



**STABILITAS *GROUNDSILL* PADA ALIRAN SUNGAI
GARANG DI HILIR JEMBATAN BESI KOTA SEMARANG**

SKRIPSI

Diajukan dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata Satu (S1) untuk Mencapai
Gelar Sarjana Teknik

Oleh

ALDI EKO SAPUTRO

NIM.5113414066

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
TAHUN 2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Stabilitas *Groundsill* Pada Aliran Sungai Garang Di Hilir Jembatan Besi Kota Semarang” telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 15 September 2019.

Oleh :

Nama : Aldi Eko Saputro

NIM : 5113414066

Program Studi : Teknik Sipil, S1

Panitia Ujian Skripsi

Ketua



Aris Widodo, S.Pd., M.T.
NIP. 197102071999031001

Sekretaris



Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 197809212005012001

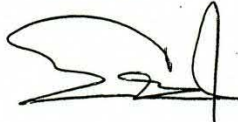
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



Hanggoro Tri Cahyo, S.T., M.T.
NIP. 197505292005011001

Dosen Penguji II



Karuniadi Satrijo U S.T., M.T.
NIP. 197103141999031001

Dosen Pembimbing



Dr. Yeri Sutopo, M.Pd., M.T.
NIP. 196307301987021001

Mengesahkan,
Fakultas Teknik



Dr. Nur Oudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain;
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan tim Penguji;
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka;
4. Pernyataan ini kami buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini;

Semarang, 5 September 2019
yang membuat pernyataan,



Aldi Eko Saputro
NIM. 5113414066

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Aldi Eko Saputro
NIM : 5113414066
Program Studi : S-1 Teknik Sipil
Judul Skripsi : Stabilitas *Groundsill* Pada Aliran Sungai Garang di Hilir
Jembatan Besi Kota Semarang

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES

Semarang, 5 September 2019

Dosen Pembimbing I



Dr. Yeri Sutopo, M.Pd., MT

NIP. 196307301987021001

MOTO

“Apa saja yang Allah anugerahkan kepada manusia berupa rahmat, maka tidak ada seorangpun yang dapat menahannya, dan apa saja yang ditahan oleh Allah maka tidak seorangpun yang sanggup melepaskannya sesudah itu. Dan Dialah Yang Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana. ...” (Qs. Fathir 35 : 2)

“Tetapi orang-orang yang mendalam ilmunya di antara mereka dan orang-orang mukmin, mereka beriman kepada apa yang telah diturunkan kepadamu (Al Qur'an), dan apa yang telah diturunkan sebelumnya dan orang-orang yang mendirikan shalat, menunaikan zakat dan orang-orang yang beriman kepada Allah dan hari kemudian. Orang-orang itulah yang akan kami berikan kepada mereka pahala yang besar” (Qs. An Nisa 2:162)

“Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kita jatuh.” (Confusius)

“Orang-orang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak”. (Aldus Huxley)

“Jembatan tanpa adanya ground sill memang struktur yang kuat namun dengan adanya ground sill sebagai penopang jembatan maka jembatan akan menjadi struktur yang lebih kuat, layaknya manusia jika sendiri mungkin kita mampu menghadapi masalah-masalah yang ada namun jika ada Orang-orang yang ada disekitar kita yang selalu memberi dukungan dan semangat, niscaya kita akan menjadi manusia yang lebih kuat dalam menghadapi masalah-masalah yang ada”. (Aldi Eko Saputro)

PERSEMBAHAN

1. Kedua orang tua saya (Bapak Yahmin dan Ibu Tri Wahyuni) yang selalu mendoakan, membimbing, menyayangi, dan memberikanku fasilitas materi dan non materi hingga saat ini, kalian akan selalu ada di hati saya. Terimakasih untuk selama ini;
2. Adikku, Heru Dwi Wicaksono dan Muhammad Ardiansyah yang selalu memberikan semangat dan motivasi untukku;
3. Kepada dosen pembimbing skripsi Bapak Dr. Yeri Sutopo, M.Pd., M.T yang telah memberi saran dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. Kepada dosen wali bapak Arie Taveriyanto, S.T., M.T. dan seluruh dosen beserta staff Jurusan Teknik Sipil Unnes, terimakasih atas ilmu yang diberikan;
5. Untuk Aisyah Nur Amalina Lestari dan Ahda Reza Andhika, terimakasih untuk semangat, dukungan, waktu dan kesabaran dalam menghadapi keluh kesahku dalam menyelesaikan Skripsi ini;
6. Untuk sahabat-sahabat saya Rombel 2 Teknik Sipil UNNES dan teman-teman Teknik Sipil S1 angkatan 2014. Terimakasih canda tawa, tangis dan perjuangan yang kita lewati bersama;
7. Untuk sahabat-sahabat saya (Suryanto Usman, Rosyda Nanda Permatasari, Arif Wibowo, Putra Septa Kurniawan, Yoga Pamong Seto, Shofa Wicaksono, Deni Pamungkas, Danu Setya Prakoso, Ryan Bayu Kristanto, Visca, Nurul Fiadhia Koeswardani) yang selalu mendukung, memberikan semangat moril maupun materiil, dan tempat berkeluh kesah hingga saat ini;
8. Untuk teman-temanku (Ricko Prisyanto, Wulan Susanto, Ivan owel vedro, Aninthio, Herwindo Sanjaya, Andre Rizky Ananda, Budi Sasmita Aji, Wafin Salahudin tulada, Wirawan Suryo, Jefri Purba, Lia Maula, Monacella Lieta Alam, Sulton Arif, Frans hanung, Ari shiyam, Muhammad Zuli Indra, Pandu Priambodo) dan juga ROMPIL 2013 yang selalu menghibur, mendukung, dan tempat berkeluh kesah saya selama

kuliah di Unnes;

9. Untuk teman-teman Kuliah Kerja Nyata (Indah Cahyaningtyas, Clinton M. Simanjuntak, Yesy Latifunnisa, Risang Aji Prakoso, Niken Citrawati, Silfiana Eka Sagita, Nurnas Kavila Elnung, Laeli Dhikriyah, dan Putranto Adi P) yang juga memberikan motivasi dan segala bentuk perhatian;
10. Teman-teman satu pembimbing (Agus Firdaus, Muhammad Zaim Fida) yang selalu memberikan motivasi, nasihat dan berbagi ilmu dalam menyelesaikan skripsi;
11. Untuk Almamater Universitas Negeri Semarang.

