



SKRIPSI

**PERKUATAN TALUD DAN PONDASI GEDUNG DIKLAT
RUMAH SAKIT PARU dr. ARIO WIRAWAN KOTA
SALATIGA MENGGUNAKAN METODE GROUTING SEMEN
PADA TANAH TIMBUNAN**

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan**

Oleh :

Pertiwi Kusuma Astuti

5101409027

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2013

PENGESAHAN

Telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada :

Hari :
Tanggal :

Ketua

Sekretaris

Drs. Sucipto, MT
NIP. 1963101 199102 1 001

Eko Nugroho Julianto, S.Pd., MT
NIP. 1972 0702 199903 1 002

Pembimbing I

Penguji I

Ir. Agung Sutarto, MT
NIP. 19610408 199102 1 001

Untoro Nugroho
NIP. 19690615 199702 1 001

Pembimbing II

Penguji II

Hanggoro Tri Cahyo A, ST, MT
NIP. 1975052 9 200501 1 001

Ir. Agung Sutarto, MT
NIP. 19610408 199102 1 001

Penguji III

Hanggoro Tri Cahyo A, ST, MT
NIP. 1975052 9 200501 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik UNNES

Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.
NIP. 19660215 199102 1001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temua orang lain yang terdapat di dalam skripsi ini dikutip dan dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Agustus 2013

Pertiwi Kusuma Astuti

NIM. 5101409027

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

- Jika sekarang bermimpi, besok segera bangun dan wujudkan semua mimpi yang ada jangan biarkan mimpi itu hanya menjadi angan-angan dalam asa.

Persembahan

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

- Ayahanda tercinta Ganjar Triadi Budi Kusuma, S.Pd., Ibunda tercinta Dra. Mardia Astuti Heru Sutanti, kakak tersayang Arya Kusuma, S.Pt. dan adik terkasih Cempaka Wuryani Kusuma yang selalu mendoakan, membantu dan memberi motivasi.
- Kekasih Arief Satya Wijaya yang bersedia mendampingi dan memberi motivasi.
- Rekan-rekan seperjuanganku, mahasiswa PTB, S1 angkatan 2009.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah Subhanallahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Perkuatan Talud Dan Pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga Menggunakan Metode Grouting Semen Pada Tanah Timbunan” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi strata satu untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas fasilitas dan kemudahan yang telah diberikan dalam mengikuti kuliah selama ini.
2. Drs. Muhammad Harlanu, M. Pd, Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan fasilitas selama perkuliahan.
3. Drs. Sucipto, MT, Ketua Jurusan Teknik yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
4. Ir. Agung Sutarto, MT pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dengan tulus ikhlas sampai terselesaikannya skripsi ini.

5. Hanggoro Tri Cahyo A, ST, MT pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dengan ikhlas dan sabar serta memberikan motivasi yang luar biasa sampai terselesaikannya skripsi ini.
6. Seluruh dosen Prodi Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah mendidik dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
7. Ayahanda Ganjar Triadi Budi Kusuma, Ibunda Mardia Astuti Heru Sutanti, Kakak Arya Kusuma dan Adik Cempaka Wuryani Kusuma serta keluarga tercinta yang telah memberi semangat, motivasi serta do'a sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
8. Arief Satya Wijaya, Agung Wibawanto, Ali Murtopo, Abdul Aziz dan Ali Mustakim, trimakasih atas segala bentuk bantuan dan semangat yang telah diberikan selama penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Semoga amal baik dan bantuan yang telah diberikan senantiasa mendapat pahala dari Tuhan Yang Maha Esa dan apa yang penulis uraikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya.

Semarang, Agustus 2013

Penulis

INTISARI

Pertiwi Kusuma Astuti. 2013. Perkuatan Talud Dan Pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga Menggunakan Metode Grouting Semen Pada Tanah Timbunan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Ir. Agung Sutarto, MT dan pembimbing kedua Hanggoro Tri Cahyo A, ST, MT.

Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan merupakan salah satu rumah sakit besar yang ada di Kota Salatiga. Dalam pembangunan gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan mengalami masalah. Bangunan yang seharusnya selesai pada bulan Desember 2012 mengalami keterlambatan. Keterlambatan tersebut terjadi dikarenakan bangunan mengalami kerusakan di beberapa bagian bangunan sebelum bangunan selesai. Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan berdiri di atas tanah dengan daya dukung tanah yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebab kegagalan konstruksi terutama kerusakan pada pondasi dan talud yang terdapat di bagian depan bangunan Gedung Diklat. Memperoleh informasi lapangan tentang pengaruh upaya penggrouting terhadap keberhasilan perkuatan talud dan pondasi.

Penelitian ini diawali dengan survey lapangan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan konstruksi terutama kerusakan pada pondasi dan talud yang terdapat di bagian depan bangunan gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga. Setelah dilakukan identifikasi kegagalan konstruksi yang terjadi pada lokasi penelitian dilanjutkan dengan penyelidikan tanah. Setelah dilakukan studi literatur dilanjutkan dengan menganalisa data tanah, data tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan stabilitas talud dan pondasi baik sebelum dan sesudah dilakukan perkuatan talud dan pondasi menggunakan metode grouting semen pada tanah timbunan.

Metode grouting dapat meningkatkan stabilitas talud terhadap geser dan nilai qc. Nilai qc pra grouting pada gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga adalah 6 kg/cm² sedangkan pasca grouting adalah 10 kg/cm². Kenaikan qc yang terjadi berkisar 4 kg/cm². Namun untuk stabilitas terhadap guling dan kapasitas dukung tidak ada perubahan yang signifikan setelah penggrouting semen. Untuk mengantisipasi stabilitas terhadap guling yang tidak aman maka tanah urugan di bawah tangga yakni antara talud dan dinding depan diganti dengan sirtu dipadatkan dalam bentuk sand baging (karung pasir geotekstil). Hasil analisis pondasi menunjukkan bahwa pondasi sebelum penggrouting semen sebenarnya telah mampu menahan beban vertikal dari struktur atas sebesar 6,0 ton. Untuk kondisi setelah penggrouting kapasitas dukung pondasi meningkat hampir 50% menjadi 8,50 ton.

Kata Kunci: Talud dan Pondasi, Grouting Semen, Tanah Timbunan.

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
INTISARI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tanah	7
2.2 Tanah Residu	9
2.3 Konsep Metode Penimbunan	10
2.4 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah	12
2.4.1 Sifat-sifat tanah untuk dinding penahan	13
2.4.1 Tekanan Tanah Lateral Menurut Coulomb dan Rankine Menggunakan Lingkaran Mohr	14
2.4.1 Analisis Pendekatan dari Gaya Aktif yang Bekerja pada Tembok Penahan 20	
2.5 Analisa Pondasi Dangkal Dengan Sumuran	27
2.5.1. Pengertian Pondasi	27
2.5.1. Klasifikasi dan Definisi Pondasi	27
2.6 Metode Pelaksanaan <i>Grouting</i>	30
2.6.1. <i>Grouting</i>	30
2.6.2. Jenis - Jenis <i>Grouting</i>	33

2.7	Data Sondir	40
2.7.1.	Prosedur pengujian.....	42
2.7.2.	Prosedur perhitungan	48
BAB III METODE PENELITIAN.....		50
3.1	Prosedur Penelitian	50
3.2	Metode Pengumpulan Data	50
3.3	Analisis Data	53
3.4	Kerangka Berfikir	57
BAB IV ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN.....		60
4.1	Pengumpulan Data.....	60
4.1.1	Lokasi Penelitian.....	60
4.1.2	Data Tanah Dasar.....	60
4.1.3	Data Tanah Timbunan.....	61
4.1.4	Kegagalan Pondasi dan Talud.....	62
4.1.5	Grouting Semen	63
4.1.6	Hasil Sondir.....	67
4.2	Analisis Data	74
4.2.1	Analisa Stabilitas Talud	74
4.2.2	Analisa Kapasitas Dukung Pondasi	138
BAB V PENUTUP.....		148
5.1	Kesimpulan.....	148
5.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA		150
DAFTAR LAMPIRAN		152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Nilai q_c pada tanah asli dan tanah urugan pada bagian gedung yang mengalami kerusakan.....	3
Gambar 2. 1. Cara pembentukan tanah	9
Gambar 2. 2. Tekanan aktif Rankine pada keadaan sebenarnya.....	14
Gambar 2. 3. Lingkaran Mohr pada tekanan aktif Rankine.....	15
Gambar 2. 4. Gambar skematik diagram tekanan aktif Rankine	17
Gambar 2. 5. Bidang-bidang gelincir pada tekanan pasif Rankine.....	19
Gambar 2. 6. Gambar sekema diagram tegangan pasif Rankine	20
Gambar 2. 7 Analisis pendekatan dari gaya aktif yang bekerja pada tembok dengan urugan tanah berkohesif (Braja M. Das, 1993)	22
Gambar 2. 8. Talud mengalami guling	24
Gambar 2. 9. Talud mengalami geser	25
Gambar 2. 10. Talud mengalami kegagalan kapasitas dukung tanah	26
Gambar 2. 11. Kedudukan pergerakan konus pada waktu pengujian sondir	45
Gambar 3. 1. Lingkaran Mohr pada tekanan aktif Rankine.....	53
Gambar 3. 2. Skema Alur Penelitian.....	59
Gambar 4. 1. Peta lokasi Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga	60
Gambar 4. 2. Nilai q_c tanah gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga	61
Gambar 4. 3. Denah area urugan.....	62
Gambar 4. 4. Denah area yang terjadi kerusakan fisik	63
Gambar 4. 5. Titik grouting pada area dekat talud.....	64
Gambar 4. 6. Titik grouting pada area bagian depan gedung	65
Gambar 4. 7. Kedalaman titik grouting semen.	66
Gambar 4. 8. Kebutuhan semen untuk pekerjaan grouting.....	67
Gambar 4. 9. Perbandingan nilai perlawanan konus (q_c) untuk titik S1 (Pra Grouting) dan S1G (Pasca Grouting)	68

Gambar 4. 10. Perbandingan nilai angka banding geser (R_f) untuk titik S1 (Pra Groutng) dan S1G (Pasca Grouting)	69
Gambar 4. 11. Perbandingan nilai geser total (T_f) untuk titik S1 (Pra Grouting) dan S1G (Pasca Grouting).....	70
Gambar 4. 12. Perbandingan nilai perlawanan konus (q_c) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting)	71
Gambar 4. 13. Perbandingan nilai angka banding geser (R_f) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting).....	72
Gambar 4. 14. Perbandingan nilai geser total (T_f) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting).....	73
Gambar 4. 15. Detail Pondasi Plat FP 02.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Hubungan antara konsistensi dengan tekanan konus.....	42
Tabel 2. 2. Hubungan antara kepadatan, relative density, nilai N, qc dan \emptyset	42
Tabel 4. 1. Data tanah timbunan	62
Tabel 4. 2. Jadwal Pengeboran Dan Pelaksanaan Grouting.....	65
Tabel 4. 3. Perbandingan hasil sondir pada titik S1 dan S1G pada kedalan 3,4m	70
Tabel 4. 4. Perbandingan hasil sondir pada titik S3 dan S4G pada kedalan 3,4m	73
Tabel 4. 5. Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser dan Guling.....	145
Tabel 4. 6. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pra Grouting...	145
Tabel 4. 7. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pasca Grouting	145
Tabel 4. 8. Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser dan Guling.....	146
Tabel 4. 9. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pra Grouting...	146
Tabel 4. 10. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pasca Grouting	146
Tabel 4. 11. Analisa Stabilitas Pondasi Pra Grouting	147
Tabel 4. 12. Analisa Stabilitas Pondasi Pasca Grouting	147

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

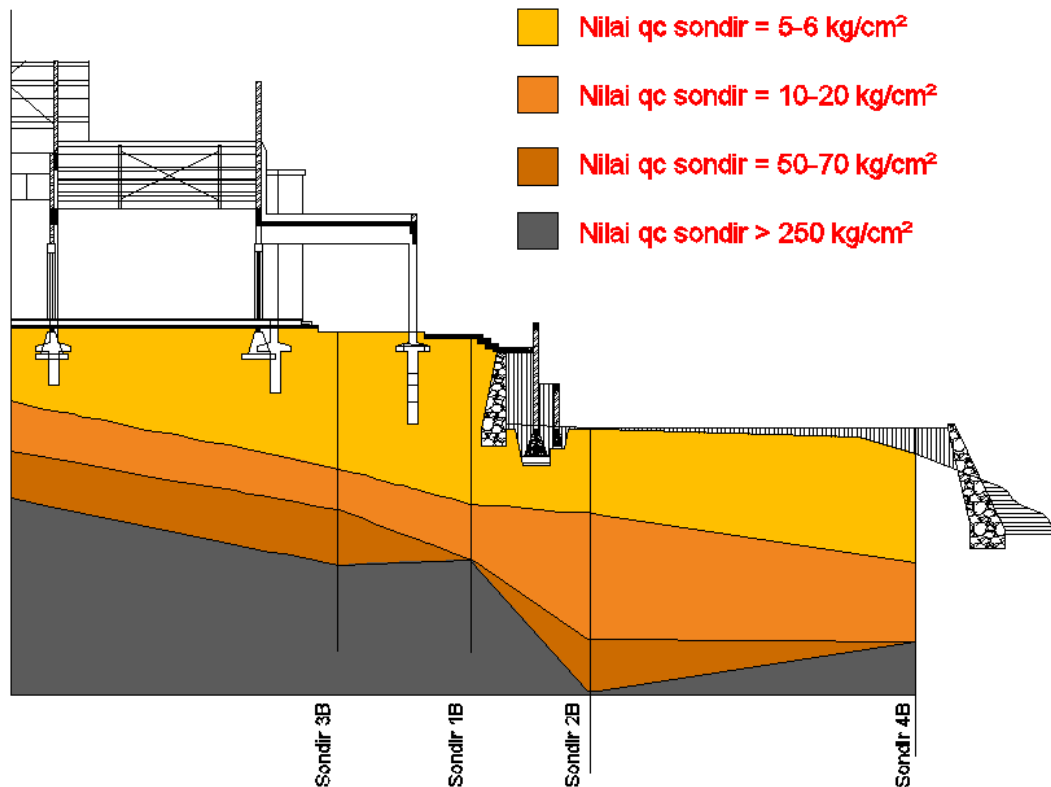
Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan merupakan salah satu rumah sakit besar yang ada di Kota Salatiga. Rumah sakit tersebut berlokasi di Jl. Hasanuddin No. 806, Salatiga. Dalam rangka pengembangan fasilitas di Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan, pada tahun 2012 dilaksanakan pengadaan Gedung Diklat yang akan di fungsikan sebagai tempat pertemuan atau balai diklat kesehatan.

Dalam pembangunanya gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan mengalami masalah. Bangunan yang seharusnya selesai pada bulan Desember 2012 mengalami keterlambatan. Keterlambatan tersebut terjadi dikarenakan bangunan mengalami kerusakan di beberapa bagian bangunan sebelum bangunan selesai. Kerusakan terjadi pada bagian depan bangunan tersebut antara lain dinding yang retak, plafond bergeser dan lepas dari rangka plafond, talud mengalami keretakan dan lantai pecah.

Kerusakan bangunan tersebut terjadi secara bertahap. Pada akhir bulan Desember 2012 talud mengalami pergeseran. Pergeseran talud tersebut membuat beberapa titik talud retak. Usaha yang dilakukan oleh pihak kontraktor untuk menanggulangi retak tersebut adalah dengan menambal retak tersebut dengan acian. Akan tetapi usaha tersebut tidak berhasil karena pada awal bulan Januari Talud mengalami keretakan kembali dan lebih parah dan terjadi deformasi pada talud. Selain talud yang retaknya semakin parah hingga terjadi deformasi, pondasi

yang menumpu bangunan juga mengalami deformasi. Deformasi pondasi tersebut hanya terjadi pada bagian depan bangunan sehingga menyebabkan dinding retak.

Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan berdiri di atas tanah dengan daya dukung tanah yang rendah seperti pada Gambar 1. Hasil data sondir menunjukkan bahwa pada bagian gedung yang mengalami kerusakan, nilai perlawanan konus (q_c) pada tanah asli rendah yaitu 5-6 kg/cm². Tanah urug yang digunakan untuk mengurug area tersebut ternyata juga mempunyai nilai q_c yang rendah yaitu 5-6 kg/cm². Selain daya dukung tanah yang rendah, apabila dicermati talud yang menahan tanah urugan pada Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan tidak dilengkapi dengan pipa drainase. Kondisi tersebut juga ikut berperan dalam kerusakan talud karena bangunan tersebut dibangun pada musim penghujan. Air yang meresap ke dalam tanah urug tidak dapat mengalir dengan lancar sehingga memberikan tekanan terhadap talud. Sehingga beban yang ditahan oleh talud menjadi semakin besar.



Gambar 1. 1. Nilai qc pada tanah asli dan tanah urugan pada bagian gedung yang mengalami kerusakan.

Banyak upaya yang dapat dilakukan dalam menangani terjadinya kerusakan bangunan yang disebabkan oleh deformasi pondasi dan talud karena deformasi pada talud batu kali. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode grouting.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas perbaikan bangunan harus segera dilakukan. Hal ini dikarenakan jadwal pengerjaan bangunan sudah melampaui batas time schedule yang telah ditentukan. Metode perbaikan yang dipakai tidak boleh terlihat secara fisik seperti pondasi dan talud tidak boleh dibongkar, pondasi tidak boleh digali. Selain itu metode

yang dipilih harus mempertimbangkan aspek ekonomis. Jadi metode yang digunakan dibuat seolah adalah berupa masa pemeliharaan bangunan .

Kerusakan bangunan yang terjadi disebabkan karena berdeformasinya pondasi dan karena talud mengalami pergeseran. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan memperbaiki sifat fisik dan mekanis dari tanah agar talud tidak bertambah pergeserannya . Pada penelitian ini akan dilakukan perbaikan tanah dengan metode grouting, Sehingga dapat dilihat sejauh mana perubahan nilai q_c dari hasil sondir sebelum dan sesudah dilakukan pekerjaan grouting pada Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Batasan Lokasi

Penelitian dilakukan di Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan pada bagian depan bangunan khususnya pada tanah yang menopang pondasi dan talud bagian depan dan kanopi bangunan.

b. Batasan Analisis

Analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis secara manual. Nilai perlawanan konus (q_c) tanah dianalisis dengan mengkorelasi q_c dengan parameter tanah untuk perhitungan analisis talud dan pondasi, hasil korelasi ini untuk melihat sejauh mana perubahan parameter tanah tersebut setelah dilakukan perbaikan dengan metode grouting pada Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan.

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian perbaikan pondasi dan talud menggunakan metode grouting adalah:

- a. Mengidentifikasi penyebab kegagalan konstruksi di atas tanah timbunan yang terdapat di bagian depan bangunan Gedung Diklat.
- b. Memperoleh informasi lapangan tentang kenaikan nilai qc pasca grouting.
- c. Memperoleh data perhitungan tentang pengaruh upaya penggrouting terhadap keberhasilan perkuatan talud dan pondasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Diperoleh informasi penyebab terjadinya kerusakan pada pondasi dan talud yang terdapat pada bagian depan gedung diklat.
- b. Diketahui sejauh mana keberhasilan metode grouting dalam penerapannya untuk perkuatan talud dan pondasi pada Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan.
- c. Diperoleh data lapangan tentang kenaikan qc pada tanah pasca grouting.
- d. Untuk memperkaya studi pustaka tentang manfaat grouting dan perkuatan pondasi dan talud.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Skripsi “Perkuatan Talud Dan Pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga Menggunakan Metode Grouting Semen Pada Tanah Timbunan” adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penyusunan laporan Skripsi.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori dasar maupun rumus yang berhubungan dengan kasus yang dikaji .

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan langkah kerja pelaksanaan penelitian. Bab ini berisi tentang: persiapan penelitian, alur penelitian, metode pengumpulan dan pengolahan data.

BAB IV : ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

Berisi tentang proses analisa data, serta hasil penyelidikan tanah berdasar teori dan hasil studi pustaka dengan disertai pembahasan dan pengolahan data yang diperoleh dengan menggunakan perhitungan manual.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tanah

Istilah “tanah” dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai kerakal; jadi semua endapan alam yang bersangkutan dengan teknik sipil kecuali batuan.

Tanah dibentuk oleh pelapukan fisika dan kimiawi pada batuan. Pelapukan fisika terjadi atas dua jenis. Jenis pertama adalah penghancuran disebabkan terutama oleh pembasahan dan pengeringan terus-menerus atau pun pengaruh salju atau es. Jenis kedua adalah pengikisan, akibat air, angin, atau pun sungai es (*glacier*). Proses ini menghasilkan butir yang kecil sampai yang besar, namun komposisinya masih tetap sama dengan batuan asalnya. Butir lanau dan pasir biasanya terdiri atas satu jenis mineral saja. Butir lebih kasar terdiri atas beberapa jenis mineral, seperti halnya pada batuan asalnya. Perlu dimengerti bahwa pelapukan fisika tidak pernah menghasilkan tanah bersifat lempung. Untuk menghasilkan lempung, harus ada juga pelapukan kimiawi.

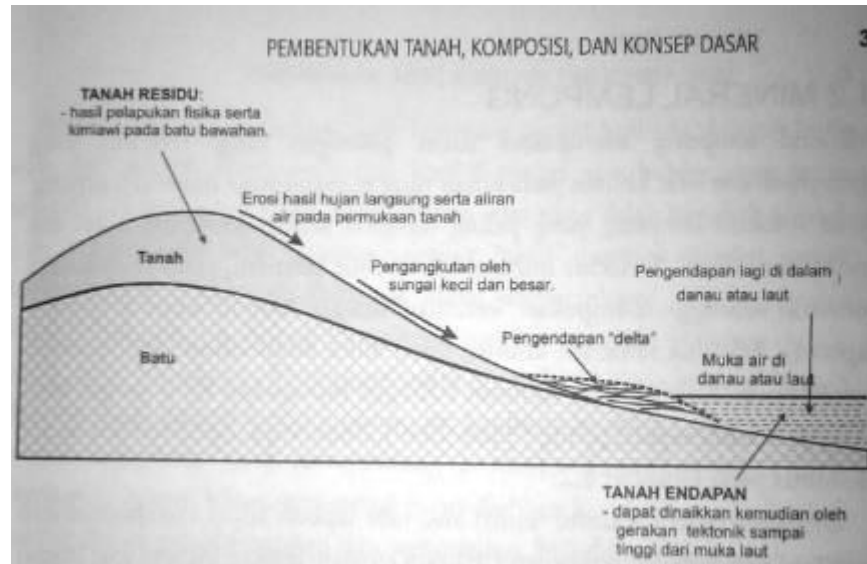
Pelapukan kimiawi adalah proses yang lebih rumit daripada pelapukan fisika. Pelapukan kimiawi memerlukan air serta oksigen dan karbon dioksida. Proses kimiawi ini mengubah mineral yang terkandung dalam batuan menjadi jenis mineral lain yang sangat berbeda sifatnya. Mineral baru ini disebut mineral lempung (*clay minerals*). Jenis mineral ini yang terkenal adalah kaolinite, illite dan montmorillonite. Mineral ini masih termasuk bahan yang disebut kristalin,

dan besarnya umumnya lebih kecil dari 0,002 mm. Mineral lempung inilah yang menghasilkan sifat lempung yang khusus, yaitu kohesi serta plastisitas.

Jenis mineral lempung yang dihasilkan pada suatu keadaan tertentu bergantung pada batuan asal dan lingkungan pelapukan. Faktor-faktor penting adalah iklim, topografi, dan nilai pH dari air yang merembes dalam tanah. Misalnya, kaolinite dibentuk dari mineral feldspar akibat air dan karbon dioksida. Kwarsa adalah mineral yang paling tahan terhadap pelapukan, sehingga tanah yang berasal dari granit biasanya mengandung banyak butir kasar yang terdiri atas kwarsa, (tercantum dengan butir lain yang lebih halus). Pelapukan kimiawi paling keras pada iklim panas dan basah. Pada iklim semacam ini pelapukan dapat berlangsung sampai sangat dalam. Di Indonesia pelapukan masih berlangsung sampai sedalam puluhan meter. Cara pelapukan sebetulnya kurang penting diketahui dengan teliti; yang penting adalah sifat tanah yang dihasilkan oleh proses pelapukan.

Selain pelapukan fisika dan kimiawi, ada faktor lain yang terlibat dalam cara pembentukan tanah. Faktor terpenting adalah pengangkutan butir tanah dan kemudian pengendapannya di lain tempat seperti laut atau danau. Proses ini diperlihatkan pada Gambar.1. Tanah yang terbentuk langsung akibat pelapukan kimiawi disebut tanah residu (*residual soil*). Tanah ini tetap pada tempat pembentukannya di atas batuan asalnya. Hujan menyebabkan erosi dan tanah diangkut melalui sungai sampai mencapai laut atau danau. Disini terjadi pengendapan lapisan demi lapisan pada dasar laut atau danau. Proses ini dapat

berlangsung selama ribuan atau jutaan tahun. Tanah ini disebut tanah endapan (*sedimentary soil*) atau tanah yang terangkut (*transported soil*) (Wesly,2010).



Gambar 2. 1. Cara pembentukan tanah

(Sumber: Buku Mekanika Tanah untuk tanah endapan dan residu, Laurance D.Wesley)

2.2 Tanah Residu

Jenis tanah ini mempunyai sifat teknik yang umumnya jauh lebih baik daripada tanah endapan. Di pulau Jawa bahan vulkanis berupa breksi, batu pasir vulkanis (*tuffaceous sandstone*), aliran lahar, lapisan abu, dan kadang-kadang aliran lava.

Bahan vulkanis ini mengalami pelapukan sampai menghasilkan tanah yang berbutir halus dan berkohesi (*fine grained cohesive soil*). Tanah yang dihasilkan dapat dibagi secara garis besar menjadi dua jenis utama, yang saling berkaitan erat. Jenis pertama adalah lempung merah tropis (*tropical red clay or lateritic clay*) yang banyak terdapat pada bagian lereng-lereng gunung api yang tidak tinggi. Tanah ini terkenal dengan nama tanah merah. Jenis kedua adalah tanah

lempung berwarna coklat kekuningan, yang terdapat pada bagian lereng gunung api yang tinggi. Lereng biasa pada gunung berapi di Jawa terlihat terdiri atas tanah merah (atau merah kecoklatan) sampai ketinggian di sekitar 1000 m. Umumnya, makin tinggi makin berkurang warna merahnya sampai akhirnya kalau lebih tinggi dari 1000 m warnanya akan hilang sama sekali dan diganti dengan warna coklat kekuningan. Tanah ini sering disebut lempung abu vulkanis (*volcanic ash clay*).

Kedua jenis tanah ini mengandung clay minerals yang tidak terdapat pada tanah endapan biasanya, yaitu tanah merah mengandung halloysite, sedangkan lempung abu mengandung allophone. Mineral ini memberikan sifat-sifat tanah yang tidak umum. Ada beberapa istilah yang dipakai sebagai nama kedua jenis tanah ini; dipakai istilah tanah merah dan lempung abu vulkanis (Wesley, 2012). Jenis tanah timbunan yang digunakan di lokasi studi berasal dari tanah setempat dengan jenis tanah lempung kelanauan berbutir kasar.

2.3 Konsep Metode Penimbunan

Menurut Carlina Soetjino (2008), Pelaksanaan konstruksi dengan penimbunan di atas fondasi tanah lunak atau pemadatan tanah urugan pada kadar air yang tinggi perlu mempertimbangkan :

- a. Prosedur pelaksanaan pengurugan secara bertahap, yaitu konstruksi pengurugan tanah yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu, dengan suatu interval waktu antara pengurugan dan saat tidak ada kegiatan.
- b. Cara mencegah terjadinya keruntuhan dan penurunan tidak merata pada waktu pembangunan, dengan :

- Menjaga peningkatan tekanan air pori agar tidak melampaui batas tertentu sesuai dengan ketentuan tahap desain.
- Mengontrol penurunan dengan mengatur kecepatan penimbunan atau peningkatan beban, peningkatan tekanan air pori bersamaan dengan proses desipasi, sehingga tegangan lokasi setempat, termasuk program pengembangan pembangunan dan pengelolaan sumber-sumber air.

Perbaikan tanah dalam pada tanah lunak dapat dibedakan atas dua pertimbangan, yaitu dengan atau tanpa memperbaiki sifat teknis tanah lunak, yaitu dengan (Carlina, 2008) :

1. Tanpa memperbaiki sifat teknis tanah lunak, yaitu dengan:
 - a Membuat struktur penahan tiang atau tembok penahan tanpa perkuatan tanah.
 - b Memperkuat tanah untuk mendapatkan efek permanen dengan penjangkaran/tiang mikro
 - c Melakukan injeksi semen (grouting) atau freezing jika tidak diperlukan efek permanen untuk perkuatan tanah.
2. Memperbaiki sifat teknis tanah lunak:
 - a Untuk air tanah bermasalah, dilakukan dengan:
 - Penginjeksian semen (grouting) jika muka air tanah tidak dapat diturunkan.
 - Cara vibrofloatasi atau kolom kerikil, jika beresiko terjadi likuifikasi pada kondisi muka air tanah yang dapat diturunkan.

- Pematusan well point, deep well dan lainnya, jika tidak beresiko terjadi likuifaksi pada kondisi muka air tanah yang dapat diturunkan.
- b Untuk air tanah tidak bermasalah:
- Prapembebanan jika waktu perbaikan yang tersedia cukup panjang.
 - Drainase vertical jika waktu perbaikan yang tersedia tidak cukup panjang.
 - Pencampuran dalam dengan jet grouting atau kolom kapur.

2.4 Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Menurut Joseph E. Bowles (1999), Dinding-dinding penahan (retaining walls) adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi-kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alam (its natural slope), dan juga digunakan untuk menahan atau menopang timbunan tanah (soil bank).

