

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai perbandingan. Hasil penelitian yang dijadikan perbandingan masih berkaitan dengan topik penelitian yaitu *Stone Column*.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Metode Yang Digunakan	Hasil Penelitian
1	Imanudin, dkk (2021)	Analisis Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Kolom Grout Modular Pada Area Pick Up Zone di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang	Kuantitatif dan Kualitatif	Pemodelan seluruh variasi pada Kolom Grout Modular telah dilakukan dengan pendekatan elemen hingga menggunakan software Plaxis 3D. Berdasarkan hasil nilai-nilai variasi yang sudah didapatkan, maka perbaikan tanah menggunakan Kolom Grout Modular dengan diameter 0.25 m, tebal LTP 1,75 m, spasi 1 m, kedalaman 14.5 m, dan pola pemasangan rectangular dapat mencapai hasil reduksi penurunan dan waktu secara

				efektif.
2	Iskandar, dkk (2016)	Pemodelan Numerik Pada Perbaikan Tanah Menggunakan Stone Column Di Tanah Lempung Lunak Di Bawah Tanah Timbunan	Data tanah dari pihak proyek  Data Stone column buku dan referensi	Nilai persentase penurunan kondisi stone column dengan pengaruh smear zone dan tanpa pengaruh smear zone dapat mengurangi penurunan tanpa stone column hingga 80%.
3	Anhar, dkk (2016)	Pengaruh Floating Stone Column Dalam Perbaikan Tanah Pada Tanah Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga	Review, pengumpulan data secara observasi	Kapasitas daya dukung tanah yang diijinkan (qall) tanpa perkuatan stone column hasil perhitungan menggunakan metode Terzaghi untuk lapisan pertama sebesar 56,103 kN/m <sup>2</sup> , untuk lapisan kedua sebesar 463,44 kN/m <sup>2</sup> dan untuk lapisan ketiga hanya sebesar 304,72 kN/m <sup>2</sup> , sedangkan nilai daya dukung tanah yang diijinkan (qall) dengan adanya perkuatan stone column untuk lapisan pertama sebesar 185,119 kN/m <sup>2</sup> , untuk lapisan kedua sebesar 370,324 kN/m <sup>2</sup> dan untuk lapisan ketiga hanya

				sebesar 190,504 kN/m <sup>2</sup> .
4	Arisugan, dkk (2021)	Analisis Perbandingan Metode Perbaikan Tanah Pada Konstruksi Jalan Tol Di Atas Tanah Gambut	Studi literatur, pencarian terhadap data tanah, korelasi terhadap data tanah, menganalisis kebutuhan gaya luar, trial and error.	Hasil analisis metode perbaikan tanah yang diantaranya stone column, cerucuk kayu, dan micropile, didapat metode yang terbaik adalah stone column dengan total penurunan terkecil yaitu 1,1634 m.
5	Aghnii Auliya, dkk (2020)	Analisis Perbaikan Daya Dukung Tanah Lunak Dengan Metode Stone Column	Review jurnal-jurnal yang terkait dengan penelitian ini, pengumpulan data sekunder	Kapasitas daya dukung tanah yang diijinkan (qall) tanpa perkuatan stone column hasil perhitungan menggunakan metode Terzaghi untuk lapisan pertama sebesar 56,103 kN/m <sup>2</sup> , untuk lapisan kedua sebesar 463,44 kN/m <sup>2</sup> dan untuk lapisan ketiga hanya sebesar 304,72 kN/m <sup>2</sup> , sedangkan nilai daya dukung tanah yang diijinkan (qall) dengan adanya perkuatan stone column untuk lapisan pertama sebesar 185,119 kN/m <sup>2</sup> , untuk lapisan kedua sebesar 370,324 kN/m <sup>2</sup> dan untuk lapisan ketiga hanya sebesar 190,504 kN/m <sup>2</sup> .

				<p>Pada penelitian ini adanya perbaikan tanah stone column menambah daya dukung ijin tanah tetapi kurang efektif pada tanah lapisan ke-2 dan ke-3, sedangkan untuk penurunan perbaikan stone column ini efektif mengurangi besarnya settlement pada tanah lunak</p>
--	--	--	--	---