ABSTRAK

STABILITAS *GROUNDSTALL* PADA ALIRAN SUNGAI GARANG DI HILIR JEMBATAN BESI KOTA SEMARANG

Aldi Eko Saputro

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Aldiekosaputro13@gmail.com

Dr. Yeri Sutopo, M.Pd., M.T.

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
yerisutopo@mail.unnes.ac.id

Groundsill merupakan struktur ambang melintang yang dibangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur. Aliran yang berkecepatan tinggi ($>2\text{m/s}$) dan penambangan pasir di daerah hilir jembatan dapat membahayakan beberapa bangunan yang ada di sekitar sungai tersebut, terutama *asset* nasional berupa jalan raya dan jembatan. Kerusakan bangunan-bangunan penting dan pengikisan tebing harus dapat diatasi salah satunya dengan melakukan pembangunan guna menstabilkan dasar sungai Garang agar tidak merusak ekosistem di sekitarnya. Penelitian ini mendeskripsikan stabilitas *groundsill* pada aliran sungai Garang di hilir Jembatan Besi Kota Semarang dari bahaya gerusan. Penelitian ini menggunakan metode survei dan pengumpulan data. Data yang digunakan adalah data observasi dan data sekunder (data desain *groundsill* jembatan besi, data hujan, data geologi dan mekanika tanah). Analisis data yang digunakan adalah (1) metode perhitungan debit banjir rancangan; (2) Analisis gaya yang bekerja pada *groundsill*, (3) Analisis stabilitas *groundsill*. Hasil yang didapat berdasarkan analisis stabilitas *Groundsill* Jembatan Besi yang dilakukan adalah sebagai berikut : *Groundsill* aman terhadap guling pada kondisi air normal dan air banjir dengan perbandingan nilai koefisien guling $>$ nilai koefisien kritis pada kondisi air normal ($2,136 > 1,5$) pada kondisi air banjir ($2,226 > 1,5$). *Groundsill* aman terhadap geser pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisis air banjir dengan perbandingan nilai koefisien geser $>$ nilai koefisien kritis pada kondisi air normal ($2,2 > 1,5$) pada kondisi air banjir ($0,054 < 1,5$). *Groundsill* tidak aman terhadap eksentrisitas pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisi air banjir dengan perbandingan nilai koefisien eksentrisitas $<$ nilai koefisien kritis pada kondisi air normal ($2,058 > 0,65$), pada kondisi air banjir ($32,033 > 0,65$). *Groundsill* aman terhadap daya dukung tanah pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisis air banjir dengan perbandingan nilai koefisien daya dukung tanah $<$ nilai koefisien kritis pada kondisi air normal ($13,636 < 30,97$) pada kondisi air banjir ($44,626 > 30,97$). *Groundsill* aman terhadap Erosi bawah tanah (*piping*) pada kondisi air normal dan air banjir dengan dengan perbandingan nilai koefisien *piping* $>$ nilai koefisien kritis nilai keamanan sebesar ($4,416 > 4$), kondisi air banjir ($6,060 > 4$).

Kata kunci : Stabilitas, *Groundsill*, Jembatan besi

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Stabilitas *Groundsill* Pada Sungai Garang di Hilir Jembatan Besi Kota Semarang” sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Tak lupa, Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang kami nanti nantikan syafaat beliau di yaumul qiyamah nanti. Dalam menyelesaikan karya tulis ini, tak lepas dari bantuan banyak pihak dan oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebesar besarnya kepada,

1. Bapak dan Ibu tercinta yang terus mendukung penulis dalam setiap tahapan menyelesaikan seluruh kegiatan perkuliahan hingga menyelesaikan karya tulis ini yang tak bisa tergantikan;
2. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang yang mengusahakan sarana prasarana sehingga penulis dapat menempuh studi di Universitas Negeri Semarang;
3. Dr. Nur Qudus M.T, Dekan Fakultas Teknik, yang menjadi tauladan dan juga memberikan kepada penulis kesempatan dan prasarana untuk menyelesaikan karya tulis ini;
4. Pengelola Jurusan yang telah membantu dalam banyak hal terkait administrasi yang ada;
5. Dr. Yeri Sutopo M.Pd., M.T sebagai pembimbing, yang sangat membantu kami dalam belajar, memahami serta mencari sumber data sehingga dapat memiliki wawasan yang cukup untuk menyelesaikan karya tulis ini dan menjadi calon *engineer* seperti yang diharapkan;
6. Hanggoro Tri Cahyo, S.T., M.T Selaku Penguji 1 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran perbaikan, pertanyaan, masukan, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini;

7. Karuniadi Satrijo Utomo S.T ., M.T Selaku Penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran perbaikan, pertanyaan, masukan, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini;
8. Seluruh sahabat, saudara teman dan setiap orang yang telah memberikan bantuan namun tidak bisa saya tulis satu per satu dalam penyusunan karya tulis berupa bekal pengetahuan yang berharga.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam segala hal yang berkaitan dengan penyelesaian Skripsi ini. Penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna oleh karena itu segala kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan sebagai bekal untuk pengembangan di masa mendatang.