Jenis-jenis dinding penahan, Bowles (1999) :

- a. Dinding gravitasi yang dibuat dari balok batuan (stone masonry), bata atau beton polos (plain concrete). Berat menyediakan stabilitas terhadap guling dan geser.
- b. Dinding konsol
- c. Dinding pertebalan-belakang, atau dinding pertebalan-depan. Jika urugan menutupi pertebalan-belakang, maka dinding tersebut dinamai dinding pertebalan belakang.

- d. Dinding tahan kisi.
- e. Dinding semi gravitasi (digunakan sejumlah kecil pengutan baja)
- f. Tumpuan jembatan.

2.4.1 Sifat-sifat tanah untuk dinding penahan

Dinding-dinding penahan umumnya direncanakan untuk keadaan tanah tekanan aktif. Yaitu suatu keadaan dimana gaya lateral cukup besar sehingga system mulai bertranslasi, atau berotasi di sekitar tapak, maka perpindahan lateral mengakibatkan tekanan urugan berkurang menjadi "aktif". Sama halnya jika badan system cenderung putus, maka badan tersebut harus berpindah ke arah depan (aksi balok konsol) agar tekanan dapat mengurani keadaan aktif. Jika badan system tidak dapat menentang nilai yang berambah kecil ini, maka badan itu akan putus atau terpotong.

Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

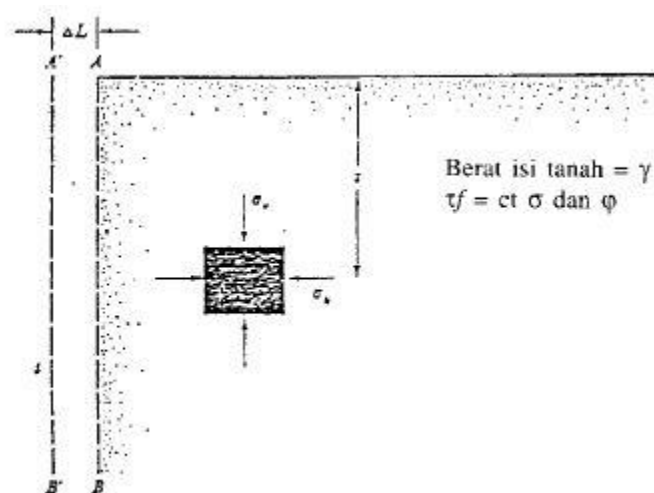
- a. Benda-benda yang ada atas tanah (perkerasan & konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dll)
- b. Berat tanah
- c. Berat air (tanah)

Jenis dinding penahan tanah :

- a. Batu kali murni & batu kali dengan tulangan (gravity & semi gravity)
- b. Dinding yang dibuat dari bahan kayu (talud kayu)
- c. Dinding yang dibuat dari bahan beton (talud beton)

2.4.1 Tekanan Tanah Lateral Menurut Coulomb dan Rankine Menggunakan Lingkaran Mohr

Yang dimaksud dengan keseimbangan plastis (plastic equilibrium) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Rankine (1857) melakukan suatu penyelidikan kondisi tegangan tanah pada keadaan keseimbangan plastis sehingga dikenal keadaan aktif Rankine dan keadaan pasif Rankine.

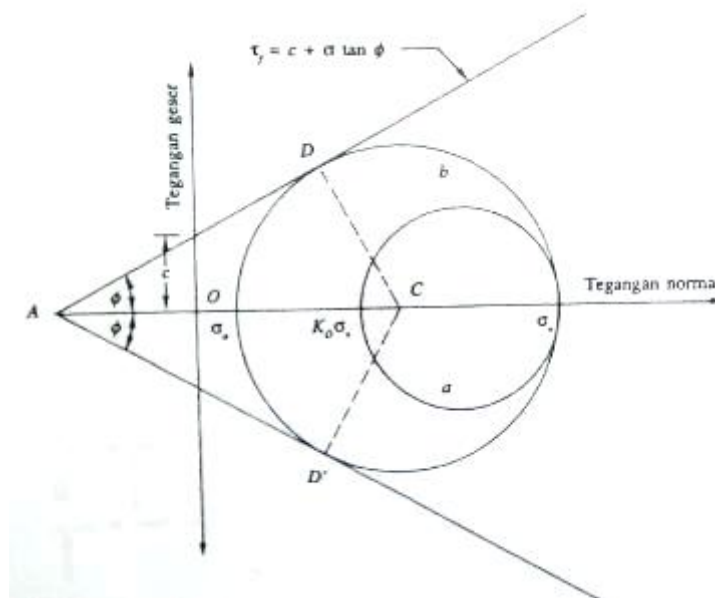


Gambar 2. 2. Tekanan aktif Rankine pada keadaan sebenarnya.
 (Sumber: Buku Mekanika Jilid 2, Braja M.Das)

Tegangan-tegangan utama arah vertical dan horizontal (total dan efektif) pada elemen tanah di suatu kedalaman z adalah berturut-turut σ_v dan σ_h . Apabila dinding AB tidak diperkenankan bergerak maka $\sigma_h = K_0 \cdot \sigma_v$ dimana $\sigma_v = \text{vertical pressure} = \gamma z$

Kondisi tegangan dalam elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr a dalam gambar. Apabila dinding AB diperkenankan bergerak

menjauhi masa tanah perlahan-lahan, maka tegangan utama horizontal perlahan-lahan juga berkurang sehingga tercapai keadaan ultimate. Kondisi keseimbangan plastis, akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b , dan kelonggaran di dalam tanah terjadi. Tekanan σ_a yang bekerja pada bidang vertikal (merupakan bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine (Rankine's active earth pressure).



Gambar 2. 3. Lingkaran Mohr pada tekanan aktif Rankine.
(Sumber: Buku Mekanika Jilid 2, Braja M.Das)

Berikut ini adalah penurunan dari σ_a sebagai fungsi γ , z , c , dan θ

$$\sin \theta = \frac{CD}{AC} = \frac{CD}{AO + OA}$$

$$\text{Dengan } CD = \text{jari-jari lingkaran keruntuhan} = \frac{\sigma_v - \sigma_h}{2}$$

$$AO = c \cot \theta$$

dan

$$OC = \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}$$

sehingga

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2}}$$

atau

$$c \cos \phi + \frac{\sigma_v + \sigma_a}{2} \sin \phi = \frac{\sigma_v - \sigma_a}{2}$$

atau

$$\sigma_a = \sigma_v \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} - 2c \frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dalam kasus ini $\sigma_v =$ tekanan efektif akibat lapisan tanah di atasnya $= \gamma z$

$$\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.1 a)$$

dan

$$\frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} = \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.1 b)$$

$$\sigma_v = \gamma \cdot z \dots \dots \dots (2.1 c)$$

Masukkan persamaan (2.1 a); persamaan (2.1 b); persamaan (2.1 c) di dalam persamaan (2.2) di dapat :

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

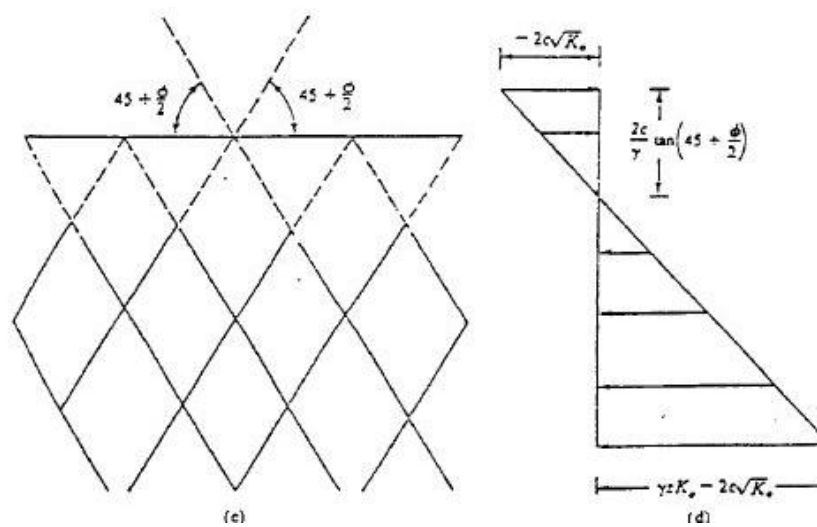
Variasi σ_a dengan kedalaman diberikan dalam gambar 4d. Untuk tanah yang tidak berkohesi (cohesionless soil), $c = 0$ maka:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Rasio σ_a dan σ_v dinamakan koefisien tekanan tanah aktif, K_a . Atau:

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dari gambar dapat dilihat bahwa bidang runtuh di dalam tanah membentuk sudut $\pm \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$ dengan arah dari bidang utama besar (major principal plane), yaitu, bidang horizontal. Bidang runtuh ini dinamakan bidang geser (slip plane). Bidang geser tersebut dapat dilihat dalam gambar c.



Gambar 2. 4. Gambar skematik diagram tekanan aktif Rankine
(Sumber: Buku Mekanika Jilid 2, Braja M.Das)

Dimana,

- $CD = \text{jari-jari lingkaran} = \frac{\sigma_p - \sigma_u}{2}$
- $AC = c \cot \phi$
- $OC = \frac{\sigma_p + \sigma_u}{2}$

sehingga

$$\sin \phi = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_p - \sigma_u)}{c \cot \phi + \frac{1}{2}(\sigma_p + \sigma_u)}$$

atau

$$c \cos \emptyset + \frac{1}{2}(\sigma p + \sigma u) \sin \emptyset = \frac{1}{2}(\sigma p - \sigma u)$$

atau

$$\sigma_p = \sigma_u \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} - 2c \frac{\cos \emptyset}{1 + \sin \emptyset} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$c \cos \emptyset + \frac{1}{2} \sigma u \sin \emptyset + \frac{1}{2} \sigma p \sin \emptyset = \frac{1}{2}(\sigma p - \sigma u)$$

$$c \cos \emptyset + \frac{1}{2} \sigma u (1 + \sin \emptyset) = \frac{1}{2} \sigma p (1 + \sin \emptyset)$$

$$\frac{\cos \emptyset}{1 - \sin \emptyset} + \frac{1}{2} \sigma u \frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset} = \frac{1}{2} \sigma u$$

$$\frac{2c \cos \emptyset}{1 - \sin \emptyset} + \sigma u \frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset} = \sigma u$$

Seperti diketahui :

$$\frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) \dots \dots \dots (2.5 a)$$

dan

$$\frac{\cos \emptyset}{1 - \sin \emptyset} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) \dots \dots \dots (2.5 b)$$

$$\sigma_p = \gamma z \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) + 2c \tan \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Tegangan lateral tanah pasif untuk tanah pada umumnya. Anggapan mula pada cara Rankine adalah untuk tanah berbutir kasar atau ϕ soil sehingga persamaan menjadi :

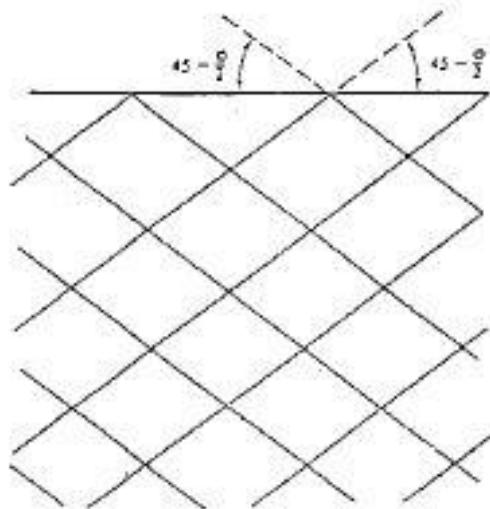
$$\sigma_p = \sigma_u \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right)$$

Besar koefisien tekanan pasif Rankine K_p didapat dari :

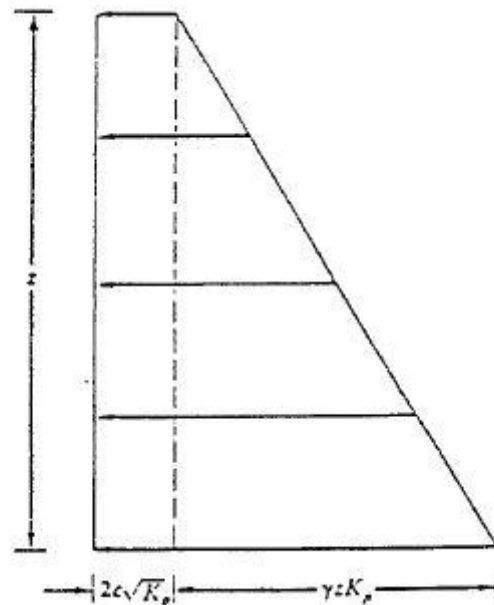
$$K_p = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \frac{\sigma_u \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right)}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Titik D dan D' yang terletak pada lingkaran longsor adalah bidang-bidang gelincir didalam masa tanah. Untuk kondisi pasif Rankine bidang-bidang gelincir membentuk $< \pm \left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$ dengan arah bidang utama minor, yaitu bidang horizontal.

Sedangkan diperlukan variasi tegangan pasif σ_p dengan kedalaman. Dapat dilihat bahwa arah tegangan dari mobilitas akibat kohesi yang berupa segiempat dan akibat berat isi serta sudut geser dalam adalah dalam satu arah dengan tanda positif, ini berbeda dengan apa yang didapat pada tegangan aktif σ_a .



Gambar 2. 5. Bidang-bidang gelincir pada tekanan pasif Rankine
(Sumber: Buku Mekanika Jilid 2, Braja M.Das)



Gambar 2. 6. Gambar sekema diagram tegangan pasif Rankine
(Sumber: Buku Mekanika Jilid 2, Braja M.Das)

2.4.1 Analisis Pendekatan dari Gaya Aktif yang Bekerja pada Tembok Penahan

Secara praktis perhitungan gaya aktif yang bekerja pada tembok penahan dapat dibuat dengan metode Coulomb atau metode Rankine. Prosedur perhitungannya untuk tembok penahan dengan urugan tanah berbutir ditunjukkan dalam Gambar 2.7

Gambar 2.7 (a) menunjukkan tembok penahan dengan urugan di belakang tembok mempunyai permukaan yang rata. Apabila metode Coulomb digunakan, maka gaya aktif per satuan lebar tembok P_a , dapat ditentukan dengan persamaan $P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$ (atau dengan cara Culmann). Gaya tersebut akan bekerja pada tembok dengan kemiringan δ terhadap normal dari muka tembok sebelah belakang. Akan tetapi, bila kita

menggunakan metode Rankine, gaya aktif tadi akan dihitung pada bidang vertical yang di gambar melalui tumit dan tembok

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

dengan

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

Untuk masalah seperti itu, komponen vertical dari gaya P_a (yang di tentukan dengan cara Rankine) ditambahkan pada berat dari blok tanah W_s , untuk analisis stabilitas.

Gambar 2.7 (b) menunjukkan suatu tembok suatu tembok penahan dengan urugan di belakang tembok terdiri dari tanah berbutir yang mempunyai permukaan miring. Persamaan (2.8) atau penyelesaian Culmann dapat digunakan untuk menentukan besarnya gaya aktif yang bekerja pada bidang vertical yang ditarik melalui tumit dari tembok, komponen vertical dari gaya tersebut kemudian dapat ditambahkan pada berat dari blok tanah ABC_2 untuk analisis stabilitas. Tetapi, perlu diperhatikan dalam masalah ini bahwa arah dari gaya aktif tidak lagi horizontal, dan bidang vertical BC_2 bukan merupakan bidang utama kecil (minor principal plane). Harga P_a yang ditentukan dengan cara Rankine dapat diberikan dengan hubungan

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H_1^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan:

$$H_1 = \overline{BC_2}, \text{ dan}$$

K_a = koefisien tekanan aktif menurut Rankine

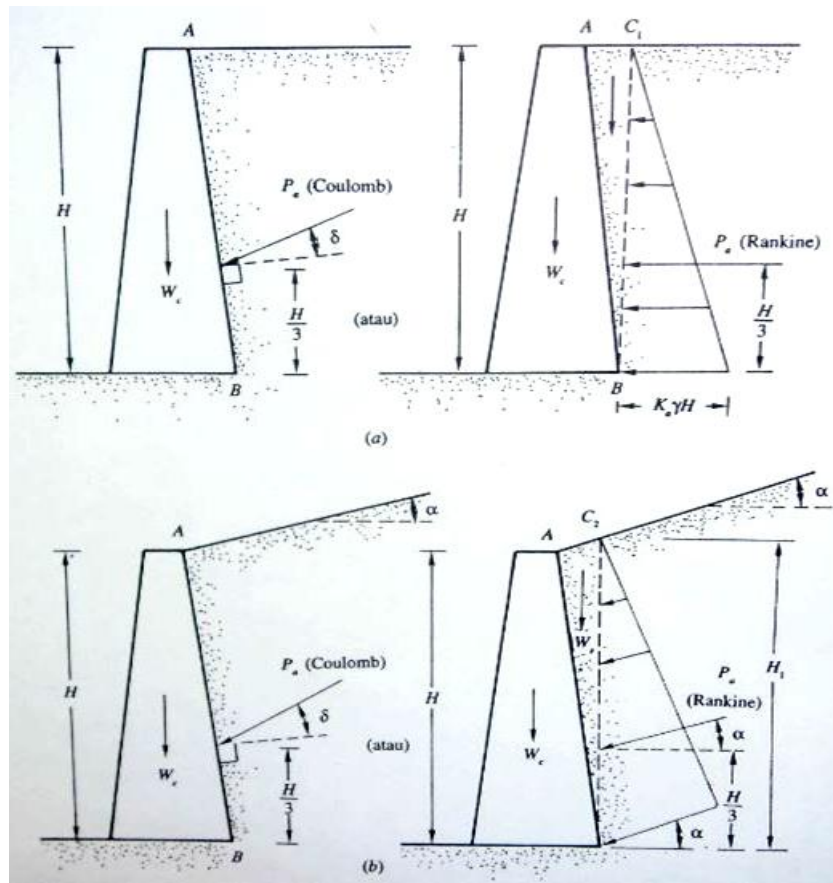
$$= \cos \alpha \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \theta}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \theta}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dalam kasus ini:

α = kemiringan permukaan tanah urug

P_a yang dihitung dengan Persamaan 2.8 terletak pada jarak $\frac{H}{3}$ dari titik B dan membentuk sudut α dengan arah horizontal. Harga K_a yang dihitung dengan Persamaan 2.10

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \dots \dots \dots (2.10)$$



Gambar 2. 7 Analisis pendekatan dari gaya aktif yang bekerja pada tembok dengan urugan tanah berkohesif (Braja M. Das, 1993)

Tiap potongan dinding horisontal akan menerima gaya-gaya seperti terlihat pada Gambar, maka perlu dikaitkan stabilitas terhadap gaya-gaya yang bekerja seperti :

- a. Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah
- b. Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah
- c. Gaya akibat tekanan tanah aktif
- d. Gaya akibat tekanan tanah pasif

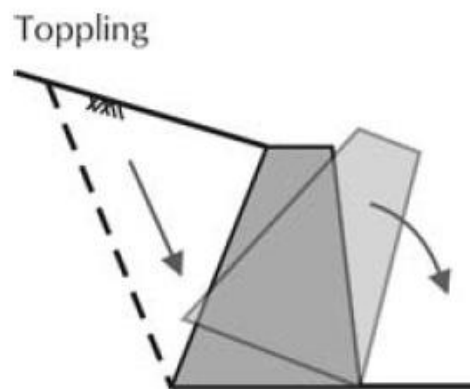
Dinding penahan tanah dapat runtuh dalam beberapa cara dan masing-masing membutuhkan analisis dan pemilihan factor keamanan yang patut. Ketiga kemungkinan mekanisme keruntuhan adalah sebagai berikut(Wesley, 2012):

- a. Dinding mungkin bergeser secara horizontal (keruntuhan geser)
- b. Dinding mungkin terguling (keruntuhan guling)
- c. Daya dukung tanah yang menahan dinding mungkin dilampaui, terutama pada tumit dinding dimana tekanan pada tanah menjadi paling besar (keruntuhan daya dukung)

Umumnya analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau berdasarkan pada stabilitas terhadap gaya eksternal antara lain, stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser , dan stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah. Sedangkan untuk stabilitas terhadap gaya internal ditinjau terhadap kekuatan material. Selain itu talud juga ditinjau terhadap stabilitas secara keseluruhan (*overall stability*).

a) Pada stabilitas terhadap guling

Struktur talud dikatakan stabil apabila besarnya momen guling (momen yang menyebabkan talud terguling) sama besarnya dengan momen yang menahan yang ditinjau dari titik putar struktur talud (Gambar 6.1). Umumnya digunakan faktor aman (SF) sehingga diperoleh $SF = \sum M_p / \sum M_a$ dengan $\sum M_p$ = Momen penahan (KN.m) dan $\sum M_a$ = momen guling (Kn.m). Struktur talud dinyatakan aman terhadap guling jika nilai faktor aman (SF) minimum adalah 1,50.

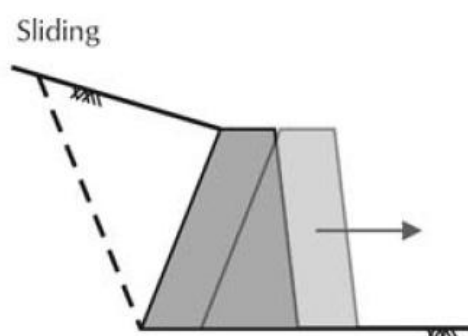


Gambar 2. 8. Talud mengalami guling

b) Stabilitas terhadap geser

Stabilitas terhadap geser struktur talud diperhitungkan terhadap perlawanan gesek yang terjadi di dasar talud (Gambar 6.2). Pada tanah granular atau pasir, perlawanan geser yang terjadi di bawah dasar talud adalah $F_g = W \cdot f$ dengan W = berat talud (Kn) dan f = koefisien gesek antara dasar talud dengan butiran tanah. Besarnya koefisien gesek (f) = $2/3 \cdot \tan \phi$ dengan ϕ = sudut geser dalam tanah ($^\circ$). Sedangkan pada tanah kohesif, umumnya perlawanan geser terdiri dari lekatan yang terjadi antara

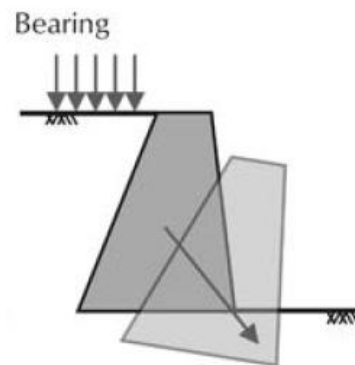
butiran-butiran tanah dengan dasar struktur talud. Besarnya perlawanan lekatan (F_l) = $A \cdot 2/3 \cdot c_u$ dengan A =luas dasar talud yang ditinjau (m^2) dan c_u =kohesi tanah di dasar talud (Kn/m^2). Struktur talud dinyatakan aman terhadap geser bila gaya yang menggeser (P_a) sama dengan gaya yang melawan (F_g atau F_l), dan dapat ditulis $SF=(F_g \text{ atau } F_l)/P_a$ dengan nilai faktor aman (SF) minimum adalah 1,50.



Gambar 2. 9. Talud mengalami geser

c) Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah diperhitungkan terhadap gaya-gaya yang bekerja pada struktur talud dan berat sendiri talud (Gambar 6.3). Tegangan yang terjadi di dasar talud (q) = $W/A \pm \sum M/Wx$ dengan W = berat talud (Kn), A =luas dasar talud yang ditinjau (m^2), $\sum M$ = total momen yang bekerja pada talud ($Kn.m$) dan Wx = tahanan momen pada dasar talud. Tegangan yang terjadi di dasar talud dinyatakan aman jika dibawah tegangan ijin tanah (q_{all}) dan tegangan tanah yang terjadi tidak boleh negatif atau terjadi tegangan tarik pada tanah.



Gambar 2. 10. Talud mengalami kegagalan kapasitas dukung tanah

d) Stabilitas keseluruhan (*overall stability*)

Stabilitas keseluruhan (*overall stability*), merupakan stabilitas yang ditinjau dari analisis stabilitas lereng dengan bidang gelincir atau longsor ditinjau di luar dari bidang longsor baji dari teori klasik dari Rankine dan Coulomb.

e) Stabilitas terhadap gaya internal

Sedangkan untuk stabilitas terhadap gaya internal ditinjau terhadap kekuatan material. Analisis gaya-gaya yang bekerja untuk stabilitas terhadap gaya-gaya internal digunakan metode analisis tegangan pada material talud seperti pada perhitungan stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah.

Dalam analisis ini struktur talud dianggap sebagai satu kesatuan, seolah-olah merupakan suatu struktur yang kaku dengan gaya yang bekerja pada talud akan dilawan oleh berat sendiri talud. Dalam hal ini jenis batu kali dan mutu spesi akan sangat berpengaruh terhadap stabilitasnya.

2.5 Analisa Pondasi Dangkal Dengan Sumuran

2.5.1. Pengertian Pondasi

Suatu konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batunya yang terletak dibawahnya. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan – kecuali pada permukaan tanah – merupakan tambahan kepada beban-beban yang sudah ada dalam massa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya.

Istilah struktur-atas umumnya dipakai untuk menjelaskan bagian sistem yang direkayasa yang membawa beban kepada pondasi atau struktur bawah. Istilah struktur-atas mempunyai arti khusus untuk bangunan-bangunan dan jembatan-jembatan ; akan tetapi, pondasi tersebut dapat juga hanya menopang mesin-mesin, mendukung peralatan industrial (pipa, menara, tangki), bertindak sebagai alas untuk papan iklan, dan sejenisnya. Karena sebab-sebab inilah maka lebih baik melukiskan suatu pondasi itu sebagai bagian tertentu dari sistem rekayasaan komponen-komponen pendukung beban yang mempunyai bidang antara (interfacing) terhadap tanah (Joseph E.Bowles, 2007).

2.5.1. Klasifikasi dan Definisi Pondasi

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan di mana beban itu ditopang oleh tanah yang menghasilkan (Joseph E.Bowles, 2007) :

- Pondasi dangkal – dinamakan sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi-rakit (mats). Kedalaman pada umumnya $D/B \leq 1$ tetapi akan mungkin lebih.
- Pondasi dalam – tiang pancang, tembok/tiang yang dibor, atau kaison yang dibor. $D/B \geq 4^+$ dengan suatu tiang pancang.

a) Pondasi Dalam

Menurut *L. D. Wesley* (1977) dalam bukunya *Mekanika Tanah*, pondasi dalam seringkali diidentikkan sebagai pondasi tiang atau suatu struktur pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. Pondasi tiang diperlukan bilamana lapisan-lapisan bagian atas tanah begitu lembek, dan kadang-kadang ditemukan keadaan tanah dimana lapisan keras sangat dalam sehingga pembuatan dan pemancangan tiang sampai lapisan tersebut sukar dilaksanakan. Dalam hal ini dapat dipergunakan *friction pile* yaitu tiang yang tertahan oleh perlekatan antara tiang dengan tanah, tiang semacam ini disebut juga dengan tiang terapung (*floating piles*). Apabila tiang ini dimasukkan dalam lapisan lempung maka perlawanan ujung akan jauh lebih kecil daripada perlawanan akibat perlekatan antara tiang dan tanah.

b) Pondasi Dangkal

Terzaghi mendefinisikan pondasi dangkal sebagai berikut :

- 1) Apabila kedalaman pondasi lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi, maka pondasi tersebut bisa dikatakan sebagai pondasi dangkal.
- 2) Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur pondasi ke tanah dibawahnya yang berupa lapisan penyangga (*bearing stratum*) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

Pada umumnya pondasi dangkal berupa pondasi telapak yaitu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi, bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dan berkualitas baik yang mampu mendukung suatu bangunan pada permukaan tanah.

c) **Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran**

Menurut Wesley (1977), di Indonesia pondasi sumuran sering dipakai bilamana lapisan tanah pendukung berada pada kedalaman 2 meter hingga 8 meter di bawah muka tanah. Pelaksanaan biasanya dilakukan dengan menggali lubang seperti sumuran sampai lapisan tanah keras, kemudian lubang ini diisi kembali dengan beton siklop atau dengan beton bertulang jika dianggap perlu. Penggalian sumuran dilakukan secara manual baik dengan casing seperti buis beton maupun tanpa casing. Casing di sini dapat berfungsi sebagai struktur penahan tanah saat pekerjaan penggalian tanah dan sebagai bagian dari struktur pondasi . Buis beton diturunkan secara bertahap dengan cara menggali

tanah di bagian dalam buis hingga mencapai elevasi tanah pendukung. Untuk mengatasi air tanah cukup dengan pemompaan.

Untuk penentuan kapasitas dukung pondasi sumuran, dalam perencanaan diasumsikan bahwa perlawanan akibat gesekan antara dinding sumuran dengan tanah tidak diperhitungkan. Sehingga secara sederhana beban yang dapat diperbolehkan (P_{all}) di atas pondasi sumuran dihitung dengan persamaan,

$$P_{all} = q_{all}.A$$

dengan,

$$q_{all} = \text{tegangan ijin tanah pada dasar pondasi sumuran (kN/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{luas penampang sumuran (m}^2\text{)}$$

2.6 Metode Pelaksanaan *Grouting*

2.6.1. Grouting

Permeabilitas tanah berbutir-kasar dapat diperkecil dengan cara grouting. Proses tersebut terdiri dari penyuntikan suatu cairan yang sesuai, dikenal dengan sebutan grout, ke dalam pori-pori tanah. Grout tersebut secara berangsur-angsur akan mengeras, sehingga dapat mencegah atau memperkecil rembesan air. Grouting juga menghasilkan kenaikan kekuatan tanah. Cairan yang digunakan untuk grouting meliputi campuran semen air, suspensi lempung, larutan kimia, seperti sodium silikat atau dammar sintetis, dan emulsi bitumen. Penyuntikan (injection) biasanya dilakukan ke dalam suatu pipa yang di masukkan ke dalam tanah atau ditempatkan ke dalam lubang bor dan di tahan dengan sebuah selubung.