## 2.2. Teori Dasar Yang Digunakan

### 2.2.1 Pelabuhan

Pelabuhan adalah sebuah fasilitas diujung samudra, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Pelabuhan biasanya memiliki alat-alat yang dirancang khusus untuk memuat dan membongkar muatan kapal-kapal yang berlabuh. Dereck jangkung (*crane*) dan gudang berpendingin juga disediakan oleh pihak pengelola maupun pihak swasta yang berkepentingan. Sering pula disekitarnya dibangun fasilitas penunjang seperti pengalengan dan pemrosesan barang. Peraturan Pemerintah RI No.69 Tahun 2001 mengatur tentang pelabuhan dan fungsi serta penyelenggaraannya. Pelabuhan juga dapat di definisikan sebagai daerah perairan yang terlindung dari gelombang laut dan di lengkapi dengan fasilitas terminal meliputi:

- Dermaga, tempat di mana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang.
- Crane, untuk melaksanakan kegiatan bongkar muat barang.
- gudang laut (transito), tempat untuk menyimpan muatan dari kapal atau yang akan di pindah ke kapal.

### 2.2.2 Pengertian Tanah

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas yang terletak di atas batu dasar (Hardiyatmo,1992). Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain karena diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef,1994). Ada 4 jenis klasifikasi tanah yaitu :

a) Batu Kerikil

Batu kerikil (*gravel*) merupakan tanah berbutir kasar karena butirannya lebih dari 2 mm.

b) Pasir

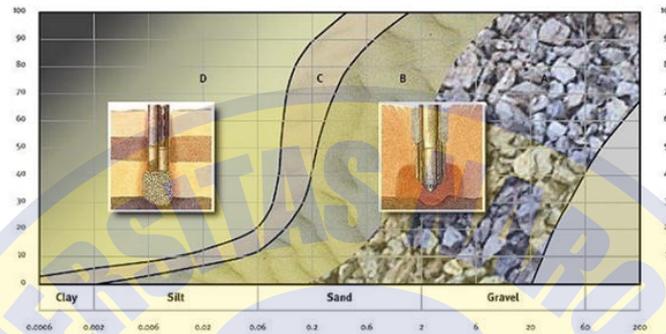
Sama dengan batu kerikil namun yang membedakannya terdapat pada ukurannya, pasir dengan ukuran 0,6 mm – 2 mm.

c) Lempung

Terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan cohesi. Ukuran partikelnya <0,002 mm

d) Lanau

Merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Ukuran partikel adalah 0,002 mm – 0,06 mm.



Gambar 2. 1 Klasifikasi Tanah (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

### 2.2.3 Pengertian Stone Column

*Stone column* (kolom batu) adalah salah satu metode perbaikan tanah yang masuk dalam kategori “*reinforcement*” atau perkuatan tanah yang mana menggunakan agregat berupa kerikil atau batu pecah untuk membuat kolom dengan diameter dan kedalaman tertentu di dalam lapisan tanah yang bertujuan meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi settlement.

Jarak antara satu kolom dengan kolom yang lain berjarak 1,5m–2,5m dengan tipikal kolom adalah segitga dan persegi panjang, diameter kolom berkisar 0,6 m hingga 1,1 m.

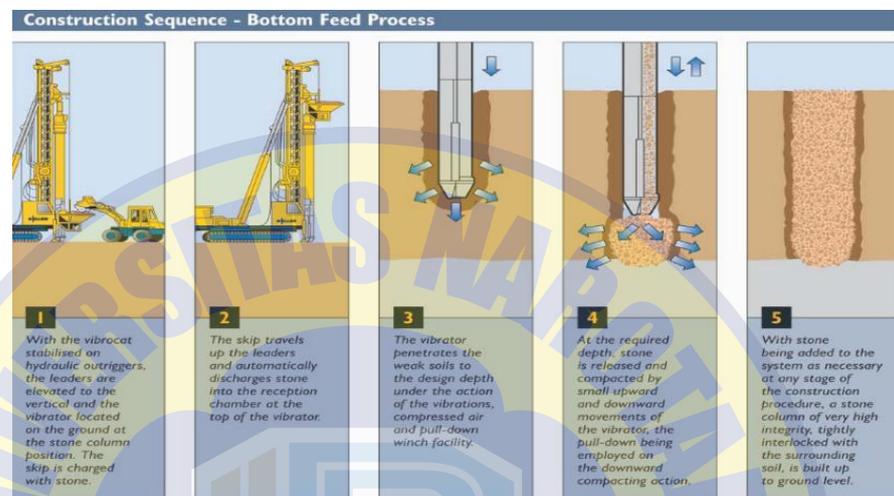
*Vibro-flotation* dilakukan dengan perangkat poker getar yang dapat menembus ke kedalaman tanah yang diperlukan di bawah aksi getarannya sendiri, dibantu oleh fasilitas *winch pull-down rig*. Getaran yang diberikan

ke tanah sebagian besar bersifat horizontal dan akan meningkatkan kepadatan relatif tanah jika kandungan butiran lebih besar dari  $\approx 90\%$  (lihat Gambar 2.9). Proses ini disebut sebagai Pemadatan Getaran, dan telah digunakan untuk memadatkan pasir lepas hingga kedalaman 30m, seperti di Proyek Dunia dan Pulau Palm di lepas pantai Dubai dan Dermaga Leith Edinburgh.

