

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 31/SE/M/2015  
TANGGAL 23 APRIL 2015**

**TENTANG**

**PEDOMAN PEMILIHAN ALAT PEMANCANG  
TIANG FONDASI JEMBATAN**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
REPUBLIK INDONESIA**

**Kepada Yth.:**

**Para Pejabat Eselon I di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN  
NOMOR : 31/SE/M/2015**

**TENTANG**

**PEDOMAN PEMILIHAN ALAT PEMANCANG TIANG FONDASI JEMBATAN**

**A. Umum**

Tiang pancang cukup banyak digunakan sebagai fondasi untuk kepala jembatan dan pilar. Untuk memancang fondasi tiang pancang ke dalam tanah, diperlukan suatu alat pemancang tertentu. Alat pemancang biasanya menjadi satu kesatuan dengan pengarah tiang dan derek agar dapat melakukan pekerjaan pemancangan. Pedoman ini memaparkan mengenai pemilihan alat pemancang tiang untuk pekerjaan fondasi jembatan sehingga dapat diperoleh alat pemancang tiang yang memiliki kapasitas memadai untuk melakukan pemancangan di lapangan

**B. Dasar Pembentukan**

- 1) Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
- 2) Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
- 3) Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara;
- 4) Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);

- 5) Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
- 6) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan.

### **C. Maksud dan Tujuan**

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perencana, pelaksana dan pengawas dalam pemilihan alat pemancang tiang fondasi pada pembangunan jembatan yang memiliki kapasitas memadai untuk melakukan pemancangan di lapangan. Pemilihan alat pemancang fondasi tiang pancang yang tepat dapat mengurangi terjadinya masalah pemancangan di lapangan antara lain terjadinya kerusakan pada tiang pancang.

### **D. Ruang Lingkup**

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur pemilihan alat pemancang tiang fondasi jembatan sesuai dengan kapasitas atau daya dukung yang direncanakan, berdasarkan jenis tanah, jenis tiang fondasi, dan jenis alat pemancang tiang. Kapasitas alat pemancang fondasi tiang ditentukan oleh berat palu yang digunakan, karena setiap jenis palu akan memberikan daya dukung yang berbeda.

### **E. Penutup**

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Pemilihan Alat Pemancang Tiang Fondasi Jembatan ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran Menteri ini.

Demikian atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

**Ditetapkan di Jakarta**  
**pada tanggal 23 April 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM**  
**DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



**M. BASUKI HADIMULJONO**

Tembusan disampaikan kepada Yth.:  
Plt. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

LAMPIRAN  
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 31/SE/M/2015  
TENTANG  
PEDOMAN PEMILIHAN ALAT PEMANCANG TIANG  
FONDASI JEMBATAN

# PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

Pemilihan alat pemancang tiang fondasi jembatan



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Ketentuan umum.....	2
4.1 Tanah .....	2
4.1.1 Tanah kohesif.....	3
4.1.2 Tanah non kohesif.....	3
4.2 Tiang pancang.....	3
4.3 Alat pemancang tiang .....	4
4.3.1 Pengarah tiang ( <i>pile leads</i> ).....	4
4.3.2 Topi / helm tiang.....	4
4.3.3 Palu tiang ( <i>hammer</i> ).....	4
5 Ketentuan teknis .....	6
5.1 Jenis tanah .....	6
5.1.1 Tanah kohesif.....	6
5.1.2 Tanah non kohesif .....	7
5.2 Tiang pancang.....	7
5.2.1 Tiang pancang beton pracetak .....	7
5.2.2 Tiang pancang baja struktur .....	7
5.3 Alat pemancang tiang .....	7
5.3.1 Topi / helm tiang.....	7
5.3.2 Palu tiang .....	8
5.4 Mekanika pemancangan tiang .....	11
6 Prosedur pemilihan alat pemancang .....	13
6.1 Berdasarkan jenis tanah .....	13
6.2 Berdasarkan jenis tiang pancang.....	13
Lampiran A (informatif) Contoh analisis kapasitas alat pemancang fondasi tiang .....	17
Lampiran B (informatif) Contoh perhitungan penetrasi akibat pukulan alat pemancang .....	19
Bibliografi.....	20
Gambar 1 - Peralatan pemancang fondasi tiang .....	2
Gambar 2 - <i>Single acting power driven hammer</i> .....	8
Gambar 3 - <i>Double acting power driven hammer</i> .....	9
Gambar 4 - Mekanisme <i>diesel power driven hammer</i> .....	10
Gambar 5 - Palu hidrolik .....	10
Gambar 6 - Diagram alir pemilihan alat pemancang tiang berdasarkan jenis tanah .....	15
Gambar 7 - Diagram alir pemilihan alat pemancang tiang berdasarkan jenis fondasi tiang ..	16
Tabel 1 - Rekapitulasi jenis-jenis palu tiang .....	4
Tabel 2 - Besaran asumsi untuk tanah kohesif (BMS 1992).....	6
Tabel 3 - Besaran asumsi untuk tanah non kohesif (BMS 1992).....	7
Tabel 4 - Persamaan untuk menentukan daya dukung berdasarkan jenis palu dan tiang ...	11
Tabel 5 - Nilai efisiensi palu ( $e_f$ ) .....	12
Tabel 6 - Nilai koefisien restitusi ( $n$ ) .....	12
Tabel 7 - Nilai $c_1$ .....	12
Tabel 8 - Nilai $c_2, c_3$ .....	13

## **Prakata**

Pedoman pemilihan alat pemancang tiang fondasi jembatan ini merupakan hasil kajian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. Pedoman ini dapat menjadi acuan bagi pengawas dalam pembangunan jembatan.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01/S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam Rapat Konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 26 Agustus 2014 di Bandung, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

## Pendahuluan

Tiang pancang cukup banyak digunakan sebagai fondasi untuk kepala jembatan dan pilar. Untuk memancang fondasi tiang pancang ke dalam tanah, diperlukan suatu alat pemancang tertentu. Alat pemancang biasanya menjadi satu kesatuan dengan pengarah tiang dan derek agar dapat melakukan pekerjaan pemancangan. Pemilihan alat pemancang fondasi tiang pancang yang tepat dapat mengurangi terjadinya masalah pemancangan di lapangan antara lain terjadinya kerusakan pada tiang pancang.

Pedoman ini memaparkan mengenai pemilihan alat pemancang tiang untuk pekerjaan fondasi jembatan sehingga dapat diperoleh alat pemancang tiang yang memiliki kapasitas memadai untuk melakukan pemancangan di lapangan. Pedoman ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan bagi para pengawas dalam melaksanakan kegiatan pemancangan fondasi pada jembatan. Pedoman ini dimaksudkan sebagai acuan bagi para pengawas dalam melaksanakan kegiatan pemancangan fondasi pada jembatan.

# Pemilihan alat pemancang tiang fondasi jembatan

## 1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur pemilihan alat pemancang tiang fondasi jembatan sesuai dengan kapasitas atau daya dukung yang direncanakan, berdasarkan jenis tanah, jenis tiang fondasi, dan jenis alat pemancang tiang. Kapasitas alat pemancang fondasi tiang ditentukan oleh berat palu yang digunakan, karena setiap jenis palu akan memberikan daya dukung yang berbeda.