Distribusi ukuran partikel tanah menunjukkan jenis grout yang akan digunakan. Partikel-partikel suspensi dalam grout, seperti semen atau lempung, akan merembes pori-pori tanah bila ukuran pori-pori tanah lebih besar dari ukuran partikel tersebut; pori-pori yang lebih kecil dari ukuran ini akan menghalangi partikel untuk menembus tanah. Grout semen dan lempung hanya cocok untuk krikil dan pasir kasar. Untuk pasir sedang dan pasir halus, grout yang digunakan adalah jenis larutan atau emulsi.

Luasnya perembesan untuk suatu tanah tertentu tergantung pada viskositas grout dan tekanan pada waktu penyuntikan. Faktor-faktor ini menunjukkan jarak yang dibutuhkan antara titik-titik penyuntikan. Tekanan penyuntikan harus diperhatikan di bawah tekanan tanah di atasnya, bila tidak akan terjadi pengangkatan (*heaving*) permukaan tanah dan celah-celah (*fissures*) di dalam tanah akan terbuka. Untuk tanah yang memiliki variasi ukuran butiran yang besar, adalah bijaksana untuk menggunakan penyuntikan primer dengan grouting yang viskositasnya relatif tinggi untuk mengatasi pori-pori yang besar, kemudian diikuti dengan penyuntikan sekunder dengan grout yang viskositasnya relatif rendah untuk pori-pori yang lebih kecil (R.F.Craig, 1991)

Grouting merupakan suatu metode atau teknik yang dilakukan untuk memperbaiki keadaan bawah tanah dengan cara memasukkan bahan yang masih dalam keadaan cair, dengan cara tekanan, sehingga bahan tersebut akan mengisi semua retakan-retakan dan lubang-lubang yang ada di bawah permukaan tanah, kemudian setelah beberapa saat bahan tersebut akan

mengeras, dan menjadi satu kesatuan dengan tanah yang ada sehingga kestabilan suatu permukaan tanah akan tetap terjaga.

Grouting juga dapat diartikan sebagai metode penyuntikan bahan semi kental (slurry material) ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor, dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanah (Dwiyanto, 2005). Sedangkan bahan-bahan yang biasanya dijadikan sebagai material pengisi pada grouting diantaranya campuran semen dan air; campuran semen, abu batu dan air; campuran semen, clay dan air; campuran semen, clay, pasir dan air; asphalt; campuran clay dan air dan campuran bahan kimia.

Fungsi grouting di dalam tanah atau batuan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Penetrasi atau Penembusan (permeation/penetration)

Grouting mengalir ke dalam rongga tanah dan lapisan tipis batuan dengan pengaruh minimum terhadap struktur asli.

b. Kompaksi atau Pemadatan (compaction/controlled displacement)

Material grouting dengan konsistensi sangat kental dipompakan ke dalam tanah sehingga mendorong dan memadatkan.

c. Rekah Hidrolik (hydraulic fracturing)

Apabila tekanan grouting lebih besar dari kuat tarik batuan atau tanah yang di grouting, akhirnya material pecah dan grouting dengan cepat menembus zona rekahan

Manfaat dari suatu pekerjaan *grouting* antara lain adalah sebagai berikut (Dwiyanto, 2005):

- a. Menahan aliran air dan mengurangi rembesan
- b. Memperkuat tanah dan batuan
- c. Mengisi rongga dan celah pada tanah dan batuan sehingga menjadi padat
- d. Memperbaiki kerusakan struktur
- e. Meningkatkan kemampuan anchor dan tiang pancang
- f. Menghindarkan dari material fluida yang dapat merusak tanah atau batuan

2.6.2. Jenis - Jenis *Grouting*

a) Jenis *Grouting* Berdasarkan Tujuannya

Menurut Kadar Budiyanto tahun 2000 di dalam bukunya "*Pelaksanaan grouting Bendungan Sangiran, Ngawi, Jawa Timur*", berdasarkan tujuannya, tipe *grouting* dapat dibedakan menjadi 7 yaitu:

1. Sementasi Tirai (*Curtain Grouting*)

Sesuai dengan namanya sebagai konstruksi penyekat atau tabir, berfungsi sebagai penghalang (*cut-off* atau *barrier*) dari rembesan air dalam pondasi bendungan yang cenderung membesar atau bocor. Tujuan utama dari *grouting* ini adalah membentuk lapisan vertikal kedap di bawah permukaan, disamping juga untuk menambah kekuatan pondasi bendungan. *Grouting* tirai adalah suatu sistem pelaksanaan

grouting di bawah suatu bendungan sepanjang axis bendungan itu sendiri dengan kedalaman tertentu.

Dengan *grouting* tirai ini diharapkan dapat memotong aliran airtanah dari *upstream* ke *downstream* atau setidaknya dapat memperpanjang jalannya airtanah sampai batas tertentu sesuai dengan rencana. *Grouting* tirai menjadi masalah pokok dalam menentukan besarnya angka koefisien permeabilitas (K) pada pembuatan bendungan. Jadi dapat disimpulkan bahwa *grouting* tirai merupakan masalah sangat penting dalam pembuatan bendungan.

2. Sementasi Selimut (*Blanket Grouting*)

Blanket grouting dilaksanakan bersamaan atau sebelum *grouting* tirai, hal ini tergantung dari keadaan geologi setempat. Tujuan dari *blanket grouting* adalah untuk memperbaiki lapisan permukaan tanah atau batuan pondasi yang langsung berhubungan dengan inti (*core*). Disamping itu untuk melindungi *grouting* tirai yang langsung berhubungan dengan *seepage water*.

Biasanya line dari *blanket grouting* dilebarkan di sebelah luar sebelah *grouting* tirai. Pada pembuatan lubangnya juga lebih dangkal daripada *grouting* tirai dan biasanya *blanket grouting* hanya dilaksanakan di sepanjang *river bed* saja atau tergantung dari jenis batuan, apabila batumannya bersifat porous, maka *blanket grouting* dilaksanakan di sepanjang axis bendungan. Mengenai cara pelaksanaan

grouting sama dengan pelaksanaan *grouting* tirai. Dengan kata lain *blanket grouting* berguna untuk mengefektifkan *grouting* tirai.

3. Sementasi Konsolidasi (*Consolidation Grouting*)

Fungsi utama dari *grouting* konsolidasi adalah sama dengan *blanket grouting* bahkan dalam beberapa buku konsolidasi juga disebut sebagai *blanket grouting*. Selain itu fungsi konsolidasi *grouting* adalah untuk perbaikan kondisi fisik perlapisan tanah permukaan, karena ada kemungkinan permukaan tanahnya retak atau jelek.

Pada pelaksanaan konsolidasi *grouting* ini lubang bor dibuat lebih dangkal dibandingkan dengan lubang bor untuk *blanket* atau *grouting* tirai, hal ini mengingat fungsinya yang hanya untuk perbaikan lapisan permukaan tanah saja. Meskipun demikian masih juga diperlukan data-data serta perencanaan lebih lanjut karena untuk menentukan kedalaman lubang bor.

Jadi pada dasarnya *grouting* tirai, *blanket grouting* dan *grouting* konsolidasi penting sekali dalam mengatasi masalah-masalah dari gangguan aliran air (*seepage* atau *leakage of water*) pada konstruksi bendungan. Selain itu *grouting* konsolidasi juga bertujuan untuk menyeragamkan dan menguatkan permukaan pondasi bendungan, struktur atau untuk menyelubungi terowongan.

4. Sementasi Kontak (*Contact Grouting*)

Fungsi dari *grouting* kontak adalah untuk menghubungkan antara lapisan lama dengan lapisan yang baru. Jadi antara lapisan yang sejenis

maupun yang berbeda juga bisa, misalnya pada bendungan di bawah *concrete pad*. Disini dilakukan *grouting* kontak untuk menghubungkan antar permukaan *river bed* dengan lapisan *concrete*.

Pada kondisi lain dapat juga dilakukan *grouting* kontak antara struktur *concrete lining* terowongan, besi penyangga dengan batuan atau lapisan beton yang rusak.

5. Sementasi Semprot (*Slush Grouting*)

Untuk menutup permukaan pondasi bendungan, waduk atau struktur dengan tujuan mencegah kebocoran pada kontak antara pondasi dan material pondasi di atasnya dengan cara menyemprotkan semen atau mortar pada permukaan batuan pondasi untuk menutup celah, kekar atau rongga. Pemakaian bahan *grouting* halus dikenal dengan *guniting* dan grout kasar dikenal dengan *shortcreting*.

6. *Cavity Grouting*

Grouting ini digunakan untuk mengisi lubang atau celah antara struktur *concrete* dengan batuan atau *lining* terowongan dengan batuan.

7. Sementasi Cincin (*Ring/Radial Grouting*)

Pada prinsipnya sama dengan *grouting* tirai yaitu dengan membuat lapisan yang kedap air, tetapi dilaksanakan pada terowongan.

b) Jenis Grouting Berdasarkan Pelaksanaannya

Pembagian tipe sementasi berdasarkan metode pelaksanaannya dapat dibagi menjadi 2 metode sementasi, yaitu Single Stage Grouting

dan Multiple Stage Grouting. Untuk Multiple Stage Grouting dibedakan lagi menjadi metode Down stage dan Up Stage Grouting.

1. Single Stage Grouting

Pada metode ini, pemboran dilaksanakan sampai pada kedalaman yang diinginkan, kemudian *grouting* dilaksanakan sekali mencakup seluruh kedalaman, dengan alat *packer* sebagai penutup lubang terletak di bagian atas lubang bor (*top of hole*).

2. Multiple stage Grouting

- a. Metode *Grouting Up Stage*

Dalam pelaksanaan metode ini, lubang *grouting* dibor hingga mencapai kedalaman yang diinginkan kemudian dipasang sebuah alat *packer* didalam lubang bor. Alat *packer* ini berfungsi untuk menutup lubang bor agar campuran semen tidak kembali ke permukaan ketika disemprotkan, sehingga seluruh material suspensi *grouting* dapat masuk ke sisi samping lubang bor. Kemudian dilakukan *grouting stage* demi *stage* mulai dasar lubang bor, menuju ke atas.

- b. Metode *Grouting Down Stage*

Pada pelaksanaan metode *grouting* ini, lubang yang nantinya akan di *grouting* dipersiapkan terlebih dahulu dengan melakukan pengeboran tahap pertama, kemudian dilakukan pencucian lubang bor dengan air pemboran (*washing*) hingga kondisi lubang bor cukup bersih. Kemudian dilakukan *grouting*

sepanjang lubang bor dengan kedalaman sesuai *stage* pertama tersebut. Setelah pelaksanaan *stage* pertama selesai, tekanan dibiarkan konstan untuk beberapa saat, kemudian alat *packer* dicabut dan pemboran dilanjutkan kembali pada kedalaman *stage* selanjutnya.

Setelah pelaksanaan *grouting* selesai hingga mencapai keseluruhan kedalaman yang diinginkan, lubang bor dibersihkan kembali dan ditutup dengan material *grouting* dengan letak alat *packer* di atas lubang bor (*top of hole*).

c) **Jenis *Grouting* Berdasarkan Bahan yang Digunakan**

1. Injeksi Bahan Kimia (*Chemical Grouting*)

Digunakan untuk menahan rembesan pada tanah yang tidak terlalu lulus air dan tidak terlalu kedap air dan yang bersifat sementara (rata – rata 1 tahun) walaupun ada juga beberapa yang umurnya mencapai lebih dari 30 tahun (bersifat permanen). Pelaksanaan metode *grouting* ini perlu kehati-hatian khusus karena menggunakan bahan kimia yang dapat menyebabkan iritasi bila terjadi kontak dengan kulit manusia. Metode *grouting* ini hanya dapat menahan rembesan air dan tidak dapat digunakan untuk memperbaiki kekuatan pondasi. Contoh penggunaan metode *chemical grouting* di Indonesia adalah pada pembangunan Bendungan Selorejo, Sompur, dan Wlingi Raya.

2. Injeksi Semen (Sementasi)

Tipe semen yang biasa digunakan pada metode ini biasanya adalah semen tipe I. Untuk tahap pertama digunakan campuran encer yaitu 10 : 1 (10 air : 1 sak semen), kemudian secara berturut – turut 5:1, 2:1, 1:1, dan 0,5 :1. Komposisi pencampuran 0,5 : 1 ini dianggap sebagai komposisi suspensi yang paling kental yang biasa digunakan. Penentuan komposisi campuran suspensi di atas bergantung pada jenis tanah yang terdapat di daerah yang akan dilakukan penginjeksian semen. Untuk jenis tanah yang mudah runtuh, komposisi suspensi biasanya ditambahkan dengan bahan bentonit dengan perbandingan berat terhadap semen 2% - 5%. Fungsi dari bentonit dalam injeksi semen ini untuk memperlambat proses pengerasan suspensi semen sehingga memungkinkan suspensi semen dapat mengisi celah – celah butiran yang berada agak jauh dari lubang *grouting* sehingga sebaran dari *grouting* juga akan lebih lebar dengan sifat campuran yang tetap homogen.

Apabila tanah yang disementasi sangat *porous* (berlubang - lubang) maka untuk mengurangi biaya pembuatan material suspensi, campuran suspensi dapat ditambah dengan menggunakan pasir halus yang berfungsi ganda yaitu dapat sebagai bahan campuran pengganti semen sehingga biaya tidak terlalu mahal, selain itu material pasir halus diharapkan dapat mempercepat penutupan pori tanah yang berada dibawah permukaan.

Untuk mengetahui banyak sedikitnya hasil sementasi yang berhasil dilakukan dikenal dengan istilah *grout take*. *Grout take* adalah banyaknya semen yang masuk ke dalam lubang per meter panjang lubang bor yang dinyatakan dalam kg/m. Misalnya untuk pengerjaan *grouting* sedalam 5 meter, semen yang berhasil dipompakan sebanyak 200 kg. Maka dapat diketahui bahwa *grout take* nya adalah 40 kg/m.

2.7 Data Sondir

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus (qc) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 2007 & 2010). Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Keuntungan uji sondir (Rahardjo, 2008) :

- Cukup ekonomis dan cepat.
- Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama.
- Korelasi empirik yang terbukti semakin andal.
- Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.

Kekurangan uji sondir :

- Tidak didapat sampel tanah.
- Kedalaman penetrasi terbatas.
- Tidak dapat menembus kerikil atau lapis pasir yang padat.

Uji sondir ditujukan untuk :

- Identifikasi, stratigrafi, klasifikasi lapisan tanah, kekuatan lapisan tanah.
- Kontrol pemadatan tanah timbunan.
- Perencanaan pondasi dan settlement.
- Perencanaan stabilitas lereng galian/timbunan.

Hasil sondir (q_c, f_c, JHP, FR) dapat dikorelasikan :

- Konsistensinya.
- Kuat geser tanah (C_u)
- Parameter konsolidasi (C_c dan M_v)
- Relatif Density (D_r)
- Elastisitas tanah.
- Daya dukung pondasi

Nilai yang penting diukur dari uji sondir adalah hambatan ujung konus (q_c).

Besarnya nilai ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Dari nilai-nilai q_c dapat dikorelasikan terhadap konsistensi tanah lempung pada suatu lapisan tanah.

Tabel 2. 1. Hubungan antara konsistensi dengan tekanan konus

Konsistensi	Tekanan konus qc (kg/cm²)	Undrained Cohesion (T/m²)
Very soft	<2.5	< 1.25
Soft	2.5 - 5.0	1.25 - 2.50
Medium stiff	5.0 - 10.0	2.50 – 5.00
Stiff	10.0 – 20.0	5.00 – 10.00
Very stiff	20.0 – 40.0	10.00 – 20.00
Hard	>40.0	> 20.00

(sumber: Begemann, 1965)

Tabel 2. 2. Hubungan antara kepadatan, relative density, nilai N, qc dan Ø

Kepadatan	Relative Density (Dr)	Nilai N	Tekanan konus qc (kg/cm²)	Sudut geser dalam (Ø°)
Very loose	< 0.2	< 4	< 20	< 30
Loose	0.2 – 0.4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
Medium dense	0.4 – 0.6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
Dense	0.6 – 0.8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
Very dense	0.8 – 1.0	> 50	> 200	> 45

2.7.1. Prosedur pengujian

1) Persiapan pengujian

Lakukan persiapan pengujian sondir di lapangan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Siapkan lubang untuk penusukan konus pertama kalinya, biasanya digali dengan linggis sedalam sekitar 5 cm;
- b. Masukkan 4 buah angker ke dalam tanah pada kedudukan yang tepat sesuai dengan letak rangka pembeban;
- c. Setel rangka pembeban, sehingga kedudukan rangka berdiri vertikal;
- d. Pasang manometer 0 MPa s.d 2 MPa dan manometer 0 MPa s.d 5 MPa untuk penyondiran tanah lembek, atau pasang manometer 0 MPa s.d 5 MPa dan manometer 0 MPa s.d 25 MPa untuk penyondiran tanah keras;

- e. Periksa sistem hidraulik dengan menekan piston hidraulik menggunakan kunci piston, dan jika kurang tambahkan oli serta cegah terjadinya gelembung udara dalam sistem;
- f. Tempatkan rangka pembeban, sehingga penekan hidraulik berada tepat di atasnya;
- g. Pasang balok-balok penjepit pada jangkar dan kencangkan dengan memutar baut pengecang, sehingga rangka pembeban berdiri kokoh dan terikat kuat pada permukaan tanah. Apabila tetap bergerak pada waktu pengujian, tambahkan beban mati di atas balok-balok penjepit;
- h. Sambung konus ganda dengan batang dalam dan pipa dorong serta kepala pipa dorong; dalam kedudukan ini batang dalam selalu menonjol keluar sekitar 8 cm di atas kepala pipa dorong. Jika ternyata kurang panjang, bisa ditambah dengan potongan besi berdiameter sama dengan batang dalam.

2) Pengujian penetrasi konus

Lakukan pengujian penetrasi konus ganda dengan langkah-langkah sebagai berikut:

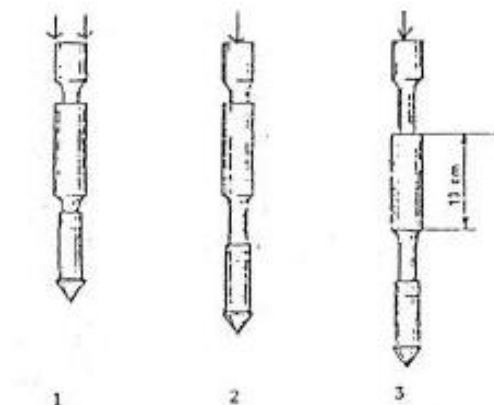
- a. Tegakkan batang dalam dan pipa dorong di bawah penekan hidraulik pada kedudukan yang tepat;
- b. Dorong/tarik kunci pengatur pada kedudukan siap tekan, sehingga penekan hidraulik hanya akan menekan pipa dorong;

- c. Putar engkol searah jarum jam, sehingga gigi penekan dan penekan hidraulik bergerak turun dan menekan pipa luar sampai mencapai kedalaman 20 cm sesuai interval pengujian;
- d. Pada tiap interval 20 cm lakukan penekanan batang dalam dengan menarik kunci pengatur, sehingga penekan hidraulik hanya menekan batang dalam saja (kedudukan 1, lihat Gambar 5);
- e. Putar engkol searah jarum jam dan jaga agar kecepatan penetrasi konus berkisar antara 10 mm/s sampai 20 mm/s \pm 5. Selama penekanan batang pipa dorong tidak boleh ikut turun, karena akan mengacaukan pembacaan data.

3) Pembacaan hasil pengujian

Lakukan pembacaan hasil pengujian penetrasi konus sebagai berikut:

- a. Baca nilai perlawanan konus pada penekan batang dalam sedalam kira-kira 4 cm pertama (kedudukan 2, lihat Gambar 4) dan catat pada formulir (Lampiran C) pada kolom Cw ;
- b. Baca jumlah nilai perlawanan geser dan nilai perlawanan konus pada penekan batang sedalam kira-kira 4 cm yang ke-dua (kedudukan 3, lihat Gambar 4) dan catat pada formulir (Lampiran C) pada kolom Tw.



Gambar 2. 11. Kedudukan pergerakan konus pada waktu pengujian sondir
(sumber: SNI 2827-2008)

4) Pengulangan langkah-langkah pengujian

Ulangi langkah-langkah pengujian tersebut di atas hingga nilai perlawanan konus mencapai batas maksimumnya (sesuai kapasitas alat) atau hingga kedalaman maksimum 20 m s.d 40 m tercapai atau sesuai dengan kebutuhan. Hal ini berlaku baik untuk sondir ringan ataupun sondir berat.

5) Penyelesaian pengujian

- a) Cabut pipa dorong, batang dalam dan konus ganda dengan mendorong/menarik kunci pengatur pada posisi cabut dan putar engkol berlawanan arah jarum jam.
- b) Catat setiap penyimpangan pada waktu pengujian.

6) Rumus-rumus perhitungan (menurut SNI 2827-2008)

Prinsip dasar dari uji penetrasi statik di lapangan adalah dengan anggapan berlaku hukum Aksi Reaksi (persamaan 10), seperti yang

digunakan untuk perhitungan nilai perlawanan konus dan nilai perlawanan geser di bawah ini.

Nilai perlawanan konus (q_c) dengan ujung konus saja yang terdorong, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{konus}} = P_{\text{piston}} \dots\dots\dots(1)$$

$$q_c \times A_c = C_w \times A_{pi}$$

$$q_c = C_w \times A_{pi} / A_c \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{pi} = \pi (D_{pi})^2 / 4 \dots\dots\dots (3)$$

$$A_c = \pi (D_c)^2 / 4 \dots\dots\dots (4)$$

Nilai perlawanan geser (f_s) lokal diperoleh bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{konus}} + P_{\text{geser}} = P_{\text{piston}} \dots\dots\dots(5)$$

$$(q_c \times A_c) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi}$$

$$(C_w \times A_{pi}) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{pi}$$

$$f_s = K_w \times A_{pi} / A_s \dots\dots\dots (6)$$

$$A_s = \pi D_s L_s \dots\dots\dots (7)$$

$$K_w = (T_w - C_w) \dots\dots\dots (8)$$

Angka banding geser (R_f) diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai perlawanan geser lokal (f_s) dengan perlawanan konus (q_s), dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_f = (f_s / q_s) \times 100 \dots\dots\dots (9)$$

Nilai geseran total (T_f) diperoleh dengan menjumlahkan nilai perlawanan geser lokal (f_s) yang dikalikan dengan interval pembacaan, dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_f = (f_s \times \text{interval pembacaan}) \dots\dots\dots (10)$$

dengan :

C_w : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus (kPa);

T_w : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan geser (kPa);

K_w : selisih dengan (kPa);

P_{konus} : gaya pada ujung konus (kN);

P_{piston} : gaya pada piston (kN);

q_c : perlawanan konus (kPa);

f_s : perlawanan geser lokal (kPa);

R_f : angka banding geser (%);

T_f : geseran total (kPa);

A_{pi} : luas penampang piston (cm²);

D_{pi} : diameter piston (cm);

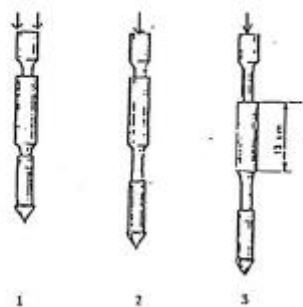
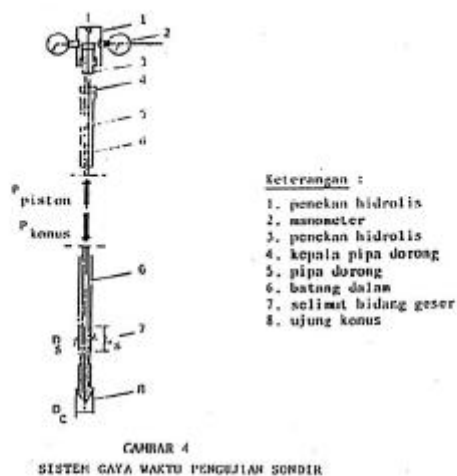
A_c : luas penampang konus (cm²);

$D_c = D_s$: diameter konus sama dengan diameter selimut geser (cm);

A_s : luas selimut geser (cm²);

D_s : diameter selimut geser (cm);

L_s : panjang selimut geser (cm) Penurunan



Gambar 5 Sistem gaya waktu pengujian sondir

(sumber : SNI 2827-2008)

2.7.2. Prosedur perhitungan

Lakukan perhitungan perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total (T_f) tanah dan penggambaran hasil pengujian dengan tahapan berikut.

1. Cara perhitungan

- a) Hitung perlawanan konus (q_c) bila ujung konus saja yang terdorong dengan menggunakan persamaan (1) s.d (4).
- b) Hitung perlawanan geser (f_s) lokal bila ujung konus dan bidang geser terdorong bersamaan dengan menggunakan persamaan (5) s.d (8).

- c) Hitung angka banding geser (R_f) dengan menggunakan persamaan (9).
- d) Hitung geseran total (T_f) tanah dengan menggunakan persamaan (10).

2. Cara penggambaran hasil uji penetrasi konus

- a) Gambarkan grafik hubungan antara variasi perlawanan konus (q_c) dengan kedalaman (meter).
- b) Untuk uji sondir dengan konus ganda gambarkan hubungan antara perlawanan geser (f_s) dengan kedalaman dan geseran total (T_f) dengan kedalaman.
- c) Apabila diperlukan rincian tanah yang diperkirakan dari data perlawanan konus dan perlawanan geser, gambarkan grafik hubungan antara angka banding geser dengan kedalaman.
- d) Tempatkan grafik-grafik dari sub butir a), b) dan c) di atas pada satu lembar gambar dengan skala kedalaman yang sama.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan survey lapangan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan konstruksi terutama kerusakan pada pondasi dan talud yang terdapat di bagian depan bangunan gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga. Setelah dilakukan identifikasi kegagalan konstruksi yang terjadi pada lokasi penelitian dilanjutkan dengan penyelidikan tanah. Setelah dilakukan studi literatur dilanjutkan dengan menganalisa data tanah, data tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan stabilitas talud dan pondasi baik sebelum dan sesudah dilakukan perkuatan talud dan pondasi menggunakan metode grouting semen pada tanah timbunan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data-data yang dibutuhkan memerlukan beberapa tahap antara lain dengan :

1) Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi maupun hasil survey yang dipergunakan sebagai sumber dalam analisa perhitungan stabilitas talud dan pondasi baik sebelum ataupun sesudah dilakukan perkuatan menggunakan metode grouting semen. Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di lokasi penelitian yaitu Rumah Sakit

Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga. Kegiatan ini dilakukan secara berkala, mulai tanggal 23 Januari – 22 Februari 2013. Hasil yang diperoleh berupa foto dokumentasi dan data tanah dari hasil uji sondir.

Pengamatn langsung tersebut menghasilkan data-data sebagai berikut.

a. Data Bangunan

Nama Bangunan	: Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga
Fungsi Bangunan	: Tempat pertemuan atau balai diklat kesehatan
Jumlah Lantai	: 1
Lokasi	: Jl. Hasanuddin No.806, Salatiga.
Sruktur Bangunan Bawah	: Pondasi plat setempat dan pondasi sumuran

b. Struktur Utama

Struktur utama pada bangunan gedung terdiri dari struktur frame atap, kolom, plat lantai.

c. Data Tanah

Data tanah yang diperoleh yaitu dari hasil sondir yang dikorelasi untuk mendapatkan parameter-parameter tanah yang dibutuhkan dalam proses perhitungan analisa.

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini. Data sekunder ini didapatkan bukan

melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini antara lain adalah literature-literatur penunjang, grafik, table, atau denah yang berkaitan erat dengan proses analisa talud dan pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Salatiga.

3) Metode Observasi

Metode observasi ini digunakan sebagai suatu pemahaman terhadap objek yang dianalisis, Survey lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di lokasi penelitian yaitu Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Salatiga. Kegiatan ini di lakukan sebelum perbaikan kemudian dilanjutkan saat pelaksanaan proses sondir dan grouting.

4) Studi Literatur

Studi literature dilakukan untuk memperoleh data sekunder. Literatur yang digunakan berupa grafik, table korelasi untuk mendapatkan parameter-parameter tanah dari hasil uji sondir, dan denah yang berkaitan dengan proses analisis talud dan pondasi Gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Salatiga.

5) Metode Wawancara

Metode wawancara ini diperlukan untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan yang sekiranya belum tertulis ataupun belum tersurat. Dengan mewawancarai pihak-pihak yang bersangkutan dengan objek kajian atau dobjek yang dianalisis, juga terhadap pihak lain yang memahami pada objek kajian dan analisisnya.

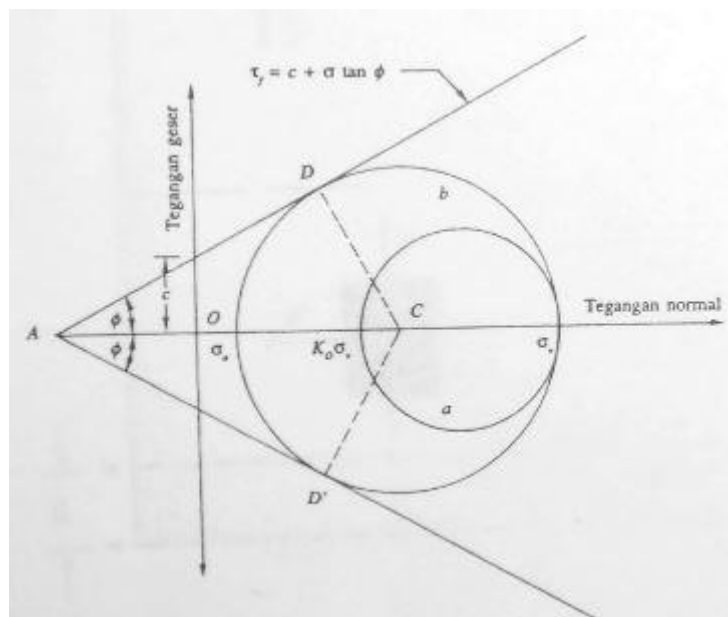
3.3 Analisis Data

Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Analisis Stabilitas Talud

1. Tekanan tanah aktif

Menurut Braja M.Das (1993), Kondisi keseimbangan plastis, akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr, dan kelonggaran tanah terjadi. Keadaan tersebut dinamakan sebagai “kondisi aktif menurut Rankine (*Rankine's Active State*).