Ada dua pendekatan berbeda yang dapat digunakan untuk membangun kolom batu, tergantung pada kondisi tanah:

1. Pendekatan pertama, poker benar-benar ditarik setelah penetrasi awal ke kedalaman desain tanah. Batu (berukuran 40-75 mm) kemudian dimasukkan ke dalam lubang dengan volume yang terkontrol dari permukaan tanah. Kolom dipadatkan dalam lapisan (batu dipaksa ke bawah dan ke luar) melalui penetrasi dan penarikan poker yang berkelanjutan. Pendekatan ini cocok jika lubang yang dibentuk oleh poker akan tetap terbuka selama pembangunan kolom.
2. Pendekatan kedua, batu dapat diumpangkan dari hopper yang dipasang di rig melalui tabung pengiriman permanen di sepanjang sisi poker, yang membengkok ke dalam dan memungkinkan batu untuk keluar di ujung poker. Proses ini membutuhkan grade batu yang lebih kecil (15-45mm). Dengan tetap berada di tanah selama konstruksi kolom, kotak poker memiliki lubangnya sendiri dan karenanya cocok untuk tanah dengan permukaan air yang tinggi atau kondisi pasir yang mengalir.

Sistem Umpan Bawah ditunjukkan pada foto sampel, dengan ilustrasi skema proses yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 2 Metode konstruksi *stone column* (Google)

## 2.3. Teknik Perbaikan Tanah

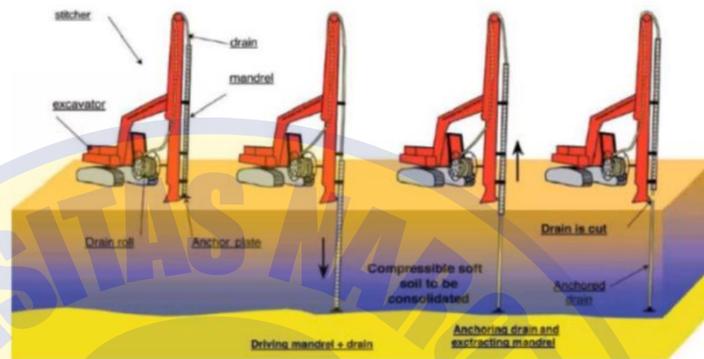
### 2.3.1 Konsolidasi

Merupakan teknik untuk mengalirkan kandungan air dalam tanah dan mengurangi tekanan air pori. Teknik ini akan sangat efektif digunakan pada jenis tanah berbutir halus. Perbaikan tanah dilakukan dengan mempercepat proses konsolidasi yaitu dengan menyediakan drainasi (vertikal maupun horizontal) pada tanah sehingga memungkinkan untuk berkurang atau menghilang tekanan air pori.

#### a) Konsolidasi – PVD (*prefabricated vertical drain*)

Membuat platform kerja dengan cara mereklamasi atau membuat timbunan. PVD bisa menggunakan alat dengan ketinggian maksimal

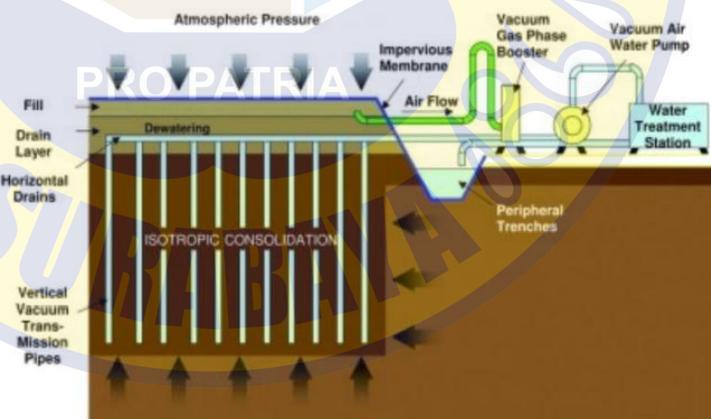
40 m (d disesuaikan dengan spesifikasi alat), dengan maksimal kedalaman tanah 60 m dengan produktifitas 1800 linear meter/jam (tergantung jenis tanah dan alat yang digunakan).