## 2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

SNI 07-6764-2002, *Spesifikasi baja struktural*

AASHTO M133-04, *Preservatives and pressure treatment processes for timber*

ASTM A252, *Steel pipe*

## 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dalam pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan

### 3.1

#### **alat pemancang**

peralatan yang digunakan untuk melakukan pekerjaan pemancangan fondasi tiang

### 3.2

#### **bahan peredam**

peredam untuk memperlunak pukulan keras dari palu dan mendistribusikan beban secara merata ke fondasi tiang

### 3.3

#### **berat bagian pemukul**

berat dari bagian palu yang benar-benar membentur tiang yang dikenal sebagai pemukul atau piston

### 3.4

#### **berat total**

berat total dari palu tiang

### 3.5

#### **panjang palu**

panjang total palu tiang dalam konfigurasi operasi normal dan tidak mencakup aksesoris apapun yang ada di antara palu dan kepala tiang

### 3.6

#### **pemukul / piston**

massa internal yang bergerak naik dan turun di dalam silinder



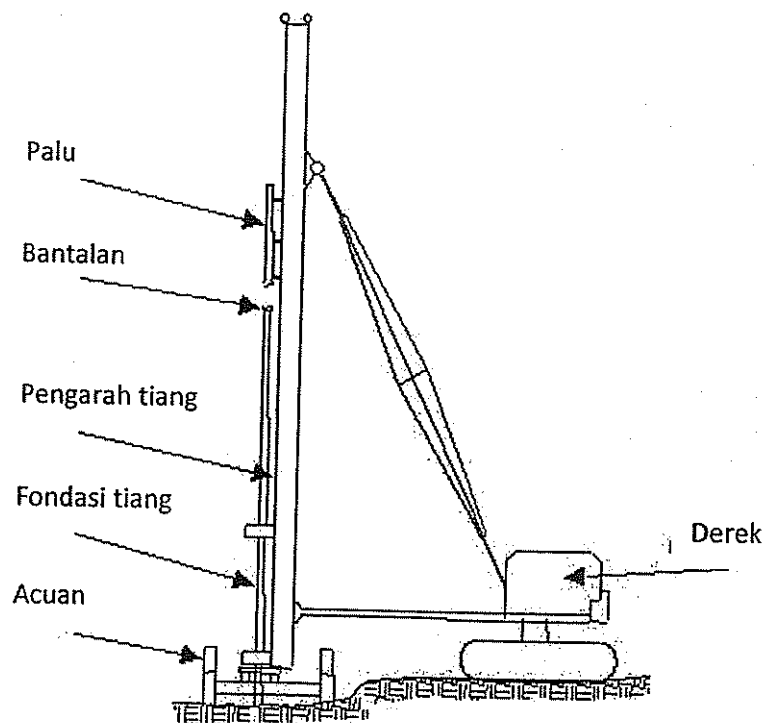
#### 4 Ketentuan umum

Tiang fondasi merupakan kolom sederhana yang direncanakan untuk meneruskan beban permukaan ke tanah di bawahnya atau batuan. Beban ini dikirimkan melalui friksi antara tiang dengan tanah dan/atau melalui titik dukung (*point bearing*) di seluruh ujung tiang. Jumlah aktual dari tahanan friksi maupun daya dukung bergantung pada kondisi tanah di lapangan.

Fondasi tiang terbuat dari baja, beton, dan kayu. Bahan dan ukuran tiang yang akan digunakan pada suatu pekerjaan ditetapkan dalam perencanaan.

Fondasi tiang digunakan ketika diperlukan fondasi dalam. Ini merupakan kasus ketika tanah di sekitar permukaan tidak sesuai untuk memikul beban yang dikenakan oleh struktur. Fondasi tiang juga digunakan ketika terdapat kemungkinan bahwa tanah di bawah fondasi dapat tergerus.

Untuk melakukan pemancangan fondasi tiang di lapangan, diperlukan peralatan pemancangan tiang. Peralatan pemancang tiang tersebut umumnya terdiri dari derek, palu tiang, bantalan, dan pengarah tiang (lihat Gambar 1). Palu tiang merupakan bagian yang unik dari perlengkapan pemancangan fondasi tiang. Palu tiang memiliki dua fungsi. Pertama, merupakan alat yang digunakan untuk memancang tiang. Fungsi kedua sebagai instrumen pengukuran yang digunakan untuk menentukan daya dukung yang diberikan oleh tiang.



Gambar 1 - Peralatan pemancang fondasi tiang

##### 4.1 Tanah

Daya dukung tanah dapat diperkirakan dari hasil penyelidikan tanah di bawah permukaan, atau diukur dengan tes pembebanan pada struktur yang sesungguhnya. Penyelidikan tanah dilakukan untuk menentukan besaran-besaran tanah dan batuan yang diperlukan untuk

merencanakan dan membuat fondasi. Penyelidikan tanah harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang disetujui oleh yang berwenang. Identifikasi tanah dan batuan yang ditemui harus ditentukan agar dapat mengevaluasi kondisi tanah di bawah permukaan.

Bila diperlukan, kapasitas daya dukung harus dipastikan dengan pengujian tambahan. Level air tanah dan sumur artesis harus tercatat.

Untuk pekerjaan pemancangan di air harus tersedia data ketinggian banjir, level air di waktu kerja, dan data aliran air.

#### **4.1.1 Tanah kohesif**

Tanah kohesif umumnya mengandung lempung dan secara efektif bersama-sama mengikat massa tanah. Oleh karena itu tanah kohesif memiliki kemampuan untuk dibentuk. Tanah kohesif memiliki kekuatan internal dan dapat dipadatkan. Kebanyakan tanah berbutir halus adalah tanah kohesif.

#### **4.1.2 Tanah non kohesif**

Tanah non kohesif tidak memiliki kekuatan internal. Tanah non kohesif biasanya tidak mengandung lempung atau partikel halus yang memiliki kohesi. Pasir dan kerikil merupakan contoh dari tanah non kohesif. Namun jika tanah berpasir atau berkerikil dikekang secara geologi atau struktur, tanah tersebut dapat menunjukkan kekuatan. Kekuatan tersebut berasal dari pengekangan, bukan dari material itu sendiri.

### **4.2 Tiang pancang**

Fondasi tiang pancang harus memiliki kapasitas struktural yang cukup untuk memikul seluruh beban (vertikal, lateral, dan lain-lain) dan momen yang akan ditransfer ke tanah.

Terdapat beberapa jenis fondasi tiang yang lazim digunakan di antaranya:

- Tiang profil baja;
- Tiang pipa cor di tempat;
- Tiang kayu;
- Tiang beton, dengan bermacam jenis yaitu tiang beton pracetak, tiang beton prategang, tiang beton pracetak – prategang, tiang beton cor di tempat.

Tiang pancang harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.6. Tiang pancang beton prategang pracetak harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.2. Tiang pancang baja struktur harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.4 dan SNI 07-6764-2002.

Pipa baja yang akan diisi dengan beton harus memenuhi ketentuan dari ASTM A252 Grade 2. Pelat penutup untuk menutup ujung tiang pancang harus memenuhi ketentuan dari SNI 03-6764-2002.

