

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dalam bidang transportasi darat baik konstruksi utama maupun sarana pendukung lainnya merupakan salah satu program utama pemerintah untuk mendorong pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Pertumbuhan ekonomi yang disertai peningkatan jumlah penduduk, peningkatan jumlah kendaraan, peningkatan lalu lintas angkutan barang/jasa dan sebagainya, perlu diimbangi dengan penambahan dan perbaikan sarana prasarana.

Kabupaten Langkat dikenal sebagai salah satu daerah dari 33 Kabupaten di Provinsi Sumatera Utara. Kondisi lahan curam dan persungai di Kabupaten Langkat membuat banyak bahu jalan dan badan jalan yang mengalami longsor. Pemerintah kabupaten Langkat memiliki daerah rawan longsor pada beberapa ruas jalan kabupaten, terutama pada jalan didataran tinggi seperti di wilayah Kecamatan wampu. Daerah rawan longsor disebabkan tergerusnya daerah milik jalan (DMJ) oleh kikisan air sungai atau saluran drainase saat musim hujan atau curah hujan tinggi, sehingga menyebabkan erosi atau setengah dari badan jalan tersebut amblas. Terjadinya kelongsoran pada ruas jalan kabupaten ini tentu sangatlah berakibat pada kelancaran lalu lintas jalur transportasi, perekonomian masyarakat bahkan berdampak terhadap sosial dan keamanan masyarakat.

Longsoran pada umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya, karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antara butiran tanah (Syahwaner et al., 2019). Kelongsoran lereng terjadi akibat peningkatan tekanan air pori pada lereng, penurunan kuat geser tanah (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Oleh karena itu diperlukan suatu struktur tembok penahan yang berfungsi untuk menahan tanah longsor tersebut.

Penentuan tipe pondasi yang relevan dengan beban dan kondisi lapisan tanah di bawahnya. Tembok penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau

lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Pembangunan tembok penahan tanah di kecamatan situluori menggunakan pondasi utama yaitu pondasi *bored pile*. Jenis pondasi yang digunakan ini dipilih berdasarkan kondisi lapisan tanah yang ada di daerah tersebut. Pondasi *bored pile* yang digunakan untuk memikul tembok penahan tanah perlu dilakukan Analisa kapasitasnya supaya dapat diketahui apakah pondasi tersebut aman untuk digunakan.

Struktur dinding penahan tanah memiliki peran penting dalam mendukung lahan dan bangunan di sekitarnya. Namun, perbedaan signifikan antara struktur ini dengan struktur konvensional adalah perlunya memperhatikan bukan hanya daya dukung vertikal, tetapi juga stabilitas lateral. Hal ini disebabkan oleh tekanan tanah yang akan menekan dinding tersebut dari samping. Oleh karena itu, pengujian terhadap daya dukung, guling, dan geser menjadi krusial untuk memastikan keamanan dan kinerja optimal dari struktur ini. Dalam dunia konstruksi, evaluasi dan pemahaman terhadap daya dukung suatu struktur adalah hal yang vital. Secara umum, perhatian utama diberikan pada daya dukung vertikal, namun, ketika kita berbicara tentang struktur dinding penahan tanah, aspek-aspek tambahan seperti daya dukung lateral, guling, dan geser menjadi krusial untuk dipertimbangkan.

Analisis kapasitas pondasi yang aman terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya. Pondasi merupakan struktur bagian bawah dari konstruksi bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi sebagai pemikul beban bangunan dari atas dan akan menyalurkannya ke dalam tanah. Pondasi ialah bagian dari suatu rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terketak di bawahnya (Bowles, n.d.)

Tugas skripsi ini menguraikan analisis pondasi yang memikul beban tembok penahan tanah dan beban tanah yang ada di belakang tembok penahan. Karakteristik tanah di belakang tembok penahan ditentukan berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis pondasi menggunakan data sondir yang diperoleh dari lapangan. Hasil yang diharapkan adalah analisis kapasitas pondasi *bored pile* yang mampu menahan beban di atasnya yang menggunakan metode

Converse-Labarre Formula dan gaya-gaya yang bekerja pada tembok penahan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai rata - rata dari keseluruhan Q_c (Tahanan ujung konus) kedalaman sondir.
2. Mencari nilai dari kapasitas tiang ultimit, Q_u (Kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* tunggal), Q_a (Kapasitas daya dukung ijin), E_g (Kapasitas efisiensi kelompok tiang), Q_a group (Daya dukung ijin kelompok tiang).
3. Menghitung beban - beban yang berkerja pada masing - masing tiang pondasi.
4. Menghitung nilai dari kapasitas tiang tunggal yang diijinkan pada pondasi *bored pile*.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan-batasan permasalahan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Analisis tembok penahan digunakan untuk menentukan pembebanan pada pondasi *bored pile*.
2. Karakteristik tanah di belakang tembok penahan tanah diuji di laboratorium.
3. Kapasitas tiang tunggal pada *bored pile* ditentukan berdasarkan data sondir.
4. Keamanan pondasi *bored pile* ditentukan berdasarkan beban-beban dari tembok penahan tanah.
5. Kapasitas kelompok tiang dihitung berdasarkan jumlah tiang pada arah sumbu-x.

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengetahui kapasitas tiang tunggal pada pondasi *bored pile*.
2. Mengetahui nilai dari kapasitas ultimit tiang, Q_u (Kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* tunggal), Q_a (Kapasitas daya dukung ijin), E_g (Kapasitas efisiensi kelompok tiang), dan Q_a group (Daya dukung ijin kelompok tiang).
3. Mengetahui beban - beban yang berkerja pada masing - masing tiang.

4. Mengetahui nilai Q_c rata - rata keseluruhan.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan skripsi ini, antara lain:

1. Sebagai referensi untuk merencanakan tembok penahan tanah yang ditopang oleh pondasi *bored pile*.
2. Sebagai referensi untuk merencanakan pondasi *bored pile* yang menopang tembok penahan tanah.
3. Memberikan pemahaman tentang perhitungan stabilitas konstruksi dinding penahan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah.

1.6 Metodologi Penulisan

Metodologi yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini berupa studi kasus, yaitu :

1. Bab I Pendahuluan, yang dimana bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan metodologi penulisan.
2. Bab II Tinjauan pustaka, yang dimana bab ini terdiri dari landasan teori yang berisi tentang pembahasan dari pondasi, dinding penahan tanah dan pengertian tanah.
3. Bab III Penyajian data, yang dimana dalam bab ini terdiri dari peta lokasi pelaksanaan proyek, data teknis, metode pengumpulan data, data sondir, tahap permasalahan, dan juga alur skema diagram penulisan.
4. Bab IV Hasil analisis dan pembahasan, di bab ini terdiri dari dimensi dan pembebanan yang bekerja pondasi dinding penahan tanah.
5. Bab V Kesimpulan dan saran, yang dimana dalam bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dapat dikemukakan masalah yang ada pada penelitian tersebut. Sedangkan saran berisi mencantumkan jalan keluar untuk mengatasi masalah tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Menurut (Gunawan, 1983) pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain tanpa mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah / pondasi yang berlebihan.

Menurut (Frick, 2010) menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban hidup dan gaya – gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain – lain.

Menurut (Bowles, 2007) pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah atau bebatuan yang terletak dibawahnya.

Adapun beberapa Fungsi dari sebuah pondasi adalah sebagai berikut:

1. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan.
2. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat.
3. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan tetap stabil (tetap).

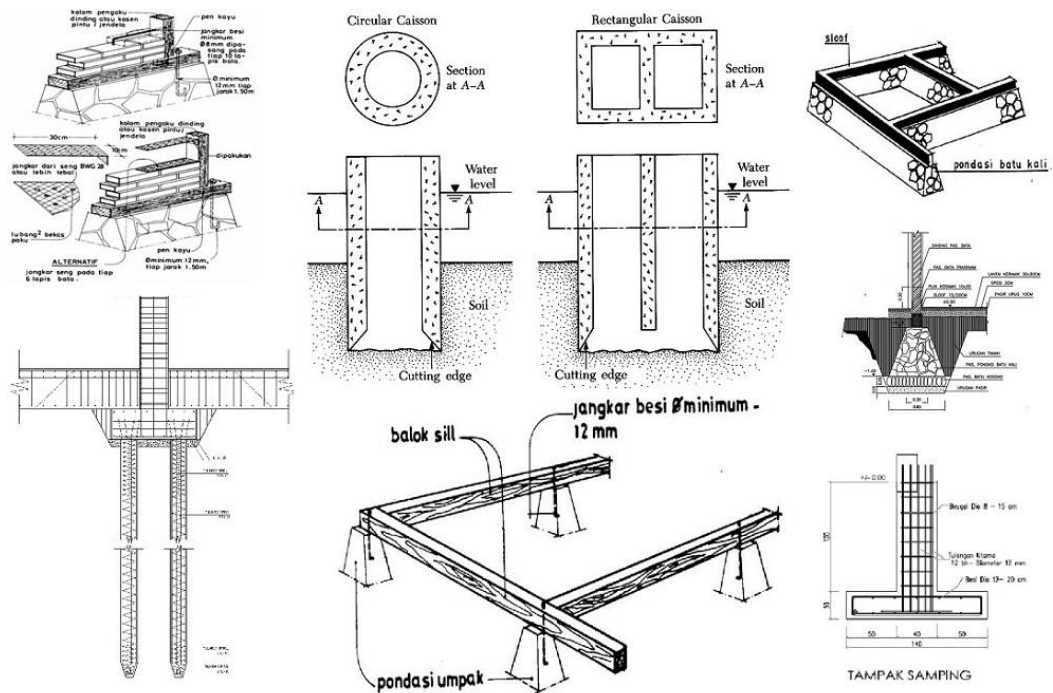
Menurut (Zainal, 2009) pondasi menerima beban vertikal dari bangunan di atasnya dan meneruskan ke tanah di bawahnya, maka fungsi dari pondasi adalah memindahkan atau membagi beban bangunan yang ada baik beban mati (beban sendiri dan beban tetap bangunan) maupun beban hidup (beban yang bergerak). Sehingga pondasi merupakan bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai

penopang bangunan dan meneruskan beban di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah. Dengan memiliki daya dukung yang cukup yaitu lapisan tanah keras.