Gambar 2. 3 Konsolidasi PVD (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

b) *Vacuum Consolidation*

Menguras endapan air yang ada di atas permukaan tanah.



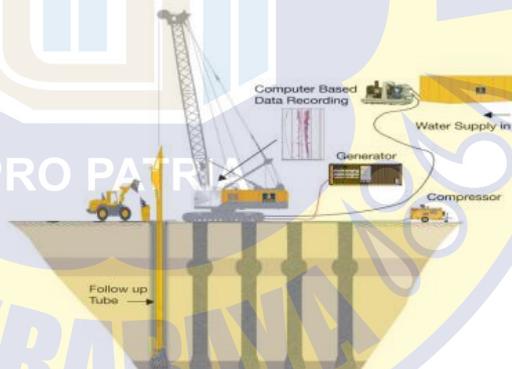
Gambar 2. 4 *Vacuum Consolidation* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

### 2.3.2 Reinforcement

Merupakan teknik perkuatan yaitu dengan menambahkan material lain yang lebih kaku untuk memperbaiki properti tanah di lapangan. Teknik ini diperuntukan pada tanah yang berperilaku non granular. Perbaikan tanah dilakukan dengan meningkatkan kuat geser tanah dengan memberikan elemen penguatan tanah yang lebih kaku untuk meningkatkan masa tanah dan dapat dikombinasikan dengan penyediaan drainase untuk mengurangi tekanan air pori.

#### a) *Stone column*

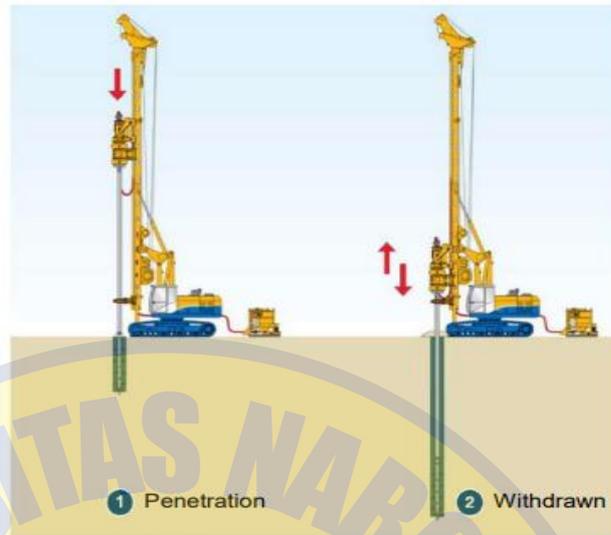
Teknik perbaikan tanah ini dengan memasukan batu kerikil ke dalam tanah.



Gambar 2. 5 *Stone column* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

#### b) *Deep soil mixing*

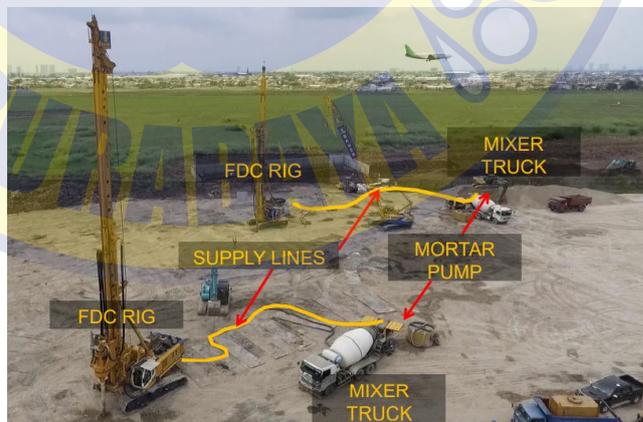
Teknik perbaikan tanah di lapangan yang meningkatkan karakteristik tanah lemah dengan mencampurkan pengikat semen.



Gambar 2. 6 *Deep soil mixing* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

c) *Rigid inclusion/FDC*

Merupakan cast-in-place mortar grout column yang di konstruksikan menggunakan teknik rotary drilling untuk memperbaiki formasi tanah lunak dengan menggunakan material yang lebih kaku.



Gambar 2. 7 *Rigid inclusion/FDC* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

### 2.3.3 Compaction

Merupakan teknik perbaikan tanah menggunakan energi pemadatan. Teknik ini akan sangat efektif digunakan pada jenis tanah granular. Meningkatnya kepadatan tanah, daya dukung, dan mitigasi likuifaksi dengan menggunakan energi yang berasal dari *roller*, *vibrator*, atau *impact*.