Semarang, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------------------------|
| SAMPUL | |
| JUDUL DALAM | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING | Error! Bookmark not defined. |
| PERSEMBAHAN..... | vi |
| ABSTRAK | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvi |
| DAFTAR SINGKATAN TEKNIS..... | xviii |
| DAFTAR NOTASI..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah..... | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 4 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.5 Tujuan | 5 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.6.1 Manfaat Teoritis..... | 5 |
| 1.6.2 Manfaat Praktek..... | 6 |
| 1.7 Lokasi Studi | 6 |
| 1.8 Sistematika Penulisan | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 9 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 9 |
| 2.2 Landasan Teori..... | 11 |
| 2.2.1 <i>Groundsill</i> | 11 |
| 2.2.2 DAS (Daerah Aliran Sungai)..... | 13 |
| 2.2.3 Analisa Hidrologi..... | 14 |
| 2.2.4 Perhitungan Gaya-gaya pada <i>Groundsill</i> | 26 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| 2.2.5 | Stabilitas <i>Groundsill</i> | 37 |
| BAB III | METODE PENELITIAN | 46 |
| 3.1. | Waktu dan Tempat Penelitian | 46 |
| 3.2. | Metode Penelitian | 47 |
| 3.3. | Alat dan Bahan | 47 |
| 3.3.1. | Alat..... | 47 |
| 3.3.2. | Bahan..... | 48 |
| 3.4. | Langkah – Langkah Penelitian | 48 |
| 3.5. | Parameter Penelitian..... | 49 |
| 3.6. | Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data..... | 50 |
| 3.7. | Analisis Data | 50 |
| 3.7.1. | Analisis Data Hidrologi..... | 50 |
| 3.7.2. | Analisis Hidrolika..... | 52 |
| 3.7.3. | Analisis Stabilitas <i>Groundsill</i> | 53 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 57 |
| 4.1. | Hasil Penelitian | 57 |
| 4.1.1. | Hasil Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata..... | 57 |
| 4.1.2. | Hasil Perhitungan Dispersi..... | 61 |
| 4.1.3. | Hasil Perhitungan Curah Hujan Maksimum Periode Ulang dengan Metode Log Person Type III | 62 |
| 4.1.4. | Uji <i>Smirnov Kolmogorof</i> (Normalitas Sebaran Data)..... | 63 |
| 4.1.5. | Perhitungan Aliran Dasar | 65 |
| 4.1.6. | Perhitungan Debit Banjir Rancangan | 66 |
| 4.1.7. | Data Teknis <i>Groundsill</i> | 78 |
| 4.1.8. | Perhitungan Gaya-gaya yang terjadi pada <i>Groundsill</i> | 79 |
| 4.2. | Pembahasan Stabilitas <i>Groundsill</i> | 98 |
| 4.2.1. | Kontrol Stabilitas <i>Groundsill</i> | 98 |
| 4.2.2. | Stabilitas Terhadap Guling | 98 |
| 4.2.3. | Stabilitas Terhadap Geser | 99 |
| 4.2.4. | Stabilitas Terhadap Eksentrisitas | 101 |
| 4.2.5. | Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah | 102 |
| 4.2.6. | Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (<i>piping</i>) | 104 |
| BAB V | PENUTUP..... | 106 |
| 5.1. | Kesimpulan | 106 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 5.2. Saran..... | 107 |
| DAFTAR PUSTAKA | 109 |
| LAMPIRAN..... | 111 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. 1 Batas - Batas Wilayah Lokasi Studi..... | 7 |
| Tabel 2. 1 Berat Jenis Bahan..... | 31 |
| Tabel 2. 2 Harga Koefisien Tegangan Aktif K_a untuk Dinding Miring Kasar dengan Permukaan Tanah Datar/Horisontal..... | 32 |
| Tabel 2. 3 Harga Koefisien Tegangan Pasif K_p untuk Dinding Miring Kasar dengan Permukaan Tanah Datar/Horisontal..... | 33 |
| Tabel 2. 4 Koefisien Jenis Tanah (KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)..... | 35 |
| Tabel 2. 5 Periode Ulang dan Perceptan Dasar Gempa a_c | 36 |
| Tabel 2. 6 Harga Perkiraan Daya Dukung yang diizinkan..... | 38 |
| Tabel 2. 7 Harga Perkiraan untuk Koefisien Gesek..... | 39 |
| Tabel 2. 8 Bentuk Telapak Pondasi | 41 |
| Tabel 2. 9 Harga minimum angka rembesan Lane | 44 |
| Tabel 3. 1 Alat dan Bahan..... | 48 |
| Tabel 3. 2 Rumus untuk menentukan koordinat hidrograf satuan Nakayasu | 53 |
| Tabel 4. 1 Curah hujan harian maksimum stasiun Simongan (mm)..... | 57 |
| Tabel 4. 2 Curah hujan harian maksimum stasiun Gunung Pati (mm) | 58 |
| Tabel 4. 3 Curah hujan harian maksimum stasiun Sumur Jurang (mm)..... | 58 |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Curah Hujan Maksimum Pertahun (mm)..... | 59 |
| Tabel 4. 5 Pembagian luas daerah tangkapan dengan metode Poligon Thiesen. 60 | |
| Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Curah hujan maksimum harian rata-rata pertahun . 60 | |
| Tabel 4. 7 Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III..... | 61 |
| Tabel 4. 8 Perhitungan Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III..... | 63 |
| Tabel 4. 9 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov..... | 64 |
| Tabel 4. 10 Data Perhitungan Debit Banjir Rancangan | 66 |
| Tabel 4. 11 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan..... | 67 |
| Tabel 4. 12 Analisis Intensitas Curah Hujan..... | 68 |
| Tabel 4. 13 Ordinat Hidrograf Nakayasu | 69 |
| Tabel 4. 14 Distribusi Hujan Jam- Jaman | 70 |
| Tabel 4. 15 Curah Hujan Jam- Jaman | 71 |
| Tabel 4. 16 Distribusi Curah Hujan Efektif | 71 |
| Tabel 4. 17 Nilai Hidrograf Banjir Rencana 2 Tahun | 72 |
| Tabel 4. 18 Nilai Hidrograf Banjir Rencana 5 Tahun | 73 |
| Tabel 4. 19 Nilai Hidrograf Banjir Rencana 10 Tahun | 74 |
| Tabel 4. 20 Nilai Hidrograf Banjir Rencana 25 Tahun | 75 |
| Tabel 4. 21 Nilai Hidrograf Banjir Rencana 50 Tahun | 77 |
| Tabel 4. 22 Resume Debit Maksimum Periode ulang DAS Jembatan Besi | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Berat Sendiri..... | 81 |
| Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Momen akibat Gaya Gempa..... | 84 |
| Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Rembesan dan Tekanan Air saat kondisi air normal | 88 |
| Tabel 4. 26 Hasil Perhitungan Momen akibat Gaya Uplift Pressure kondisi air normal | 89 |
| Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Gaya Momen Tekanan Tanah Aktif..... | 90 |
| Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Gaya Momen Tekanan Tanah Pasif | 92 |
| Tabel 4. 29 Hasil Perhitungan Gaya Momen Tekanan Air Kondisi Banjir | 94 |
| Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Rembesan dan tekanan air saat kondisi air banjir | 95 |
| Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Momen akibat Gaya Uplift Pressure kondisi air Banjir | 96 |
| Tabel 4. 32 Resume Hasil Perhitungan Gaya-gaya yang bekerja pada Groundsill | 97 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. 1 Peta Lokasi Studi (Sumber : Google Maps)..... | 7 |
| Gambar 2. 1 Bagian-Bagian Groundsill..... | 12 |
| Gambar 2. 2 Groundsill Datar | 12 |
| Gambar 2. 3 Groundsill Pelimpah..... | 13 |
| Gambar 2. 4 Metode Thiessen | 16 |
| Gambar 2. 5 Bentuk Grafis Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu..... | 26 |
| Gambar 2. 6 Gaya yang Bekerja pada Groundsill | 27 |
| Gambar 2. 7 Gaya Angkat pada Pondasi Groundsill | 28 |
| Gambar 2. 8 Gaya Tekan Air | 30 |
| Gambar 2. 9 Berat Sendiri Groundsill..... | 30 |
| Gambar 2. 10 Tegangan samping aktif dan pasif menurut Rankine..... | 32 |
| Gambar 2. 11 Tekanan aktif (a) dan Pasif (b) menurut Rankine. | 33 |
| Gambar 2. 12 Koefisien Zona Gempa di Indonesia..... | 36 |
| Gambar 2. 13 Stabilitas Terhadap Guling..... | 37 |
| Gambar 2. 14 Tinjauan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah (Suyono : 2005) | 40 |
| Gambar 2. 15 Faktor Daya Dukung (KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)..... | 41 |
| Gambar 2. 16 Titik-titik yang dilalui Rembesan..... | 43 |
| Gambar 2. 17 Metode Angka Rembesan Lane | 44 |
| | |
| Gambar 3. 1 Peta lokasi titik penelitian | 46 |
| Gambar 3. 2 Diagram alir analisis stabilitas Groundsill. | 49 |
| | |
| Gambar 4. 1 Peta DAS, Stasiun hujan dan Pembagian Poligon Thiessen | 59 |
| Gambar 4. 2 Grafik Pola Distribusi Hujan DAS Jembatan Besi..... | 78 |
| Gambar 4. 3 Potongan Groundsill Jembatan Besi | 79 |
| Gambar 4. 4 Gaya akibat berat sendiri pada Groundsill | 82 |
| Gambar 4. 5 Gaya akibat Gempa yang bekerja Groundsill | 84 |
| Gambar 4. 6 Gaya Hidrostatik yang bekerja pada Groundsill kondisi air normal | 85 |
| Gambar 4. 7 Gaya Tekan lumpur yang bekerja pada Groundsill..... | 87 |
| Gambar 4. 8 Gaya Uplift Pressure yang bekerja pada Groundsill kondisi air normal | 89 |
| Gambar 4. 9 Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif | 91 |
| Gambar 4. 10 Gaya Akibat Tekanan Tanah Pasif..... | 92 |
| Gambar 4. 11 Tinggi Muka Air pada Groundsill Kondisi Air Banjir..... | 93 |
| Gambar 4. 12 Gaya Hidrostatik yang bekerja pada Groundsill kondisi air banjir | 94 |
| Gambar 4. 13 Gaya Uplift Pressure yang bekerja pada kondisi air banjir..... | 97 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|--|-----|
| Lampiran 1 | Data Curah Hujan Simogan | 111 |
| Lampiran 2 | Data Tanah <i>Groundsill</i> Jembatan Besi | 112 |