Menurut (Hardiyatmo, 2011) pondasi bangunan pada umumnya dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*Shallow Foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti: pondasi telapak, pondasi memanjang dan pondasi rakit. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang. ditunjukkan dalam Gambar 2.1.

Adapun jenis-jenis pondasi menurut (Hardiyatmo, 2011) pondasi memiliki banyak jenisnya, yaitu:

- a. Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
- b. Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- c. Pondasi rakit (*raft foundation/mat foundation*), adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- d. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yang merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.
- e. Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Demikian pula, bila pondasi bangunan terletak pada tanah timbunan yang cukup tinggi, sehingga bila bangunan diletakkan pada timbunan akan dipengaruhi oleh penurunan yang besar. Bedanya dengan pondasi sumuran adalah pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang.



Gambar 2. 1 Macam-Macam tipe pondasi
 Sumber: Hardiyatmo, 1996

Pada gambar 2.1 dapat di lihat macam-macam tipe pondasi menurut (Hardiyatmo, 1996) yaitu berupa pondasi telapak, pondasi memanjang, pondasi rakit, pondasi memanjang dan pondasi tiang.

2.2 Dasar-Dasar Penentuan Jenis Pondasi

Menurut (Pamungkas & Harianti, 2013) menyatakan bahwa dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi dapat digunakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknik cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi yaitu:

2.2.1 Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi:

- a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 3 – 4 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss.

- b. tanah keras terletak pada kedalaman hingga kedalaman 11 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile atau pondasi tiang pancang atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 19 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bored pile bilamana tidak akan terjadi penurunan. bila terdapat batu besar pada lapisan tanah, pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaison terbuka tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
- e. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah tiang baja dan tiang beton yang di cor di tempat.

2.2.2 Batasan–batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*)

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi) dan seberapa besar penurunan yang diijinkan terjadi pada pondasi.

2.2.3 Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana suatu konstruksi tersebut dibangun. Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu pelaksanaan pemancangan pondasi pasti akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.

2.2.4 Waktu perjalanan

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pondasi tiang pancang yang membutuhkan banyak alat berat mungkin harus dipertimbangkan kembali apabila dilaksanakan pada jalan raya dalam kota yang sangat padat karena akan menimbulkan kemacetan luar biasa.

1. Biaya

Jenis pondasi juga harus mempertimbangan besar anggaran biaya konstruksi yang direncanakan, tetapi harus tetap mengutamakan kekuatan dari pondasi tersebut agar konstruksi yang didukung oleh pondasi tetap berdiri dengan aman. Analisis jenis pondasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah juga bisa menekan biaya konstruksi. Misalnya konstruksi struktur pada lokasi dimana kondisi tanah bagus dan cukup kuat bila menggunakan pondasi telapak saja tidak perlu direncanakan menggunakan pondasi tiang. Penggunaan pondasi tiang pancang jenis precast yang membutuhkan biaya yang tinggi dalam bidang pelaksanaan dan transportasi bisa diganti dengan pondasi tiang yang dicor di tempat dengan spesifikasi pondasi yang sama untuk menekan biaya.

Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1993 adalah:

1. Tanah keras (lebih dari 5 kg/cm^2)
2. Tanah sedang ($2-5 \text{ kg/cm}^2$)
3. Tanah lunak ($0,5-2 \text{ kg/cm}^2$)
4. Tanah amat lunak ($0-0,5 \text{ kg/cm}^2$)

Kriteria daya dukung tanah tersebut dapat ditentukan melalui pengujian secara sederhana. Misal pada tanah berukuran $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ yang diberi beban 5 kg tidak akan mengalami penurunan atau amblas maka tanah tersebut digolongkan tanah keras.

Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yakni:

- a. Pondasi harus ditempatkan dengan tepat, sehingga tidak longsor akibat pengaruh luar
- b. Pondasi harus aman dari kelongsoran daya dukung, dan

c. Pondasi harus aman dari penurunan yang berlebihan.

2.2.5 Pondasi Bored pile (*Bored pile*)

Pondasi berfungsi untuk meneruskan/mendistribusikan beban dari super struktur ke tanah agar keseluruhan bangunan dapat berdiri kokoh di atas tanah. Sedangkan pondasi bored pile digunakan untuk menjaga kestabilan lereng tembok penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar. Pondasi bored pile digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m. Pondasi tiang suatu konstruksi yang mampu menahan gaya *orthogonal* ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan.

Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi Sosarodarsono & Nakazawa (1983), perencanaan pondasi bored pile mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahap yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman serta ekonomis.

Daya dukung bored pile diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya. Bored pile berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga.

Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung bored pile yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan

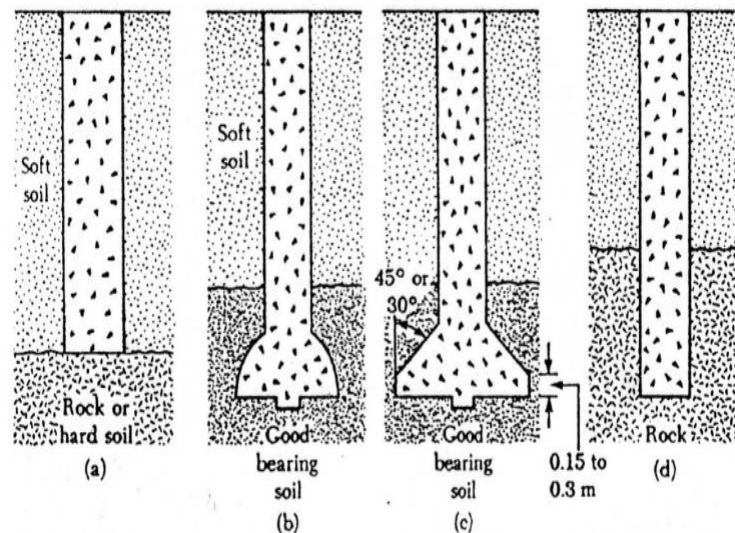
lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang.

Keuntungan dari penggunaan pondasi *bored pile* antara lain:

1. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium
4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak

Beberapa jenis pondasi *bored pile* seperti terlihat pada Gambar 2.2 yaitu:

- a. *Bored pile* lurus untuk tanah keras
- b. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
- c. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium
- d. *Bored pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan

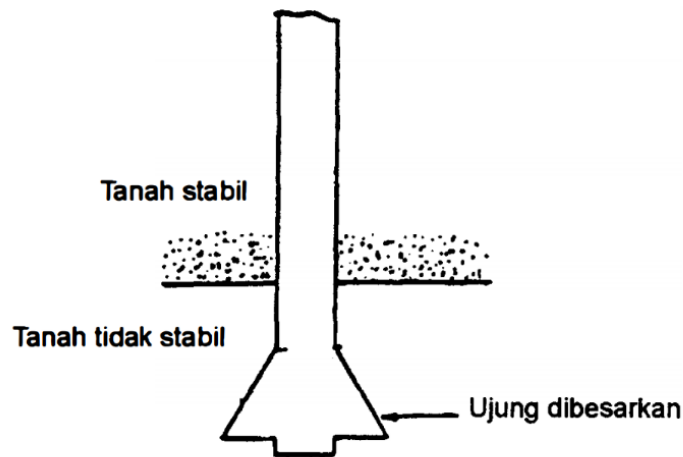


Gambar 2. 2 Jenis-jenis pondasi bored pile

Sumber: Braja M. Das, 2011

Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan. *Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor beton. Tiang ini, biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk

membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Pondasi *bored pile*
Sumber: Hardiyatmo, 2008

Adapun kerugian yang di dapat dari penggunaan pondasi *Bored pile* adalah sebagai berikut:

1. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil
2. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik
3. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir

2.2.6 Pondasi pada Tanah Lempung

Nilai kapasitas dukung ultimit lempung, umumnya tidak bergantung pada lebar pondasi berbeda pada pondasi tanah pasir yang kapasitas dukungnya bertambah besar bila lebar pondasi bertambah. Kapasitas dukung ijin lempung lunak umumnya lebih ditentukan oleh besarnya penurunan yang terjadi, terutama

penurunan tak seragam. Hitungan kapasitas dukung pondasi pada tanah lempung dilakukan pada tinjauan analisis tegangan total atau digunakan kuat geser *tak terdrainasi* (c_u) dengan $\phi_u=0$. Kuat geser tanah yang digunakan dapat diperoleh dari uji triaksial UU atau dari uji tekan bebas. Jika lempung tidak mengandung pasir atau lanau, nilai c_u dapat diperoleh dari uji geser kipas (*vane shear test*) di lapangan. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap kedalaman 30 cm di sepanjang garis vertikal di bawah dasar pondasi.