#### a) *Vibro compaction*

Pemadatan dalam menggunakan vibro (*vibroflot*) diaplikasikan pada tanah eksisting yang berupa tanah granular (dengan kandungan sedikit tanah kohesif). Dengan adanya getaran yang berasal dari *vibroflot* tersebut, tanah granular dapat dimampatkan menggunakan vibrasi frekuensi tinggi dan *flushing* air/udara yang diinjeksikan pada saat proses pemadatan.

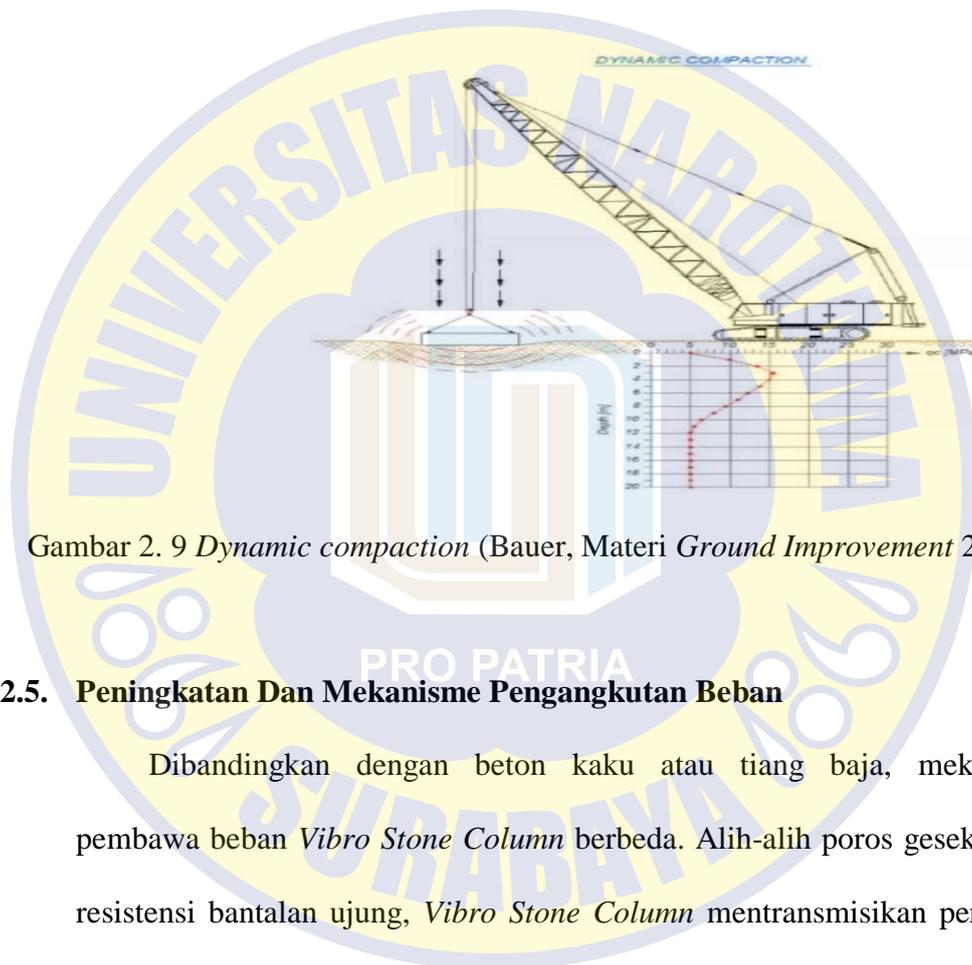


Gambar 2. 8 *Vibro compaction* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

#### b) *Dynamic compaction*

Pemadatan dinamis dilakukan dengan menggunakan lintasan tumbukan berat berenergi tinggi untuk meningkatkan kepadatan tanah

berbutir kasar dan lepas. Pemadatan dilakukan dengan mengkombinasikan berat tamper, tinggi jatuh, pola grid, jumlah lintasan, posisi muka air tanah dan sifat-sifat tanah lain yang mendasarinya.