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS

| | |
|------|---|
| BBWS | : Balai Besar Wilayah Sungai |
| PSDA | : Pengelola Sumber Daya Air |
| BT | : Bujur Timur |
| DAS | : Daerah aliran sungai |
| LS | : Lintang Selatan |
| AWLR | : <i>Automatic Water Level Recorder</i> |
| HSS | : Hidrograf Satuan Sintetik |
| WCR | : <i>Weighted Creep Ratio</i> |
| DPS | : Daerah pengaliran sungai |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------------|---|
| I | : Intensitas Curah Hujan (mm/jam) |
| R_{24} | : Curah Hujan maksimum dalam 24 jam (mm) |
| t | : Lamanya Curah Hujan (jam) |
| n | : Banyaknya pasangan data i dan t |
| Q | : Debit (m^3/dt) |
| Cs | : Koefisien Kepencengan |
| S | : Standar deviasi |
| Cv | : Koefisien Variasi |
| ΔH | : Beda tinggi air di hulu dan hilir (m) |
| ad | : Percepatan gempa rencana (cm/dt^2) |
| N,M | : Koefisien untuk jenis tanah |
| ac | : Percepatan kejut dasar (cm/dt^2) |
| g | : Percepatan gravitasi (cm/dt^2) |
| Z | : Faktor yang bergantung kepada letak geografis |
| γ_s | : Berat isi lumpur (ton/m^3) |
| Hs | : Tinggi tanah lumpur (m) |
| Ls | : Panjang lengan gaya (m) |
| Φ | : Sudut geser dalam (derajat) |
| Lx | : Panjang bidang kontak (m) |
| $\sum L$ | : Panjang total bidang kontak (m) |
| Hx | : Tinggi energi (m) |
| U | : Gaya angkat air (KN) |
| γ_{sat} | : Berat isi jenuh tanah (ton/m^3) |
| Mv | : Momen vertikal (t.m) |
| Mh | : Momen horizontal (t.m) |
| $\sum V$ | : Gaya vertikal (t) |
| $\sum H$ | : Gaya horizontal (t) |
| Q_{ult} | : Daya dukung tanah ultimate (ton/m^2) |
| γ | : Berat jenis tanah (ton/m^3) |

| | |
|----------------|---|
| hp | : Kedalaman pondasi (m) |
| C | : Nilai kohesi tanah |
| B ₂ | : Lebar dasar <i>groundsill</i> (m) |
| e | : Eksentrisitas |
| K _a | : Koefisien tegangan aktif |
| K _p | : Koefisien tegangan pasif |
| P _a | : Tekanan tanah aktif (KN) |
| P _p | : Tekanan pasif (KN) |
| P _w | : Tekanan air normal dihilu <i>groundsill</i> (m) |
| W _w | : Berat air membebani bangunan (KN) |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir yang sering terjadi di beberapa daerah merupakan peristiwa alam yang tidak dapat dicegah. Peristiwa banjir merupakan akibat misalnya curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama serta kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) yang rusak dan tidak mampu menahan / menyerap air hujan, sehingga menimbulkan aliran permukaan yang besar. Bila sungai tidak mampu menampung aliran permukaan yang besar tersebut maka terjadilah banjir.

Penyebab utama bencana tersebut adalah ulah manusia seperti berkurangnya lahan sebagai daerah resapan air, menurunnya daya dukung lingkungan terhadap kelestarian fungsi dan manfaat sumber daya air akibat perusakan hutan yang tidak terkendali, kurang terpeliharanya bangunan pengendali banjir dan alur sungai, pengendapan sedimen, sistem drainase yang tidak berjalan, serta curah hujan yang melebihi batas normal. Banjir dapat pula diakibatkan oleh ketidakstabilan tanggul sungai atau bangunan pengendali banjir di sungai.