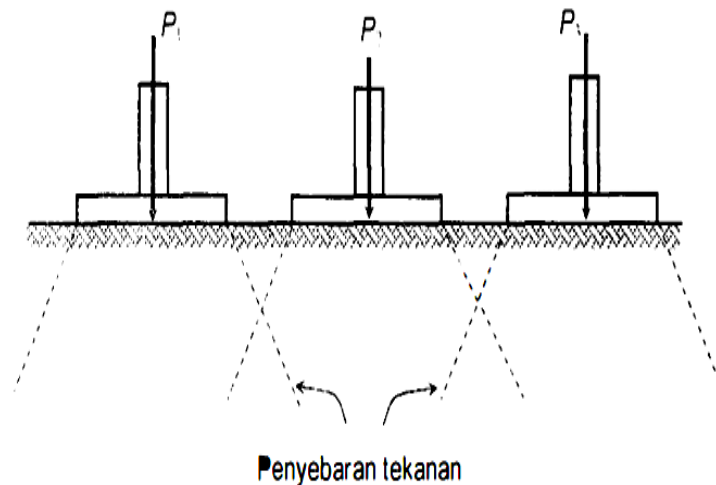
Perancangan pondasi dangkal pada pengambilan contoh tanah saat pengeboran, contoh tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) diambil mulai dasar pondasi sampai pada kedalaman minimum ($D_f + 1,5 N$), dengan D_f adalah kedalaman dasar pondasi dari muka tanah dan B adalah lebar pondasi. Contoh-contoh tanah yang diperoleh, selain di gunakan untuk uji kuat geser tanah, juga di gunakan untuk uji konsolidasi. Nilai- nilai c_u hasil uji di laboratorium ataupun di lapangan yang diperoleh dari contoh tanah pada tiap-tiap lubang bor diambil nilai rata-ratanya dan di ambil nilai terkecil.

Analisis kapasitas dukung ijin untuk pondasi terpisah hanya dapat digunakan jika jarak pondasi cukup jauh sedemikian hingga pengaruh penyebaran tekanan masing-masing pondasi ke tanah di bawahnya tidak berpengaruh satu sama lain. Jika jarak pondasi kecil, penyebaran tekanan ke tanah di bawahnya akan identik dengan penyebaran beban kelompok pondasi sebagai satu kesatuan sehingga kapasitas dukung ijin harus dipertimbangkan terhadap pengaruh tekanan kelompok pondasi tersebut.

Mengestimasi kuat geser tanah lempung pada kedalaman yang dangkal agak sulit, karena lempung yang terletak di dekat permukaan tanah, akan di pengaruhi oleh perubahan iklim dan akar tumbuh-tumbuhan. Dengan alasan ini, dasar pondasi sebaiknya diletakkan agak dalam, sehingga terhindar dari pengaruh tersebut.

Untuk hitungan kapasitas dukung ultimit sebaiknya digunakan kuat geser tanah minimum yang terletak di bawah dasar pondasi. Jika kuat geser tanah tiap-tiap lapisan dalam interval kedalaman $2/3 B$ di bawah pondasi tidak menyimpang lebih dari 50% dari nilai rata-rata pada kedalaman ini. Namun jika variasinya lebih

dari 50%, yang digunakan dalam perancangan adalah nilai kuat geser minimum. Jika cara terakhir ini yang dipilih, nilai faktor amannya dapat dikurangi dari nilai yang biasanya di gunakan Skempton (2004), maka nilai rata-ratanya ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tumpang tindih penyebaran tekanan pondasi berdekatan
 Sumber: Hardiyatmo, 2011

Tanah lempung *alluvial* secara geologis merupakan endapan yang baru. yang terdiri dari material lanau dan lumpung di daerah sekitar sungai, muara, dan dasar laut. Tanah ini termasuk terkonsolidasi normal (*normally consolidated*). Oleh karena itu, kuat gesernya bertambah bila kedalaman bertambah, yaitu lunak pada bagian permukaan, dan kaku di bagian bawah. Pengaruh cuaca menyebabkan tanah lempung *alluvial* mempunyai sifat kaku di dekat permukaan tanah.

Kapasitas dukung yang sedang, dengan tanpa atau sedikit penurunan, dapat diperoleh pada pondasi tidak begitu lebar, yang terletak pada lapisan atas (tanah permukaan). Pada kondisi ini, tekanan pondasi yang disebarkan ke lapisan lunak di bawahnya tidak besar. Jika pondasi lebar dan dalam, kapasitas dukung menjadi kecil. Untuk hal ini, dapat digunakan tipe pondasi rakit mengapung atau pondasi tiang yang menembus sampai lapisan keras yang dapat mendukung bebannya (Peck, et al., 1974).

Pondasi yang dirancang pada tanah lempung, harus diperhitungkan pada kondisi terjelek (kuat geser minimum), yaitu pada kadar air saat jenuh. Perancangan

harus hati-hati jika pondasi yang terletak pada tanah keras, dimana lapisan keras ini terletak pada lapisan lempung lunak. Jika dasar pondasi terletak dekat dengan lapisan lunak, pondasi akan dapat melesak ke bawah, sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan. Oleh karena itu, hitungan kapasitas dukung tanah perlu diperhitungkan terhadap pengaruh penyebaran beban pada lapisan lunak di bawahnya.

Hitungan kapasitas dukung, dapat dilakukan dengan menganggap beban pondasi disebarakan menurut aturan 2V:1H (1 Horizontal: 2 Vertikal) pada lapisan lunak. Untuk ini, tekanan pada tanah lunak harus tidak melampaui kapasitas dukung ijin dari lapisan lunaknya. Dengan anggapan tersebut, tanah kuat yang berada di atas berfungsi sebagai pondasi rakit bagi beban pondasi sebenarnya.

Menurut Terzaghi & Peck (1948), nilai pendekatan hubungan antara nilai N dari SPT , konsistensi tanah, dan perkiraan kapasitas dukung aman ditunjukkan dalam Tabel 2.1. Nilai kapasitas dukung ultimit dihitung dengan mengalikan kapasitas dukung aman sebanyak 3 kali. Tanah dengan konsistensi sangat lunak, penurunan pondasi yang terjadi biasanya besar.

Tabel 2. 1 Hubungan N konsistensi dan perkiraan kapasitas dukung aman untuk pondasi pada tanah lempung

Konsistensi	N	Kapasitas dukung aman (q_s) (kN/m^2)	
		Bujur sangkar	Memanjang
Sangat lunak	0-2	0-30	0-22
Lunak	2-4	30-60	22-45
Sedang	4-8	60-120	45-90
Kaku	8-15	120-240	90-180
Sangat kaku	15-30	240-480	180-360
Keras	>30	480	360

Sumber: Hardiyatmo, 2011

Jika jarak pondasi telapak satu sama lain relatif berjauhan, maka masih dimungkinkan untuk mengurangi tekanan pondasi pada tanah lunak tersebut, yaitu dengan jalan memperlebar pondasi. Sebaliknya jika jarak pondasi sangat dekat, penyebaran beban masing-masing pondasi akan saling tumpang tindih. Jika dari hitungan, nilai kapasitas dukung ijin terlampaui, lebih baik dipakai pondasi rakit atau pondasi memanjang (jika sumbu kolom satu garis). Kalau dengan cara ini kapasitas dukungnya tidak memenuhi, dapat dipakai pondasi tiang yaitu nilai-nilai perkiraan kapasitas dukung aman untuk lempung, kapasitas dukung lempung bergantung pada konsistensi atau kuat gesernya.

2.3 Dinding penahan tanah di Wampu Besitang

Asal muasal kenapa dibuat nya dinding penahan tanah (*retaining wall*) di daerah Wampu Besitang ini untuk mencegah banjir, longsor dari erosi. Terdapat juga pemukiman penduduk disekitar sungai tersebut yang dimana permukiman tersebut sangat beresiko terkena potensi sungai. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan tersebut, maka direncanakan lah pembuatan dinding penahan tanah (*retaining wall*) sepanjang 200 meter.

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

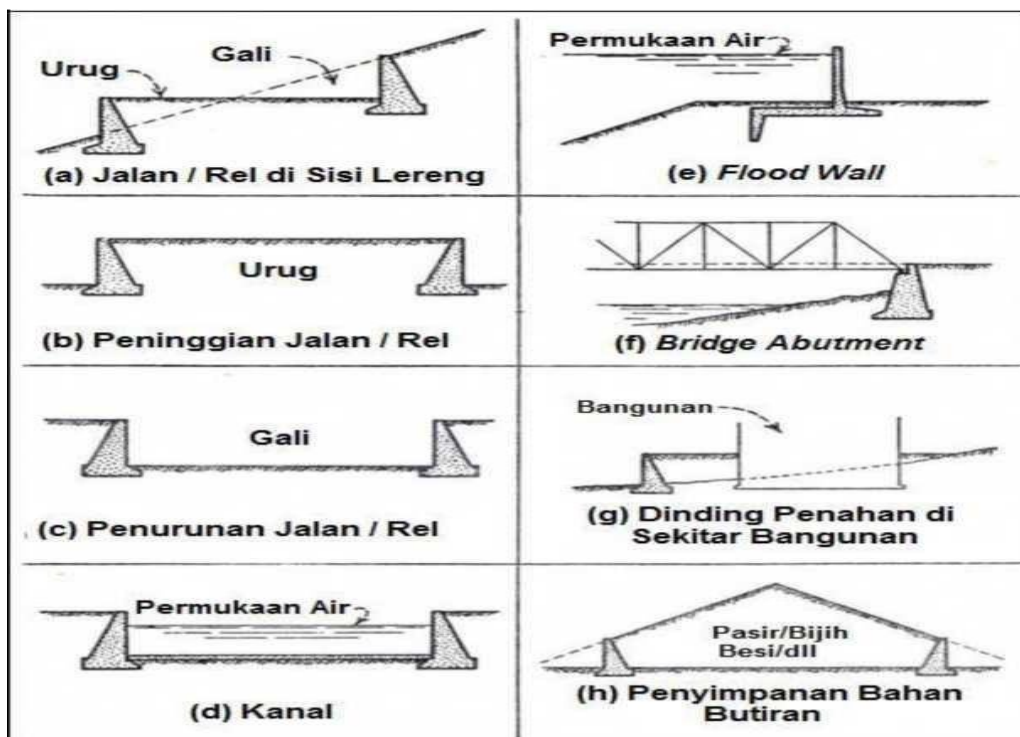
2.3.1 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun beban yang bekerja di atasnya.