Gambar 3. 1. Lingkaran Mohr pada tekanan aktif Rankine.
(Sumber: Braja M.Das, 1993)

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 dalam persamaan berikut.

$$P_a = 1/2 \gamma_s H_2 K_a \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan

γ_s = berat isi tanah

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \cos^2 \alpha \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \emptyset}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \emptyset}} \dots\dots\dots (3.2)$$

\emptyset = sudut geser dalam

i = sudut tanah timbunan tunjukkan dalam Gambar 3.5

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

menjadi :

$$K_a = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) \dots\dots\dots (3.3)$$

2. Stabilitas terhadap guling

Langkah pertama di dalam perencanaan dinding penahan adalah menetapkan proporsionalitas ukuran dinding itu menjamin keseimbangannya terhadap tekanan aktif. Tiga persyaratan yang harus di penuhi adalah: (a) Momen tahan $W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + P_{av}$, harus menahan momen guling M_a dengan factor keamanan yang cukup lazim = 2,0; (b) daya perlawanan geser F yang di kombinasikan dengan perlawanan akibat tekanan pasif P_p yang dapat diandalkan harus cukup untuk mencegah geseran aktif, dengan keamanan yang cukup (biasanya diambil 1,5), dan (c) lebar dasar L harus cukup untuk beban R ke tanah

fondasi tanpa menimbulkan penurunan atau putaran yang berlebihan (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1993).

Dengan kondisi pembebanan, tekanan tanah aktif horizontal akan menyebabkan dinding penahan terguling terhadap titik putar. Berat sendiri dinding penahan, berat tanah di atas tumit dan tekanan tanah aktif vertikal akan memberikan perlawanan guling. Besarnya gaya guling dan gaya tahan dapat dihitung dengan persamaan (3.8) dan (3.9).

Momen guling :

$$M_a = M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} \dots\dots\dots (3.8)$$

Momen tahan :

$$M_r = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + P_{av} \dots\dots\dots (3.9)$$

Faktor keamanan terhadap guling :

$$S.F = \frac{M_r(\text{momen tahan guling})}{M_a(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan} \dots\dots\dots (3.10)$$

3. Stabilitas terhadap geser

Tekanan tanah aktif horizontal akan menyebabkan dinding penahan tergeser ke kiri. Perlawanan geser berasal dari berat sendiri dinding penahan, berat tanah di atas tumit dan tekanan pasif akan memberikan hambatan akan gerakan horizontal tersebut. Besarnya gaya perlawanan geser dapat dihitung dengan persamaan (3.13).

Gaya perlawanan geser :

$$F_r = \frac{2}{3} \cdot C_u \cdot B_1 \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan C_u adalah kohesi tanah di dasar talud dan B_1 adalah lebar talud bawah.

Faktor keamanan terhadap geser :

$$S.F = \frac{Fr \text{ (gaya perlawanan geser)}}{Pa_2 \text{ (gaya pengebab geser)}} \geq 1,5 \dots\dots\dots (3.14)$$

Nilai P_p dalam persamaan sering tidak diperhitungkan, karena kemungkinan kondisi tanah yang ada di depan tapak dinding tersebut tidak sama sebelum dan sesudah pembangunan dinding.

b) Analisis Kapasitas Dukung Pondasi

Pondasi kanopi terdiri dari pondasi pelat setempat yang dikombinasi oleh sumuran.

$$\text{Kapasitas Dukung Pondasi Pelat} = A_{\text{pelat}} \times \frac{qc}{40} \dots\dots\dots (3.15)$$

$$\text{Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran} = A_{\text{sumur}} \times \frac{qc}{25} + T_f \times \frac{0}{5} \dots\dots\dots (3.16)$$

Keterangan:

- A_{pelat} = Luas dasar pondasi
- qc = Perlawanan konus
- A_{sumur} = Luas dasar sumuran
- T_f = Geseran total

3.4 Kerangka Berfikir

Tahap 1. *Survey lapangan dan Penyelidikan tanah*

Survey lapangan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kerusakan yang telah terjadi pada bangunan tersebut. Penyelidikan tanah dilakukan untuk memperoleh data berupa data sondir dari lokasi penelitian yang dipergunakan sebagai sumber dalam analisa perhitungan stabilitas talud dan pondasi baik sebelum ataupun sesudah dilakukan perkuatan menggunakan metode grouting semen.

Tahap 2. *Analisis stabilitas talud*

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil survey dan data penyelidikan tanah dianalisa untuk memperoleh kesimpulan penyebab bergesernya talud dan upaya yang akan di lakukan. Solusi yang diberikan diupayakan tidak membongkar talud lama.

Tahap 3. *Analisis kapasitas dukung pondasi*

Analisa pondasi kanopi dilakukan pada pondasi AS A dengan tipe pondasi FP02. Pada tahap ini analisa pondasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan kapasitas dukung pondasi sebelum penggrouting dan setelah penggrouting.

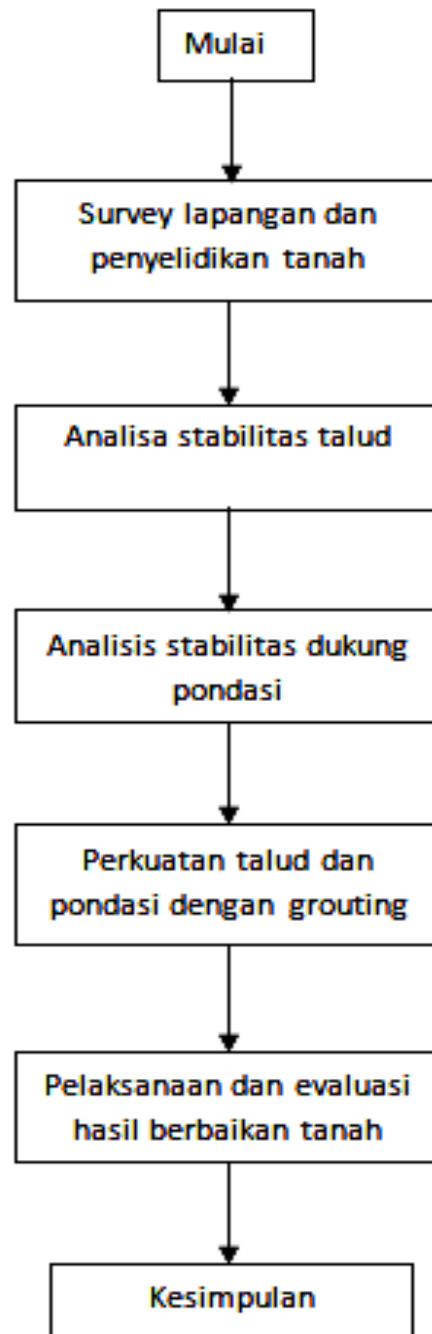
Tahap 4. *Perkuatan talud dan pondasi dengan grouting*

Grouting semen merupakan salah satu metode perbaikan tanah dengan cara menyuntikkan pasta semen ke dalam tanah dengan tekanan tertentu melewati lubang bor. Pasta semen tersebut akan mengisi pori-pori tanah

ataupun rekahan-rekahan pada tanah atau batuan (*permeation grouting*) sehingga akan meningkatkan kekuatan geser tanah.

Tahap 5. *Pelaksanaan dan evaluasi hasil perbaikan tanah*

Pekerjaan grouting semen dilakukan sub kon pekerjaan grouting PT. Selimut Bumi Adhi Cipta Semarang sesuai titik rencana dan kedalaman grouting semen hasil diskusi antara konsultan perencana dan sub kon pekerjaan grouting. Pekerjaan grouting dilakukan selama bulan Februari 2013, dan pengujian sondir dilakukan tanggal 9 Maret 2013 saat umur pasta semen pada titik grouting terakhir mencapai 15 hari. Hasil pengujian sondir kemudian dikorelasikan untuk kemudian dapat dipergunakan sebagai dasar perhitungan analisa stabilitas talud dan pondasi.



Gambar 3. 2. Skema Alur Penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Lokasi Penelitian

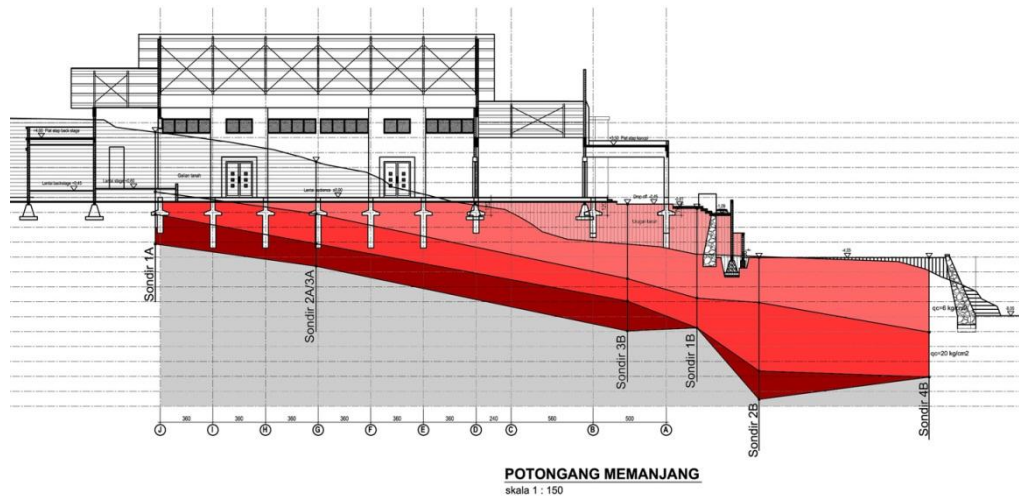
Lokasi penelitian berada di gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga. Rumah sakit ini berada di Jl. Hasanuddin No.806, Salatiga. Peta lokasi Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1. Peta lokasi Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga
(Sumber : Google Map)

4.1.2 Data Tanah Dasar

Tanah yang di atasnya dibangun gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga merupakan tanah dengan nilai perlawanan konus (qc) yang rendah seperti pada Gambar 4.2. Hasil data sondir yang dilakukan menunjukkan bahwa tanah asli mempunyai nilai qc sebesar $5-6 \text{ kg/cm}^2$.



Keterangan :

- Nilai qc sondir = 5-6 kg/cm² (Tanah urugan)
- Nilai qc sondir = 5-6 kg/cm² (Tanah asli)
- Nilai qc sondir = 10-20 kg/cm²
- Nilai qc sondir = 50-70 kg/cm²
- Nilai qc sondir > 250 kg/cm²

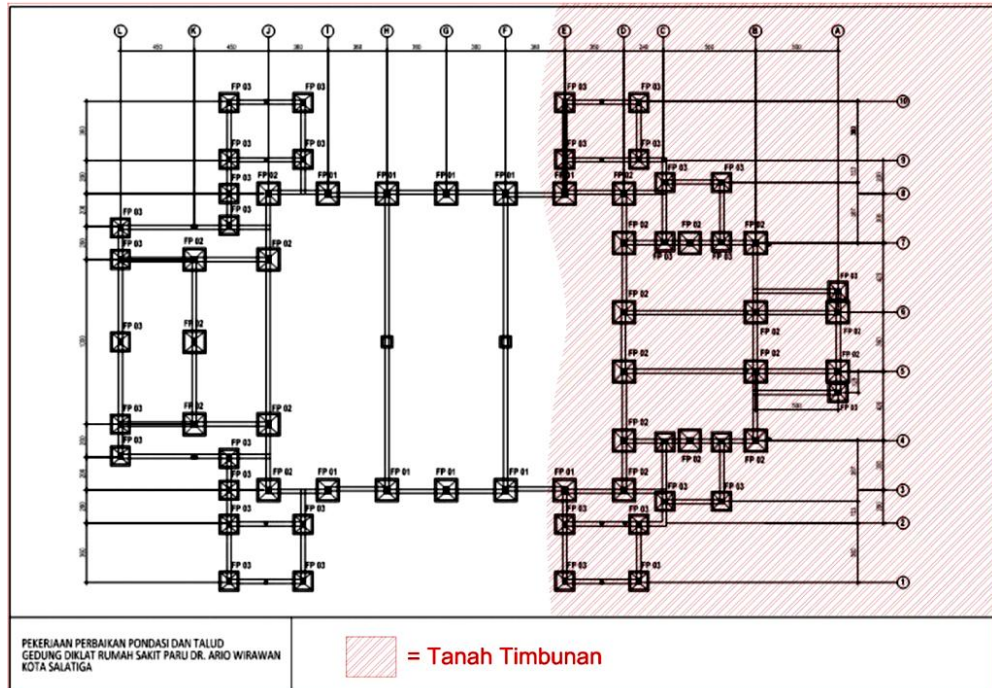
Gambar 4. 2. Nilai qc tanah gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga

Pada gambar 4.2 dapat dilihat data tanah yang berupa data sondir. Rendahnya nilai qc tidak hanya terdapat pada tanah asli akan tetapi juga terdapat pada tanah urugannya. Tidak berbeda dengan tanah asli, nilai qc pada tanah urugan juga menunjukkan angka sebesar 5-6 kg/cm².

4.1.3 Data Tanah Timbunan

Tanah yang di atasnya didirikan gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga mempunyai kontur tanah yang tidak rata. Sehingga pada pembangunannya penimbunan tanah dilakukan agar tanah menjadi rata. Untuk meratakan tanah tersebut timbunan urugan tanah tingginya

adalah 4 meter. Gambar denah area yang diurug dapat dilihat pada Gambar 4.3. sedangkan data tanah urug yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 3. Denah area urugan

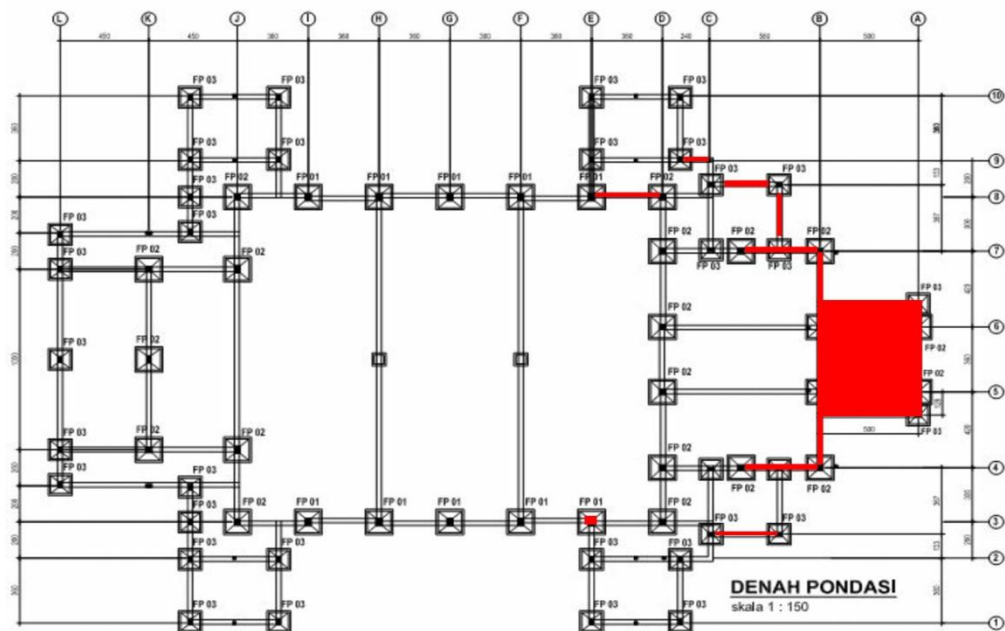
Tabel 4. 1. Data tanah timbunan

Parameter	Nilai
Berat volume urugan kering (γ_b)	17 kN/m ³
Berat volume uruganjenuh (γ_{sat})	19kN/m ³
Sudut geser dalam urugan (ϕ)	37 ^o
Kohesi tanah di dasar talud (C_u)	0 kN/m ²
Beban di atas tanah urugan (q)	0 kN/m ²

4.1.4 Kegagalan Pondasi dan Talud

Akibat nilai q_c pada tanah asli dan urugan yang rendah, setelah gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga dibangun terjadi kegagalan pondasi dan talud di beberapa area. Kegagalan tersebut bahkan

terjadi sebelum gedung selesai dibangun. Kegagalan pondasi dan talud yang ada setelah diselidiki ternyata berada pada tanah dengan nilai q_c yang rendah tersebut. Hal ini menunjukkan indikasi bahwa memang daya dukung tanah yang rendah sebesar $5-6 \text{ kg/cm}^2$ tidak mampu menahan bangunan di atasnya. Gambar denah area yang terjadi kerusakan akibat kegagalan pondasi dan talud dapat dilihat pada Gambar 4.4.

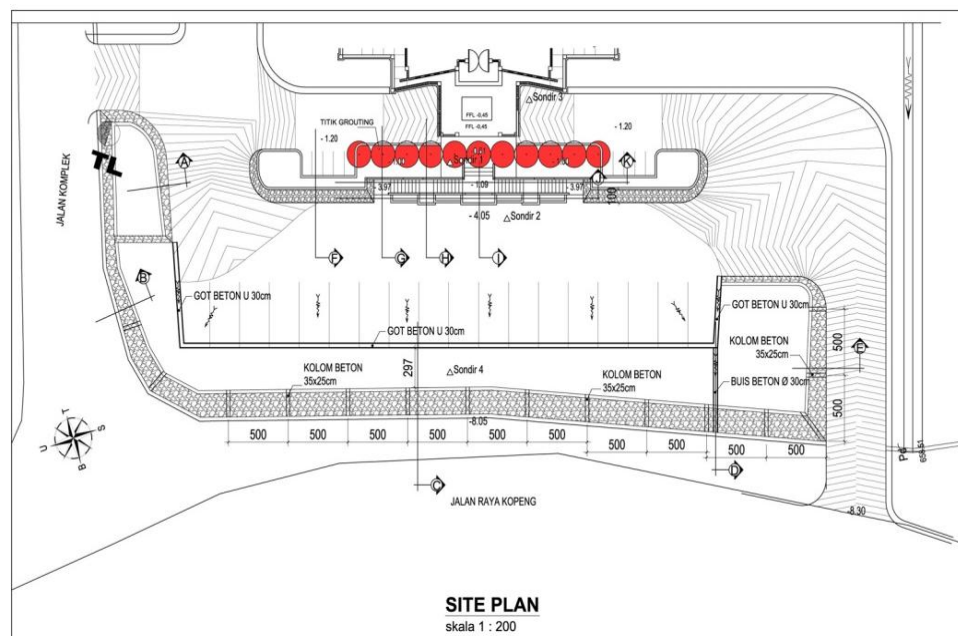


Gambar 4. 4. Denah area yang terjadi kerusakan fisik

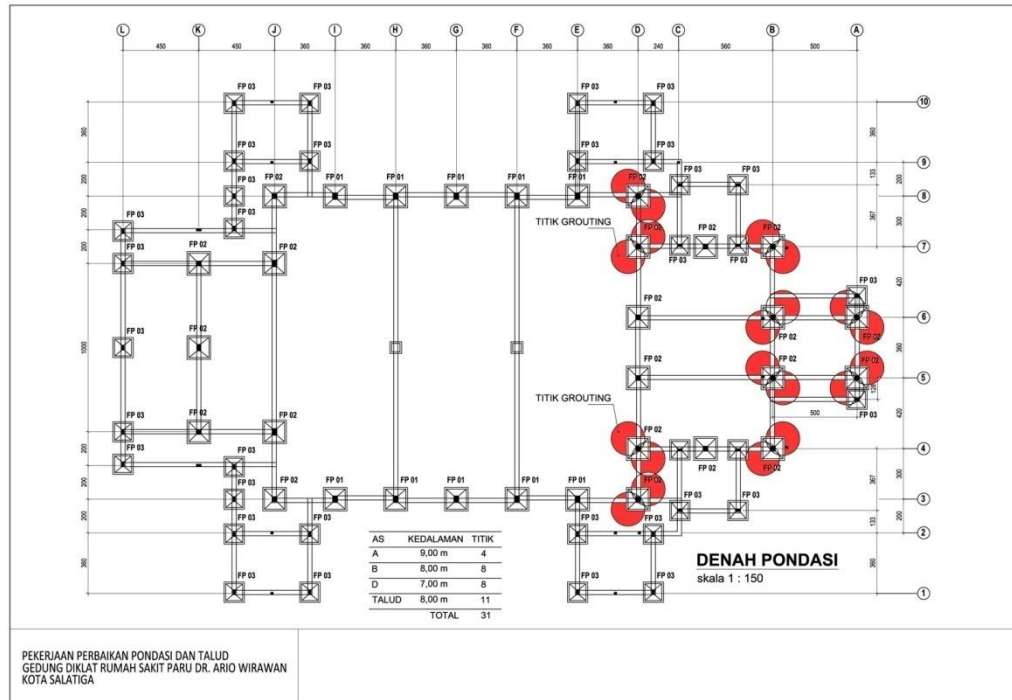
4.1.5 Grouting Semen

Kegagalan pondasi dan talud yang terjadi pada gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga disebabkan karena kurangnya daya dukung tanah. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai perlawanan konus yang kecil. Dengan demikian salah satu alternatif untuk menanggulangi kegagalan tersebut adalah dengan memperbaiki daya dukung tanahnya.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki daya dukung tanah adalah dengan melakukan grouting semen. Demikian yang dilakukan di gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga untuk memperbaiki kondisi daya dukung tanahnya. Grouting semen yang dilakukan di gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga dipusatkan pada tanah timbunan yang memiliki qc yang relatif rendah. Hal ini dimaksudkan agar dapat menaikkan nilai qc.



Gambar 4. 5. Titik grouting pada area dekat talud



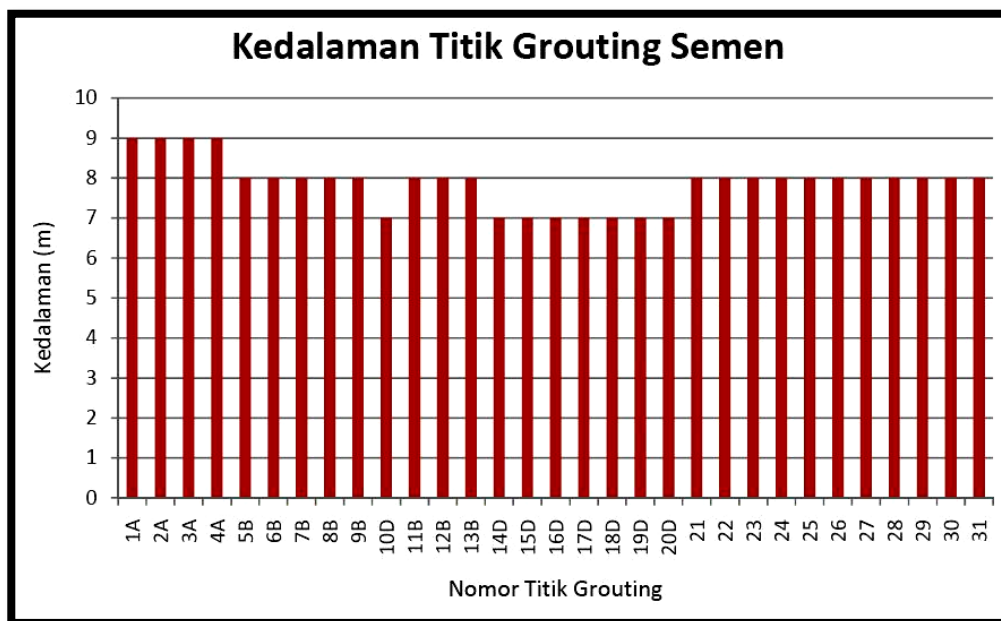
Gambar 4. 6. Titik grouting pada area bagian depan gedung

Tabel 4. 2. Jadwal Pengeboran Dan Pelaksanaan Grouting

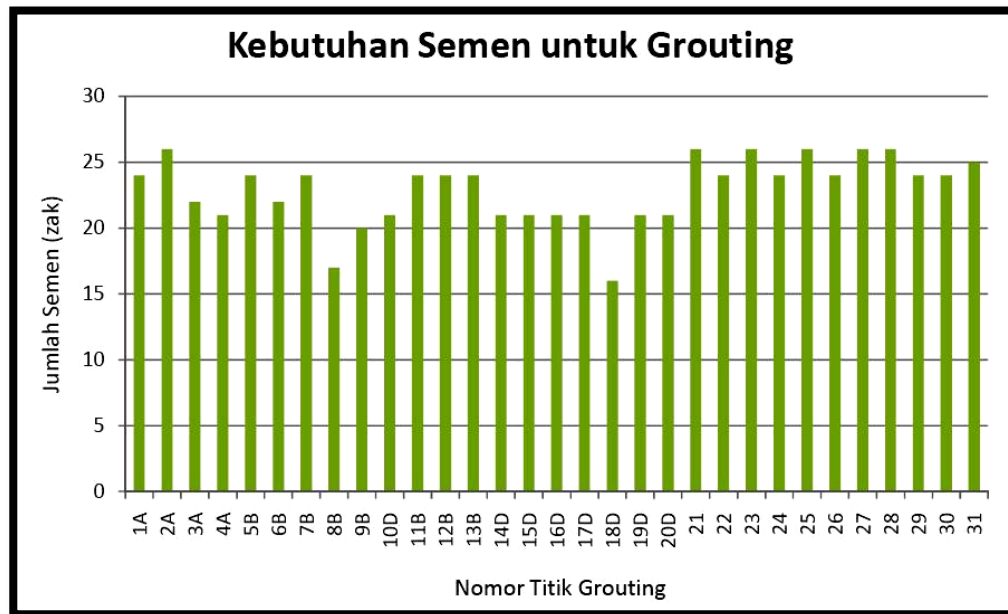
No. Lubang	Tanggal Bor	Tanggal Grouting	Kedalaman (m)	Semen (kg)	Semen Masuk (zak)	Volume (Liter)
LB. 1 A	02/02/2013	03/02/2013	9	960	24	1265.76
LB. 2 A	02/02/2013	03/02/2013	9	1040	26	1371.24
LB. 3 A	03/02/2013	05/02/2013	9	880	22	1160.28
LB. 4 A	03/02/2013	05/02/2013	9	840	21	1107.54
LB. 5 B	04/02/2013	06/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 6 B	04/02/2013	06/02/2013	8	880	22	1160.28
LB. 7 B	05/02/2013	06/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 8 B	05/02/2013	07/02/2013	8	680	17	896.58
LB. 9 B	06/02/2013	07/02/2013	8	800	20	1054.8
LB. 10 D	06/02/2013	08/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 11 B	07/02/2013	08/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 12 B	08/02/2013	09/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 13 B	08/02/2013	09/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 14 D	09/02/2013	10/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 15 D	09/02/2013	10/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 16 D	10/02/2013	12/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 17 D	11/02/2013	12/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 18 D	11/02/2013	13/02/2013	7	840	16	843.84
LB. 19 D	11/02/2013	13/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 20 D	12/02/2013	13/02/2013	7	840	21	1107.54
LB. 21	14/02/2013	15/02/2013	8	1040	26	1371.24
LB. 22	14/02/2013	15/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 23	16/02/2013	17/02/2013	8	1040	26	1371.24

LB. 24	16/02/2013	17/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 25	19/02/2013	20/02/2013	8	1040	26	1371.24
LB. 26	19/02/2013	20/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 27	19/02/2013	22/02/2013	8	1040	26	1371.24
LB. 28	21/02/2013	23/02/2013	8	1040	26	1371.24
LB. 29	21/02/2013	22/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 30	21/02/2013	23/02/2013	8	960	24	1265.76
LB. 31	22/02/2013	23/02/2013	8	1000	25	1318.5
31			244	28400	710	37445.4

Kedalaman grouting, kebutuhan semen dan jadwal pelaksanaan pekerjaan telah sesuai dengan rencana pekerjaan perbaikan pondasi dan talud dengan metode grouting semen pada Gedung Diklat RS. Paru dr. Ario Wirawan Salatiga, dapat dilihat pada Gambar.