Beton harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.1. Baja tulangan harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.3. Pengawetan untuk tiang kayu harus sesuai dengan AASHTO M133-04.

### 4.3 Alat pemancang tiang

#### 4.3.1 Pengarah tiang (*pile leads*)

Pengarah tiang dibutuhkan untuk digunakan dengan seluruh jenis palu kecuali palu vibrasi dan tenaga sonik. Pengarah berfungsi untuk memuat palu tiang dan untuk mengarahkan keseajarannya, sehingga memastikan tiang menerima benturan konsentris di setiap pukulan. Pengarah tiang juga memberikan sarana untuk penguat (*bracing*) yang panjang, tiang langsing hingga tiang telah dipancangkan pada penetrasi yang cukup untuk menghasilkan dukungannya sendiri. Pengarah perlu dikonstruksi dengan baik untuk memberikan pergerakan bebas dari palu. Pada penurunan palu, pengarah harus lurus dan benar untuk menghindari tahanan terhadap jatuh bebas yang akan mengurangi energi yang dihantarkan.

#### 4.3.2 Topi / helm tiang

Pemancangan jenis dan bentuk tiang yang berbeda membutuhkan topi tiang dengan jenis dan bentuk berbeda. Untuk tiang H atau turap standar, dibutuhkan alur atau *extended tab* pada bagian bawah topi untuk menahan tiang dalam kesejajaran dengan sumbu palu. Berat topi tidak termasuk dalam berat dari bagian pengejut (*striking part*) dari palu (*W*). Berat topi termasuk dalam kalkulasi berat landasan atau topi pada persamaan pemancangan tiang yang sesuai.

#### 4.3.3 Palu tiang (*hammer*)

Jenis palu tiang dirangkum seperti yang dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 - Rekapitulasi jenis-jenis palu tiang

No.	Jenis Palu	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
1.	Palu Jatuh / Palu Gravitasi ( <i>Drop Hammer / Gravity Hammer</i> )	Palu dinaikkan dengan tali melewati puncak <i>framework</i> dan diperpanjang ke belakang ke sebuah drum atau poros. Pukulan dihasilkan oleh jatuhnya palu dalam pengaruh gravitasi.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Memungkinkan variasi berat dan kecepatan pukulan yang besar.</li><li>• Biaya awal yang rendah dan umur layan yang relatif panjang.</li><li>• Sederhana digunakan di lokasi terpencil dimana perlengkapan lainnya tidak dapat diperoleh.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frekuensi pukulan yang sangat rendah.</li><li>• Efisiensi berkurang akibat penarikan tali.</li><li>• Tidak dapat digunakan sebagai <i>pile extractor</i>.</li><li>• Tidak dapat digunakan pada lokasi dengan ruangan atas terbatas.</li><li>• Belum dapat diadaptasi untuk memancang <i>batter piles</i>.</li></ul>
2.	<i>Single Acting Air/ Steam Hammer</i>	Uap atau udara menaikkan massa bergerak palu, yang dijatuhkan dengan gravitasi.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desain yang sederhana dan dapat diandalkan dalam penggunaannya.</li><li>• Dapat digunakan di semua kondisi tanah, namun lebih efektif dalam penetrasi lempung teguh.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Rate</i> pukulan relatif rendah (50 – 60 pukulan per menit)</li><li>• Tidak dapat digunakan sebagai <i>extractor</i></li></ul>

Tabel 1 - Rekapitulasi jenis-jenis palu tiang (lanjutan)

No.	Jenis Palu	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
3.	<i>Double Acting Air / Steam Hammer</i>	Uap atau udara menaikkan bagian pemukul, dan juga memberikan energi tambahan selama bergerak ke bawah.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frekuensi pukulan yang tinggi (90 – 150) pukulan per menit) menjaga tiang bergerak dan penetrasi cepat.</li> <li>• Dapat digunakan dalam posisi horizontal.</li> <li>• Bekerja sangat baik di tanah berpasir, namun dapat digunakan di tanah apapun.</li> <li>• Dapat digunakan sebagai <i>pile extractor</i></li> <li>• Pemukul yang tertutup memungkinkan pemancangan di bawah air.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecepatan pukulan yang relatif tinggi menghasilkan deformasi kepala dari tiang dengan kuat tekan rendah.</li> <li>• Kompresor yang besar dibutuhkan selama pengoperasian.</li> <li>• Efek <i>rebound</i> menghasilkan variasi keluaran energi palu.</li> </ul>
4.	<i>Single Acting Diesel Hammer</i>	Menggunakan pembakaran bahan bakar untuk memberi energi tambahan selama bergerak ke bawah untuk bergerak ke atas dalam memancang tiang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memerlukan sumber energi luar.</li> <li>• Berat yang ringan dan dengan mudah dipindahkan.</li> <li>• Biaya operasi rendah.</li> <li>• Mudah dioperasikan pada cuaca dingin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak dapat digunakan sebagai <i>pile extractor</i>.</li> <li>• Dalam pemancangan lunak, dapat mogok akibat <i>rebound</i> yang tidak mencukupi.</li> <li>• Langkah panjang dari pemukul dapat menyebabkan retak <i>tension</i> pada tiang beton.</li> <li>• Untuk palu dengan sistem pembakaran atomisasi, sistem pembakarannya sangat rumit.</li> <li>• Frekuensi <i>rate</i> pukulan rendah (40 – 60 pukulan per menit)</li> </ul>
5.	<i>Double Acting Diesel Hammer</i>	Sama dengan <i>single acting diesel hammer</i> , kecuali udara yang terperangkap menyimpan dan melepaskan energi selama operasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memerlukan sumber energi luar.</li> <li>• Frekuensi <i>rate</i> pukulan tinggi (80 pukulan per menit).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berat palu relatif lebih berat dibandingkan dengan <i>single acting diesel hammer</i>.</li> <li>• Sistem pembakaran atomisasi dapat menyulitkan untuk penggunaan.</li> </ul>
6.	Palu Hidrolik ( <i>Hydraulic Hammer</i> )	Palu hidrolik menggunakan <i>actuator</i> dan pompa hidrolik untuk menarik kembali pemukul ke bagian atas <i>stroke</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisien dalam konversi energi dari sumber tenaga dan transfer gaya tumbukan.</li> <li>• Dapat digunakan di bawah air.</li> <li>• Beberapa unit memiliki fitur peredam suara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya yang mahal untuk penyewaan maupun pembelian.</li> <li>• Lebih sulit dalam perawatan dibandingkan palu lainnya.</li> </ul>

**Tabel 1 - Rekapitulasi jenis-jenis palu tiang (lanjutan)**

No.	Jenis Palu	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
7.	<i>Vibratory and Sonic Power Driven Hammer</i>	Palu <i>vibratory</i> menggetarkan tiang pada frekuensi dan amplitudo yang cenderung memecah ikatan antara permukaan tiang dan tanah di sekitarnya, lalu mengirimkan lebih banyak energi yang dihasilkan ke ujung tiang. Palu <i>sonic</i> beroperasi pada frekuensi lebih tinggi daripada palu <i>vibratory</i> , biasanya 80 hingga 150 siklus per detik. Pada frekuensi ini, dimensi penampang melintang dan panjang tiang berubah tiap menit pada masing-masing siklus, sehingga memperbesar lubang lalu memperpanjang tiang.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frekuensi rate pukulan yang tinggi.</li> <li>• Sesuai untuk kondisi tanah dengan ikatan yang kuat (tanah kohesif).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palu getar relatif berat.</li> <li>• Membutuhkan alat penanganan dengan kapasitas lebih besar daripada untuk palu tiang konvensional.</li> </ul>