2.3.2 Kegunaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan tembok penahan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.
- f. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approach fill* dan tembok penahan disebut *abutments*.
- g. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah disekitar bangunan atau gedung-gedung.
- h. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain.



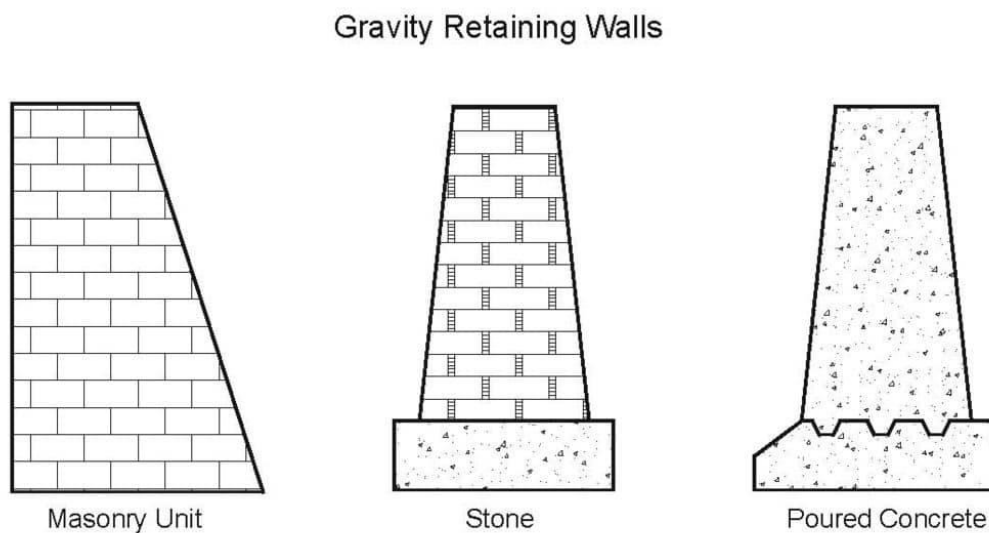
Gambar 2. 5 Aplikasi Dinding Penahan Tanah
 sumber: Huntington, 1991

2.3.3 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Penahan Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding Penahan Kontravot, Dinding Penahan Butters. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain:

a. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*Gravity Wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat temperatur. Seperti pada Gambar 2.6

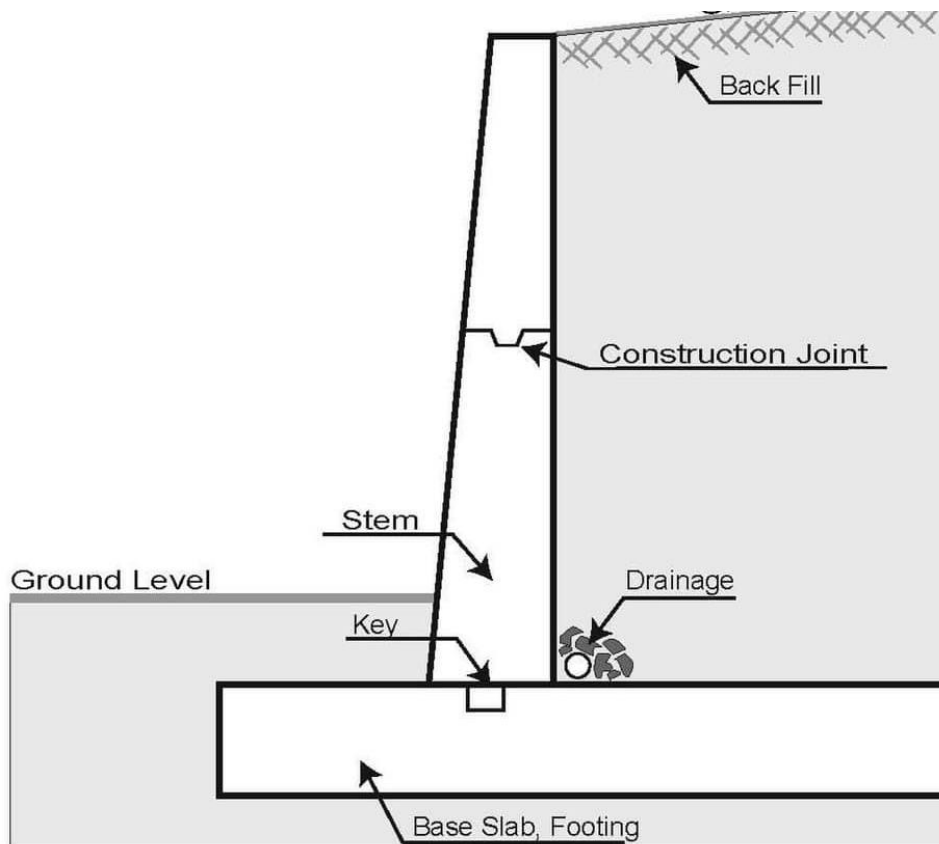


Gambar 2. 6 Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*)

Sumber: Hardiyatmo, 2011

b. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (*Cantilever Retaining Wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan tanah diatas tumis tapak (*hell*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter. Seperti Gambar 2.7



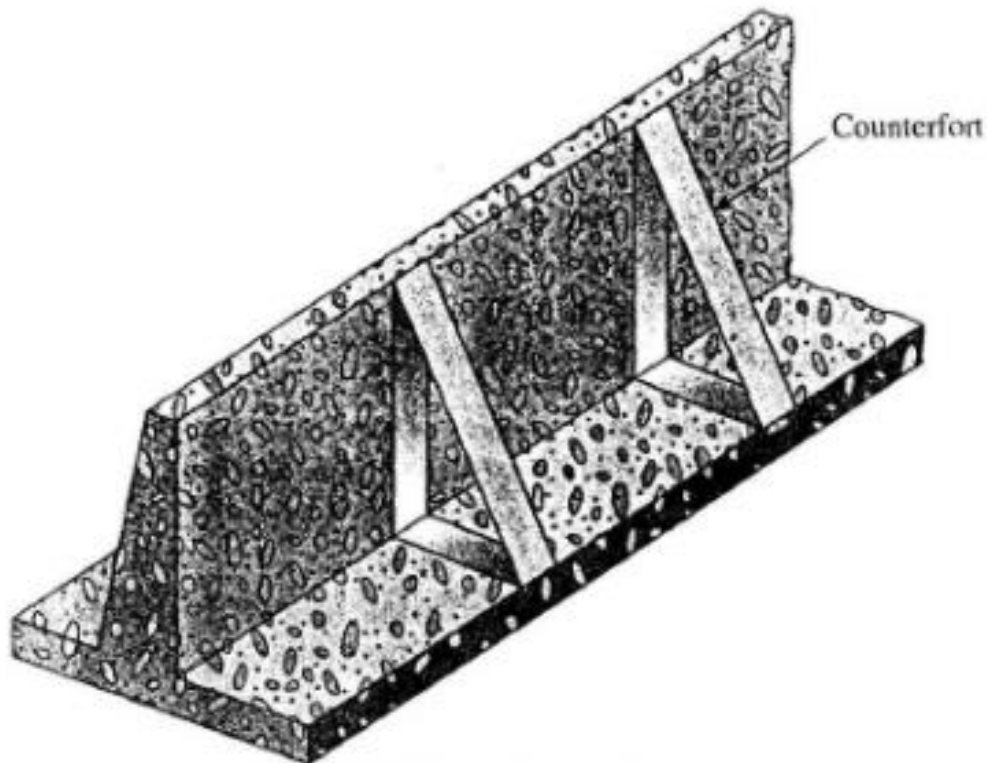
Gambar 2. 7 Type Kantilever (*Cantilever retaining wall*)
 Sumber: Hardiyatmo, 2011

c. Dinding Penahan Tanah Type Counterfort (*Counterfort Wall*)

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang dibagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertical yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (kontrafort). Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebar dari 7 dinding penahan tanah Type Counterfort

Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu lebar $0,45 H$ s/d $0,60 H$, dengan tebal tidak kurang 20 cm. Tinggi kontrafort sebaiknya