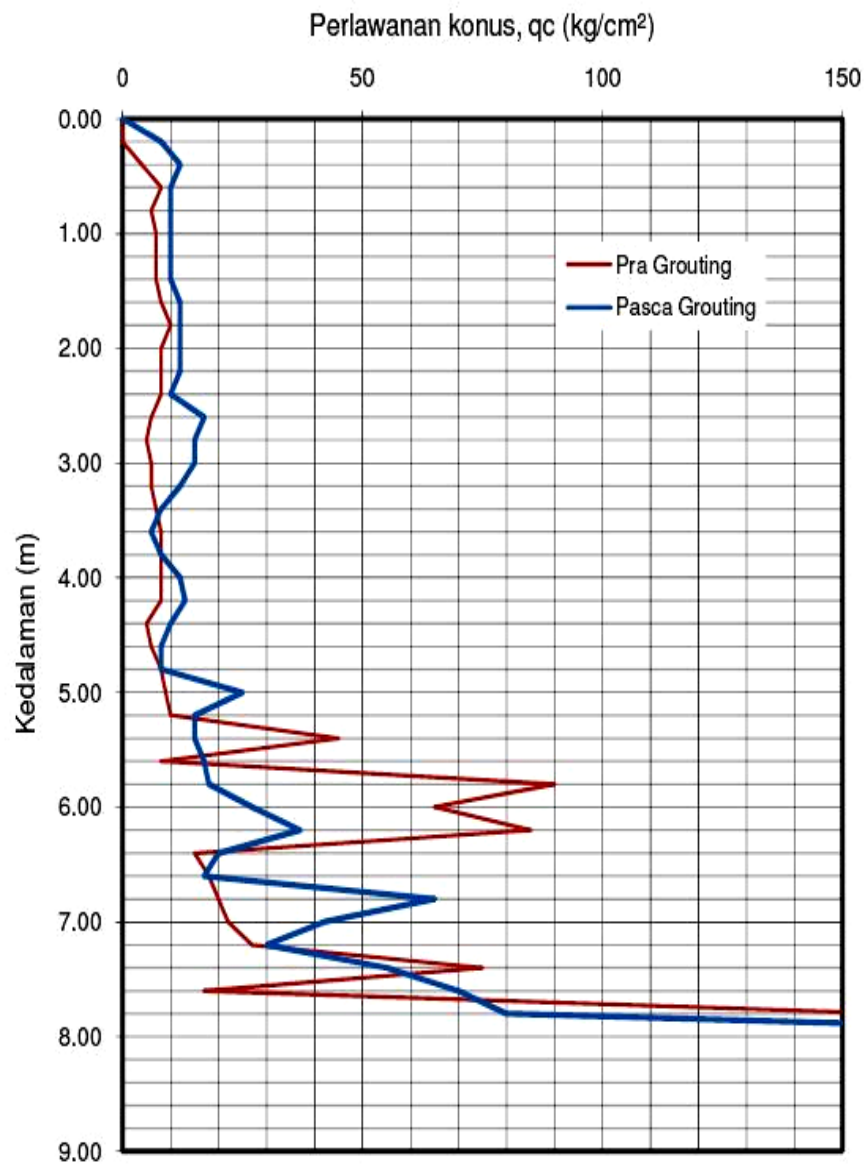
Gambar 4. 7. Kedalaman titik grouting semen.



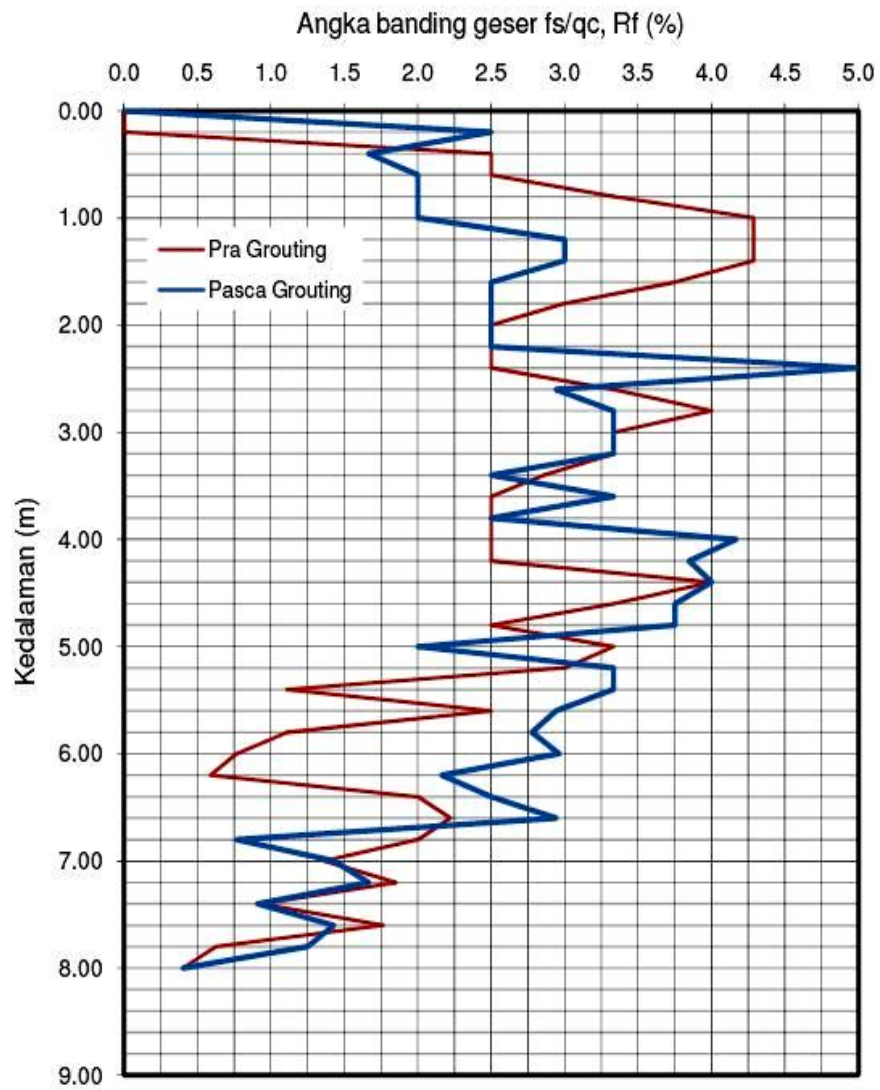
Gambar 4. 8. Kebutuhan semen untuk pekerjaan grouting

4.1.6 Hasil Sondir

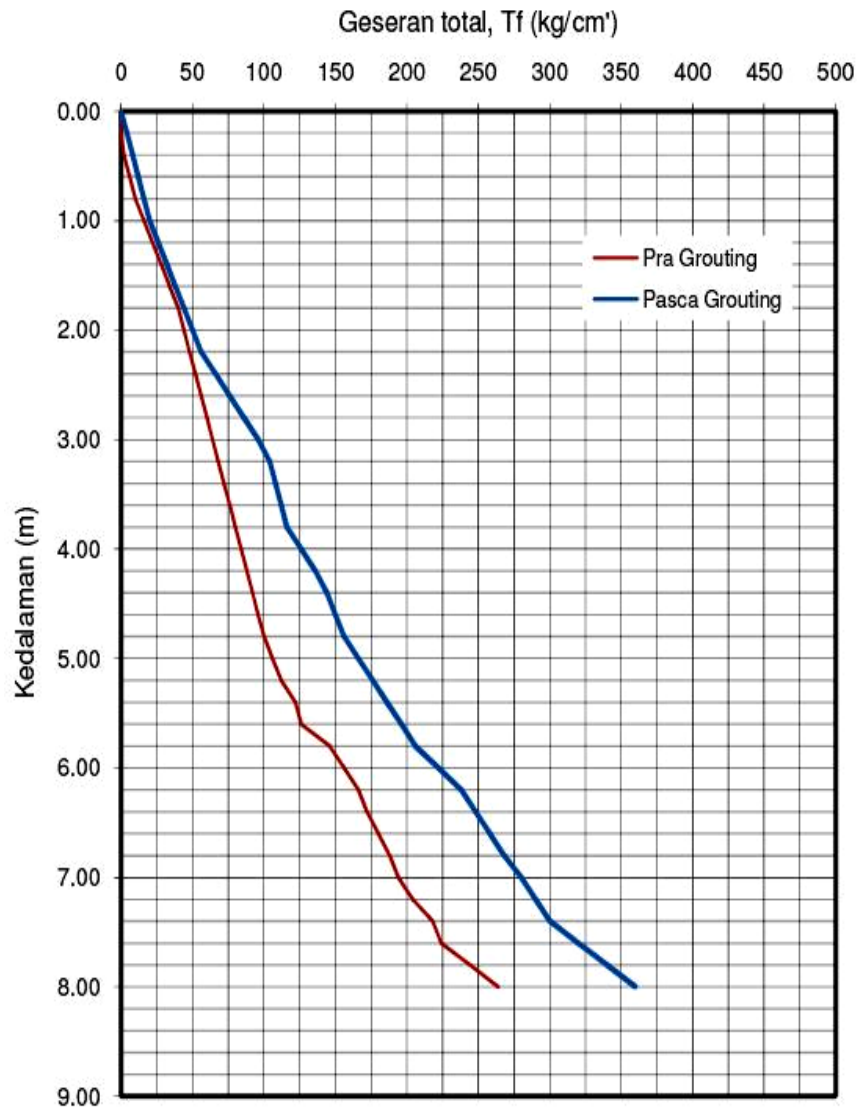
Uji sondir dilakukan untuk mengetahui nilai perlawanan konus (q_c), Angka banding geser (R_f), dan Geseran total (T_f) pra dan pasca penggrouting. Dari hasil sondir pra dan pasca penggrouting akan diketahui kenaikan daya dukung tanah pada gedung Diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga. Rekapitulasi hasil sondir pra dan pasca penggrouting dapat dilihat pada table.



Gambar 4. 9. Perbandingan nilai perlawanan konus (q_c) untuk titik S1 (Pra Grouting) dan S1G (Pasca Grouting)



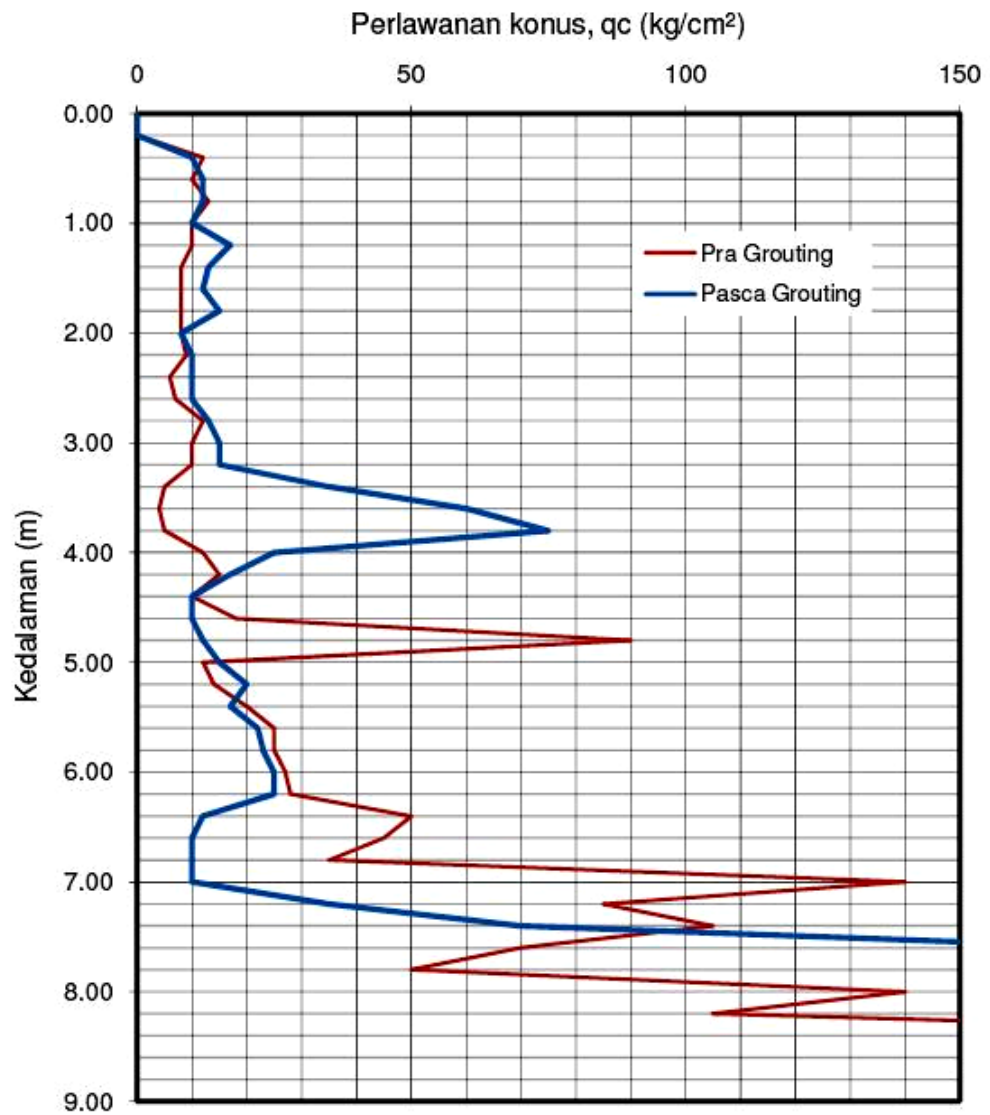
Gambar 4. 10. Perbandingan nilai angka banding geser (R_f) untuk titik S1 (Pra Grouting) dan SIG (Pasca Grouting)



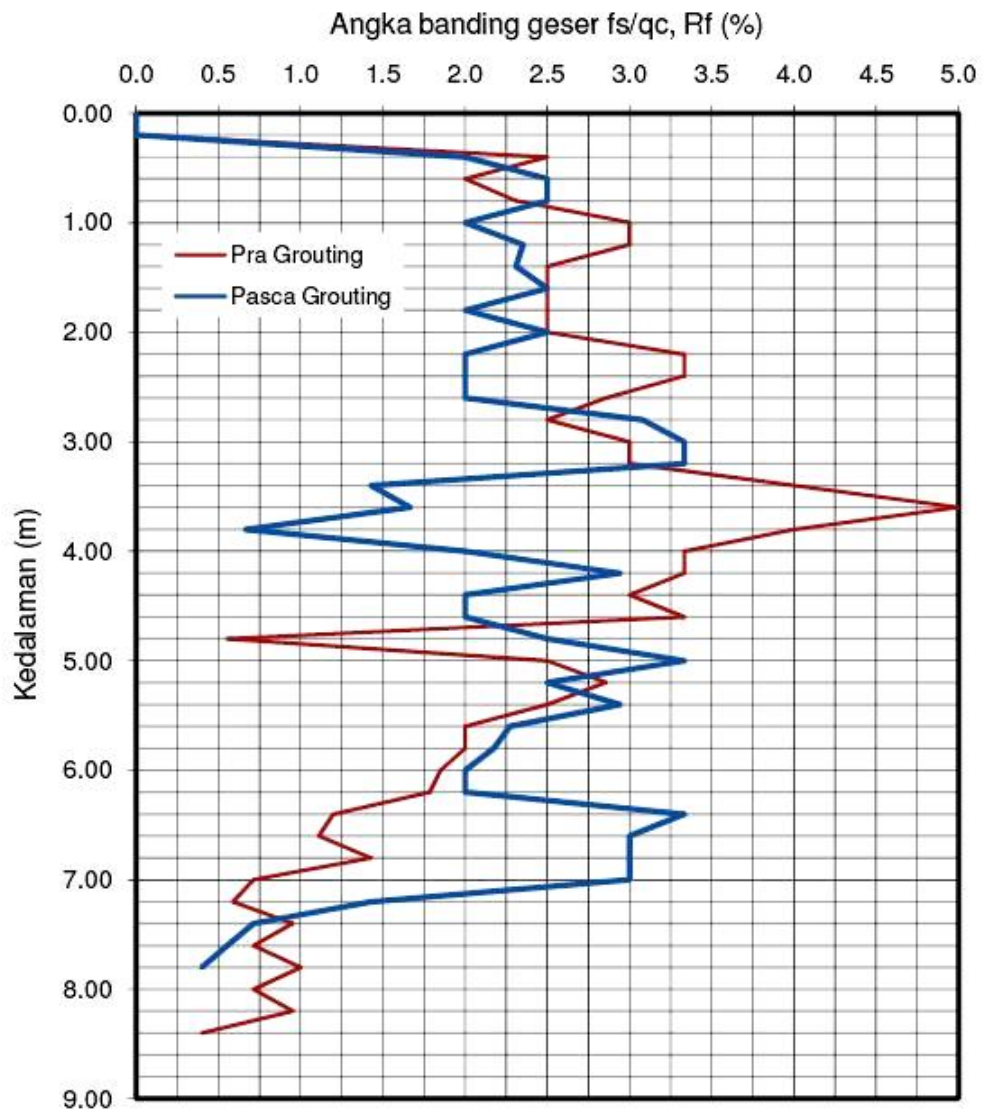
Gambar 4. 11. Perbandingan nilai geser total (Tf) untuk titik S1 (Pra Grouting) dan S1G (Pasca Grouting)

Tabel 4. 3. Perbandingan hasil sondir pada titik S1 dan S1G pada kedalaman 3,4m

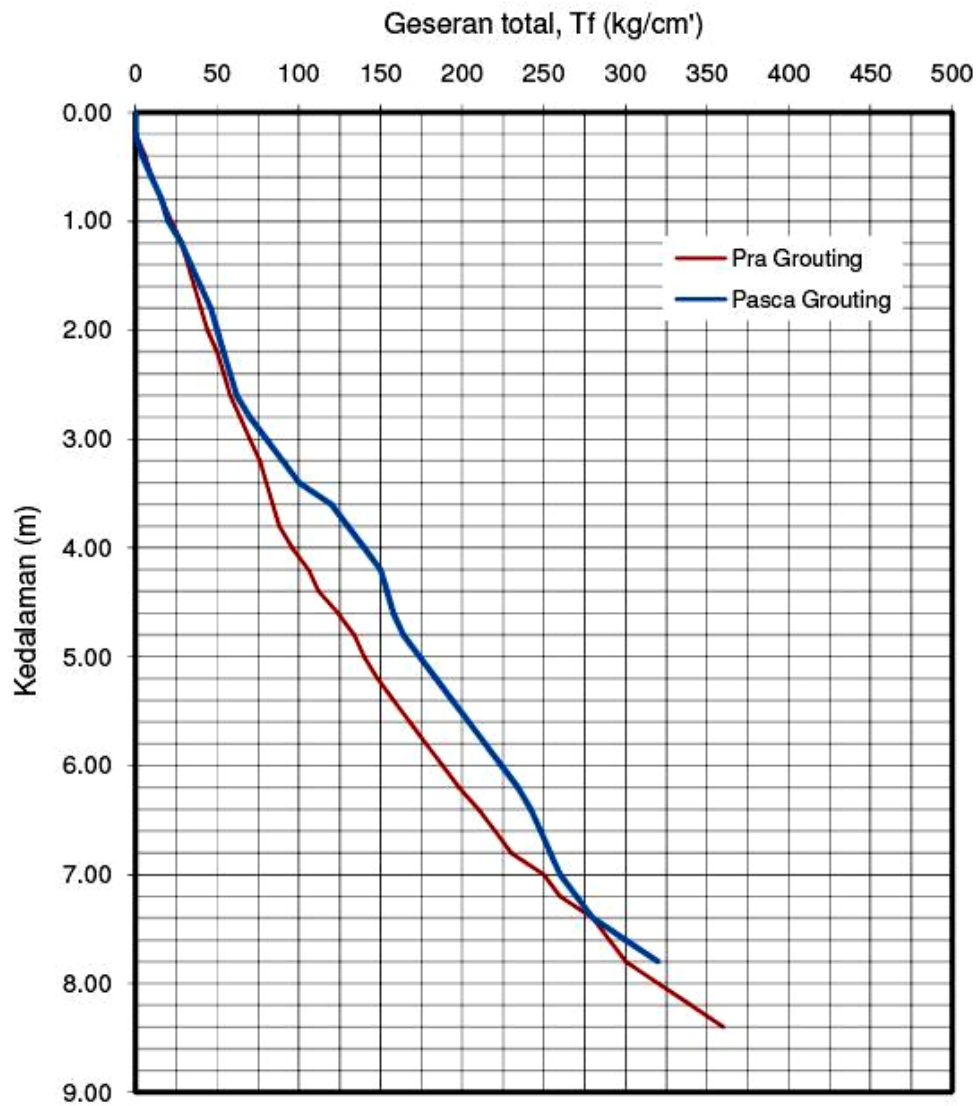
Keterangan	Pra Grouting	Pasca Grouting
Qc	6 kg/cm ²	10 kg/cm ²
Rf	2 %	2 %
Tf	2 kg/cm	2 kg/cm



Gambar 4. 12. Perbandingan nilai perlawanan konus (q_c) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting)



Gambar 4. 13. Perbandingan nilai angka banding geser (R_f) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting).



Gambar 4. 14. Perbandingan nilai geser total (Tf) untuk titik S3 (Pra Grouting) dan S4G (Pasca Grouting).

Tabel 4. 4. Perbandingan hasil sondir pada titik S3 dan S4G pada kedalaman 3,4m

Keterangan	Pra Grouting	Pasca Grouting
Qc	8 kg/cm ²	12 kg/cm ²
Rf	2 %	2 %
Tf	38 kg/cm	42 kg/cm

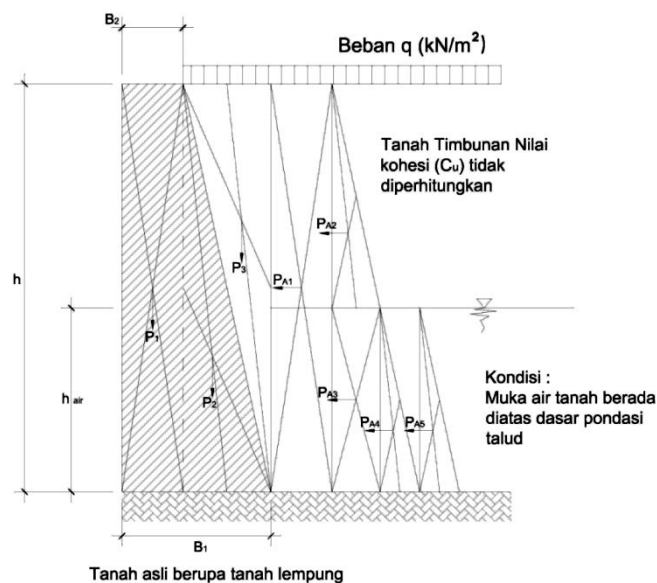
4.2 Analisis Data

4.2.1 Analisa Stabilitas Talud

Sampel tanah yang di ambil dari lokasi penelitian dan kemudian diuji di Laboraturium ternyata tidak dapat digunakan pada analisa stabilitas eksternal talud. Sehingga data yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah data korelasi yang diperoleh dari hasil pengujian sondir.

Dalam perhitungan analisa stabilitas eksternal talud dilakukan pada kondisi sebelum penggrouting (pra grouting) dan setelah penggrouting (pasca grouting), hal ini bertujuan agar dapat dilihat perubahan yang terjadi. Ditinjau berdasarkan pada stabilitas terhadap gaya eksternal antara lain, stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser, dan stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah.

A. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Sebelum Penggrouting Semen (Pra Grouting), pada tanah timbunan nilai kohesi (C_u) tidak diperhitungkan.



Data :

$$\begin{aligned}
 h &= 3,4 \text{ m} \\
 0,5 h &= 1,7 \text{ m} \\
 0,7 h &= 2,38 \text{ m} \\
 B_1 &= 0,9 \text{ m} \\
 B_2 &= 0,3 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{pas}} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma_b &= 17 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma_{\text{sat}} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\
 \emptyset &= 37^\circ \\
 q &= 4 \text{ kN/m}^2 \\
 C_u &= 39,22 \text{ kN/m}^2 \\
 h_{\text{air}} &= 1 \text{ m} \\
 qc_{\text{rata2}} &= 6 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_u &= 0,4 \text{ kg/cm}^2 = 39,22 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pembahasan:

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_1 &= h \cdot K_a \cdot q \\
 &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\
 &= 3,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a2} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 1)^2 \\
 &= 12,17 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a3} &= K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{air}) \cdot h_{air} \\
 &= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 1) \times 1 \\
 &= 10,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a4} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{sat} - 9,81) \cdot h_{air}^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 1^2 \\
 &= 1,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a5} &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{air}^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 1^2 \\
 &= 4,91 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a(\text{total})} &= P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} \\
 &= 3,38 + 12,17 + 10,14 + 1,14 + 4,91 \\
 &= 31,74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \frac{h}{2} \\
 &= \frac{3,4}{2} \\
 &= 1,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$h_2 = h_{air} + \frac{(h - h_{air})}{3}$$

$$= 1 + \frac{(3,4 - 1)}{3}$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$h_3 = \frac{h_{air}}{2}$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{1}{3}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

$$h_5 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{1}{3}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$M_{a1} = P_{a1} \cdot h_1$$

$$= 3,38 \times 1,7$$

$$= 5,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{a2} = P_{a2} \cdot h_2$$

$$= 12,17 \times 1,8$$

$$= 21,91 \text{ kN.m}$$

$$M_{a3} = P_{a3} \cdot h_3$$

$$= 10,14 \times 0,5$$

$$= 5,07 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} M_{a4} &= P_{a4} \cdot h_4 \\ &= 1,14 \times 0,33 \\ &= 0,38 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{a5} &= P_{a5} \times h_5 \\ &= 4,91 \times 0,33 \\ &= 1,64 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{a(\text{total})} &= M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} \\ &= 5,75 + 21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64 \\ &= 34,74 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

4) *Berat talud dan momen penahan*

$$\begin{aligned} \text{Lebar } \Delta \text{ talud} &= B_1 - B_2 \\ &= 0,90 - 0,30 \\ &= 0,60 \text{ m} \end{aligned}$$

Bidang 1

$$\begin{aligned} \text{Berat talud } P_1 &= h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2 \\ &= 3,4 \times 22 \times 0,3 \\ &= 22,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bidang 2

$$\begin{aligned} \text{Berat talud } P_2 &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h \\ &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4 \\ &= 22,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bidang 3

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud P3} &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4 \\
 &= 17,34 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud total} &= P1 + P2 + P3 \\
 &= 22,44 + 22,44 + 17,34 \\
 &= 62,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)*

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{1}{2} \cdot B2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_2 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3} \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_3 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3} \\
 &= 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$\begin{aligned}
 M_{p1} &= P_1 \cdot b_1 \\
 &= 22,44 \times 0,15 \\
 &= 3,37 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$M_{p2} = P_2 \cdot b_2$$

$$= 22,44 \times 0,35$$

$$= 7,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{p3} = P_3 \cdot b_3$$

$$= 17,34 \times 0,55$$

$$= 9,54 \text{ kN.m}$$

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} + M_{p3}$$

$$= 3,37 + 7,85 + 9,54$$

$$= 20,76 \text{ kN.m}$$

7) Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$S.F = \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{Ma_2(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{21,91+5,07+0,38+1,64} < 1,5$$

$$= 0,72 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$S.F = \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{Ma(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{34,74} < 1,5$$

$$= 0,60 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

8) Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$S.F = \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa_2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 39,22 \cdot 0,90\right)}{12,17 + 10,14 + 1,14 + 4,91} < 1,5$$

$$= 0,83 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)}$$

$$\text{S.F} = \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot Cu \cdot B1\right)}{Pa}$$

$$= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 39,22 \cdot 0,90\right)}{31,74} < 1,5$$

$$= 0,74 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$q_{all} = \frac{9 \cdot Cu}{3}$$

$$= \frac{9 \cdot 39,22}{3}$$

$$= 117,66 \text{ kN/m}^2$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} = \frac{B1}{2}$$

$$= \frac{0,9}{2}$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

= Titik berat dasar pondasi O dari titik A –

$$\left(\frac{M_p - (M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P}\right)$$

$$= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64)}{62,22}\right)$$

$$= 0,58 \text{ m}$$

$$\text{Kern} = \frac{1}{6} \cdot B_1$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0,9$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,58 \\ &= 36,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{36,24 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 337,5484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{36,24 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -199,2817 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned} &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\ &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64)}{62,22} \right) \\ &= 0,67 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,67 \\ &= 41,98 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1.B1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1.0,9} + \left(\frac{41,98 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 380,1206 \text{ kN/m}^2 > q_{all} \text{ (Tidak Aman)}$$

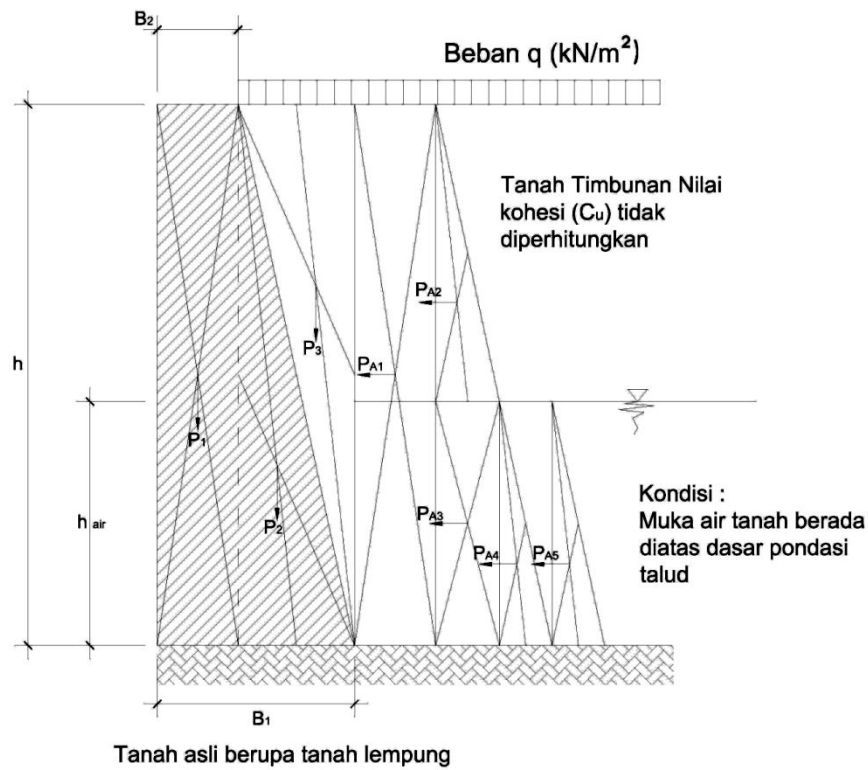
Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1.B1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1.0,9} - \left(\frac{41,98 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -241,8539 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

B. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Sesudah Penggrouting Semen (Pasca Grouting), pada tanah timbunan nilai kohesi (C) tidak diperhitungkan.