## 5 Ketentuan teknis

### 5.1 Jenis tanah

#### 5.1.1 Tanah kohesif

Besaran asumsi untuk tanah kohesif dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2 - Nilai-nilai asumsi untuk tanah kohesif (BMS 1992)**

Jenis tanah	Berat isi nominal $w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kohesi nominal tidak terdrainase $c_u$ (kPa)
Lempung plastis:		
Lunak	16 – 19	10 – 25
Kokoh	17,5 – 20	25 – 50
Kaku	18 – 21	50 – 100
Lempung agak plastis:		
Lunak	17 – 20	10 – 25
Kokoh	18 – 21	25 – 50
kaku	21 – 22	50 – 100
Lempung berserpih dari kaku sampai keras	20 – 23	>100
Lempung organik	14 – 17	-
Gambut	10,5 – 14	-

### 5.1.2 Tanah non kohesif

Besaran asumsi untuk tanah non kohesif dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3 - Nilai-nilai asumsi untuk tanah non kohesif (BMS 1992)**

Jenis tanah	Berat isi nominal w (kN/m <sup>3</sup> )	Sudut gesek dalam nominal Φ (derajat)
Kerikil dengan kadar pasir rendah:		
Lepas	16 – 19	28 – 30
Padat	18 – 20	30 – 36
Sangat padat	19 – 21	36 – 45
Kerikil berpasir berlempung:		
Lepas	18 – 20	28 – 30
Padat	19 – 21	30 – 35
Sangat padat	21 – 22	35 – 40
Pasir kasar sampai halus		
Lepas	17 – 20	28 – 30
Padat	20 – 21	30 – 35
Sangat padat	21 – 22	35 – 40
Pasir halus dan berlanau:		
Lepas	15 – 17	28 – 30
Padat	17 – 19	30 – 35
Sangat padat	19 – 21	35 – 40-

## 5.2 Tiang pancang

### 5.2.1 Tiang pancang beton pracetak

Tebal selimut beton untuk tiang pancang beton pracetak harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.6. Penyambungan, perpanjangan, pembuatan, dan pengupasan kepala tiang pancang beton pracetak harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.6.

### 5.2.2 Tiang pancang baja struktur

Bilamana tiang pancang pipa atau kotak digunakan, dan akan diisi dengan beton, mutu beton tersebut harus memenuhi ketentuan dari Spesifikasi Umum 2010 Seksi 7.6.

## 5.3 Alat pemancang tiang

### 5.3.1 Topi / helm tiang

Alur atau *tab* untuk memancangkan tiang H atau turap, harus berdimensi minimum sebesar 7,6 cm. Topi yang diperlukan untuk memancangkan tiang pipa harus dimasukkan ke bagian atas pipa minimum 15,2 cm. Kedalamannya berbeda karena tiang pipa hanya diproduksi menggunakan baja 2531 kg/cm<sup>2</sup>, lebih lemah dibandingkan tiang H sebesar 3515 kg/cm<sup>2</sup>, dan ketentuan 15,2 cm memberikan tambahan akurasi kesejajaran selama pemancangan.

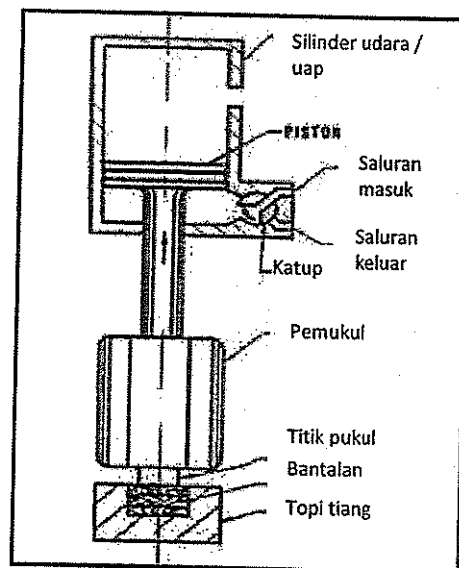
### 5.3.2 Palu tiang

#### 5.3.2.1 Palu jatuh / palu gravitasi (*drop hammer / gravity hammer*)

Berat palu jenis *drop hammer* sebaiknya tidak kurang dari jumlah berat tiang beserta topi pancangnya. Tinggi jatuh palu tidak boleh melampaui 2,5 m atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.

#### 5.3.2.2 *Single acting power driven hammer*

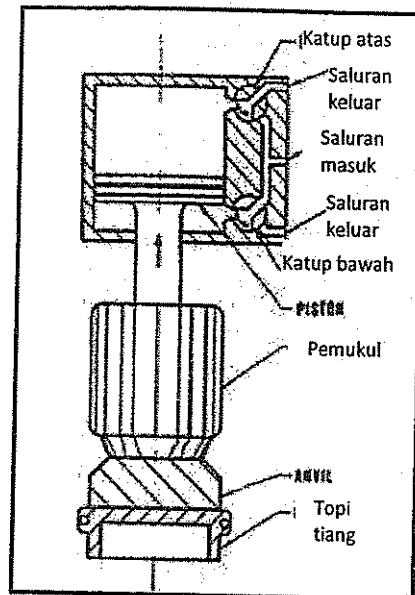
Penumbukan dengan gerakan tunggal (*single acting*) atau palu yang dijatuhkan harus dibatasi sampai 1,2 m dan lebih baik 1 m. Penumbukan dengan tinggi jatuh yang lebih kecil harus digunakan bila terdapat kerusakan pada tiang pancang. Bagian-bagian *single acting power driven hammer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 - *Single acting power driven hammer*

#### 5.3.2.3 *Double acting power driven hammer*

Bagian-bagian *double acting power driven hammer* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 - *Double acting power driven hammer*

