A., ST, M.Eng
Anggota : Erwin Lim, ST, MS, Ph.D
Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D
Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
Dr. Ir. Nathan Madutujuh, M.Sc
Ir. Grace Indriani Sandika, MT
Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman
Ir. Suradjin Sutjipto, MS
Dr. Ir. Djoni Simanta, MT

[3] Konseptor rancangan SNI

Ketua	: Ir. Gambiro, M.T.	PT Wijaya Karya Beton Tbk.
Sekretaris	: Ir. IGB. Hari Agus Aditia, S.T.	PT Wijaya Karya Beton Tbk.
Anggota	: Yudi Yudistira, S.T., M.B.A.	PT Waskita Beton Precast Tbk.
	Ricky Imanda, S.T.	PT Waskita Beton Precast Tbk.
	Bambang Dedi Herdiyono, S.T.	PT Adhi Persada Beton
	Panji Ginaya Taufik, S.T.,	PT Adhi Persada Beton
	M.Eng.	PT Adhimix PCI Indonesia
	Novi Palupi, S.T.	PT Adhimix PCI Indonesia
	Fiza Marta Medianda, S.T.	PT Jaya Beton Indonesia
	Sofyan Ependi Siregar, S.T.	PT PP Urban
	Rendi Nugraha Ardianto, S.T.	PT Saeti Concretindo Wahana
	Ir. H. Trias Setiawan IPM	PT Brantas Abipraya
	Ir. Yano Aristo	PT Hakaaston
	Diki Nurpsik Mayadi, S.T.	PT Multi Welindo
	Tiar Vando, B.Eng.	

[4] Sekretariat pengelola Komite Teknis perumus SNI

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Direktorat Jenderal Cipta Karya,
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.