Sungai adalah saluran drainase yang terbentuk secara alamiah, karena didalamnya terdapat air yang mengalir terus menerus maka timbullah gerusan-gerusan yang terjadi disepanjang sungai, sedimen hasil dari gerusan tersebut nantinya akan terangkut oleh arus air dan mengendap di bagian hilir sungai. Gerusan - gerusan yang terjadi terus menerus disepanjang sungai dapat menimbulkan bahaya terhadap struktur - struktur yang ada di sekitar sungai terutama bahaya gerusan terhadap pilar jembatan yang dapat berakibat kepada amburknya struktur jembatan.

Pengambilan bahan-bahan pasir/batu yang berlebihan di bagian hulu sungai dapat mengakibatkan terjadinya penurunan dasar sungai yang berlebihan. Selain itu pembangunan konstruksi yang melintang sungai dapat juga mengakibatkan terjadinya penurunan dasar sungai secara lokal. Gerusan yang terjadi biasanya berlangsung dalam jangka waktu yang lama, karena proses ini terjadi secara bertahap sedikit demi sedikit. Prosesnya akan terlihat lebih nyata saat terjadi

banjir besar, hal ini didasari karena saat terjadi banjir, *fluktuasi* air tidak lagi dapat di prediksi. Gerusan dasar menjadi lebih besar pengaruhnya jika lebar efektif sungai berkurang, hal ini bisa mengakibatkan aliran air menjadi terfokus menuju satu titik. Hal ini akibat dari pembangunan pilar jembatan di tengah-tengah alur sungai, akibat yang lebih parah bisa terjadi jika banjir yang datang mengangkut material yang dapat mengurangi lebar efektif sungai, misalnya batang pohon atau sampah. Jika material tersebut tersangkut pada pilar jembatan maka lebar efektif sungai akan lebih berkurang, sehingga aliran menjadi lebih terfokus, dampaknya gerusan dasar sungai akan terjadi lebih besar.

Dapat dikatakan saat merencanakan bangunan yang berdiri dialur sungai, perlu juga dipikirkan dampak yang nantinya akan terjadi, baik itu untuk jangka pendek ataupun jangka panjang. Jika perencanaannya tidak matang maka dapat terjadi penurunan yang berlebihan, akibatnya pondasi bangunan tersebut dapat rusak/hancur.

Kerusakan yang terjadi pada sarana dan prasarana sumber daya air meliputi bobolnya tanggul, longsohnya tembok penahan banjir dan bangunan sungai, dimana apabila terjadi air dapat menggenangi permukiman, lahan pertanian dan fasilitas umum masyarakat serta kerusakan pada jaringan irigasi yang menyebabkan gagal panen, yang lebih jauh dapat mengancam ketahanan pangan masyarakat dan wilayah serta kondisi sosial ekonomi masyarakat terhadap pertumbuhan ekonomi regional.

Sungai Garang yang terletak di Kota Semarang merupakan bagian dari tiga sungai utama di Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang yang terdiri dari sungai Garang, Sungai Kripik dan Sungai Kreo. Sungai Garang memiliki aliran yang cukup deras yang dapat membuat bangunan seperti jembatan sungai mengalami gerusan pada pilarnya. Dasar sungai merupakan dasar dengan material berupa pasir dan bebatuan yang sering dimanfaatkan dengan ditambang oleh penduduk. Tebing-tebing Sungai Garang berupa lereng tanah yang cukup tinggi yang tentu dapat dengan mudah terkikis akibat arus yang cukup deras. Aliran arus yang deras dan penambangan pasir di daerah hulu jembatan dapat membahayakan beberapa bangunan yang ada di sekitar sungai tersebut, terutama *asset* nasional berupa jalan

raya dan jembatan. Kerusakan bangunan-bangunan penting dan pengikisan tebing harus dapat diatasi salah satunya dengan melakukan pembangunan guna menstabilkan dasar sungai garang agar tidak merusak ekosistem di sekitarnya.

Pada hulu Tugu Suharto ke arah Kali Garang dengan jarak kurang lebih 500 m terdapat Jembatan dengan struktur *truss* baja yang menghubungkan daerah Sampangan dengan daerah Sekaran di Kecamatan Gunungpati. Guna mengendalikan aliran air di Tugu Suharto dan bagian hilirnya, serta meningkatkan keamanan abutmen jembatan dari bahaya penggerusan dasar sungai terdapat bangunan pengatur dasar dan aliran sungai yang disebut ambang (*groundsill*).

Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang dibangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur. Hal ini dapat menjaga agar elevasi lapisan endapan tidak mengalami penurunan, sehingga struktur bangunan yang berada di bagian hulu sungai seperti jembatan tetap dalam keadaan aman meskipun terjadi penambangan pasir pada sungai. Bangunan *groundsill* tersebut sangat penting, maka struktur *groundsill* harus kuat dan aman.

Dengan demikian *Groundsill* Jembatan Besi sebaiknya di analisis, parameter yang di analisis adalah debit sugai dan struktur *Groundsill* Jembatan Besi. Pada penelitian ini lebih dititik beratkan pada stabilitas *Groundsill* Jembatan Besi baik ditinjau dari keamanan terhadap bahaya rembesan (*piping*), keamanan terhadap bahaya guling pada saat debit banjir, keamanan terhadap daya dukung tanah, dan kemanan terhadap bahaya geser pada saat debit banjir.

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam perencanaan dan pelaksanaan *groundsill* perlu diperhitungkan kekuatan dan keamanan struktur *groundsill*, kecukupan/kemampuan fondasi, serta efek-efek dari berat air dan tinggi tekanan. Kondisi *groundsill* harus stabil terhadap guling dan geser, serta bernilai ekonomis. Bangunan bangunan yang kurang teliti dalam perhitungan dan perancangan serta pembangunan dapat dirusak oleh pengaruh kestabilan tanah, tekanan air sungai dan gempa sehingga merugikan setiap masyarakat yang menggunakan jembatan tersebut sebagai akses