#### 5.3.2.4 Diesel power driven hammer

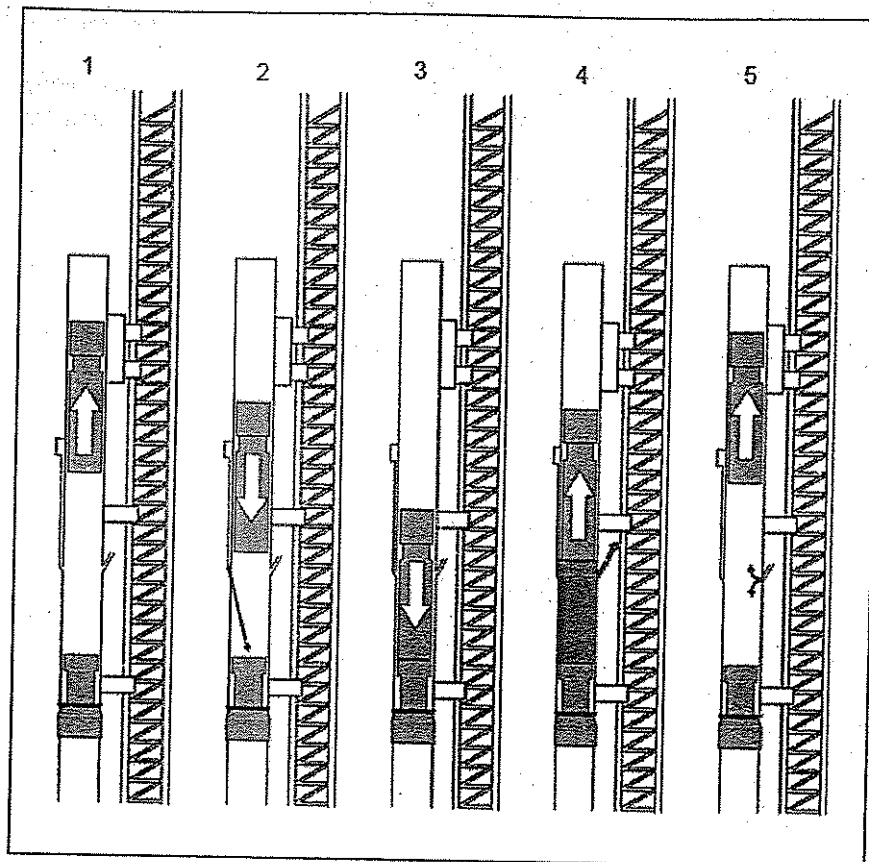
Untuk *diesel hammer* berat palu tidak boleh kurang dari setengah jumlah berat tiang total beserta topi pancangnya ditambah 500 kg dan minimum 2,2 ton. Tinggi jatuh palu tidak boleh melampaui 2,5 meter atau sebagaimana yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.

Mekanisme kerja *diesel power driven hammer* dapat dilihat pada Gambar 4.

Keterangan Gambar:

1. Menaikkan piston. Untuk memulai palu diesel, piston (pemukul) dinaikkan dengan bantuan perangkat mekanik penjatuh dan secara otomatis dilepaskan pada ketinggian tertentu.
2. Injeksi bahan bakar diesel dan kompresi. Ketika piston jatuh melalui silinder, akan mengaktifkan tuas pada bagian belakang pompa bahan bakar, yang menginjeksi bahan bakar diesel dengan jumlah terukur ke bagian atas blok benturan. Tak lama setelah ini, lubang pembuangan ditutup.
3. Benturan dan atomisasi. Mengkompresi seluruh udara / bahan bakar antara lubang pembuangan dan bagian atas blok benturan, piston terus jatuh hingga memukul bagian atas blok benturan. Panas yang dihasilkan oleh kompresi udara, dengan adanya bahan bakar yang diatomisasi, menyebabkan ledakan bahan bakar, melemparkan piston ke atas dan memaksa blok benturan kebawah terhadap tiang.
4. Pembuangan. Ketika bergerak ke atas, piston akan melewati dan membuka lubang pembuangan. Gas buang akan keluar dan tekanan di dalam silinder akan seimbang kembali.
5. Pembilasan. Piston melanjutkan momentum ke atasnya, yang mana menarik udara segar ke dalam untuk siklus berikutnya, mendinginkan silinder, dan melepas tuas pompa. Tuas pompa kembali ke posisi semula sehingga pompa akan diisi dengan bahan bakar kembali. Gravitasi menghentikan gerakan piston ke atas dan piston mulai jatuh sekali lagi melalui silinder.

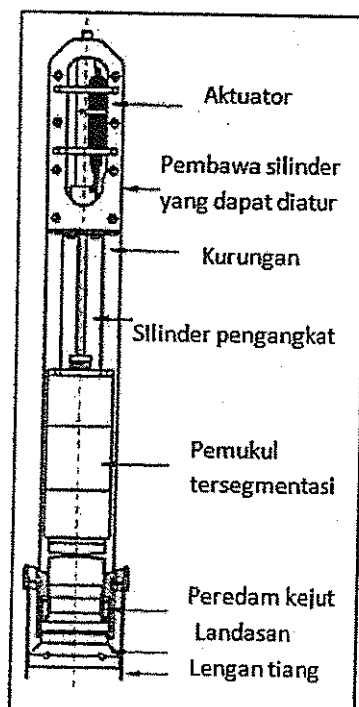




Gambar 4 - Mekanisme *diesel power driven hammer*

### 5.3.2.5 Palu hidrolik (*hydraulic hammers*)

Bagian-bagian palu hidrolik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 - Palu hidrolik

## 5.4 Mekanika pemancangan tiang

Panjang langkah dari pemukul palu merupakan faktor yang mempengaruhi energi yang dikirimkan oleh palu. Seperti disebutkan diatas, untuk palu *single-acting*,

$$\text{Energi} = (\text{berat pemukul}) \times (\text{ketinggian jatuh}) \dots \dots \dots (1)$$

Perlu diperiksa apakah palu yang dipilih akan memberikan cukup energi untuk memancang tiang hingga daya dukungnya. Untuk tiang baja dapat mencapai daya dukung, asumsikan tahanan yang diperlukan dicapai pada penetrasi 1 cm hingga 3 cm per 10 pukulan. Untuk tiang beton, diasumsikan tahanan yang diperlukan dicapai pada penetrasi 3 cm hingga 5 cm per 10 pukulan. Gunakan angka ini saat memeriksa kecukupan palu. Persamaan untuk menentukan daya dukung berdasarkan jenis palu dan tiang pancang disajikan dalam Tabel 4.

**Tabel 4 - Persamaan untuk menentukan daya dukung berdasarkan jenis palu dan tiang**

Jenis palu	Jenis tiang fondasi	Persamaan yang lazim
Gravitasi	Baja, Casing, Lembaran Baja	$P = \frac{3WH}{S + 0,35} \left( \frac{W}{W + X} \right)$
Uap ( <i>Single Acting</i> )	semua jenis	$P = \frac{2WH}{S + 0,1}$
Uap ( <i>Double Acting</i> )	semua jenis	$P = \frac{2E}{S + 0,1}$
Palu Diesel	semua jenis	$P = \frac{1,6E}{S + 0,1 \left( \frac{X}{W} \right)^*}$

<sup>a</sup> Untuk Palu Diesel, bila nilai (X/W) lebih kecil daripada 1 (satu), (X/W) diambil sebesar 1 (satu)

Selain persamaan di atas, terdapat persamaan Hiley yang juga dapat digunakan untuk menentukan daya dukung tiang pancang, yaitu:

$$P_u = \frac{e_f WH}{S + (c_1 + c_2 + c_3) / 2} \cdot \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p} \dots \dots \dots (2)$$

$$P_a = P_u / N \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- $P_u$  adalah kapasitas daya dukung batas (kN)
- $P_a$  adalah kapasitas daya dukung yang diijinkan (kN)
- $e_f$  adalah efisiensi palu (Tabel 5)
- $W$  adalah berat palu atau ram (kN)
- $W_p$  adalah berat tiang pancang (kN)
- $X$  adalah berat tiang ditambah dengan berat topi tiang dan landasan (kN)
- $P$  adalah berat tiang pancang (kg)
- $H$  adalah tinggi jatuh palu (m)
- $S$  adalah penetrasi tiang pancang pada pukulan terakhir, atau "set" (m)