Data :	h	=	3,4	m
	$0,5 h$	=	1,7	m
	$0,7 h$	=	2,38	m
	B_1	=	0,9	m
	B_2	=	0,3	m
	γ_{pas}	=	22	kN/m^3
	γ_b	=	17	kN/m^3
	γ_{sat}	=	19	kN/m^3
	ϕ	=	37°	

$$\begin{aligned}
 q &= 4 \text{ kN/m}^2 \\
 C_u &= 65,00 \text{ kN/m}^2 \\
 h_{\text{air}} &= 0,5 \text{ m} \\
 qc_{\text{rata2}} &= 10 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_u &= 0,667 \text{ kg/cm}^2 = 65,37 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pembahasan :

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a1} &= h \cdot K_a \cdot q \\
 &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\
 &= 3,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a2} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5)^2 \\
 &= 17,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a3} &= K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{\text{air}}) \cdot h_{\text{air}} \\
 &= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5) \times 0,5 \\
 &= 6,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a4} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{\text{sat}} - 9,81) \cdot h_{\text{air}}^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 0,5^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,29 \text{ kN}$$

$$P_{a5} = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{\text{air}}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 0,5^2$$

$$= 1,23 \text{ kN}$$

$$P_{a(\text{total})} = P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5}$$

$$= 3,38 + 17,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23$$

$$= 28,79 \text{ kN}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$h_1 = \frac{h}{2}$$

$$= \frac{3,4}{2}$$

$$= 1,7 \text{ m}$$

$$h_2 = h_{\text{air}} + \frac{(h - h_{\text{air}})}{3}$$

$$= 1 + \frac{(3,4 - 0,5)}{3}$$

$$= 1,47 \text{ m}$$

$$h_3 = \frac{h_{\text{air}}}{2}$$

$$= \frac{0,5}{2}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{h_{\text{air}}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

$$h_5 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$M_{a1} = P_{a1} \cdot h_1$$

$$= 3,38 \times 1,7$$

$$= 5,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{a2} = P_{a2} \cdot h_2$$

$$= 17,17 \times 1,47$$

$$= 26,06 \text{ kN.m}$$

$$M_{a3} = P_{a3} \cdot h_3$$

$$= 6,13 \times 0,25$$

$$= 1,53 \text{ kN.m}$$

$$M_{a4} = P_{a4} \cdot h_4$$

$$= 0,29 \times 0,17$$

$$= 0,05 \text{ kN.m}$$

$$M_{a5} = P_{a5} \times h_5$$

$$= 1,23 \times 0,17$$

$$= 0,20 \text{ kN.m}$$

$$M_{a(\text{total})} = M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5}$$

$$= 5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,20$$

$$= 33,59 \text{ kN.m}$$

4) *Berat Talud Dan Momen Penahan*

$$\begin{aligned} \text{Lebar } \Delta \text{ talud} &= B_1 - B_2 \\ &= 0,90 - 0,30 \\ &= 0,60 \text{ m} \end{aligned}$$

Bidang 1

$$\begin{aligned} \text{Berat talud } P_1 &= h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2 \\ &= 3,4 \times 22 \times 0,3 \\ &= 22,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bidang 2

$$\begin{aligned} \text{Berat talud } P_2 &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h \\ &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4 \\ &= 22,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bidang 3

$$\begin{aligned} \text{Berat talud } P_3 &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h \\ &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4 \\ &= 17,34 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat talud total} &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 22,44 + 22,44 + 17,34 \\ &= 62,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

5) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)*

$$b_1 = \frac{1}{2} \cdot B_2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$b_2 = \frac{1}{2} \cdot B_2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

$$b_3 = \frac{1}{2} \cdot B_2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3}$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$M_{p1} = P_1 \cdot b_1$$

$$= 22,44 \times 0,15$$

$$= 3,37 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = P_2 \cdot b_2$$

$$= 22,44 \times 0,35$$

$$= 7,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{p3} = P_3 \cdot b_3$$

$$= 17,34 \times 0,55$$

$$= 9,54 \text{ kN.m}$$

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} + M_{p3}$$

$$= 3,37 + 7,85 + 9,54$$

$$= 20,76 \text{ kN.m}$$

7) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{Mp(\text{momen tahan guling})}{Ma2(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{26,06+1,53+0,05+0,20} < 1,5 \\ &= 0,75 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{Mp(\text{momen tahan guling})}{Ma(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{33,59} < 1,5 \\ &= 0,62 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

8) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot Cu \cdot B1\right)}{Pa2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{1,47 + 0,25 + 0,17 + 0,17} < 1,5 \\ &= 1,53 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot Cu \cdot B1\right)}{Pa} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{28,79} < 1,5 \\ &= 1,35 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$\begin{aligned}
 q_{all} &= \frac{9 \cdot c_u}{3} \\
 &= \frac{9 \cdot 65,00}{3} \\
 &= 195 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\
 &= \frac{0,9}{2} \\
 &= 0,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\
 &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P} \right) \\
 &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2)}{62,22} \right) \\
 &= 0,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\
 &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\
 &= 62,22 \cdot 0,56 \\
 &= 35,09 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3
 \end{aligned}$$

$$= 0,06 \text{ m}^4$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right) \\ &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\ &= 329,0484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right) \\ &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\ &= -190,782 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned} &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} \\ &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2)}{62,22} \right) \\ &= 0,66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kern} = \frac{1}{6} \cdot B_1$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0,9$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,66 \\ &= 40,84 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{40,84 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 371,6206 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}$$

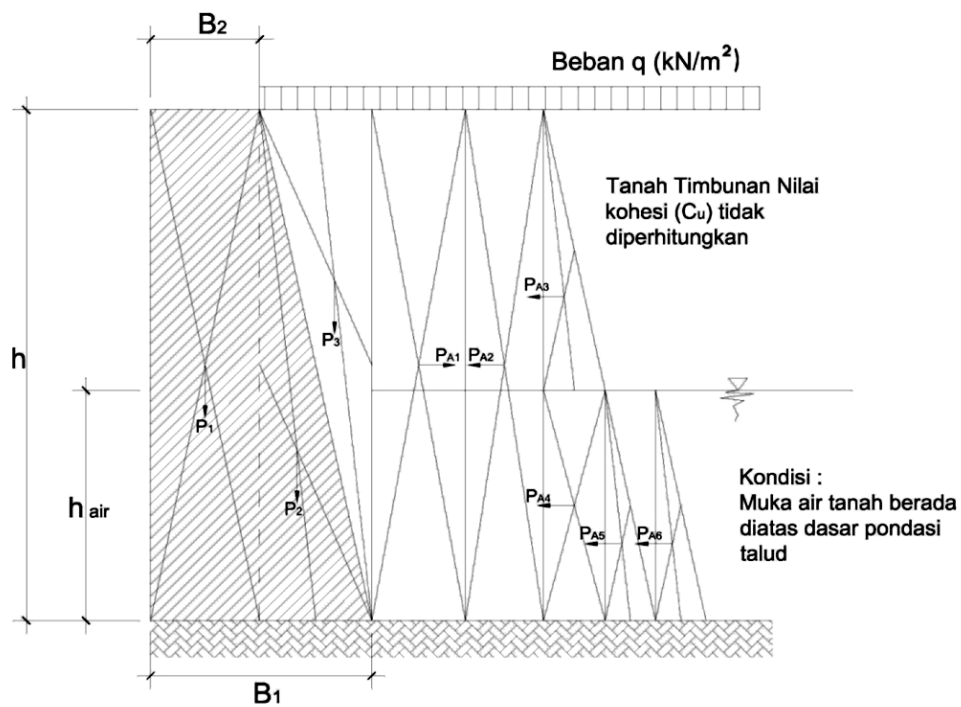
Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{40,84 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -233,3539 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

C. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Sebelum Penggrouting Semen (Pra Grouting), dengan memperhitungkan nilai Kohesi Tanah Timbunan (C_{urugan}) pada proses perhitungan.



Data :	h	=	3,4	m
	$0,5 h$	=	1,7	m
	$0,7 h$	=	2,38	m
	B_1	=	0,9	m
	B_2	=	0,3	m
	γ_{pas}	=	22	kN/m^3
	γ_b	=	17	kN/m^3
	γ_{sat}	=	19	kN/m^3
	ϕ	=	37°	

$$\begin{aligned}
 q &= 4 \quad \text{kN/m}^2 \\
 C_u &= 39,22 \quad \text{kN/m}^2 \\
 C_{\text{urugan}} &= 0 \quad \text{kN/m}^2 \\
 h_{\text{air}} &= 1 \quad \text{m} \\
 q_c \text{ rata2} &= 6 \quad \text{kg/cm}^2 \\
 S_u &= 0,4 \quad \text{kg/cm}^2 = 39,22 \quad \text{kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pembahasan :

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a1} &= 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} \\
 &= 2 \times 0 \cdot \sqrt{0,25} \\
 &= 0 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a2} &= h \cdot K_a \cdot q \\
 &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\
 &= 3,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 1)^2 \\
 &= 12,17 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a4} &= K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{\text{air}}) \cdot h_{\text{air}} \\
 &= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 1) \times 1
 \end{aligned}$$

$$= 10,14 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{a5} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{\text{sat}} - 9,81) \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 1^2 \\ &= 1,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a6} &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 1^2 \\ &= 4,91 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a(\text{total})} &= P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} + P_{a6} - P_{a1} \\ &= 3,38 + 12,17 + 10,14 + 1,14 + 4,91 - 0 \\ &= 31,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= h_{\text{air}} + \frac{(h - h_{\text{air}})}{3} \\ &= 1 + \frac{(3,4 - 1)}{3} \\ &= 1,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_4 &= \frac{h_{\text{air}}}{2} \\
 &= \frac{1}{2} \\
 &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_5 &= \frac{h_{\text{air}}}{3} \\
 &= \frac{1}{3} \\
 &= 0,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_6 &= \frac{h_{\text{air}}}{3} \\
 &= \frac{1}{3} \\
 &= 0,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$\begin{aligned}
 M_{a1} &= P_{a1} \cdot h_1 \\
 &= 0 \times 1,7 \\
 &= 0 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a2} &= P_{a2} \cdot h_2 \\
 &= 3,38 \times 1,7 \\
 &= 5,75 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a3} &= P_{a3} \cdot h_3 \\
 &= 12,17 \times 1,80 \\
 &= 21,91 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$M_{a4} = P_{a4} \cdot h_4$$

$$= 10,14 \times 0,50$$

$$= 5,07 \text{ kN.m}$$

$$M_{a5} = Pa_5 \times h_5$$

$$= 1,14 \times 0,33$$

$$= 0,38 \text{ kN.m}$$

$$M_{a6} = Pa_6 \times h_6$$

$$= 4,91 \times 0,33$$

$$= 1,64$$

$$M_{a(\text{total})} = M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1}$$

$$= 5,75 + 21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64 - 0$$

$$= 34,74 \text{ kN.m}$$

4) Berat Talud Dan Momen Penahan

$$\text{Lebar } \Delta \text{ talud} = B_1 - B_2$$

$$= 0,90 - 0,30$$

$$= 0,60 \text{ m}$$

Bidang 1

$$\text{Berat talud } P_1 = h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2$$

$$= 3,4 \times 22 \times 0,3$$

$$= 22,44 \text{ kN}$$

Bidang 2

$$\text{Berat talud } P_2 = \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4$$

$$= 22,44 \text{ kN}$$

Bidang 3

$$\text{Berat talud P3} = \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4$$

$$= 17,34 \text{ kN}$$

$$\text{Berat talud total} = P1 + P2 + P3$$

$$= 22,44 + 22,44 + 17,34$$

$$= 62,22 \text{ kN}$$

5) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)*

$$b_1 = \frac{1}{2} \cdot B2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$b_2 = \frac{1}{2} \cdot B2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

$$b_3 = \frac{1}{2} \cdot B2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3}$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$M_{p1} = P_1 \cdot b_1$$

$$= 22,44 \times 0,15$$

$$= 3,37 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = P_2 \cdot b_2$$

$$= 22,44 \times 0,35$$

$$= 7,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{p3} = P_3 \cdot b_3$$

$$= 17,34 \times 0,55$$

$$= 9,54 \text{ kN.m}$$

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} + M_{p3}$$

$$= 3,37 + 7,85 + 9,54$$

$$= 20,76 \text{ kN.m}$$

7) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$S.F = \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{M_a(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{21,91+5,07+0,38+1,64} < 1,5$$

$$= 0,72 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$S.F = \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{M_a(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{34,74} < 1,5$$

$$= 0,60 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

8) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 39,22 \cdot 0,90\right)}{12,17 + 10,14 + 1,14 + 4,91} < 1,5 \\ &= 0,83 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 39,22 \cdot 0,90\right)}{31,74} < 1,5 \\ &= 0,74 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$\begin{aligned} Q_{\text{all}} &= \frac{9 \cdot c_u}{3} \\ &= \frac{9 \cdot 39,22}{3} \\ &= 117,66 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \left(\frac{M_p - (Ma_2 + Ma_3 + Ma_4 + Ma_5)}{P} \right)$$

$$= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64)}{62,22} \right)$$

$$= 0,58 \text{ m}$$

$$\text{Kern} = \frac{1}{6} \cdot B_1$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0,9$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Momen terhadap titik O} = P \cdot e_x$$

$$= 62,22 \cdot 0,58$$

$$= 36,24$$

$$\text{Momen inersial dasar pondasi} = \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3$$

$$= 0,06 \text{ m}^4$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{36,24 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 337,5484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{36,24 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -199,2817 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned} &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\ &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a1} + M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 21,91 + 5,07 + 0,38 + 1,64)}{62,22} \right) \\ &= 0,67 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,67 \\ &= 41,98 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{41,98 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 380,1206 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}$$

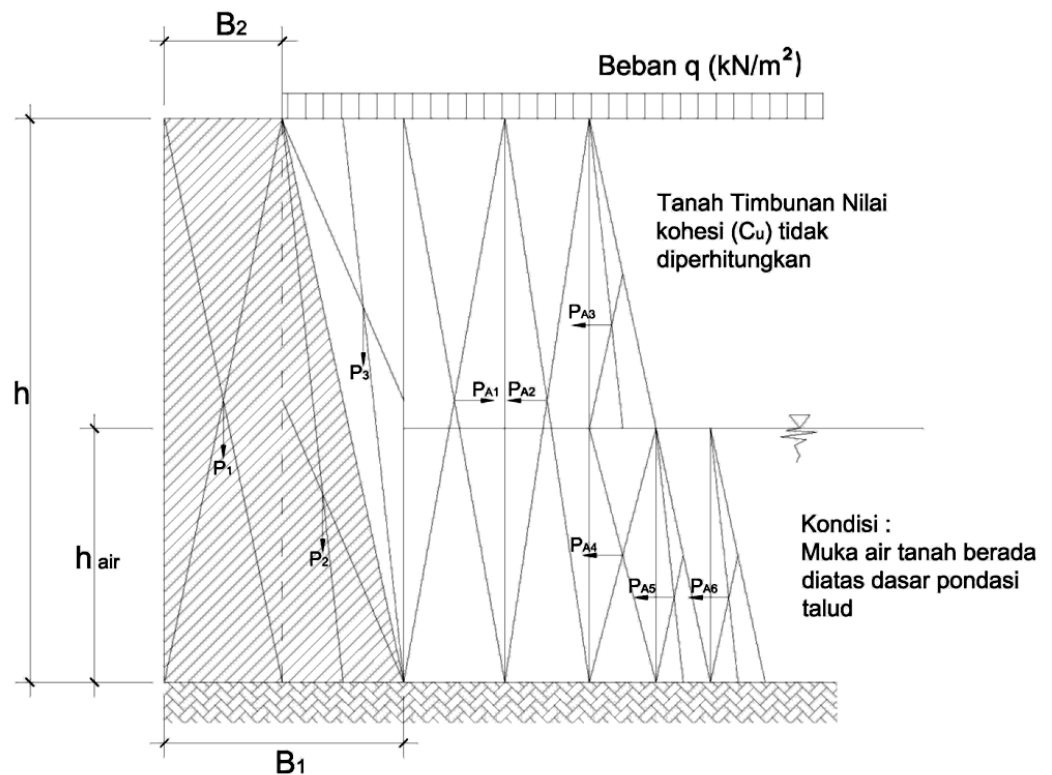
Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{41,98 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -241,8539 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

D. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Setelah Penggrouting Semen (Pasca Grouting), dengan memperhitungkan nilai Kohesi Tanah Timbunan (Curugan) pada proses perhitungan.



Data :	h	=	3,4	m
	$0,5 h$	=	1,7	m
	$0,7 h$	=	2,38	m
	B_1	=	0,9	m
	B_2	=	0,3	m
	γ_{pas}	=	22	kN/m^3
	γ_b	=	17	kN/m^3
	γ_{sat}	=	19	kN/m^3

$$\begin{aligned} \emptyset &= 37^\circ \\ q &= 4 \text{ kN/m}^2 \\ C_u &= 65,00 \text{ kN/m}^2 \\ C &= 1 \text{ kN/m}^2 \\ h_{\text{air}} &= 0,5 \text{ m} \\ q_{\text{rata2}} &= 10 \text{ kg/cm}^2 \\ S_u &= 0,667 \text{ kg/cm}^2 = 65,37 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Pembahasan :

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a1} &= 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} \\ &= 2 \times 1 \sqrt{0,25} \\ &= 1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a2} &= h \cdot K_a \cdot q \\ &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\ &= 3,38 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5)^2 \\ &= 17,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{a4} = K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{\text{air}}) \cdot h_{\text{air}}$$

$$= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5) \times 0,5$$

$$= 6,13 \text{ kN}$$

$$P_{a5} = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{\text{sat}} - 9,81) \cdot h_{\text{air}}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 0,5^2$$

$$= 0,29 \text{ kN}$$

$$P_{a6} = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{\text{air}}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 0,5^2$$

$$= 1,23 \text{ kN}$$

$$P_{a(\text{total})} = P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} + P_{a6} - P_{a1}$$

$$= 3,38 + 17,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23 - 1$$

$$= 27,79 \text{ kN}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$h_1 = \frac{h}{2}$$

$$= \frac{3,4}{2}$$

$$= 1,7 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{h}{2}$$

$$= \frac{3,4}{2}$$

$$= 1,7 \text{ m}$$

$$h_3 = h_{\text{air}} + \frac{(h - h_{\text{air}})}{3}$$

$$= 1 + \frac{(3,4 - 0,5)}{3}$$

$$= 1,47 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{h_{air}}{2}$$

$$= \frac{0,5}{2}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$h_5 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

$$h_6 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$M_{a1} = P_{a1} \cdot h_1$$

$$= 1 \times 1,7$$

$$= 1,7 \text{ kN.m}$$

$$M_{a2} = P_{a2} \cdot h_2$$

$$= 3,38 \times 1,7$$

$$= 5,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{a3} = P_{a3} \cdot h_3$$

$$= 17,77 \times 1,47$$

$$= 26,06 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a4} &= P_{a4} \cdot h_4 \\
 &= 6,13 \times 0,25 \\
 &= 1,53 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a5} &= P_{a5} \times h_5 \\
 &= 0,29 \times 0,0,17 \\
 &= 0,05 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a(\text{total})} &= M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1} \\
 &= 5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,20 - 1,70 \\
 &= 31,90 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

4) Berat Talud Dan Momen Penahan

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar } \Delta \text{ talud} &= B_1 - B_2 \\
 &= 0,90 - 0,30 \\
 &= 0,60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bidang 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud } P_1 &= h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2 \\
 &= 3,4 \times 22 \times 0,3 \\
 &= 22,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bidang 2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud } P_2 &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4 \\
 &= 22,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bidang 3

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud P3} &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \forall b \cdot h \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4 \\
 &= 17,34 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud total} &= P1 + P2 + P3 \\
 &= 22,44 + 22,44 + 17,34 \\
 &= 62,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)*

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{1}{2} \cdot B2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_2 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3} \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_3 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3} \\
 &= 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$M_{p1} = P_1 \cdot b_1$$

$$= 22,44 \times 0,15$$

$$= 3,37 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = P_2 \cdot b_2$$

$$= 22,44 \times 0,35$$

$$= 7,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{p3} = P_3 \cdot b_3$$

$$= 17,34 \times 0,55$$

$$= 9,54 \text{ kN.m}$$

$$M_p = M_{p1} + M_{p2} + M_{p3}$$

$$= 3,37 + 7,85 + 9,54$$

$$= 20,76 \text{ kN.m}$$

7) Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$S.F = \frac{Mp(\text{momen tahan guling})}{Ma2(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{26,06+1,53+0,05+0,20-1,70} < 1,5$$

$$= 0,79 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$S.F = \frac{Mp(\text{momen tahan guling})}{Ma(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)}$$

$$= \frac{20,76}{31,90} < 1,5$$

$$= 0,65 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

8) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{1,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23-1} < 1,5 \\ &= 1,60 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{27,79} < 1,5 \\ &= 1,40 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$\begin{aligned} q_{all} &= \frac{9 \cdot c_u}{3} \\ &= \frac{9 \cdot 65,00}{3} \\ &= 195 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \left(\frac{M_p - (Ma_2 + Ma_3 + Ma_4 + Ma_5)}{P} \right)$$

$$= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2)}{62,22} \right)$$

$$= 0,56 \text{ m}$$

$$\text{Kern} = \frac{1}{6} \cdot B_1$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0,9$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Momen terhadap titik O} = P \cdot e_x$$

$$= 62,22 \cdot 0,56$$

$$= 35,09 \text{ kN.m}$$

$$\text{Momen inersial dasar pondasi} = \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3$$

$$= 0,06 \text{ m}^4$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 329,0484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -190,782 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned} &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\ &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2 - 1,7)}{62,22} \right) \\ &= 0,63 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,63 \\ &= 39,14 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1.0,9} + \left(\frac{39,14 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= 359,0638 \text{ kN/m}^2 > q_{all} \text{ (Tidak Aman)}$$

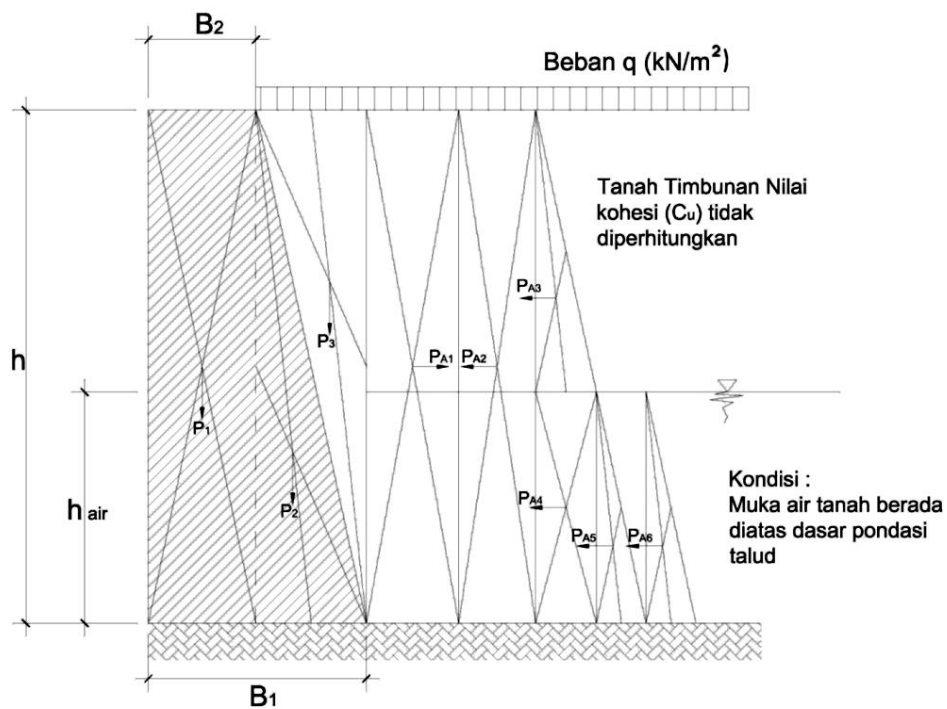
Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1.B1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1.0,9} - \left(\frac{39,14 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -220,797 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

E. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Sebelum Penggrouting Semen (Pra Grouting), dengan menambahkan nilai Kohesi Tanah Timbunan (Curugan) pada proses perhitungan. Hingga peninjauan terhadap geser dinyatakan Aman.



Data :	h	=	3,4	m
	$0,5 h$	=	1,7	m
	$0,7 h$	=	2,38	m
	B_1	=	0,9	m
	B_2	=	0,3	m
	γ_{pas}	=	22	kN/m^3
	γ_b	=	17	kN/m^3
	γ_{sat}	=	19	kN/m^3
	ϕ	=	37°	

$$\begin{aligned}
 q &= 4 \text{ kN/m}^2 \\
 C_u &= 65,00 \text{ kN/m}^2 \\
 C &= 1 \text{ kN/m}^2 \\
 h_{\text{air}} &= 0,5 \text{ m} \\
 q_c \text{ rata2} &= 10 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_u &= 0,667 \text{ kg/cm}^2 = 65,37 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pembahasan :

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a1} &= 2 \cdot C \sqrt{K_a} \\
 &= 2 \times 3 \sqrt{0,25} \\
 &= 2,99 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a2} &= h \cdot K_a \cdot q \\
 &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\
 &= 3,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5)^2 \\
 &= 17,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a4} &= K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{\text{air}}) \cdot h_{\text{air}} \\
 &= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5) \times 0,5
 \end{aligned}$$

$$= 6,13 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{a5} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{\text{sat}} - 9,81) \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 0,5^2 \\ &= 0,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a6} &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 0,5^2 \\ &= 1,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a(\text{total})} &= P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} + P_{a6} - P_{a1} \\ &= 3,38 + 17,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23 - 2,99 \\ &= 25,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= h_{\text{air}} + \frac{(h - h_{\text{air}})}{3} \\ &= 1 + \frac{(3,4 - 0,5)}{3} \end{aligned}$$

$$= 1,47 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{h_{air}}{2}$$

$$= \frac{0,5}{2}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$h_5 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

$$h_6 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$M_{a1} = P_{a1} \cdot h_1$$

$$= 2,99 \times 1,7$$

$$= 5,09 \text{ kN.m}$$

$$M_{a2} = P_{a2} \cdot h_2$$

$$= 3,38 \times 1,7$$

$$= 5,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{a3} = P_{a3} \cdot h_3$$

$$= 17,77 \times 1,47$$

$$= 26,06 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a4} &= P_{a4} \cdot h_4 \\
 &= 6,13 \times 0,25 \\
 &= 1,53 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a5} &= P_{a5} \times h_5 \\
 &= 0,29 \times 0,0,17 \\
 &= 0,05 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a6} &= P_{a6} \times h_6 \\
 &= 1,23 \times 0,17 \\
 &= 0,20 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a(\text{total})} &= M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1} \\
 &= 5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,20 - 5,09 \\
 &= 28,51 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

4) Berat Talud Dan Momen Penahan

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar } \Delta \text{ talud} &= B_1 - B_2 \\
 &= 0,90 - 0,30 \\
 &= 0,60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bidang 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud } P_1 &= h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2 \\
 &= 3,4 \times 22 \times 0,3 \\
 &= 22,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bidang 2

$$\text{Berat talud } P_2 = \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4$$

$$= 22,44 \text{ kN}$$

Bidang 3

$$\text{Berat talud P3} = \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot h$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4$$

$$= 17,34 \text{ kN}$$

$$\text{Berat talud total} = P1 + P2 + P3$$

$$= 22,44 + 22,44 + 17,34$$

$$= 62,22 \text{ kN}$$

5) Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)

$$b_1 = \frac{1}{2} \cdot B2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$b_2 = \frac{1}{2} \cdot B2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

$$b_3 = \frac{1}{2} \cdot B2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3}$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$\begin{aligned} M_{p1} &= P_1 \cdot b_1 \\ &= 22,44 \times 0,15 \\ &= 3,37 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{p2} &= P_2 \cdot b_2 \\ &= 22,44 \times 0,35 \\ &= 7,85 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{p3} &= P_3 \cdot b_3 \\ &= 17,34 \times 0,55 \\ &= 9,54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= M_{p1} + M_{p2} + M_{p3} \\ &= 3,37 + 7,85 + 9,54 \\ &= 20,76 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

7) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling*

Untuk kondisi bebean kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} S.F &= \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{Ma_2(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{26,06+1,53+0,05+0,20-5,09} < 1,5 \\ &= 0,91 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} S.F &= \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{Ma(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{28,51} < 1,5 \end{aligned}$$

$$= 0,73 < 1,5 \text{ (Tidak Aman Terhadap Guling)}$$

8) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{1,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23 - 2,99} < 1,5 \\ &= 1,74 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa} \\ &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{25,8} < 1,5 \\ &= 1,51 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)} \end{aligned}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$\begin{aligned} q_{all} &= \frac{9 \cdot c_u}{3} \\ &= \frac{9 \cdot 65,00}{3} \\ &= 195 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

= Titik berat dasar pondasi O dari titik A –

$$\begin{aligned} & \left(\frac{M_p - (M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2)}{62,22} \right) \\ &= 0,56 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,56 \\ &= 35,09 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right) \\ &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\ &= 329,0484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -190,782 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\ &= \frac{0,9}{2} \\ &= 0,45 \text{ m} \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned} &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\ &\quad \left(\frac{M_p - (M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1})}{P} \right) \\ &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2 - 5,09)}{62,22} \right) \\ &= 0,57 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,57 \\ &= 35,75 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

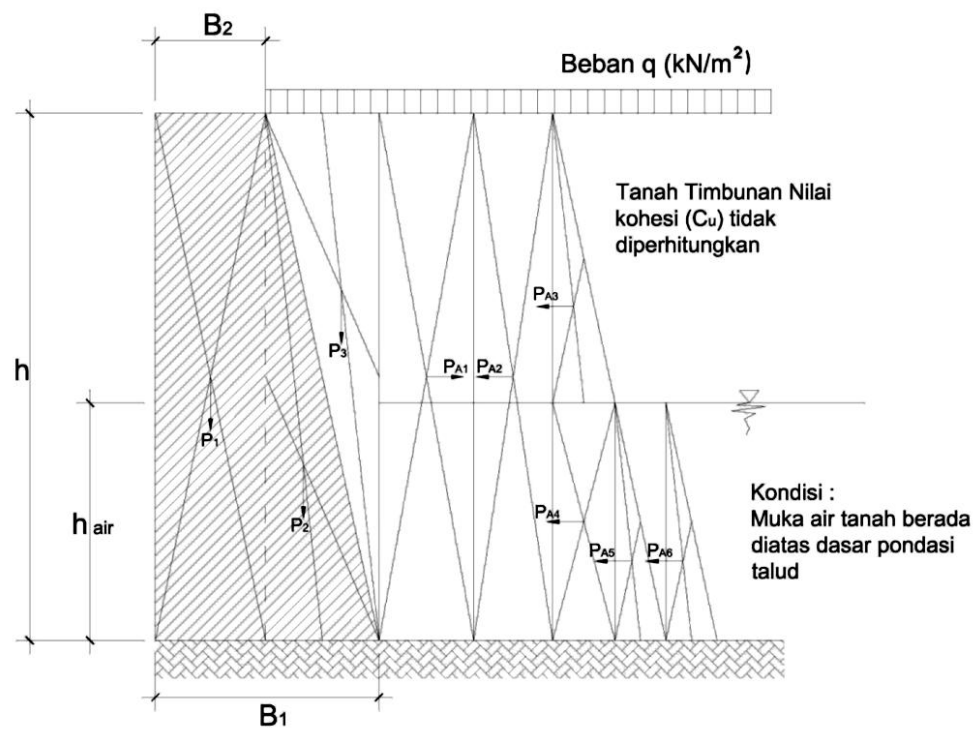
Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$\begin{aligned}
&= \frac{P}{1 \cdot B1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right) \\
&= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{35,75 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\
&= 333,95 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)}
\end{aligned}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$\begin{aligned}
&= \frac{P}{1 \cdot B1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right) \\
&= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{35,75 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\
&= -195,683 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}
\end{aligned}$$

F. Perhitungan Stabilitas Eksternal Talud Pasangan Batu Kali pada Kondisi Sebelum Penggrouting Semen (Pra Grouting), dengan menambahkan nilai Kohesi Tanah Timbunan (C_{urugan}) pada proses perhitungan. Hingga peninjauan terhadap guling dinyatakan Aman.