utama. Berdasarkan uraian di latar belakang masalah di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- 1) Gerusan lokal pada pilar adalah kejadian turunnya dasar sungai disekitar pilar akibat adanya sistem pusaran (*vortex sistem*) yang timbul karena aliran dihalangi oleh pilar.
- 2) Degradasi dasar sungai yang terjadi secara terus menerus hingga tercapainya keseimbangan antara suplai dengan angkutan sedimen yang saling memperbaiki, dengan adanya pilar jembatan, maka terjadi ketidakseimbangan karena angkutan sedimen lebih besar daripada suplai sedimennya. Hal ini menyebabkan semakin dalam gerusan (*scour hole*) pada pilar jembatan sehingga dapat menyebabkan rusaknya jembatan secara umum.
- 3) Penurunan kapasitas tampungan sungai adalah terjadinya penumpukan sedimen atau biasa disebut sedimentasi di badan sungai baik itu di tengah-tengah alur sungai maupun pada daerah muara sebuah sungai.
- 4) Debit hidrograf yang perlu ditinjau ulang.
- 5) Kerusakan struktur *groundsill*, baik retaknya struktur *groundsill* atau secara struktural tidak berfungsi.
- 6) *Groundsill* harus ditinjau dari parameter stabilitasnya.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka dalam penelitian ini ditekankan pada analisis Stabilitas *Groundsill* Jembatan Besi. Studi kasus ini dibatasi dengan hanya menjelaskan tentang analisis stabilitas suatu rancangan bangunan *groundsill* terhadap bahaya – bahaya yang dapat menimbulkan runtuhnya suatu bangunan *groundsill* yaitu; bahaya terhadap guling, bahaya terhadap geser, daya dukung tanah (penurunan), dan rembesan (*piping*); sedangkan analisis untuk bahaya patahnya tubuh konstruksi, dalam proyek akhir ini tidak dibahas.

1.4 Rumusan Masalah

Melihat pentingnya fungsi Jembatan maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya guling?
- 2) Bagaimana keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya pergeseran?
- 3) Bagaimana keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya eksentrisitas?
- 4) Bagaimana keamanan *Groundsill* Jembatan Besi ditinjau dari daya dukung tanahnya?
- 5) Bagaimana keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap bahaya rembesan (*piping*)?

1.5 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya guling;
- 2) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya pergeseran;
- 3) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya eksentrisitas;
- 4) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi ditinjau dari daya dukung tanahnya;
- 5) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap bahaya rembesan (*piping*).

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini mengenai (1) Manfaat teoritis; (2) Manfaat Praktis.

1.6.1 Manfaat Teoritis

Mendukung konsep gaya-gaya yang terjadi pada *ground sill* di hilir sungai Jembatan Besi yaitu; (1) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya guling, (2) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi

terhadap gaya pergeseran, (3) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi terhadap gaya eksentrisitas, (4) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan Besi ditinjau dari daya dukung tanahnya, (5) Menganalisis keamanan *Groundsill* Jembatan terhadap bahaya rembesan (*piping*).

1.6.2 Manfaat Praktek

- 1). Bagi Fakultas Teknik sebagai referensi dan pembelajaran bagi adik- adik tingkat dalam evaluasi bangunan air khususnya tentang Stabilitas *Groundsill*.
- 2) Bagi Program Studi Teknik Sipil Untuk pengembangan ilmu di bidang teknik sipil sesuai dengan teori yang didapat di bangku perkuliahan khususnya mengenai permasalahan Stabilitas *Groundsill* dan solusi yang atas permasalahan tersebut.
- 3) Bagi Universitas Negeri Semarang sebagai penelitian yang bermanfaat serta dapat menambah pustaka bagi Universitas Negeri Semarang.
- 4) Hasil penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi kepada Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana sebagai pengelolal daerah aliran sungai garang dalam hal perencanaan yang telah dibangun pada lokasi tersebut.

1.7 Lokasi Studi

Lokasi *Groundsill* Jembatan Besi secara geografis terletak pada koordinat antara 110.389287° dan -7.019527° LS. Terletak di Jalan Dewi Sartika, perbatasan antara Kecamatan Gajahmungkur dengan Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Studi

(Sumber : Google Maps)

Tabel 1. 1 Batas - Batas Wilayah Lokasi Studi

| No | Batas | Wilayah |
|----|---------|------------------------|
| 1 | Utara | Kecamatan Gajahmungkur |
| 2 | Timur | Kelurahan Bendan duwur |
| 3 | Selatan | Kecamatan Gunung Pati |
| 4 | Barat | Kecamatan Ngaliyan |

Jembatan Besi yang berlokasi di Jl. Dewi Sartika yang berbatasan ataran Kecamatan Gunungpati dengan Kecamatan Gajahmungkur kota Semarang. Jembatan besi saat ini digunakan sebagai akses utama para Mahasiswa untuk menuju Universitas Negeri Semarang, sertra jalan akses utama masyarakat Gunung pati untuk menuju ke pusat kota semarang.

1.8 Sistematika Penulisan

Bagian Awal

Bagian awal tugas akhir meliputi: judul, abstrak, lembar pengesahan, motto, dan bagian persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

Bagian Isi

Isi skripsi disajikan dalam lima bab, dengan beberapa sub bab pada tiap babnya.

Bab I : Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penyusunan laporan

Bab II : Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Berisi tentang tinjauan pustaka dan dasar teori yang memberikan uraian secara teoritis tentang *groundsill*, penelusuran banjir, analisis hidrologi, dan perhitungan banjir rancangan .

Bab III : Metode Penelitian

Berisi tentang sistematika penelitian dan penulisan, langkah langkah atau prosedur pengambilan, dan metode pengolahan data dari hasil penelitian.

BAB IV : Pengolahan Data dan Pembahasan

Pada bab ini akan dipaparkan hasil dari pengolahan data hidrologi berupa sistematika penelitian dan penulisan, prosedur pengambilan, dan metode pengolahan data dari hasil penelitian.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan selama melakukan analisis dan saran-saran mengenai permasalahan yang dihadapi.

Bagian Akhir

Pada bagian akhir ini berisikan daftar pustaka dan lamiran-lampiran yang mendukung hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang berjudul “Perencanaan *Groundsill* Pada Sungai Tinga-Tinga Desa Tukad Tinga-Tinga Kecamatan Gerokgak Kabupaten Buleleng Bali”, yang diteliti oleh Anand wijaya Tungga dari Universitas Brawijaya tahun 2018 menemukan bahwa; (1) Penempatan *Groundsil* diletakkan pada bagian hilir jembatan Tinga-Tinga sejauh 20 m, agar tidak terjadi penurunan dasar sungai secara berlebihan pada pondasi jembatan, sehingga jembatan Tinga-Tinga tidak terganggu fungsinya. (2) Debit desain yang dibutuhkan untuk perencanaan bangunan *Groundsill* dengan Q_{25th} sebesar $23,966 \text{ m}^3/\text{det}$. (3) Bangunan *Groundsill* direncanakan dengan kriteria lebar pelimpah 14 m, tinggi *main dam* 1,5 m, lebar *main dam* 1,5 m, panjang lantai olak 9 m, tebal lantai olak 0,5 m, tinggi *sub-dam* 0,6 m, lebar *sub-dam* 1 m, dan pondasi dengan kedalaman 1,5 m.