- $c_1$  adalah tekanan sementara yang diijinkan untuk kepala tiang dan *pier* (m) (Tabel 7)  
 $c_2$  adalah tekanan sementara yang diijinkan untuk deformasi elastis dari batang tiang pancang (m) (Tabel 8)  
 $c_3$  adalah tekanan sementara yang diijinkan untuk gempa pada lapangan (m) (Tabel 8)  
 $n$  adalah koefisien restitusi (Tabel 6)  
 $N$  adalah faktor keamanan

Tabel 5 - Nilai efisiensi palu ( $e_f$ )

Jenis Palu	Efisiensi ( $e_f$ )
Palu jatuh	0,75 - 1,00
Palu <i>single acting</i>	0,75 - 0,85
Palu <i>double acting</i>	0,85
Palu diesel	0,85 - 1,00

Tabel 6 - Nilai koefisien restitusi ( $n$ )

Material	$n$
Tiang pancang kayu	0,25
Bantalan kayu diatas tiang pancang baja	0,32
Bantalan kayu pada tiang pancang baja	0,4
Tiang pancang baja tanpa bantalan kayu / tiang beton dengan bantalan	0,5
Palu besi cor diatas tiang pancang beton tanpa topi	0,4

Tabel 7 - Nilai  $c_1$

Bahan	$c_1$ (mm)			
	Tegangan pemancangan pada kepala tiang pancang			
	3,5 MPa	7,0 MPa	10,5 MPa	14,0 MPa
Tiang atau pipa baja				
- Langsung pada kepala tiang	0	0	0	0
- Langsung pada kepala tiang kayu	1	1	3	5
Tiang pancang beton pracetak dengan topi setebal (75 - 100) mm	3	6	9	12,5
Topi baja yang mengandung paking kayu untuk tiang baja H atau tiang baja pipa	1	2	3	4
Cap Block terdiri dari 5 mm bahan fiber di antara dua plat baja 10 mm	0,5	1	1,5	2

Tabel 8 - Nilai  $c_2$ ,  $c_3$

Tekanan	Material	<i>Easy driving</i>	<i>Medium driving</i>	<i>Hard driving</i>	<i>Very hard driving</i>
Panjang tiang, $c_2$	Tiang kayu ( $E = 10 \text{ kN/mm}^2$ )	0,33 L	0,67 L	1,0 L	1,3 L
	Tiang beton pracetak ( $E = 14 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5 L	0,75 L	1,0 L
	Tiang baja ( $E = 200 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5 L	0,75 L	1,0 L
Gempa, $c_3$	Tanah disekitar tiang dan di bawah tiang	1,3	1,3 – 2,5	3,8 – 6,4	1,3 – 3,8
CATATAN L adalah panjang tiang pancang (m)					

## 6 Prosedur pemilihan alat pemancang

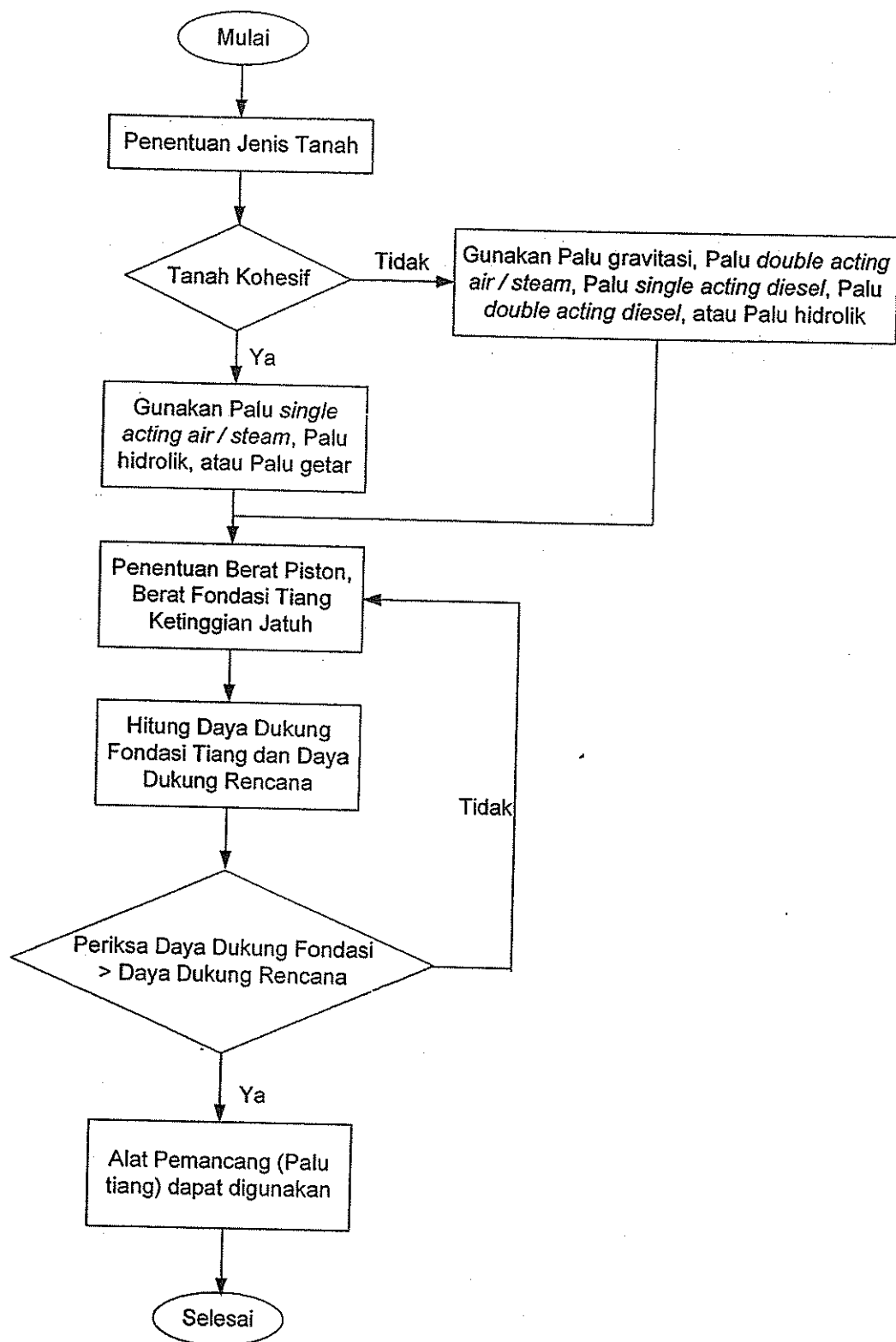
### 6.1 Berdasarkan jenis tanah

- Penentuan jenis tanah  
Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, dapat ditentukan jenis tanah di lapangan (kohesif atau non kohesif) dengan kriteria sesuai pasal 5.1.
- Penentuan jenis alat pemancang tiang (palu tiang)  
Untuk tanah kohesif dapat menggunakan palu *single acting air / steam*, palu hidrolik, atau palu getar, sedangkan untuk tanah non kohesif, dapat digunakan palu gravitasi, palu *double acting air / steam*, palu *single acting diesel*, palu *double acting diesel*, atau palu hidrolik.
- Penentuan berat piston, berat fondasi tiang, dan ketinggian jatuh.
- Hitung daya dukung fondasi tiang dan daya dukung rencana.  
Penghitungan daya dukung fondasi tiang dilakukan menurut persamaan pada pasal 5.4.
- Periksa daya dukung fondasi lebih besar daripada daya dukung fondasi rencana.  
Apabila daya dukung fondasi lebih besar daripada daya dukung fondasi rencana, maka alat pemancang tiang (palu tiang) tersebut dapat digunakan.