Data :	h	=	3,4	m
	$0,5 h$	=	1,7	m
	$0,7 h$	=	2,38	m
	B_1	=	0,9	m
	B_2	=	0,3	m
	γ_{pas}	=	22	kN/m ³
	γ_b	=	17	kN/m ³
	γ_{sat}	=	19	kN/m ³
	\emptyset	=	37°	

$$\begin{aligned}
 Q &= 4 \text{ kN/m}^2 \\
 C_u &= 65,00 \text{ kN/m}^2 \\
 C &= 12 \text{ kN/m}^2 \\
 h_{\text{air}} &= 0,5 \text{ m} \\
 q_{\text{C rata2}} &= 10 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_u &= 0,667 \text{ kg/cm}^2 = 65,37 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Pembahasan :

1) Koefisien Tekanan Tanah Aktif (K_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37^\circ}{2} \right) \\
 &= 0,25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a1} &= 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} \\
 &= 2 \times 12 \cdot \sqrt{0,25} \\
 &= 11,97 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a2} &= h \cdot K_a \cdot q \\
 &= 3,4 \times 0,25 \times 4 \\
 &= 3,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a3} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5)^2 \\
 &= 17,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{a4} &= K_a \cdot \gamma_b \cdot (h - h_{\text{air}}) \cdot h_{\text{air}} \\
 &= 0,25 \times 17 \times (3,4 - 0,5) \times 0,5
 \end{aligned}$$

$$= 6,13 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{a5} &= \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot (\gamma_{\text{sat}} - 9,81) \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,25 \times (19 - 9,81) \times 0,5^2 \\ &= 0,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a6} &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot h_{\text{air}}^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 0,5^2 \\ &= 1,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a(\text{total})} &= P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a5} + P_{a6} - P_{a1} \\ &= 3,38 + 17,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23 - 11,97 \\ &= 16,82 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (di titik A)*

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{3,4}{2} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= h_{\text{air}} + \frac{(h - h_{\text{air}})}{3} \\ &= 1 + \frac{(3,4 - 0,5)}{3} \end{aligned}$$

$$= 1,47 \text{ m}$$

$$h_4 = \frac{h_{air}}{2}$$

$$= \frac{0,5}{2}$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$h_5 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

$$h_6 = \frac{h_{air}}{3}$$

$$= \frac{0,5}{3}$$

$$= 0,17 \text{ m}$$

3) *Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan (Titik A)*

$$M_{a1} = P_{a1} \cdot h_1$$

$$= 11,97 \times 1,7$$

$$= 20,34 \text{ kN.m}$$

$$M_{a2} = P_{a2} \cdot h_2$$

$$= 3,38 \times 1,7$$

$$= 5,75 \text{ kN.m}$$

$$M_{a3} = P_{a3} \cdot h_3$$

$$= 17,77 \times 1,47$$

$$= 26,06 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a4} &= P_{a4} \cdot h_4 \\
 &= 6,13 \times 0,25 \\
 &= 1,53 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a5} &= P_{a5} \times h_5 \\
 &= 0,29 \times 0,17 \\
 &= 0,05 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{a(\text{total})} &= M_{a2} + M_{a3} + M_{a4} + M_{a5} + M_{a6} - M_{a1} \\
 &= 5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,20 - 20,34 \\
 &= 13,25 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

4) Berat Talud Dan Momen Penahan

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar } \Delta \text{ talud} &= B_1 - B_2 \\
 &= 0,90 - 0,30 \\
 &= 0,60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bidang 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud } P_1 &= h \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot B_2 \\
 &= 3,4 \times 22 \times 0,3 \\
 &= 22,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bidang 2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud } P_2 &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{pas}} \cdot h \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 22 \times 3,4 \\
 &= 22,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Bidang 3

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud P3} &= \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{1}{2} \cdot \forall b \cdot h \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{2} \times 17 \times 3,4 \\
 &= 17,34 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat talud total} &= P1 + P2 + P3 \\
 &= 22,44 + 22,44 + 17,34 \\
 &= 62,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) *Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan (titik A)*

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{1}{2} \cdot B2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_2 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \frac{\text{lebar } \Delta \text{ talud}}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + \frac{0,6}{3} \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_3 &= \frac{1}{2} \cdot B2 + \text{lebar } \Delta \text{ talud} \cdot \frac{2}{3} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,3 + 0,6 \times \frac{2}{3} \\
 &= 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6) *Momen Tahanan Yang Timbul*

$$\begin{aligned}
 M_{p1} &= P_1 \cdot b_1 \\
 &= 22,44 \times 0,15
 \end{aligned}$$

$$= 3,37 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} M_{p2} &= P_2 \cdot b_2 \\ &= 22,44 \times 0,35 \\ &= 7,85 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{p3} &= P_3 \cdot b_3 \\ &= 17,34 \times 0,55 \\ &= 9,54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= M_{p1} + M_{p2} + M_{p3} \\ &= 3,37 + 7,85 + 9,54 \\ &= 20,76 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

7) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Guling*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned} S.F &= \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{M_a(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,20 - 20,34} < 1,5 \\ &= 2,77 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned} S.F &= \frac{M_p(\text{momen tahan guling})}{M_a(\text{momen penyebab guling})} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\ &= \frac{20,76}{13,25} < 1,5 \\ &= 1,57 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Guling)} \end{aligned}$$

8) *Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser*

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned}
 \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa2} \geq \text{faktor keamanan (1,5)} \\
 &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{17,77 + 6,13 + 0,29 + 1,23 - 11,97} < 1,5 \\
 &= 2,90 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)}
 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned}
 \text{S.F} &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot c_u \cdot B1\right)}{Pa} \\
 &= \frac{\left(\frac{2}{3} \cdot 65,00 \cdot 0,90\right)}{16,82} < 1,5 \\
 &= 2,32 > 1,5 \text{ (Aman Terhadap Geser)}
 \end{aligned}$$

9) *Stabilitas Talud Terhadap Kapasitas Dukung Tanah*

Kapasitas Dukung Tanah pada Tanah Lempung

$$\begin{aligned}
 q_{all} &= \frac{9 \cdot c_u}{3} \\
 &= \frac{9 \cdot 65,00}{3} \\
 &= 195 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) belum bekerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B1}{2} \\
 &= \frac{0,9}{2} \\
 &= 0,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \left(\frac{M_p - (Ma2 + Ma3 + Ma4 + Ma5)}{P} \right) \\
 &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2)}{62,22} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,56 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\ &= 0,15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\ &= 62,22 \cdot 0,56 \\ &= 35,09 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\ &= 0,06 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right) \\ &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\ &= 329,0484 \text{ kN/m}^2 > q_{\text{all}} \text{ (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

Tegangan minimum (σ_{min})

$$\begin{aligned} &= \frac{P}{1 \cdot B_1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right) \\ &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{35,09 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right) \\ &= -190,782 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

Untuk kondisi beban kendaraan (q) telah bekerja :

$$\begin{aligned}
 \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} &= \frac{B_1}{2} \\
 &= \frac{0,9}{2} \\
 &= 0,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas gaya terhadap titik O (e_x)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Titik berat dasar pondasi O dari titik A} - \\
 &\quad \left(\frac{M_p - (Ma_2 + Ma_3 + Ma_4 + Ma_5 + Ma_6 - Ma_1)}{P} \right) \\
 &= 0,45 - \left(\frac{20,76 - (5,75 + 26,06 + 1,53 + 0,05 + 0,2 - 20,34)}{62,22} \right) \\
 &= 0,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kern} &= \frac{1}{6} \cdot B_1 \\
 &= \frac{1}{6} \cdot 0,9 \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap titik O} &= P \cdot e_x \\
 &= 62,22 \cdot 0,33 \\
 &= 20,49 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen inersial dasar pondasi} &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot B_1^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,9^3 \\
 &= 0,06 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum (σ_{maks})

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{1 \cdot B_1} + \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B_1}{2}}{\text{Momen inersial dasar pondasi}} \right) \\
 &= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} + \left(\frac{20,49 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 220,9382 \text{ kN/m}^2 > q_{all} \text{ (Tidak Aman)}$$

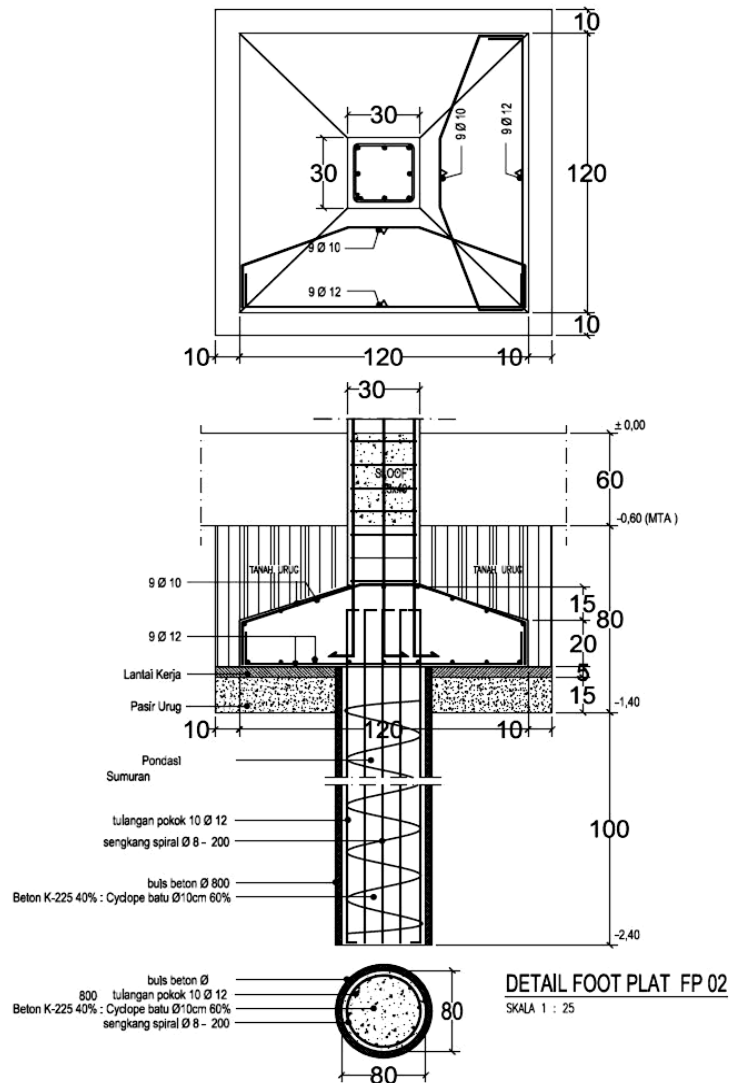
Tegangan minimum (σ_{min})

$$= \frac{P}{1 \cdot B1} - \left(\frac{\text{Momen terhadap titik O} \cdot \frac{B1}{2}}{\text{Momen inersal dasar pondasi}} \right)$$

$$= \frac{62,22}{1 \cdot 0,9} - \left(\frac{20,49 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,06} \right)$$

$$= -82,6715 \text{ kN/m}^2 < 0 \text{ (Tidak Aman)}$$

4.2.2 Analisa Kapasitas Dukung Pondasi



Gambar 4. 15. Detail Pondasi Plat FP 02

a. Kapasitas Dukung Pondasi sebelum perbaikan tanah dengan grouting

semen:

Kapasitas Dukung Pondasi Kanopi

Pondasi Pelat Setempat

$$\text{Kedalaman pondasi pelat (Df)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi Pondasi (B)} = 120 \text{ cm}$$

Luas Dasar Pondasi

$$\begin{aligned} \text{(A pelat)} &= (B \times B) - A_{\text{sumuran}} \\ &= (120 \times 120) - \pi \cdot r^2 \\ &= (120 \times 120) - 3,14 \times 40^2 \\ &= 14400 - 5024 \\ &= 9376 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pondasi Sumuran

$$\text{Kedalaman pondasi sumuran (Ds)} = 340 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Sumuran (D)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Dasar Sumuran (Asumuran)} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \times 40^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling Penampang Sumuran (O)} &= 3,14 \times D \\ &= 3,14 \times 80 \\ &= 251,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Pembahasan:

Pondasi Pelat Setempat

$$q_c \text{ pada kedalaman Df} = 6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Dukung Pondasi Pelat} &= A_{\text{pelat}} \times \frac{q_c}{40} \\
 &= 9376 \times \frac{6}{40} \\
 &= 1406,4 \\
 &= 1406 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pondasi Sumuran

$$q_c \text{ pada kedalaman } D_s = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_f \text{ pada kedalaman } D_s = 55 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran} &= A_{\text{sumuran}} \times \frac{q_c}{25} + T_f \times \frac{0}{5} \\
 &= 5024 \times \frac{8}{25} + 55 \times \frac{251,2}{5} \\
 &= 4370 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Total kapasitas Dukung (Qall)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kapasitas Dukung Pondasi Pelat} + \text{Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran} \\
 &= 1406 \text{ kg} + 4370 \text{ kg} \\
 &= 5776 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Pondasi sesudah perbaikan tanah dengan grouting semen:

Kapasitas Dukung Pondasi Kanopi

Pondasi Pelat Setempat

$$\text{Kedalaman pondasi pelat (Df)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi Pondasi (B)} = 120 \text{ cm}$$

Luas Dasar Pondasi

$$(A \text{ pelat}) = (B \times B) - A_{\text{sumuran}}$$

$$\begin{aligned}
 &= (120 \times 120) - \pi \cdot r^2 \\
 &= (120 \times 120) - 3,14 \times 40^2 \\
 &= 14400 - 5024 \\
 &= 9376 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pondasi Sumuran

$$\text{Kedalaman pondasi sumuran (Ds)} = 340 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Sumuran (D)} = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Dasar Sumuran (Asumuran)} &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3,14 \times 40^2 \\
 &= 5024 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling Penampang Sumuran (O)} &= 3,14 \times D \\
 &= 3,14 \times 80 \\
 &= 251,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembahasan

Pondasi Pelat Setempat

$$q_c \text{ pada kedalaman } D_f = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapabilitas Dukung Pondasi Pelat} &= A_{\text{pelat}} \times \frac{q_c}{40} \\
 &= 9376 \times \frac{10}{40} \\
 &= 2344 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pondasi Sumuran

$$q_c \text{ pada kedalaman } D_s = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_f \text{ pada kedalaman } D_s = 90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Kapabilitas Dukung Pondasi Sumuran} = A_{\text{sumuran}} \times \frac{q_c}{25} + T_f \times \frac{O}{5}$$

$$= 5024 \times \frac{8}{25} + 90 \times \frac{251,2}{5}$$

$$= 6129,28$$

$$= 6129 \text{ kg}$$

Total kapasitas Dukung (Qall)

= Kapasitas Dukung Pondasi Pelat + Kapasitas Dukung Pondasi Sumuran

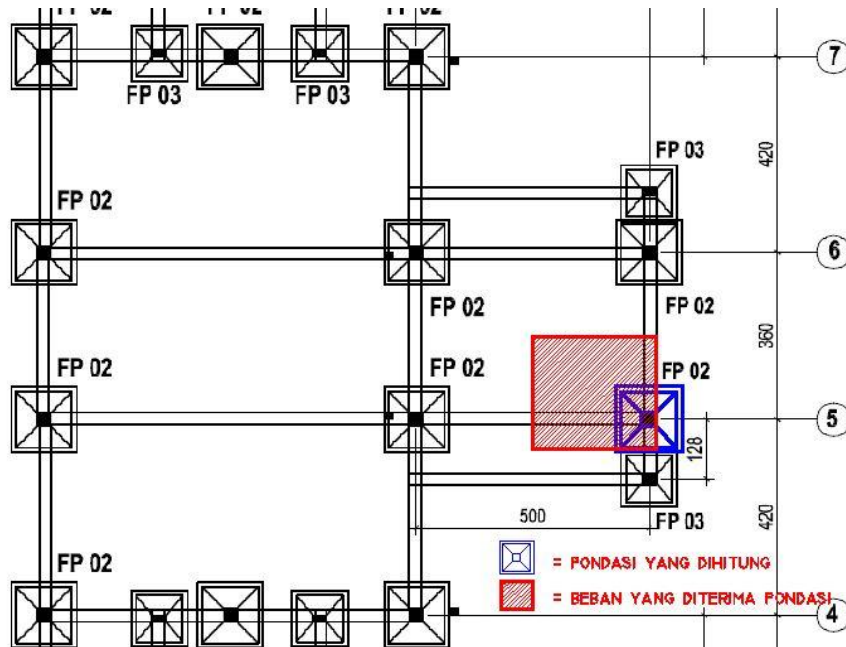
$$= 2344 \text{ kg} + 6129 \text{ kg}$$

$$= 8473 \text{ kg}$$

c. Beban Yang Bekerja Pada Pondasi

Analisa pondasi kanopi dilakukan pada pondasi AS A dengan tipe pondasi

FP02 .



Diketahui:

Berat beton = 2400 kg/m³

Berat plafond = 20 kg/m²

$$\text{Berat air hujan} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban manusia} = 100 \text{ kg}$$

Pembahasan :

$$\begin{aligned} \text{Sloof} &= (1 \times t \times p) \times \text{BJ}_{\text{Beton}} \\ &= (0,25 \times 0,4 \times (1,8+2,5+0,64)) \times 2400 \\ &= (0,1\text{m} \times 4,94\text{m}) \times 2400\text{kg/m}^2 \\ &= 1185,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ring Balok} &= (1 \times t \times p) \times \text{BJ}_{\text{Beton}} \\ &= (0,25 \times 0,4 \times (1,8+2,5+0,64)) \times 2400 \\ &= (0,1\text{m} \times 4,94\text{m}) \times 2400\text{kg/m}^2 \\ &= 1185,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom} &= (s \times s \times t) \times \text{BJ}_{\text{Beton}} \\ &= (0,3 \times 0,3 \times 3,5) \times 2400 \\ &= 0,315 \text{ m}^3 \times 2400\text{kg/m}^3 \\ &= 756 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat} &= T_{\text{pelat}} \times A_{\text{pelat}} \times \text{BJ}_{\text{Beton}} \\ &= 0,12 \times (1,8+0,64) \times 2,5) \times \text{BJ}_{\text{Beton}} \\ &= 0,12 \times (2,44 \times 2,5) \times 2400 \\ &= 0,12\text{m} \times 6,1\text{m}^2 \times 2400\text{kg/m}^3 \\ &= 1756,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Air Hujan} &= A_{\text{atap}} \times \text{berat air per m}^2 \\ &= 6,1\text{m}^2 \times 20\text{kg/m}^2 \\ &= 122 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Plafond} &= A_{\text{atap}} \times \text{berat plafond per m}^2 \\
 &= 6,1\text{m}^2 \times 20\text{kg/m}^2 \\
 &= 122 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pondasi Pelat} &= B \times B \times T_{\text{pelat}} \times BJ_{\text{Beton}} \\
 &= 1,2 \times 1,2 \times 0,35 \times 2400 \\
 &= 0,504 \text{ m}^3 \times 2400\text{kg/m}^3 \\
 &= 1209,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pondasi Sumuran} &= (A_{\text{sumuran}} \times \text{kedalaman}) \times BJ_{\text{Beton}} \\
 &= (3,14 \times 0,4^2) \times 1,2 \times 2400 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \times 1,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1446,912 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat Manusia} = 100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Total} &= 1185,6 + 1185,6 + 756 + 1756,8 + 122 + 122 \\
 &\quad + 1209,6 + 1446,912 + 100 \\
 &= 7884,512 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.3. Resume analisis data

a. Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah

1. Pada tanah timbunan nilai kohesi (C) belum diperhitungkan dalam proses perhitungan

Tabel 4. 5. Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser dan Guling

Stabilitas Talud	Pra Grouting		Pasca Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Terhadap Geser	0,83	0,74	1,53	1,35	1,5
Terhadap Guling	0,72	0,60	0,75	0,62	1,5

Tabel 4. 6. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pra Grouting

	Pra Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Tegangan maksimum (σ_{maks})	337,5484 kN/m ²	380,1206 kN/m ²	117,66 kN/m ²
Tegangan minimum (σ_{min})	-199,2817 kN/m ²	-241,8539 kN/m ²	0

Tabel 4. 7. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pasca Grouting

	Pasca Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Tegangan maksimum (σ_{maks})	329,0484 kN/m ²	371,6206 kN/m ²	195 kN/m ²
Tegangan minimum (σ_{min})	-190,782 kN/m ²	-233,3539 kN/m ²	0

2. Pada tanah timbunan nilai kohesi (C) diperhitungkan dalam proses perhitungan

Tabel 4. 8. Faktor Aman Stabilitas Talud Terhadap Geser dan Guling

Stabilitas Talud	Pra Grouting		Pasca Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Terhadap Geser	0,83	0,74	1,60	1,40	1,5
Terhadap Guling	0,72	0,60	0,79	0,65	1,5

Tabel 4. 9. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pra Grouting

	Pra Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Tegangan maksimum (σ_{maks})	337,5484 kN/m ²	380,1206 kN/m ²	117,66 kN/m ²
Tegangan minimum (σ_{min})	-199,2817 kN/m ²	-241,8539 kN/m ²	0

Tabel 4. 10. Stabilitas Talud terhadap kapasitas dukung kondisi pasca Grouting

	Pasca Grouting		Angka Aman
	q belum bekerja	q sudah bekerja	
Tegangan maksimum (σ_{maks})	329,0484 kN/m ²	359,0638 kN/m ²	195 kN/m ²
Tegangan minimum (σ_{min})	-199,782 kN/m ²	-220,797 kN/m ²	0

b. Analisa Stabilitas Pondasi

Tabel 4. 11. Analisa Stabilitas Pondasi Pra Grouting

Pra Grouting	
Kapasitas dukung pondasi pelat	1406 kg
Kapasitas dukung pondasi sumuran	4370 kg
Total kapasitas dukung (Qall)	5776 kg

Tabel 4. 12. Analisa Stabilitas Pondasi Pasca Grouting

Pasca Grouting	
Kapasitas dukung pondasi pelat	2344 kg
Kapasitas dukung pondasi sumuran	6129 kg
Total kapasitas dukung (Qall)	8473 kg

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, dapat disimpulkan faktor penyebab dan hasil analisis perkuatan talud dengan grouting semen sebagai berikut,

1. Penyebab terjadinya kegagalan talud dan pondasi pada gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga adalah karena pondasi dan talud tersebut berdiri pada tanah urug dengan qc yang rendah. Nilai qc tanah urug tersebut antara 5-6 kg/cm². Selain itu salah satu penyebab kegagalan talud dan pondasi disebabkan karena tidak adanya pipa drainase pada talud.
2. Metode grouting dapat meningkatkan kenaikan qc. Nilai qc pra grouting pada gedung diklat Rumah Sakit Paru dr. Ario Wirawan Kota Salatiga adalah 6 kg/cm² sedangkan pasca grouting adalah 10 kg/cm². Kenaikan qc yang terjadi berkisar 4 kg/cm² untuk umur grouting 15 hari pasta semen pada titik grouting 15 hari.
3. Kondisi stabilitas talud terhadap geser dan kapasitas dukung pondasi sudah dapat ditingkatkan melalui metode grouting semen. Namun untuk stabilitas terhadap guling tidak ada perubahan yang signifikan setelah penggrouting semen pada tanah timbunan.

5.2 Saran

Dari kesimpulan penelitian di atas dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk mengantisipasi stabilitas terhadap guling yang tidak aman maka tanah urugan di bawah tangga yakni antara talud dan dinding depan diganti dengan sirtu dipadatkan dalam bentuk sand baging (karung pasir geotekstil). Penggantian jenis tanah urugan ini harus dilakukan di musim kemarau dengan galian tidak berlebihan kedalaman maksimum -2,80 meter.
2. Segera dilakukan penataan sistem drainase lingkungan gedung diklat dan pekerjaan penutup permukaan tanah dengan pelat beton bertulang.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang stabilitas internal talud pasangan batu kali dan pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andiyarto, Hanggoro T.C., 2013. *Perbaikan Pondasi Dan Talud Batu Kali Dengan Metode Grouting Semen Pada Gedung Diklat RS. Paru Dr. Ario Wirawan Salatiga*. Laporan Hasil Evaluasi, Semarang.
- Bowles, J.E., 2007. *Analisa Dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J.E., 2007. *Analisa Dan Desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J.E., 1999. *Analisa Dan Desain Pondasi Edisi Keempat*. Jakarta: Eelangga.
- Budiyanto, Kadar. 2010. *Pelaksanaan grouting Bendungan Sangiran*. Ngawi, Jawa Timur.
- Craig, R.F., 1991. *Mekanika Tanah Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Dwiyanto, J.S. 2005. *Hand Out Geoteknik*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Martini, 2009. Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tadulako Palu*: Vol.7: 69-81.
- Rankine, W. J. M. (1857), "On the Stability of Loose Earth," *Phill. Trans. Roy. Soc., London*, 147.
- SNI 2827. 2008. *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*. Indonesia : Penerbit Badan Standart Nasional.
- Soetjiono, Carlina. 2008. *Perbaikan Tanah Untuk Penerapan Teknologi Konstruksi Di Atas Tanah Lunak*, *JSDA*: Vol.4; No.2: 149-162.

Wang, Chu-Kia dan Salmon, Charles G. 1993. *Disain Beton Bertulang Jilid 1*.
Jakarta : Erlangga.

Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum,
Cetakan ke-6.