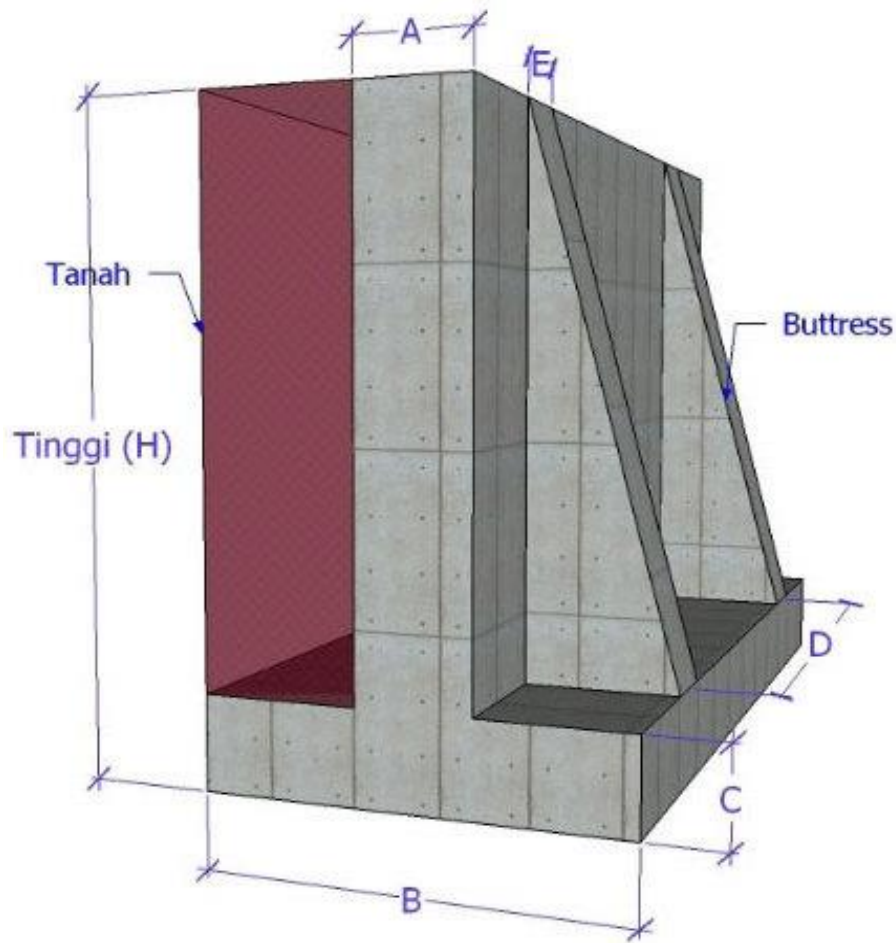
sama dengan tinggi dinding vertikal, tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan 0,12 H s/d 0,24 H. Seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Dinding Penahan Tanah Type Kounterfort (*counterfort wall*)
(Sumber: Hardiyatmo,2011)

d. Dinding Penahan Tanah Type Buttress (*Buttress Wall*)

Dinding buttress hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding dibawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit dari pada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara roling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit. Seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Dinding Penahan Tanah Type Butress (*buttress wall*)
 (Sumber: Hardiyatmo,2011)

2.4 Metode Perhitungan Dinding Penahan Tanah

a) Perhitungan Gaya Vertikal dan Momen Terhadap Kaki Depan

Dalam melakukan perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap kaki depan perlu dihitung menggunakan rumus :

$$W = A \times \gamma_{\text{beton}} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$M = W \times L \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

- W : Berat (kN)
- A : Luas penampang (m²)
- γ_{beton} : Berat isi beton (kN/m³)
- M : Momen (kN)

L : Jarak (m)

b) Tekanan Tanah (*earth pressure*)

Besar tekanan tanah aktif merupakan luas diagram tegangan gaya yang terjadi akibat pembebanan, perbedaan tinggi muka air maupun akibat sifat-sifat tanah. Diagram tegangan gaya tersebut adalah :

- 1) Akibat beban merata, berbentuk segi empat tegangan gaya.
- 2) Akibat perbedaan tinggi muka air, pada mulanya berupa segitiga tegangan gaya kemudian segitiga tegangan gaya ini menjadi gaya, sehingga bentuk selanjutnya menjadi segiempat tegangan gaya.
- 3) Akibat sifat-sifat tanah, dapat berbentuk segiempat dan segitiga dibedakan akibat harga kohesi tanah (c) dan akibat berat isi tanahnya (γm). Yang perlu diperhatikan dalam mencari total tekanan tanah adalah:
 - a. Akibat sifat-sifat tanah, khususnya akibat kohesi tanah memberikan pengurangan terhadap seluruh tekanan tanah aktif yang bekerja. Sedangkan untuk tekanan pasif, kohesi tanah akan menambah besar seluruh tekanan tanah pasif yang bekerja.
 - b. Akibat beban garis (*line load*), beban titik (*point load*), dan beban strip (*strip load*), bentuk diagram dapat di dekati dalam bentuk trapezium, atau segitiga.

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dengan :

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\alpha + \beta)}} \right]} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\Sigma p_a = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma \times K_a \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan makna rumus sebagai berikut:

K_a : koefisien tanah aktif

γ : berat jenis isi tanah (kN/m³)

- H : tinggi tembok penahan tanah (m)
- φ : sudut geser tanah
- β : kemiringan tanah di belakang tembok
- α : titik A dibelakang plat

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan tiap makna rumus sebagai berikut:

- \varnothing : sudut geser dalam
- β : sudut tanah timbunan

Untuk tanah timbunan datar ($\beta = 0^\circ$), besarnya koefisien tekanan tanah aktif menjadi :

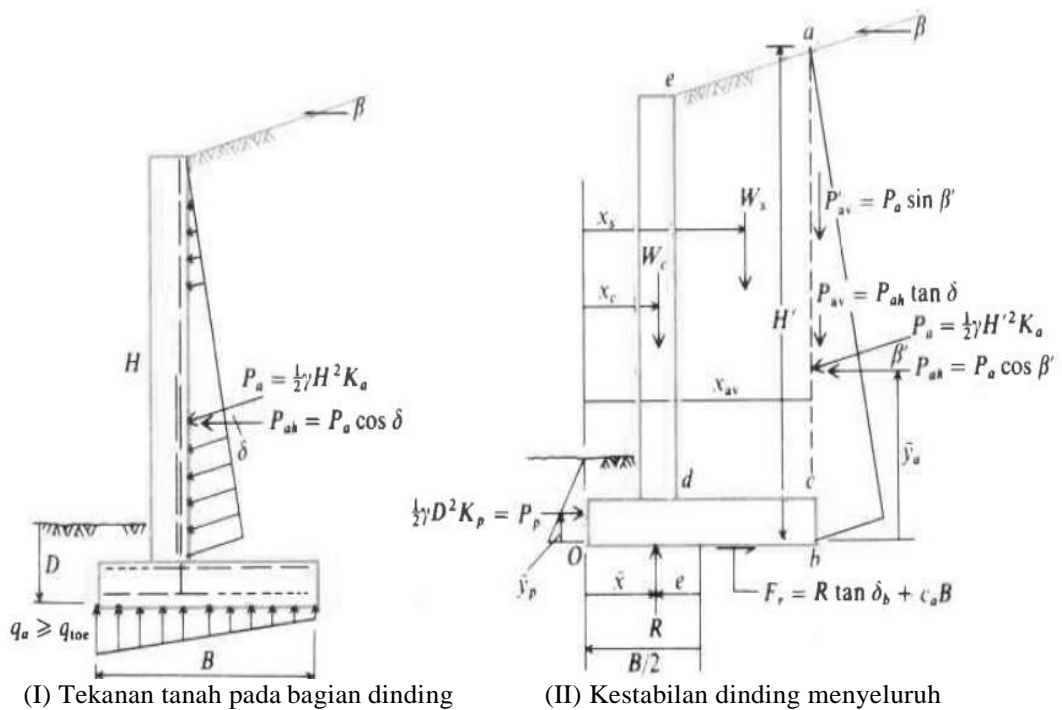
$$K_a = \frac{1 - \sin \varnothing}{1 + \sin \varnothing} : \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varnothing}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

2.5 Kestabilan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Tekanan tanah dan gaya – gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah itu sendiri, secara umum pemampatan atau penggunaan bahan dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar timbunan di belakang dinding penahan tanah, seperti dinding penahan tanah itu harus stabil terhadap:

1. Geseran dan penturan badan dinding terhadap tekanan darah lateral atas badan dinding.
2. Momen geser dan lentur alas pada badan dinding yang disebabkan oleh pembebanan dinding menghasilkan tekanan tanah atas telapak (atau alas) dinding
3. Kestabilan dinding keseluruhan :
 - a. Gelincir – dihasilkan oleh tekanan tanah atas bidang vertikal ab (atau jarak H') yang melintasi tumit.
 - b. Penggulingan sekitar jari pada titik 0.