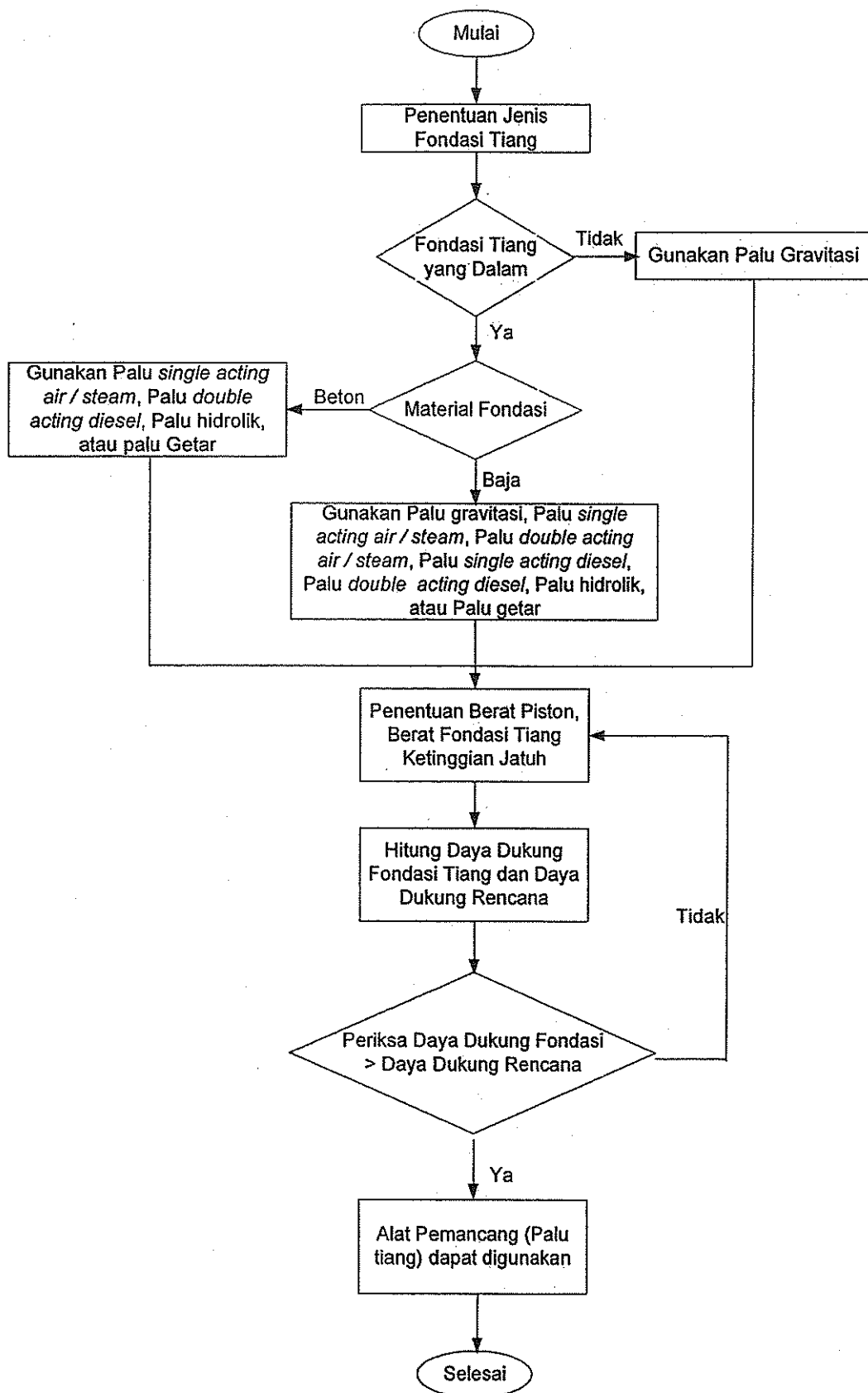
### 6.2 Berdasarkan jenis tiang pancang

- Penentuan jenis fondasi tiang  
Fondasi tiang yang digunakan adalah sesuai dengan perencanaan.
- Penentuan jenis alat pemancang tiang (palu tiang)  
Untuk fondasi tiang dengan kedalaman cukup dangkal dapat menggunakan palu gravitasi.  
Untuk fondasi yang dalam, dengan jenis fondasi tiang beton, dapat menggunakan palu *single acting air / steam*, palu *double acting diesel*, palu hidrolik, atau palu getar.  
Untuk fondasi yang dalam, dengan jenis fondasi tiang baja, dapat menggunakan palu gravitasi, palu *single acting air / steam*, palu *double acting air / steam*, palu *single acting diesel*, palu *double acting diesel*, palu hidrolik, atau palu getar.

- c. Penentuan berat piston, berat fondasi tiang, dan ketinggian jatuh.
- d. Hitung daya dukung fondasi tiang dan daya dukung rencana.  
Perhitungan daya dukung fondasi tiang dilakukan menurut persamaan pada pasal 5.4.
- e. Periksa daya dukung fondasi lebih besar daripada daya dukung fondasi rencana.  
Apabila daya dukung fondasi lebih besar daripada daya dukung fondasi rencana, maka alat pemancang tiang (palu tiang) tersebut dapat digunakan.



Gambar 6 - Diagram alir pemilihan alat pemancang tiang berdasarkan jenis tanah



**Gambar 7 - Diagram alir pemilihan alat pemancang tiang berdasarkan jenis fondasi tiang**

## Lampiran A (informatif)

### Contoh analisis kapasitas alat pemancang fondasi tiang

Diketahui: Hasil penyelidikan tanah di lapangan memberikan parameter berat jenis tanah  $17 \text{ kN/m}^3$  dan sudut geser dalam sebesar  $29^\circ$ . Tiang pancang yang digunakan adalah tiang baja profil H 10 x 42 dengan panjang 12 m. Daya dukung berdasarkan perencanaan adalah sebesar 70.000 kg. Tahanan yang diperlukan dicapai pada penetrasi 2,5 cm per 10 pukulan atau sebesar 0,25 cm / pukulan.