Wesley, L. D. 2012. *Mekanika Tanah untuk tanah endapan dan residu*.
Yogyakarta: Penerbit Andi.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil Sondir Pra Grouting**
- Lampiran 2 : Hasil Sondir Pasca Grouting**
- Lampiran 3 : Gambar Kerja**
- Lampiran 4 : Dokumentasi**

Hasil Sondir Pra Grouting

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
PROYEK	: Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit Paru Dr. Ario Wirawan Salatiga					
TITIK SONDIR	: S1					
LOKASI	: Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah					
TANGGAL	: 9 Maret 2013					
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm ¹)	Tf (kg/cm ¹)	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	8	10	0,2	4	4	2,50
0,40	12	14	0,2	4	8	1,67
0,60	10	12	0,2	4	12	2,00
0,80	10	12	0,2	4	16	2,00
1,00	10	12	0,2	4	20	2,00
1,20	10	13	0,3	6	26	3,00
1,40	10	13	0,3	6	32	3,00
1,60	12	15	0,3	6	38	2,50
1,80	12	15	0,3	6	44	2,50
2,00	12	15	0,3	6	50	2,50
2,20	12	15	0,3	6	56	2,50
2,40	10	15	0,5	10	66	5,00
2,60	17	22	0,5	10	76	2,94
2,80	15	20	0,5	10	86	3,33
3,00	15	20	0,5	10	96	3,33
3,20	12	16	0,4	8	104	3,33
3,40	8	10	0,2	4	108	2,50
3,60	6	8	0,2	4	112	3,33
3,80	8	10	0,2	4	116	2,50
4,00	12	17	0,5	10	126	4,17
4,20	13	18	0,5	10	136	3,85
4,40	10	14	0,4	8	144	4,00
4,60	8	11	0,3	6	150	3,75
4,80	8	11	0,3	6	156	3,75
5,00	25	30	0,5	10	166	2,00
5,20	15	20	0,5	10	176	3,33
5,40	15	20	0,5	10	186	3,33
5,60	17	22	0,5	10	196	2,94
5,80	18	23	0,5	10	206	2,78
6,00	27	35	0,8	16	222	2,96

6,20	37	45	0,8	16	238	2,16
6,40	20	25	0,5	10	248	2,50
6,60	17	22	0,5	10	258	2,94
6,80	65	70	0,5	10	268	0,77
7,00	42	48	0,6	12	280	1,43
7,20	30	35	0,5	10	290	1,67
7,40	55	60	0,5	10	300	0,91
7,60	70	80	1	20	320	1,43
7,80	80	90	1	20	340	1,25
8,00	250	4	-24,6	-492	-152	-9,84

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
PROYEK	: Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit Paru Dr. Aryo Wirawan Salatiga					
TITIK SONDIR	: S2					
LOKASI	: Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah					
TANGGAL	: 9 Maret 2013					
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm')	Tf (kg/cm')	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	8	10	0,2	4	4	2,50
0,60	12	15	0,3	6	10	2,50
0,80	10	13	0,3	6	16	3,00
1,00	10	13	0,3	6	22	3,00
1,20	12	15	0,3	6	28	2,50
1,40	13	16	0,3	6	34	2,31
1,60	15	20	0,5	10	44	3,33
1,80	15	20	0,5	10	54	3,33
2,00	14	17	0,3	6	60	2,14
2,20	13	17	0,4	8	68	3,08
2,40	10	13	0,3	6	74	3,00
2,60	10	13	0,3	6	80	3,00
2,80	12	15	0,3	6	86	2,50
3,00	10	12	0,2	4	90	2,00
3,20	10	12	0,2	4	94	2,00
3,40	10	12	0,2	4	98	2,00
3,60	11	14	0,3	6	104	2,73
3,80	11	14	0,3	6	110	2,73
4,00	12	16	0,4	8	118	3,33
4,20	14	18	0,4	8	126	2,86
4,40	13	17	0,4	8	134	3,08

4,60	13	17	0,4	8	142	3,08
4,80	12	16	0,4	8	150	3,33
5,00	17	22	0,5	10	160	2,94
5,20	22	27	0,5	10	170	2,27
5,40	10	13	0,3	6	176	3,00
5,60	15	20	0,5	10	186	3,33
5,80	15	20	0,5	10	196	3,33
6,00	15	20	0,5	10	206	3,33
6,20	15	20	0,5	10	216	3,33
6,40	120	128	0,8	16	232	0,67
6,60	50	60	1	20	252	2,00
6,80	20	25	0,5	10	262	2,50
7,00	160	170	1	20	282	0,63
7,20	185	190	0,5	10	292	0,27
7,40	12	15	0,3	6	298	2,50
7,60	105	115	1	20	318	0,95
7,80	115	125	1	20	338	0,87
8,00	130	140	1	20	358	0,77
8,20	35	42	0,7	14	372	2,00
8,40	60	66	0,6	12	384	1,00
8,60	32	38	0,6	12	396	1,88
8,80	45	52	0,7	14	410	1,56
9,00	55	60	0,5	10	420	0,91
9,20	90	100	1	20	440	1,11
9,40	115	125	1	20	460	0,87
9,60	250	4	-24,6	-492	-32	-9,84

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
PROYEK	: Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit Paru Dr. Aryo Wirawan Salatiga					
TITIK SONDIR	: S3					
LOKASI	: Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah					
TANGGAL	: 9 Maret 2013					
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm ¹)	Tf (kg/cm ¹)	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	6	7	0,1	2	2	1,67
0,60	8	10	0,2	4	6	2,50
0,80	7	9	0,2	4	10	2,86
1,00	17	20	0,3	6	16	1,76
1,20	22	25	0,3	6	22	1,36

1,40	12	15	0,3	6	28	2,50
1,60	8	10	0,2	4	32	2,50
1,80	8	10	0,2	4	36	2,50
2,00	8	10	0,2	4	40	2,50
2,20	8	10	0,2	4	44	2,50
2,40	20	25	0,5	10	54	2,50
2,60	17	22	0,5	10	64	2,94
2,80	10	12	0,2	4	68	2,00
3,00	8	10	0,2	4	72	2,50
3,20	12	16	0,4	8	80	3,33
3,40	7	9	0,2	4	84	2,86
3,60	12	15	0,3	6	90	2,50
3,80	12	15	0,3	6	96	2,50
4,00	12	16	0,4	8	104	3,33
4,20	13	17	0,4	8	112	3,08
4,40	10	13	0,3	6	118	3,00
4,60	10	13	0,3	6	124	3,00
4,80	10	13	0,3	6	130	3,00
5,00	10	13	0,3	6	136	3,00
5,20	10	13	0,3	6	142	3,00
5,40	25	30	0,5	10	152	2,00
5,60	27	33	0,6	12	164	2,22
5,80	110	120	1	20	184	0,91
6,00	40	45	0,5	10	194	1,25
6,20	38	43	0,5	10	204	1,32
6,40	17	22	0,5	10	214	2,94
6,60	23	28	0,5	10	224	2,17
6,80	55	62	0,7	14	238	1,27
7,00	80	88	0,8	16	254	1,00
7,20	145	155	1	20	274	0,69
7,40	105	115	1	20	294	0,95
7,60	70	75	0,5	10	304	0,71
7,80	50	55	0,5	10	314	1,00
8,00	140	150	1	20	334	0,71
8,20	105	115	1	20	354	0,95
8,40	250	4	-24,6	-492	-138	-9,84

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)

PROYEK : Pada Perbaikan Pondasi dan Talud Gedung
 Diklat
 Rumah Sakit Paru Dr. Ario Wirawan Kota
 Salatiga
 TITIK : S4
 SONDIR : S4
 LOKASI : Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah

TANGGAL : 9 Maret 2013						
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm')	Tf (kg/cm')	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	10	12	0,2	4	4	2,00
0,60	12	15	0,3	6	10	2,50
0,80	12	15	0,3	6	16	2,50
1,00	10	12	0,2	4	20	2,00
1,20	17	21	0,4	8	28	2,35
1,40	13	16	0,3	6	34	2,31
1,60	12	15	0,3	6	40	2,50
1,80	15	18	0,3	6	46	2,00
2,00	8	10	0,2	4	50	2,50
2,20	10	12	0,2	4	54	2,00
2,40	10	12	0,2	4	58	2,00
2,60	10	12	0,2	4	62	2,00
2,80	13	17	0,4	8	70	3,08
3,00	15	20	0,5	10	80	3,33
3,20	15	20	0,5	10	90	3,33
3,40	35	40	0,5	10	100	1,43
3,60	60	70	1	20	120	1,67
3,80	75	80	0,5	10	130	0,67
4,00	25	30	0,5	10	140	2,00
4,20	17	22	0,5	10	150	2,94
4,40	10	12	0,2	4	154	2,00
4,60	10	12	0,2	4	158	2,00
4,80	12	15	0,3	6	164	2,50
5,00	15	20	0,5	10	174	3,33
5,20	20	25	0,5	10	184	2,50
5,40	17	22	0,5	10	194	2,94
5,60	22	27	0,5	10	204	2,27
5,80	23	28	0,5	10	214	2,17
6,00	25	30	0,5	10	224	2,00
6,20	25	30	0,5	10	234	2,00
6,40	12	16	0,4	8	242	3,33
6,60	10	13	0,3	6	248	3,00
6,80	10	13	0,3	6	254	3,00
7,00	10	13	0,3	6	260	3,00
7,20	35	40	0,5	10	270	1,43
7,40	70	75	0,5	10	280	0,71
7,60	180	190	1	20	300	0,56
7,80	250	3	-24,7	-494	-194	-9,88

Hasil Sondir Pasca Grouting

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
PROYEK	: Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit					
TITIK	Paru Dr. Aryo Wirawan Salatiga					
SONDIR	: S1					
LOKASI	: Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah					
TANGGAL	: 12 Januari 2013					
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm')	Tf (kg/cm')	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	4	5	0,1	2	2	2,50
0,60	8	10	0,2	4	6	2,50
0,80	6	8	0,2	4	10	3,33
1,00	7	10	0,3	6	16	4,29
1,20	7	10	0,3	6	22	4,29
1,40	7	10	0,3	6	28	4,29
1,60	8	11	0,3	6	34	3,75
1,80	10	13	0,3	6	40	3,00
2,00	8	10	0,2	4	44	2,50
2,20	8	10	0,2	4	48	2,50
2,40	8	10	0,2	4	52	2,50
2,60	6	8	0,2	4	56	3,33
2,80	5	7	0,2	4	60	4,00
3,00	6	8	0,2	4	64	3,33
3,20	6	8	0,2	4	68	3,33
3,40	7	9	0,2	4	72	2,86
3,60	8	10	0,2	4	76	2,50
3,80	8	10	0,2	4	80	2,50
4,00	8	10	0,2	4	84	2,50
4,20	8	10	0,2	4	88	2,50
4,40	5	7	0,2	4	92	4,00
4,60	6	8	0,2	4	96	3,33
4,80	8	10	0,2	4	100	2,50
5,00	9	12	0,3	6	106	3,33
5,20	10	13	0,3	6	112	3,00
5,40	45	50	0,5	10	122	1,11
5,60	8	10	0,2	4	126	2,50
5,80	90	100	1	20	146	1,11
6,00	65	70	0,5	10	156	0,77
6,20	85	90	0,5	10	166	0,59

6,40	15	18	0,3	6	172	2,00
6,60	18	22	0,4	8	180	2,22
6,80	20	24	0,4	8	188	2,00
7,00	22	25	0,3	6	194	1,36
7,20	27	32	0,5	10	204	1,85
7,40	75	82	0,7	14	218	0,93
7,60	17	20	0,3	6	224	1,76
7,80	160	170	1	20	244	0,63
8,00	250	4	-24,6	-492	-248	-9,84

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)

PROYEK : Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit Paru
 TITIK : Dr. Aryo Wirawan Salatiga
 SONDIR : S2
 LOKASI : Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah
 TANGGA L : 12 Januari 2013

KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm ¹)	Tf (kg/cm ¹)	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	10	12	0,2	4	4	2,00
0,60	8	10	0,2	4	8	2,50
0,80	8	10	0,2	4	12	2,50
1,00	7	9	0,2	4	16	2,86
1,20	6	8	0,2	4	20	3,33
1,40	6	8	0,2	4	24	3,33
1,60	7	9	0,2	4	28	2,86
1,80	8	10	0,2	4	32	2,50
2,00	12	15	0,3	6	38	2,50
2,20	15	18	0,3	6	44	2,00
2,40	6	8	0,2	4	48	3,33
2,60	7	9	0,2	4	52	2,86
2,80	10	13	0,3	6	58	3,00
3,00	13	17	0,4	8	66	3,08
3,20	20	25	0,5	10	76	2,50
3,40	18	22	0,4	8	84	2,22
3,60	22	27	0,5	10	94	2,27
3,80	35	40	0,5	10	104	1,43
4,00	75	85	1	20	124	1,33
4,20	32	37	0,5	10	134	1,56
4,40	13	16	0,3	6	140	2,31
4,60	20	25	0,5	10	150	2,50

4,80	60	67	0,7	14	164	1,17
5,00	22	27	0,5	10	174	2,27
5,20	17	20	0,3	6	180	1,76
5,40	30	35	0,5	10	190	1,67
5,60	20	25	0,5	10	200	2,50
5,80	18	22	0,4	8	208	2,22
6,00	15	20	0,5	10	218	3,33
6,20	20	25	0,5	10	228	2,50
6,40	20	25	0,5	10	238	2,50
6,60	20	25	0,5	10	248	2,50
6,80	23	28	0,5	10	258	2,17
7,00	35	40	0,5	10	268	1,43
7,20	40	47	0,7	14	282	1,75
7,40	12	15	0,3	6	288	2,50
7,60	105	115	1	20	308	0,95
7,80	115	125	1	20	328	0,87
8,00	130	140	1	20	348	0,77
8,20	35	42	0,7	14	362	2,00
8,40	60	66	0,6	12	374	1,00
8,60	32	38	0,6	12	386	1,88
8,80	45	52	0,7	14	400	1,56
9,00	55	60	0,5	10	410	0,91
9,20	90	100	1	20	430	1,11
9,40	115	125	1	20	450	0,87
9,60	250	4	-24,6	-492	-42	-9,84

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)

PROYEK : Pembangunan Gedung Diklat Rumah Sakit Paru
 TITIK : Dr. Aryo Wirawan Salatiga
 SONDIR : S3
 LOKASI : Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah
 TANGGAL : 12 Januari 2013

KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm ¹)	Tf (kg/cm ¹)	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	12	15	0,3	6	6	2,50
0,60	10	12	0,2	4	10	2,00
0,80	13	16	0,3	6	16	2,31
1,00	10	13	0,3	6	22	3,00
1,20	10	13	0,3	6	28	3,00
1,40	8	10	0,2	4	32	2,50

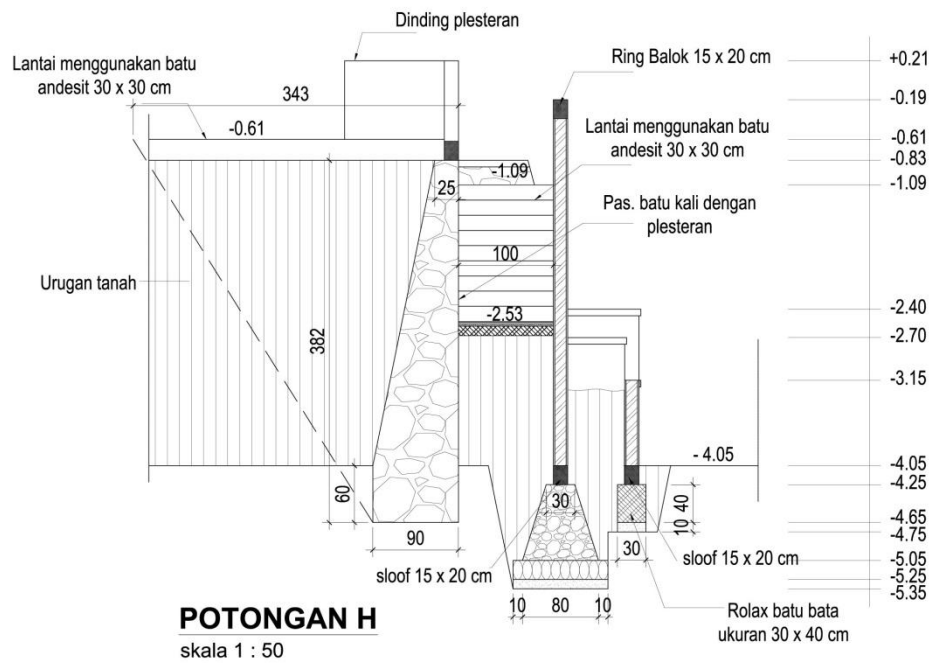
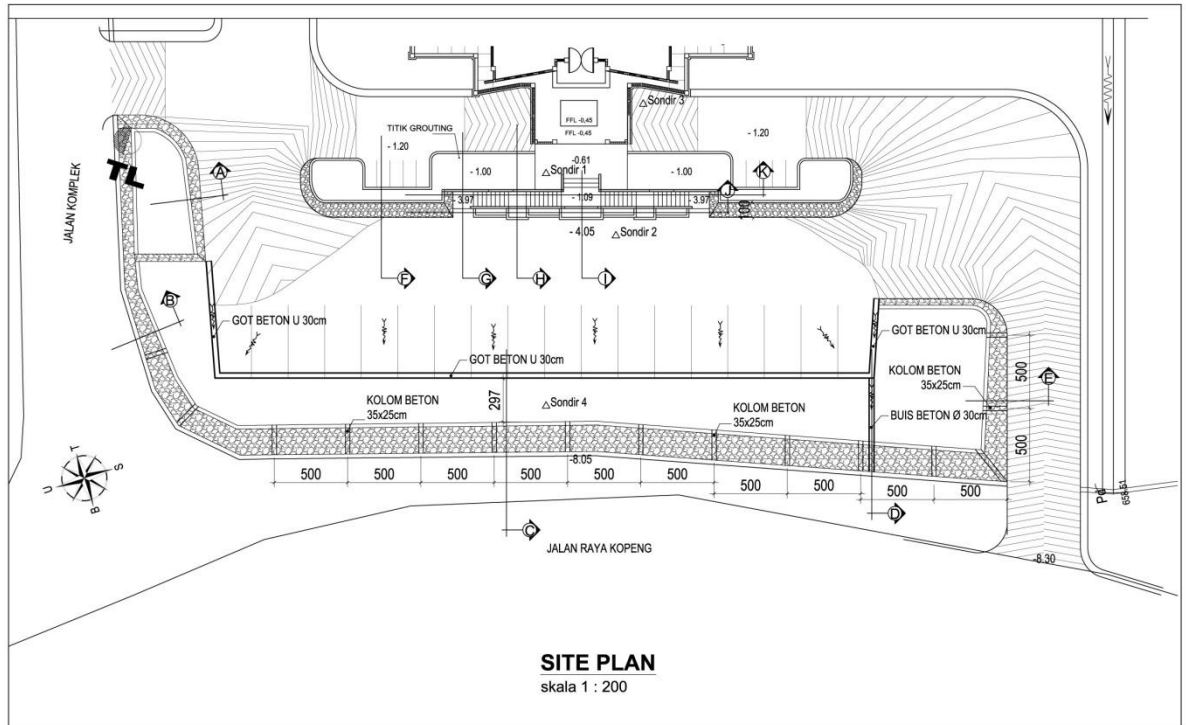
1,60	8	10	0,2	4	36	2,50
1,80	8	10	0,2	4	40	2,50
2,00	8	10	0,2	4	44	2,50
2,20	9	12	0,3	6	50	3,33
2,40	6	8	0,2	4	54	3,33
2,60	7	9	0,2	4	58	2,86
2,80	12	15	0,3	6	64	2,50
3,00	10	13	0,3	6	70	3,00
3,20	10	13	0,3	6	76	3,00
3,40	5	7	0,2	4	80	4,00
3,60	4	6	0,2	4	84	5,00
3,80	5	7	0,2	4	88	4,00
4,00	12	16	0,4	8	96	3,33
4,20	15	20	0,5	10	106	3,33
4,40	10	13	0,3	6	112	3,00
4,60	18	24	0,6	12	124	3,33
4,80	90	95	0,5	10	134	0,56
5,00	12	15	0,3	6	140	2,50
5,20	14	18	0,4	8	148	2,86
5,40	20	25	0,5	10	158	2,50
5,60	25	30	0,5	10	168	2,00
5,80	25	30	0,5	10	178	2,00
6,00	27	32	0,5	10	188	1,85
6,20	28	33	0,5	10	198	1,79
6,40	50	56	0,6	12	210	1,20
6,60	45	50	0,5	10	220	1,11
6,80	35	40	0,5	10	230	1,43
7,00	140	150	1	20	250	0,71
7,20	85	90	0,5	10	260	0,59
7,40	105	115	1	20	280	0,95
7,60	70	75	0,5	10	290	0,71
7,80	50	55	0,5	10	300	1,00
8,00	140	150	1	20	320	0,71
8,20	105	115	1	20	340	0,95
8,40	250	4	-24,6	-492	-152	-9,84

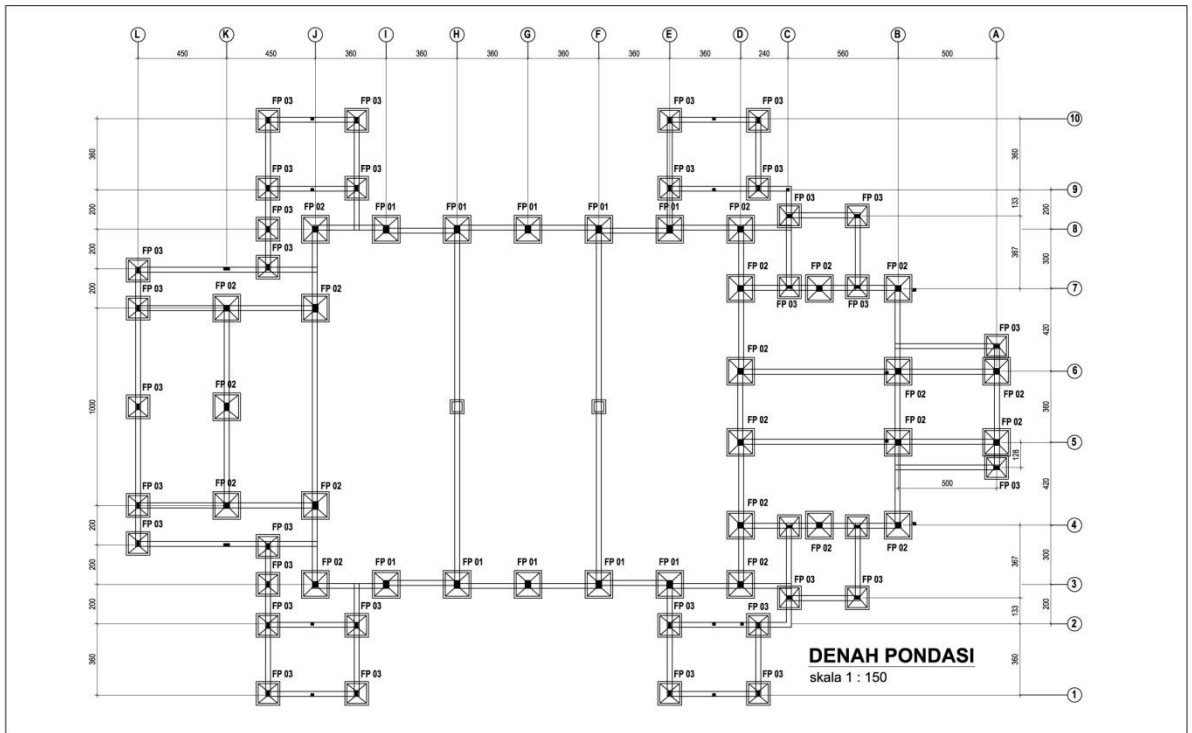
HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)

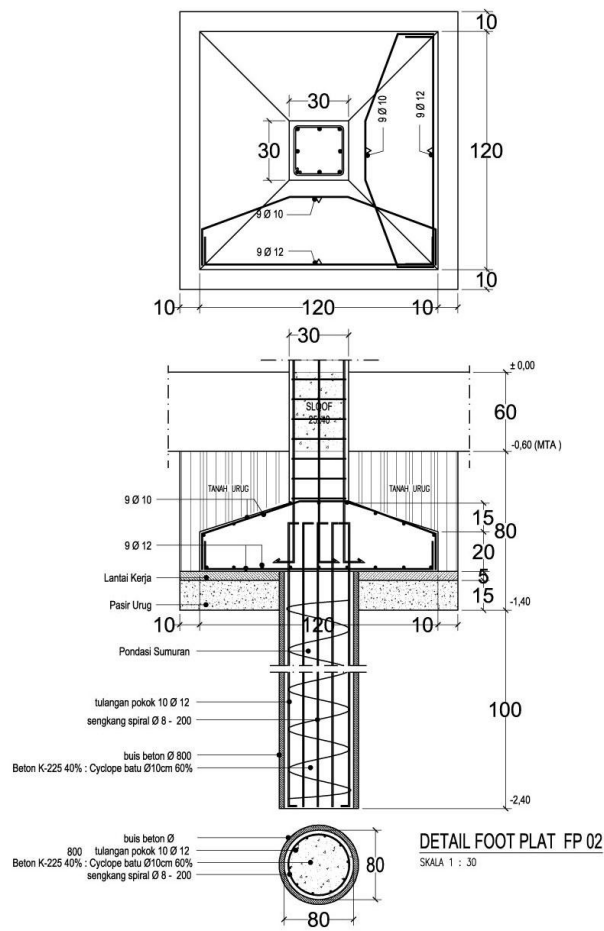
PROYEK : Pada Perbaikan Pondasi dan Talud Gedung
 Diklat
 Rumah Sakit Paru Dr. Ario Wirawan Kota
 Salatiga
 TITIK
 SONDIR : S4
 LOKASI : Jl. Raya Kopeng - Salatiga Jawa Tengah
 TANGGAL : 12 Januari 2013

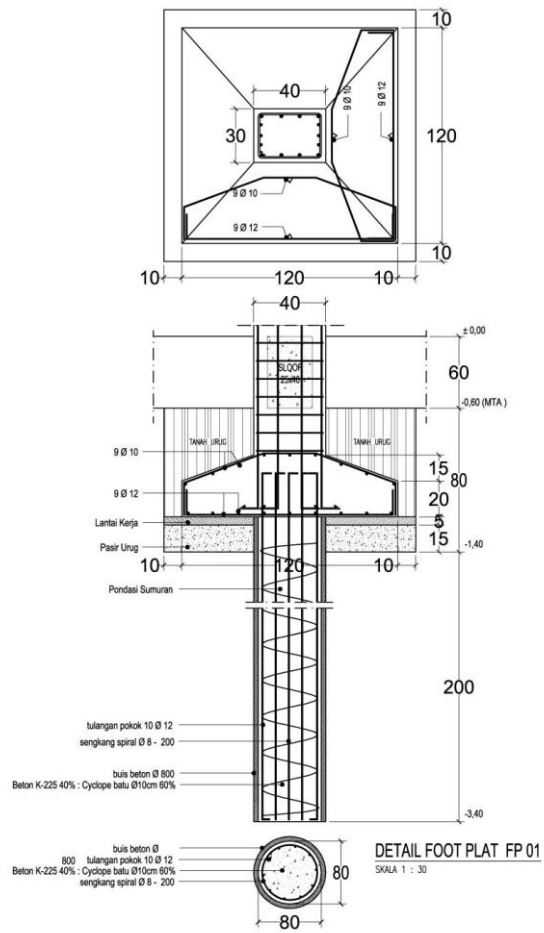
KEDALAMAN (m)	BACAAN qc (kg/cm ²)	BACAAN qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm')	Tf (kg/cm')	Rf fs/qc (%)
0,00	0	0	0	0	0	0,0
0,20	0	0	0	0	0	0,0
0,40	8	10	0,2	4	4	2,50
0,60	8	10	0,2	4	8	2,50
0,80	6	8	0,2	4	12	3,33
1,00	6	8	0,2	4	16	3,33
1,20	6	8	0,2	4	20	3,33
1,40	7	9	0,2	4	24	2,86
1,60	8	10	0,2	4	28	2,50
1,80	8	10	0,2	4	32	2,50
2,00	10	12	0,2	4	36	2,00
2,20	10	12	0,2	4	40	2,00
2,40	5	7	0,2	4	44	4,00
2,60	6	8	0,2	4	48	3,33
2,80	6	8	0,2	4	52	3,33
3,00	8	10	0,2	4	56	2,50
3,20	10	13	0,3	6	62	3,00
3,40	8	10	0,2	4	66	2,50
3,60	8	10	0,2	4	70	2,50
3,80	8	10	0,2	4	74	2,50
4,00	12	15	0,3	6	80	2,50
4,20	15	20	0,5	10	90	3,33
4,40	7	9	0,2	4	94	2,86
4,60	6	8	0,2	4	98	3,33
4,80	8	10	0,2	4	102	2,50
5,00	12	15	0,3	6	108	2,50
5,20	65	70	0,5	10	118	0,77
5,40	115	125	1	20	138	0,87
5,60	45	50	0,5	10	148	1,11
5,80	20	25	0,5	10	158	2,50
6,00	22	27	0,5	10	168	2,27
6,20	35	40	0,5	10	178	1,43
6,40	20	25	0,5	10	188	2,50
6,60	25	30	0,5	10	198	2,00
6,80	17	22	0,5	10	208	2,94
7,00	20	25	0,5	10	218	2,50
7,20	30	35	0,5	10	228	1,67
7,40	65	75	1	20	248	1,54
7,60	140	150	1	20	268	0,71
7,80	250	3	-24,7	-494	-226	-9,88

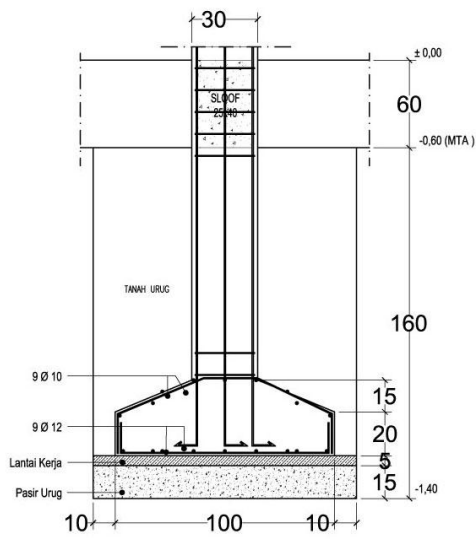
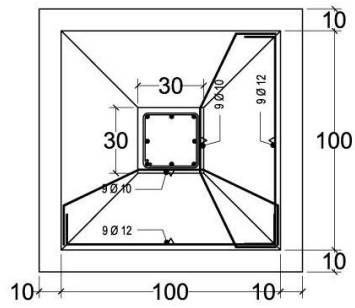
Gambar Kerja





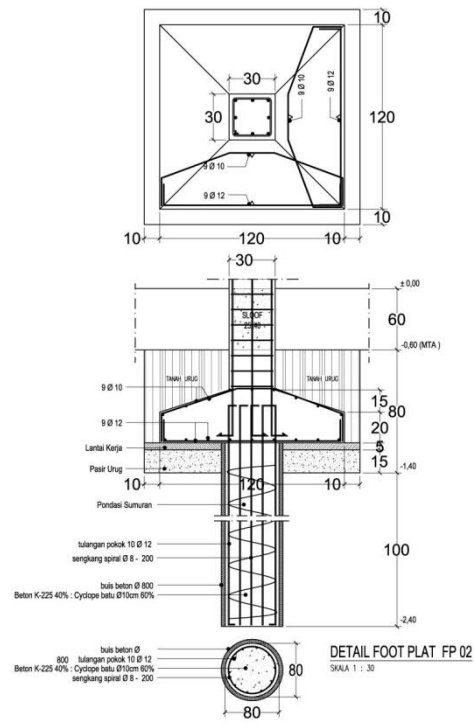






DETAIL FOOT PLAT FP 03

SKALA 1 : 30



Dokumentasi

Survey Lapangan



Kerusakan Pada Lokasi Penelitian





Proses Pengeboran Lubang Grouting



Proses Penggroutingan



Sampel Tanah