Gambar 2. 9 *Dynamic compaction* (Bauer, Materi *Ground Improvement* 2021)

## 2.5. Peningkatan Dan Mekanisme Pengangkutan Beban

Dibandingkan dengan beton kaku atau tiang baja, mekanisme pembawa beban *Vibro Stone Column* berbeda. Alih-alih poros gesekan dan resistensi bantalan ujung, *Vibro Stone Column* mentransmisikan pemuatan ke tanah terutama dengan menggebung dan memobilisasi tegangan lateral tanah. Biasanya *Vibro Stone Column* dirancang sebagai sekelompok kolom yang bekerja bersama, bukan sebagai kolom individu bekerja dalam isolasi. Diameter kolom tipikal berkisar dari 0,6 m hingga 1,1 m, dan kisi-kisi kolom tipikal berbentuk segitiga atau persegi panjang, dengan jarak pusat-

ke-pusat mulai dari 1,5 m hingga 2,5 m. Kapan kolom ditempatkan pada jarak yang wajar, mereka saling mempengaruhi dan bertindak sebagai satu kelompok. Ketika seragam pemuatan diterapkan di tanah yang dirawat, terutama di mana platform granular hadir, lengkungan terjadi dan kolom bertindak sebagai satu kelompok, dengan beberapa tekanan masih ditanggung oleh tanah di lapangan (Kirsch and Kirsch, 2010).

#### 2.5.1 Peningkatan Kekakuan Untuk Membatasi Penurunan

Peningkatan utama yang diperoleh dari *Vibro Stone Column* berkaitan dengan kompresibilitas. Karena penguatan mereka efeknya, bagian beban yang lebih besar terkonsentrasi pada elemen *Vibro Stone Column* yang lebih kaku sementara tegangan yang dikurangi akan dikenakan pada tanah di sekitarnya. Akibatnya, penurunan yang seragam tercapai dibandingkan dengan kasusnya kondisi sebaliknya tidak membaik. Rasio penurunan penurunan adalah ukuran yang baik dari efektivitas pengobatan.

#### 2.5.2 Peningkatan Kekuatan Geser Tanah

Kehadiran elemen yang bergesekan di tanah yang lemah, meningkatkan daya dukung beban dari tanah asli yang belum diperbaiki. Fakta bahwa kolom lebih kaku dari tanah yang ada berarti bahwa tegangan berkonsentrasi pada mereka, menghasilkan peningkatan lebih lanjut pada ketahanan geser tanah. Ini peningkatan memungkinkan tanah lunak untuk menopang beban yang lebih tinggi, dan juga memungkinkan lereng dan

tanggul menjadi didukung dengan aman di tanah lunak dengan mengurangi risiko ketidakstabilan eksternal atau kegagalan slip.

### 2.5.3 Mitigasi Likuifaksi

Kolom batu getar memusatkan tegangan geser yang disebabkan oleh aksi gempa bumi ke kolom yang lebih kaku (dan karenanya mengurangi tegangan geser pada tanah) dan dapat dengan cepat dan efektif menghilangkan tekanan air pori akibat gempa di tanah sekitarnya. Ini terutama berlaku untuk tanah yang relatif rawan likuifaksi. Selain itu, proses pemasangan menghasilkan pemadatan tanah yang dapat dicairkan, yang selanjutnya mengurangi risiko pencairan.

## 2.6. Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Vibro Stone Column

### 2.6.1 Variasi Kondisi Tanah

Tanah lemah mulai dari pasir halus hingga lempung dapat diperbaiki secara baik menggunakan VSC (*vibro stone column*). Dalam kasus yang terdapat pasir berlumpur ada kandungan halus dari 15% hingga 20%, kolom batu lebih disukai dari pada pemadatan vibro, partikel tidak dapat di atur ulang secara efisien menjadi keadaan yang lebih padat dengan energi getaran.

### 2.6.2 Efek Instalasi

Efek pemasangan kolom batu di tanah berpasir dapat menghasilkan densifikasi lokal. Fenomena ini mengarah pada peningkatan kinerja tanah dan mengurangi penurunan tanah. Di kasus tanah berpasir yang rentan

pembentukan ulang, proses pemasangan awalnya menghasilkan penumpukan pori-pori tekanan dalam tanah dan peningkatan tegangan horizontal. Namun setelah pemuatan dimulai dan rekonsolidasi terjadi, tanah di zona yang dibentuk kembali cepat pulih dan memperoleh kekakuannya. Dorongan ini dalam kekakuan tanah juga meningkatkan kurungan yang ditawarkan ke kolom batu oleh tanah.

### 2.6.3 Kegiatan Pasca Instalasi

Dalam beberapa kasus tingkat pengikisan terkontrol dan waktu yang memadai penting untuk kinerja yang tepat dari VCS di pasang di tanah kohesif yang lemah. Hal ini memungkinkan tanah untuk mendapatkan beberapa kekuatan dan mencegah ketidakstabilan apapun itu kondisi lapisan tanah. Sebagai sarana yang baik untuk memeriksa kinerja tanah yang ditingkatkan, instrumentasi yang diperlukan untuk memantau perilaku penurunan beban struktur yang ditopang pada kolom batu. Bila perlu penanda penuruna dapat digunakan untuk menilai kinerja sehubungan dengan waktu dan pemuatan.