4. Kestabilan terhadap kerusakan daya dukung atau penurunan alas yang berlebihan menghasilkan penjurangan besar pada dinding tersebut. Terlihat pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10 Kestabilan dinding umum
(Sumber : Joseph E. Bowles, P.E.,SE)

2.6 Stabilitas Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Pada dasarnya daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Pondasi adalah bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah yang terletak dibawahnya. Tegangan maximum (σ_{max}) akibat berat pondasi pada tanah pasir, lempung atau campuran dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_{max} = (\Sigma V / b) + (1 / 12 \cdot b) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana arti tiap rumus adalah:

- (σ_{max}) : Tegangan maksimum dari konstruksi
- (ΣV) : Jumlah gaya-gaya vertikal
- (b) : Lebar pondasi

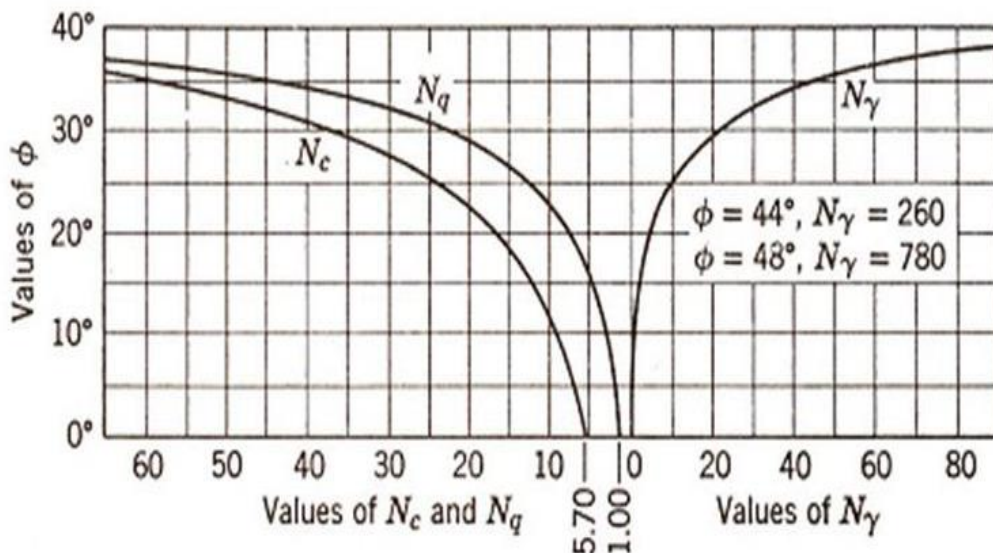
Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. daya dukung tanah ultimate untuk tanah non kohesif (σ_{tanah}) dapat ditentukan dengan teori Terzaqhi sebagai berikut :

$$\sigma_{tanah} = (Df \cdot \gamma) \cdot N_q + (\beta \cdot b \cdot \gamma \cdot N_g) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana arti dari tiap rumus adalah:

- (σ_{tanah}) : Tegangan tanah maximum
- (q) : Beban terbagi rata tanah diatas pondasi ($Df \cdot \gamma$)
- (Df) : Kedalaman galian pondasi
- (γ) : Berat volume tanah
- (β) : Faktor bentuk pondasi menerus 0,5
- (b) : Lebar pondasi
- (N_q, N_g) : Faktor daya dukung Terzaqhi

Faktor – faktor daya dukung tanah Terzaqhi dapat diambil dari grafik Terzaghi. Dalam grafik tersebut terdapat keruntuhan geser local dan umum yang berhubungan dengan sudut geser tanah.



Gambar 2. 11 Faktor Daya Dukung Tanah Terzaqhi
(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

2.7 Pembebanan Pada Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Penampang dinding penahan tanah (*retaining wall*), Data dan dimensi dinding penahan tanah adalah sebagai berikut :

Bagian Vertikal :

$$V_1 = h_1 + h_2 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$V_2 = h_1 + h_3 \dots \dots \dots (2.10)$$

Bagian Horizontal :

$$H_1 = b_1 + b_2 \dots \dots \dots (2.11)$$

$$H_2 = b_2 + b_3 + b_4 \dots \dots \dots (2.12)$$

Data Tanah Asli Didasar Pile Cap :

- Berat Volume Tanah Asli
- Sudut Gesek, ϕ
- Kohesi, C

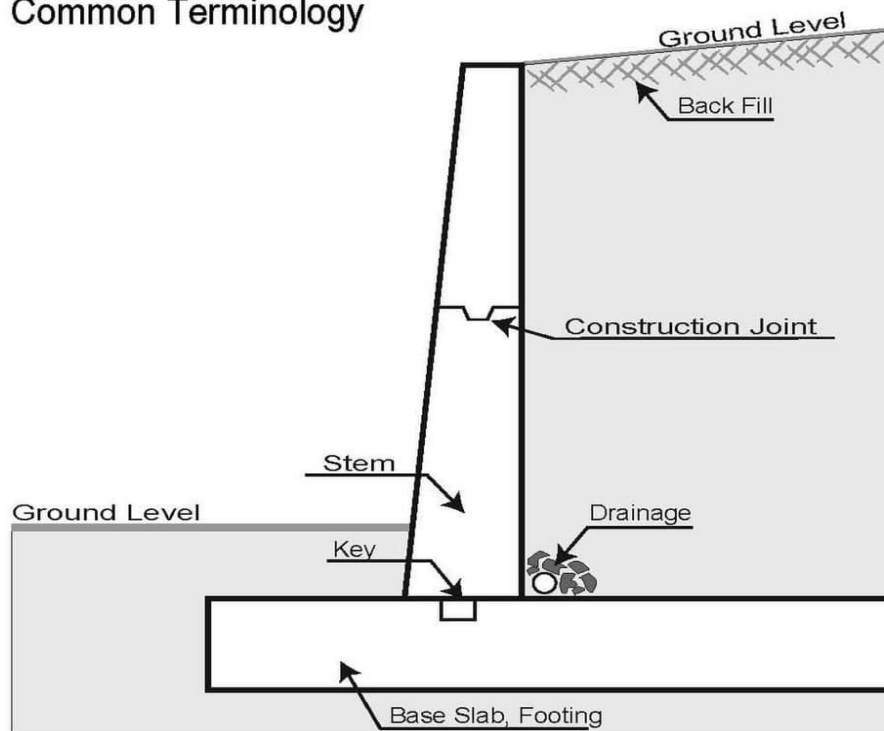
Data Tanah Timbunan :

- Berat Volume Tanah Timbunan, ws
- Material Bahan dari Struktur
- Kuat Tekan Beton Rencana, K-300
- Kuat Tarik Baja Tulangan
- Berat Jenis Beton Bertulang

2.8 Pengertian Tanah

Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang seperti zat sumber penyebab gaya luar pada bendungan. kemungkinan dalamnya penurunan yang akan terjadi yang disebabkan oleh gaya yang bekerja. Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut).

Common Terminology



Gambar 2. 12 Dinding Penahan Tanah
Sumber : Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono, 1981

2.8.1 Klasifikasi Tanah

Suatu Klasifikasi mengenai tanah adalah perlu untuk memberikan gambaran sepintas mengenai sifat-sifat tanah dalam menghadapi perencanaan dan pelaksanaan. Adapun klasifikasi tanah yang dikelompokkan menurut kriteria yang sama.

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah (persiapan Log-bor tanah dan peta tanah).
2. Perkiraan standart hasil kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (Penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah timbun).
4. Perkiraan presentasi muai dan susut.
5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian).
6. Perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi.

7. Rencana pekerjaan / pembuatan lereng dan tembok penahan tanah, (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah).

Sumber : Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono, 1981

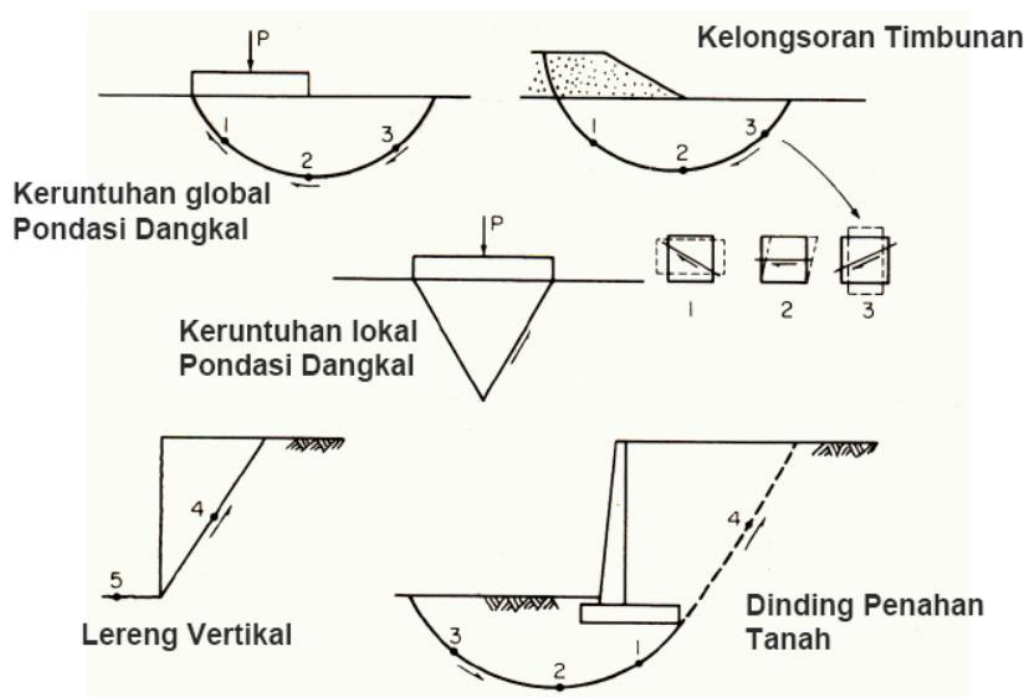
Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir ≥ 50% Fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
			Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dubel	
			Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP, Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dubel	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW				
Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW				
Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol				
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
		Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.		
Batas Cair LL (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$				
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Tabel 2. 2 Tabel Klasifikasi Tanah

2.8.2 Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*)

Secara sepintas kekuatan geser dapat dibagi dalam nilai yang tergantung pada tahanan geser antara butir-butir tanah dan kohesi pada permukaan butir-butir tanah itu sesuai dengan hal tersebut diatas, seringkali tanah itu dibagi dalam tanah yang kohesif dan tanah yang tidak kohesif. Tanah yang kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya, sedangkan tanah yang non kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau hanya sedikit lekatan antara butir-butirnya. Adapun contoh tanah yang tidak kohesif adalah pasir yang mempunyai harga ($c=0$). Contoh tanah yang tidak kohesif adalah lempung (tanah liat). Kohesi dari lempung diperkirakan disebabkan oleh gravitasi listrik dan sifat-sifat dari air yang diserap pada permukaan vertikal lempung. Bila mana tanah berada dalam keadaan tidak jenuh, meskipun tanah itu tidak kohesif, mak sifat kohesi itu kadangkala dapat terlihat sebagai tegangan permukaan dari air yang terdapat dalam pori-pori. Jadi kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah itu.