Dicari Alat pemancang tiang dan berat palunya

#### Analisis :

a. Penentuan jenis tanah

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dengan:

$$w = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 29^\circ$$

Maka jenis tanah di lokasi pengujian tanah tersebut tergolong tanah non kohesif (Tabel 3).

b. Penentuan jenis tiang pancang

Berdasarkan informasi yang diberikan, tiang pancang yang digunakan adalah tiang baja profil H 10 x 42 dengan panjang 12 m

c. Penentuan jenis alat pemancang tiang (palu tiang)

Untuk tanah non kohesif dan jenis tiang pancang baja, dapat digunakan alat pemancang tiang seperti palu *single acting diesel*.

d. Penentuan berat piston, berat fondasi tiang, dan ketinggian jatuh

Dari spesifikasi palu tiang diperoleh:

$$\text{Berat piston (W)} = 1.247,3 \text{ kg}$$

$$\text{Ketinggian jatuh maksimum (H)} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat topi tiang atau landasan (diperoleh dari lapangan)} = 1220,16 \text{ kg}$$

Dari spesifikasi tiang fondasi diperoleh:

$$\text{Berat tiang (HP 10x42, panjang = 12 m)} = (63,3 \text{ kg/m}) (12 \text{ m}) = 760 \text{ kg}$$

e. Hitung daya dukung fondasi tiang

Berdasarkan persamaan (1):

$$P_u = \frac{e_f WH}{S + (c_1 + c_2 + c_3) / 2} \cdot \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p}$$

Untuk tiang baja profil H (asumsi tegangan pemancangan pada kepala tiang pancang sebesar 7 MPa / *medium driving*), maka:

$$c_1 = 2 \text{ mm (Tabel 7)}$$



Bahan	<i>C<sub>1</sub></i> (mm)			
	Tegangan pemancangan pada kepala tiang pancang			
	3,5 MPa	7,0 MPa	10,5 MPa	14,0 MPa
Tiang atau pipa baja				
- Langsung pada kepala tiang	0	0	0	0
- Langsung pada kepala tiang kayu	1	1	3	5
Tiang pancang beton pracetak dengan topi setebal (75-100) mm	3	6	9	12,5
Topi baja yang mengandung paking kayu untuk tiang baja H atau tiang baja pipa	1	2	3	4
Cap Block terdiri dari 5 mm bahan fiber diantara dua pelat baja 10 mm	0,5	1	1,5	2

$c_2 = 0,5 \times 12 = 6 \text{ mm}$  (Tabel 8),  $c_3 = 2,5 \text{ mm}$  (Tabel 8)

Tekanan	Material	Easy driving	Medium driving	Hard driving	Very hard driving
Panjang tiang, $C_2$	Tiang kayu ( $E = 10 \text{ kN/mm}^2$ )	0,33L	0,57L	1,0L	1,3L
	Tiang beton pracetak ( $E = 14 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5L	0,75L	1,0L
	Tiang baja ( $E = 200 \text{ kN/mm}^2$ )	0,25 L	0,5L	0,75L	1,0L
Gempa, $C_3$	Tanah di sekitar tiang dan di bawah tiang	1,3	1,3 - 2,5	3,8 - 6,4	1,3 - 3,8

$$P_u = \frac{0,8(1247,3)(2,5)}{0,0025 + (0,002 + 0,006 + 0,0025) / 2} \cdot \frac{(1247,3) + (0,4^2)(760)}{(1247,3) + (760)}$$

$$P_u = 219512,2 \text{ kg}$$

$$P_a = P_u / N$$

$$P_a = 219512,2 / 3$$

$$P_a = 73170,73 \text{ kg}$$

- f. Periksa daya dukung fondasi lebih besar daripada daya dukung fondasi rencana.  
 Daya dukung rencana,  $P = 70000 \text{ kg}$   
 Daya dukung hasil analisis,  $P_a = 73170,73 \text{ kg}$   
 P minimal harus 70000 kg dan lebih kecil dari 110% dari 70000 kg ( $=77000 \text{ kg}$ )

$$70000 \text{ kg} < 73170,73 \text{ kg}$$

Palu OK

$$77000 \text{ kg} > 73170,73 \text{ kg}$$

Palu OK

Oleh karena itu alat pemancang tiang (palu tiang) dapat digunakan untuk memancang tiang fondasi jembatan.

## Lampiran B (informatif)

### Contoh perhitungan penetrasi akibat pukulan alat pemancang

Palu yang digunakan telah diperiksa (Lampiran A). Sekarang diperlukan perhitungan penetrasi per pukulan rata-rata aktual untuk 20 pukulan terakhir dari palu. Berikut diberikan contoh.

Diberikan: Tentukan nilai  $S$  dari data yang diberikan dalam informasi sebelumnya (Lampiran A) dengan persamaan palu diesel (Tabel 4).

Analisis: 
$$P = \frac{1,6WH}{\left(S + 0,1\left(\frac{X}{W}\right)\right)}$$

Susun kembali dan pecahkan persamaan untuk  $S$ : 
$$S = \left(\frac{1,6.W.H}{P}\right) - 0,1\left(\frac{X}{W}\right)$$

Catatan: Kuantitas  $(X/W)$  tidak boleh diambil lebih kecil daripada 1,0.  
 $X/W = 1982,2 / 1247,3 = 1,589$

$$S = \left(\frac{1,6(1247,3)(2,5)}{62980,85}\right) - 0,1(1,589)$$

$$S = 0,4 \text{ cm /pukulan}$$

Sehingga, untuk 20 pukulan terakhir tiang harus bergerak:  $(0,4 \text{ cm/pukulan}) \times (20 \text{ pukulan}) = 8 \text{ cm}$ .

Bila tiang dipancang lebih dari 8 cm untuk 20 pukulan terakhir maka tiang belum pada daya dukungnya, dan pemancangan harus dilanjutkan.

Catatan yang penting untuk diingat, tidak diperkenankan untuk mengubah palu di lapangan dengan membuat ketinggian jatuh lebih besar untuk memperoleh energi yang lebih besar. Bila ditemukan palu yang tidak memadai, maka harus digunakan palu yang lebih berat.

## Bibliografi

Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 (Revisi 2)

Kansas Department of Transportation, *Bridge Construction Manual Version 6/10*

Indian Standard, Design and Construction of Pile Foundations – Code of Practice, 2010

United States Department of Transportation - Federal Highway Administration, Design and Construction of Driven Pile Foundation – Lesson Learned on The Central Artery / Tunnel Project, 2006

Construction, Planning, Equipment, and Method

EI 02G001, Juli 1997

<http://illminatus.hubpages.com/hub/What-are-Pile-Driving-Hammers-How-doe-Sheet-Pile-Driving-Work>

[http://www.mekanizmalar.com/diesel\\_pile\\_driver.html](http://www.mekanizmalar.com/diesel_pile_driver.html)

<http://environment.uwe.ac.uk/geocal/foundations/Fountype.htm#PILEDROPWEIGHT>

<http://osp.mans.edu.eg/deepfoundation/ch3.htm>

[http://webpages.sdsmt.edu/~lstetler/merlot/soil\\_mechanics.htm](http://webpages.sdsmt.edu/~lstetler/merlot/soil_mechanics.htm)

<http://bestengineeringprojects.com/civil-projects/pile-driving-formula-engineering-news-formula/>

<http://anbeal.co.uk/hiley.html>)

## Daftar nama dan lembaga

### 1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

### 2. Penyusun

Nama	Lembaga
Almuhithsyah, ST, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 23 April 2015

**MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



**M. BASUKI HADIMULJONO**