## 2.7 Gambaran Umum Tentang Metode Desain

### 2.7.1 Desain Untuk Pemukiman (*Settlement*)

Untuk kasus pengurangan penurunan, sebagian besar pendekatan desain mempertimbangkan konsep sel unit. Dalam kasus seperti itu, area yang sangat luas ditingkatkan dengan kisi-kisi kolom batu yang seragam dan memiliki diameter yang sama, dianggap di bawah beban yang rata.

Priebe (1995)

Priebe pertama kali mengembangkan pendekatan semi-empiris untuk desain pengganti Vibro pada tahun 1970-an, yang diperpanjang dan diterbitkan pada tahun 1995. Pendekatan untuk desain kolom batu ini telah digunakan secara luas. Asumsi yang mendasari pendekatan ini termasuk mempertimbangkan kolom batu yang bertumpu pada strata bantalan yang kaku dan kompeten dan bahwa material kolom tidak dapat dimampatkan, untuk menghasilkan faktor perbaikan dasar yang disebut  $n_0$ . Faktor perbaikan dasar ini juga mengasumsikan bahwa massa jenis tanah dan kolom terabaikan. Ini secara inheren menyiratkan bahwa kolom yang dibebani akan berubah bentuk dengan mengembang secara seragam dari ujung kepala sampai ujung kaki, karena tidak ada peningkatan dukungan lateral tanah dengan kedalaman. Perbaikan dasar kemudian direvisi dalam dua langkah, dengan mempertimbangkan kompresibilitas kolom dan peningkatan dukungan lateral dengan kedalaman. Ini memberikan faktor perbaikan yang digunakan dalam perhitungan desain aktual yang disebut  $n_2$ . Selanjutnya, permukiman tambahan dari basis non-kaku dihitung.

Priebe (1995) mengasumsikan bahwa karena tanah bergeser ke samping selama pemasangan kolom batu, resistansi awal sesuai dengan keadaan tegangan "cair" (yaitu  $K = 1.0$ ). Ini adalah asumsi

yang masuk akal, mengingat bahwa pemuaian rongga biasanya berarti koefisien tekanan bumi lebih besar dari satu. Pendekatan ini mudah digunakan dan memberikan prediksi yang baik untuk permukiman meskipun asumsinya telah disederhanakan. Dengan memiliki sudut gesekan material kolom, rasio penggantian luas yang disukai dan rasio poisson tanah, seseorang dapat memperkirakan pengurangan penurunan dengan cepat. Yang penting, metode Priebe telah digunakan secara ekstensif sepanjang tahun, dengan parameter masukan dalam berbagai kondisi tanah terkalibrasi dengan baik untuk permukiman tanah yang terukur.

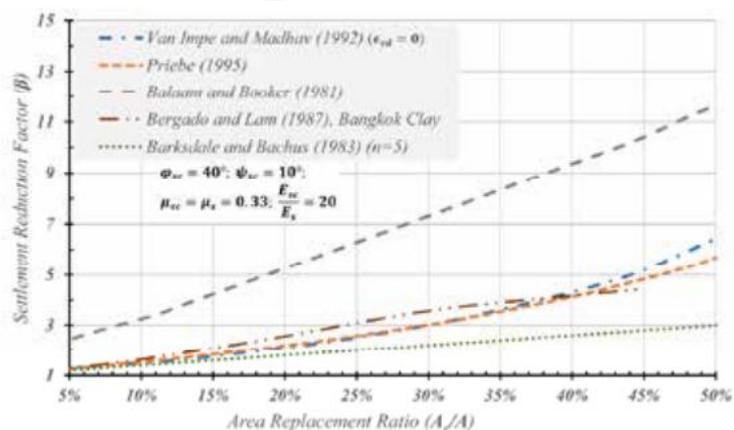
Goughnour dan Bayuk (1979)

Goughnour dan Bayuk (1979) melanjutkan pendekatan Hughes dkk. (1975) dalam memilih solusi tambahan untuk menentukan penyelesaian perbaikan kolom batu tanah. Pendekatan ini juga mempertimbangkan pendekatan sel satuan, dengan asumsi bahwa tidak ada tegangan geser yang timbul pada bagian atas dan kaki kolom, perimeter sel satuan tanpa gesekan dan kompatibilitas regangan antara kolom dan tanah. Sel satuan dibagi menjadi irisan yang sama, dan perhitungan deformasi vertikal dilakukan dari atas ke bawah. Untuk setiap irisan, dua perhitungan dibuat untuk deformasi vertikal; satu untuk elastis dan satu untuk kondisi elasto-plastik, dan maksimum dianggap sebagai kasus yang mengatur. Pendekatan ini

biasanya tidak digunakan untuk desain praktis karena melelahkan dan membutuhkan sejumlah iterasi. Program komputer atau spreadsheet diperlukan untuk mengevaluasi prosedur berulang. Metode Goughnour dan Bayuk (1979) juga membutuhkan lebih banyak data input untuk perhitungannya, seperti indeks kompresi dan rasio rongga awal tanah.