Gambar 2. 13 Kekuatan Geser Tanah



Sumber : Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono, 1995

2.8.3 Pemadatan Tanah (*Compaction Of Soil*)

Untuk menguji kekuatan tanah yang dipadatkan, biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi. Pada umumnya kekuatan tanah segera setelah pemadatan selesai menunjukkan harga maksimum pada kadar air yang sedikit lebih rendah dari kadar air optimum. Pada kadar air optimum, kekuatan tanah berkurang sedikit. Tetapi jika tanah ini kemudian menyerap air, tanah yang dipadatkan dengan kadar air yang agak kurang dari kadar air optimum akan mengembang, menjadi agak lembek sehingga kekuatannya berkurang, kekuatan yang maksimum, seperti yang ditunjukkan oleh garis titik pada gambar, akan berada di sekitar kadar air optimum.

2.8.4 Teori Mononobe - Okabe

Persamaan tekanan tanah aktif pasif Coulomb dapat dimodifikasi dengan memperhitungkan perubahan koefisien percepatan horizontal yang disebabkan oleh gempa (K_{ae}), secara umum dikenal dengan Mononobe-Okabe analysis. (Mononobe,1929 ; Okabe,1926) telah mengembangkan dasar analisis pseudostatik pada tekanan tanah saat gempa pada struktur dinding penahan tanah dimana telah menjadi populer dikenal sebagai metode Mononobe – Okabe. Teori Mononobe – Okabe merupakan modifikasi dari rumus Coulomb. Beban gempa yang digunakan adalah dalam bentuk percepatan gempa.

Metode Mononobe – Okabe memberikan total gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan tanah, tapi tidak memberikan secara eksplisit titik tangkap gaya atau distribusi tekanan tanah dinamis.

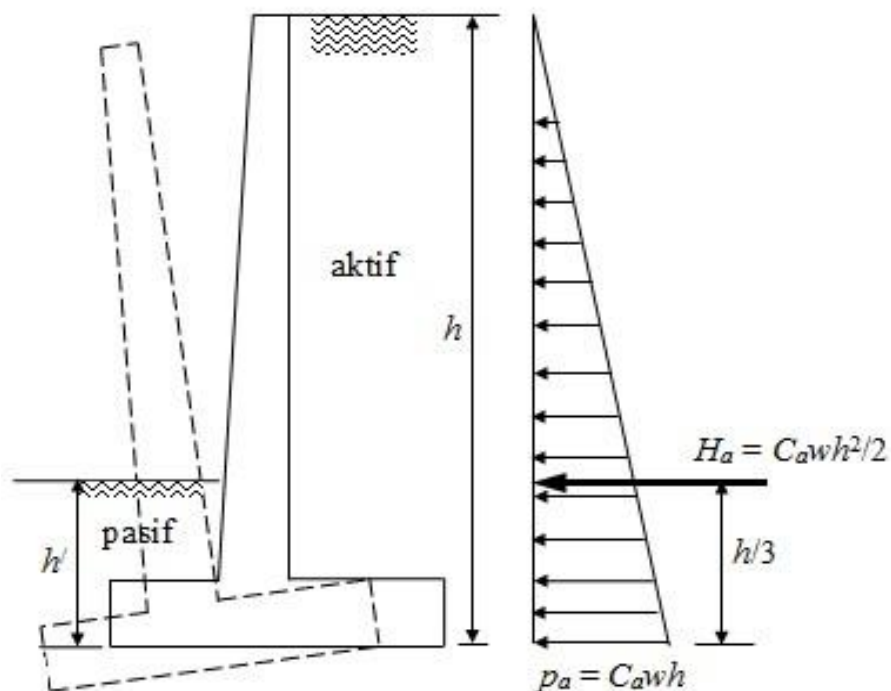
$$k_{ae} = \frac{\sin^2 (\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta - \delta \left(1 - \sqrt{\frac{\sin (\varphi + \delta) \sin (\varphi - \alpha)}{\sin (\beta - \delta) \sin (\alpha + \beta)}} \right)^2} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- (φ) : Sudut gesek dalam dari tanah
- (α) : Sudut kemiringan timbunan tanah terhadap bidang horizontal
- (δ) : Sudut kemiringan tegangan
- (β) : Sudut kemiringan dinding terhadap bidang vertical

2.9 Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003) tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya seperti gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2. 14 Diagram Tekanan Tanah Aktif
(Sumber: Hardiyatmo, 2003)

Nilai tekanan tanah aktif untuk tanah lateral dihitung dengan menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah aktif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah aktif untuk tanah miring. Untuk us seperti dibawah ini. Nilai

Ka untuk tanah datar dinyatakan dalam Pmenghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah aktif digunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

Ka = Koefisien tanah aktif

2.10 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah kearah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau kp. nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

Untuk nilai tekanan tanah pasif untuk tanah lateral dihitung dengan cara yang sama pada tekanan tanah aktif menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah pasif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah pasif untuk tanah miring. Prosedur perhitungannya digunakan metode Rankine seperti rumus dibawah ini.

Nilai Kp untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan sebagai berikut :

$$K_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

Kp = Koefisien tanah aktif

Perhitungan untuk tekanan tanah pasif dihitung menggunakan Persamaan dibawah ini.

1. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif

Nilai P_p untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam Persamaan berikut ini.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \dots \dots \dots (2.16)$$

2. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif

Nilai P_a untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan berikut ini.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p - 2c\sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.17)$$

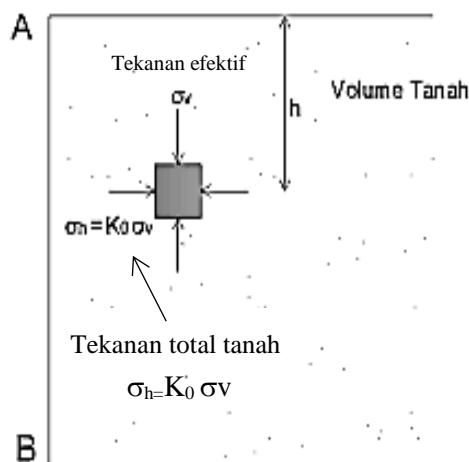
Keterangan :

- P_p = Tekanan tanah pasif (KN/m)
- γ = Berat isi tanah (KN/m³)
- H = Tinggi dinding (m)
- c = Kohesi (KN/m²)
- K_p = Koefisien tanah pasif

Terdapat 3 jenis tekanan tanah lateral yaitu:

1. Tekanan tanah lateral saat diam

Tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin (*frictionless wall*) AB. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman z akan mendapatkan tekanan ke arah vertikal σ_v dan horisontal σ_h , dimana σ_v dan σ_h merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*) apabila dinding dalam keadaan diam.



Gambar 2. 15 Tekanan Tanah Dalam Kondisi Diam (*at Rest*)

Sumber: Hardiyatmo 2003

Hardiyatmo, 2003 mengatakan pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral (*horizontal*) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z),

dengan :

σ_h = Tegangan horisontal efektif (kN/m^3)

σ_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m^3)

K_0 = Koefisien tekanan tanah saat diam

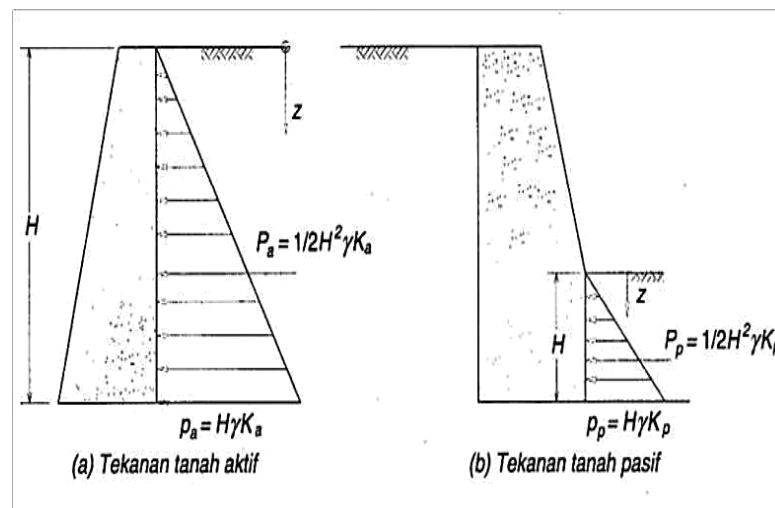
h = Kedalaman dari muka air (m)

2. Tekanan Tanah Lateral pada Dinding dengan Permukaan Horizontal

Pada Gambar 2.15 menunjukkan dinding penahan dengan tanah urug tak berkohesi seperti pasir ($c = 0$), dengan berat volume γ dan sudut gesek dalam ϕ , dan tidak terdapat air tanah. Untuk kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah aktif (P_a) pada dinding penahan tanah di sembarang kedalaman dapat dilihat pada persamaan 2.2 Pada kedudukan pasif, tekanan tanah aktif (P_a) pada

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine, ditunjukkan dalam Gambar 2.15. Tekanan tanah pasif (P_p) pada sembarang kedalaman dinding penahan dinyatakan dalam persamaan:

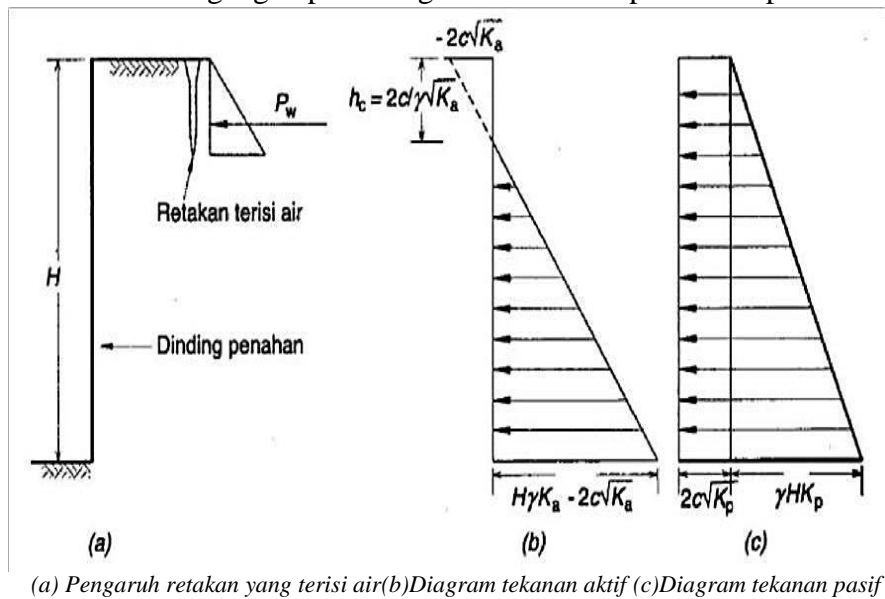
$$P_p = z \gamma K_p; c = 0$$



Gambar 2. 16 Distribusi Tekanan Tanah Untuk Permukaan Tanah Horizontal
Sumber: Hardiyatmo 2003

3. Tekanan tanah lateral untuk tanah kohesif

Kondisi tanah urugan kembali yang berupa tanah kohesif seperti tanah lempung, besarnya tekanan tanah aktif menjadi berkurang, suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada dinding penahan dengan tanah urugan kembali untuk tanah berlempung, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.16 Hitungan didasarkan pada persamaan Rankine dan Coulomb dengan mempertimbangkan kondisi – kondisi tegangan pada lingkaran Mohr. Dapat dilihat pada Gambar 2.16



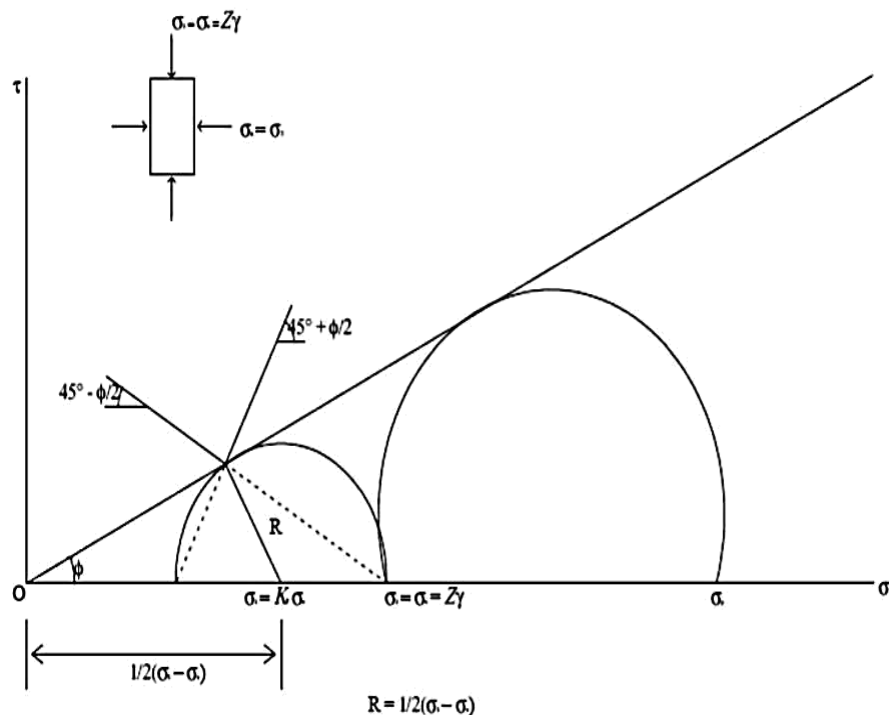
Gambar 2. 17 Galian pada tanah kohesif

Sumber: Hardiyatmo 2003

2.10.1 Metode Rankine

Ditinjau suatu tanah tak berkohesi yang homogen dan isotropis yang terletak pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horizontal, dan dinding penahan vertikal berupa dinding yang licin sempurna. Untuk mengevaluasi tekanan tanah aktif dan tahanan tanah pasif, ditinjau kondisi keseimbangan batas pada suatu elemen di dalam tanah, dengan kondisi permukaan yang horisontal dan tidak ada tegangan geser pada kedua bidang vertikal maupun horizontalnya. Dianggap tanah ditahan dalam arah horisontal. Pada kondisi aktif sembarang elemen tanah akan sama seperti benda uji dalam alat triaksial yang diuji dengan penerapan tekanan sel yang dikurangi, sedangkan tekanan aksial tetap. Ketika tekanan horisontal dikurangi pada suatu nilai tertentu, kuat geser tanah pada suatu saat akan sepenuhnya

berkembang dan tanah kemudian mengalami keruntuhan. Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal pada kondisi ini, merupakan koefisien tekanan aktif (coefficient of active pressure) tekanan tanah aktif dan pasif adalah tekanan yg bekerja untuk menekan tanah yg bekerja pada tanah yang ditopang.



Gambar 2. 18 Tegangan Rankine dengan menggunakan lingkaran ,Mohr
 Sumber: Hardiyatmo 2003

2.11 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat.

Beban dinamis dapat diartikan “bervariasi” terhadap waktu dan konteks gaya yang bekerja (*eksitasi*) pada struktur. Variasi beban dinamis dapat berupa besarnya (*magnitude*), arahnya (*direction*) dan atau titik pangkatnya (*point of application*), respon struktur tersebut, bekerja pada defleksi dan tegangan yang

bervariasi pula terhadap waktu (sama dengan respon dinamis), baik respon dinamis maupun respon statis (akibat beban statis).

Selain kekakuan (*stiffness*) respon dinamis sangat di pengaruhi pula oleh massa dan redaman struktur inilah yang sangat membedakan antara masalah-masalah dalam analisa dinamis dan statis.

Selain sifat pembebanan yang berbeda, percepatan yang di timbulkan dalam beban dinamis memiliki peranan yang amat penting dalam analisa dinamis.

Defleksi dan tegangan internal yang timbul dalam kasus beban statis hanya ditimbulkan langsung oleh beban $p(t)$ menimbulkan gaya inerti yang di distribusi pada seluruh bagian batang, selain akibat $p(t)$ tadi, defleksi pada batang sangat di pengaruhi pula oleh gaya inerti yang ditimbulkan oleh massa batang ketika mengalami akselerasi. Jika pengaruh inersia tersebut sangat signifikan, maka perlu analisa dinamis.

2.11.1 Pembagian Beban Dinamis

Adapun yang dimaksud dengan beban dinamis, meliputi:

1. periodik (berulang)
2. kejut (impuls)
3. acak (random)

2.11.2 Contoh Beban Dinamis

Adapun yang dimaksud dengan contoh beban dinamis, meliputi:

1. getaran yang diakibatkan kereta api
2. gempa
3. ledakan bahan peledak atau bom-bom

2.11.3 Contoh Getaran Beban Dinamis

Getaran adalah suatu gerak bolak balik di sekitar kesetimbangan. Kesetimbangan disini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitude (jarak simpang terjauh dengan titik tengah) yang sama. Adapun getaran akibat mesin yaitu:

a. Getaran Bebas

Terjadi bila system mekanis dimulai dengan gaya awal, kalau dibiarkan bergetar dengan cara bebas. Contoh seperti getaran mesin yang dinyalakan.

b. Getaran Paksa

Terjadi bila gaya bolak balik atau gerakan diterapkan pada sistem mekanis, contohnya adalah getaran dinding penahan tanah saat gempa bumi.

2.12 Geogrid

Geogrid adalah bahan *Geosynthetic* yang digunakan untuk memperkuat tanah. Geogrid biasanya digunakan untuk memperkuat sebagai dinding penahan, serta *subbases* atau *subsoils* bawah jalan atau bangunan. Istilah *Geosynthetic* berasal dari kata *geo*, yang berarti bumi atau dalam dunia teknik sipil diartikan sebagai tanah pada umumnya, dan kata *synthetic* yang berarti bahan buatan, dalam hal ini adalah bahan polimer. Bahan dasar geosintetik merupakan hasil polimerisasi dari industri-industri kimia/minyak bumi (Suryolelono, 1988) dengan sifat-sifat yang tahan terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikro organisme. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah *Polyester* (PS), *Polyamide* (PM), *Polypropylen* dan *Polyethylene* (PE). Jadi istilah geosintetik secara umum didefinisikan sebagai bahan polimer yang diaplikasikan di tanah. Menurut struktur dan fungsinya, geosintetik diklasifikasikan atas :

- Geotekstil
- Geogrid
- Geonet
- Geosintetik *clay liner*
- Geokomposit

Teknologi Geosintetik telah berkembang menjadi salah satu pionir dalam hal perkuatan tanah maupun timbunan di belakang dinding penahan. Karena dalam prakteknya, dinding penahan tanah banyak mengalami kegagalan seperti rendahnya.