#### Van Impe dan Madhav (1992)

Pendekatan prediksi penyelesaian yang dikemukakan oleh Van Impe dan Madhav (1992) mempertimbangkan sudut material kolom batu granular. Metode ini menyiratkan bahwa matriks granular padat dari kolom batu harus mengalami deformasi dilatasi; sedangkan tanah harus mengembangkan tegangan pembatas yang lebih besar untuk menahan kecenderungan kolom untuk dilatasi. Interaksi seperti itu menghasilkan efek yang menguntungkan pada faktor pengurangan penyelesaian.



Gambar 2. 10 Perbandingan faktor peningkatan dihitung dengan metode yang berbeda

### 2.7.2 Desain Untuk Ketahanan Geser

Salah satu manfaat kolom batu adalah untuk meningkatkan daya dukung beban pada tanah yang lemah. Mereka juga memungkinkan tanah di bawah lereng untuk menahan kegagalan slip. Hughes dan Withers (1974) mengamati bahwa untuk area perawatan kolom batu yang luas, daya dukung sebagian besar tidak menjadi perhatian (kecuali di dekat tepi). Sebagian besar hubungan daya dukung terkait dengan kegagalan mengembang (dari kolom tunggal) atau kegagalan geser umum (dari kolom grup). Untuk stabilisasi lereng, pendekatan desain yang tersedia meliputi (i) metode kuat geser rata-rata tertimbang (Bergado et al., 1994), (ii) metode tanah komposit dengan konsentrasi tegangan yang dimodifikasi (Priebe, 2003), (iii) metode dinding parit dengan konsentrasi tegangan. (Barksdale dan Bachus, 1983), dan (iv) Rata-rata metode rasio area dan rasio stres (Kirsch dan Sondermann, 2003).

Barksdale dan Bachus (1983)

Asumsi dasar dari pendekatan ini termasuk bahwa kekuatan penuh dari batu dan tanah dimobilisasi. Kondisi pembebanan cepat juga

diasumsikan berlaku, yang berarti bahwa tanah dalam keadaan tidak terkuras. Tekanan bantalan ultimit dan tegangan lateral ultimit di luar permukaan kerusakan diasumsikan sebagai tegangan utama. Berdasarkan hal ini, kesetimbangan tegangan ditentukan untuk memberikan daya dukung ultimat dari tanah yang diperbaiki. Perlu dicatat bahwa pendekatan ini mengasumsikan permukaan kegagalan planar dan tidak mempertimbangkan kemungkinan kegagalan penonjolan lokal pada kolom tunggal. Evaluasi daya dukung dengan menggunakan metode Barksdale dan Bachus (1983) merupakan metode yang disukai karena kesederhanaannya; Meskipun demikian disarankan bahwa faktor konsentrasi stres ( $n$ ) dapat dihitung dengan menggunakan faktor perbaikan dasar (Priebe 1995) (Kirsch dan Kirsch, 2010).

Untuk analisis stabilitas lereng, konsentrasi tegangan dipertimbangkan dalam pendekatan sel satuan. Ini menyiratkan bahwa konsentrasi tegangan sangat penting untuk masalah stabilitas, karena beban yang lebih tinggi pada kolom diperlukan untuk memobilisasi ketahanan gesekan sepenuhnya. Barksdale dan Bachus (1983) memperluas sel satuan ke seluruh lereng dan merekomendasikan melakukan analisis stabilitas berdasarkan apa yang biasa disebut "Metode profil" (Barksdale dan Bachus, 1983, Bergado et al., 1994).

Bergado dkk. (1994)

Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan di Bangkok Clay (Bergado dan Lam, 1987), Bergado et al. (1994) mengusulkan metode kekuatan geser rata-rata untuk mengevaluasi parameter tanah komposit. Pendekatan ini jarang diterapkan, tetapi bila diterapkan digunakan untuk masalah stabilitas lereng. Ini mencakup evaluasi kohesi ekuivalen dan berat unit berdasarkan metode rasio luas; sedangkan sudut gesekan komposit dievaluasi dengan mempertimbangkan pembagian beban juga.