Penelitian yang berjudul “Kontrol Stabilitas *Groundsill* Bantar Di Kali Progo Kabupaten”, yang diteliti oleh Sarsin dari Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2012 menemukan bahwa; (1) *Groundsill* Bantar di Kali Progo aman terhadap erosi bawah bendung (*piping*) karena pada nilai WCR hitung $>$ dari nilai WCR untuk tanah jenis lempung lunak. (2) *Groundsill* Bantar di Kali Progo aman terhadap gaya guling karena berdasarkan analisis perhitungan momen yang bekerja yaitu momen guling $<$ dari momen tahan dan dari hasil perbandingan kedua momen tersebut menunjukkan $>$ dari *safety factor* yang telah di tentukan yaitu 1,5. (3) *Groundsill* Bantar di Kali Progo aman terhadap gaya geser karena berdasarkan analisis perhitungan diperoleh bahwa hasil perkalian koefisien geser dengan perbandingan gaya yang bekerja secara vertikal dan horizontal $>$ *safety factor* yaitu 1,5. (4) *Groundsill* Bantar di Kali Progo aman terhadap daya dukung tanah karena pada hasil perhitungan diketahui bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi $<$ nilai tegangan atau daya dukung tanah maksimum yang diizinkan, dan nilai tegangan minimum $>$ 0 (Sarsin 2012).

Penelitian yang berjudul “Evaluasi Dampak Groundsill Dalam Mengurangi Gerusan Pada Pilar Jembatan Menggunakan Software HEC-RAS”, yang diteliti oleh Miranda Cambodia dari Universitas Lampung tahun 2018 menemukan bahwa; (1) Besar debit banjir rancangan di sungai Cikao untuk kala ulang 2 tahun 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun secara berturut-turut adalah 114,8112 m³/dt, 139,6104 m³/dt, 153,1125 m³/dt, 162,7134 m³/dt, 167,7373 m³/dt, 177,2401 m³/dt, 185,7622 m³/dt. (2) Berdasarkan hasil running HEC-RAS pada penelitian ini, terlihat adanya perubahan dasar sungai akibat degradasi dan aggradasi. (3) Berdasarkan hasil analisis menggunakan software HEC-RAS, dapat diketahui jika keberadaan jembatan memberikan pengaruh terhadap degradasi dan aggradasi di penampang sungai di sekitarnya. Pada penelitian ini terdapat jembatan BH.337 di sungai cikao yang memberikan pengaruh di penampang sungainya. (4) Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa pilar jembatan menyebabkan terjadinya gerusan. Kedalaman gerusan maksimum yang terjadi pada kondisi groundsill eksisting untuk debit banjir kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun berturut-turut adalah 3,03 m, 3,28 m, 3,37 m, 3,43 m, 3,46 m, 3,52 m, dan 3,57 m. Sedangkan pada 122 groundsill alternatif, kedalaman gerusan maksimum berkurang menjadi 2,91 m, 2,08 m, 3,16 m, 3,23 m, 3,25 m, 3,30 m, dan 3,35 m. (5) Berdasarkan hasil analisis maka keberadaan groundsill di sebelah hilir jembatan berfungsi sebagai salah satu alternatif dalam mengurangi gerusan pada pilar jembatan.

Jurnal Penelitian yang berjudul “Analisis Penempat Groundsill Sebagai Perlindungan Abutment Jembatan Terhadap Gerusan”, yang diteliti oleh Sucipto, Tugino dari Universitas Negeri Semarang tahun 2010 menemukan bahwa; (1) Pertambahan kedalaman gerusan berlangsung cepat yaitu pada menit-menit awal dan selanjutnya semakin mengecil hingga mencapai kesetimbangan (equilibrium scour depth). (2) Jarak penempatan groundsill merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kedalaman gerusan. Semakin jauh jarak penempatan groundsill, kedalaman gerusan semakin kecil (untuk debit yang sama). (3) Besarnya diameter butiran material dasar gerusan sangat mempengaruhi

terjadinya kedalaman gerusan lokal di sekitar semi-circular-end abutment. Semakin halus material dasar gerusan maka kedalaman gerusan lokal akan semakin besar pula atau sebaliknya. Besarnya penambahan kedalaman material gerusan pada penelitian ini akibat perbedaan material dasar gerusan rata-rata adalah 31,25%. (4) Penempatan *groundsill* di hilir *semi-circular-end abutment* dapat mereduksi kedalaman gerusan yang cukup besar. Penempatan *groundsill* pada material A dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 23.75%, untuk jarak penempatan *groundsill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 30.84%, dan 35.42%. Penempatan *groundsill* pada material B dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 32.12%, untuk jarak penempatan *groundsill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 37.64% dan 41.15%.

Jurnal Penelitian yang berjudul “Karakteristik Gerusan Ujung Bulat Pilar Segi Empat Ujung Bulat Pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai Dengan Proteksi Tirai”, yang diteliti oleh Arif Yunar Jurnal SMARTek, vol.4, No.3, Arif Yunar tahun 2006 yang menemukan bahwa; (1) Nilai perubahan kedalaman dasar baik itu kedalaman gerusan lokal maksimum ataupun penurunan dasar yang terjadi adalah nilai relatif. (2) Dari pengamatan kedalaman gerusan diketahui bahwa pasangan tirai dan Pilar Segi Empat ujung Bulat T1R1A4 mempunyai nilai kedalaman relatif gerusan lokal maksimum paling kecil dari seluruh running Pilar Segi Empat Ujung Bulat yang menggunakan tirai yaitu sebesar 0.40, sedangkan nilai minimum penurunan dasar relatif dicapai T1R1A1 yaitu sebesar 0.01.

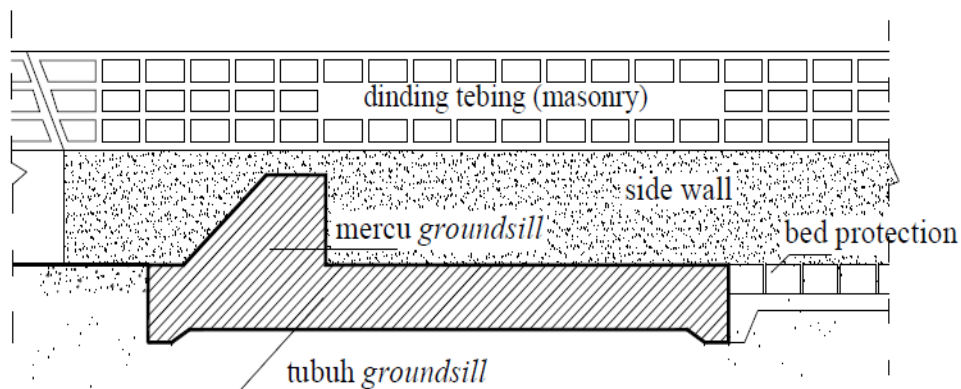
2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Groundsill*

Groundsill dan juga bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai yang sengaja dibuat untuk meninggikan elevasi muka air untuk mendapatkan tinggi terjun. Hanya saja yang menyebabkan perbedaan antara *groundsill* dan bendung adalah pada fungsi dan tujuan.

Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang dibangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur. Hal ini dapat menjaga agar elevasi lapisan endapan tidak mengalami penurunan, sehingga struktur bangunan yang berada di bagian hulu sungai seperti jembatan tetap dalam keadaan aman meskipun terjadi penambangan pasir pada sungai.

Sedangkan bendung berfungsi dan bertujuan sebagai peninggi muka air sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan. (Dirjen Pengairan DPU : 1986).

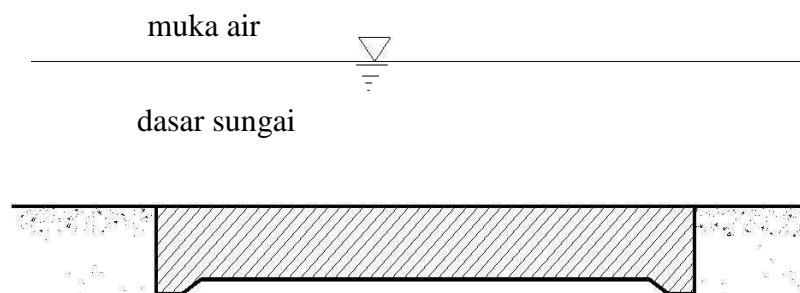


Gambar 2. 1 Bagian-Bagian *Groundsill*

Secara umum terdapat dua tipe umum *groundsill* yaitu:

- 1) *Groundsill* datar (*Bed gingle work*)

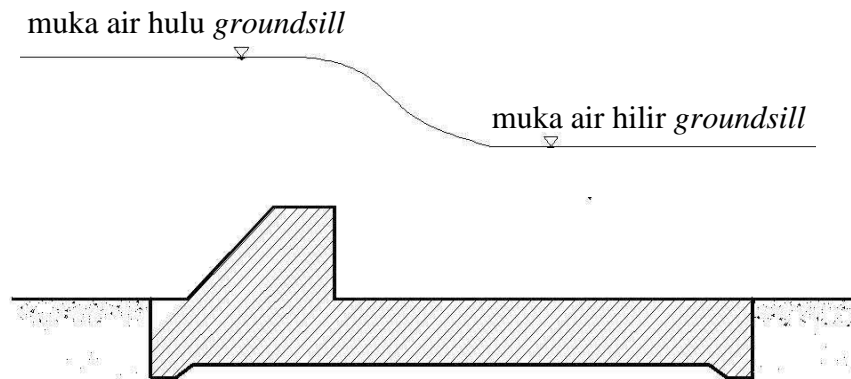
Groundsill datar hampir tidak mempunyai terjunan dan elevasi mercunya hampir sama dengan permukaan dasar sungai dan berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak turun lagi.



Gambar 2. 2 *Groundsill* Datar

2.) *Groundsill* Pelimpah (*Head work*)

Groundsill pelimpah memiliki terjunan sehingga elevasi permukaan dasar sungai disebelah hulu *groundsill* lebih tinggi daripada elevasi permukaan dasar sungai sebelah hilirnya dan tujuannya adalah untuk melandaikan kemiringan dasar sungai.



Gambar 2. 3 *Groundsill* Pelimpah

Groundsill pelimpah haruslah direncanakan agar secara hidraulis dapat berfungsi dengan baik antara lain denahnya ditempatkan sedemikian rupa agar porosnya tegak arah arus sungai, khususnya arah arus banjir, denah tersebut yaitu terdiri dari : (1) Denah tipe tegak lurus, umumnya sudah banyak dibangun pada sungai-sungai guna mencegah penurunan dasar sungai; (2) Denah tipe diagonal, tipe ini sangat jarang dibuat; (3) Denah tipe poligonal; (4) Denah tipe lengkung. Denah tipe poligonal dan denah lengkung hanya untuk kondisi yang khusus saja karena berbagai kelemahannya antara lain *groundsill* menjadi lebih panjang dan limpasan air terpusat di tengah serta harganya pun mahal.

2.2.2 DAS (Daerah Aliran Sungai)

Menurut Sri Br. Harto (1993), ada beberapa pengertian tentang DAS (Daerah Aliran Sungai) dan beberapa yang terkait didalamnya, antara lain:

1) Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifatnya sedemikian rupa, sehingga merupakan kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut, dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari curah hujan dan sumber air lainnya dan kemudian mengalirkannya melalui sungai utama

2) Sub DAS

Sub DAS adalah bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama

3) Pengelolaan DAS

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengendalikan hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia didalam DAS dan segala aktivitasnya. Ini bertujuan untuk membina kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan

4) Wilayah sungai atau wilayah DAS

Wilayah sungai atau wilayah DAS adalah suatu wilayah yang terdiri dari dua atau lebih DAS secara geografi berdekatan dan karakteristik yang sama serta secara fisik teknis layak digabungkan sebagai unit perencanaan dalam rangka penyusunan rencana maupun pengelolaannya.

5) Tata air DAS

Tata air DAS adalah hubungan kesatuan individual unsur - unsur hidrologis yang meliputi hujan, aliran permukaan dan aliran sungai, peresapan, aliran air dan evapotranspirasi dan unsur yang lain

2.2.3 Analisa Hidrologi

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan/penelitian pembuatan check dam. Ketepatan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan

dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan dalam debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama.

a. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata Wilayah

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada dua macam cara :

1) Cara Rata-rata Aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan didalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (*CD Soemarto, 1999*).

$$d \text{ rata-rata} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan :

d rata-rata : tinggi curah hujan rata-rata

d_1, d_2, d_n : tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2,n

N : banyaknya pos penakar

Karena stasiun hujan yang ada penempatannya tidak merata, maka cara ini tidak digunakan dalam perhitungan.

2) Cara Poligon Thiessen

Menurut Kiyotaka Mori dkk. (1977), metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena metode ini lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya dan metode ini dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih

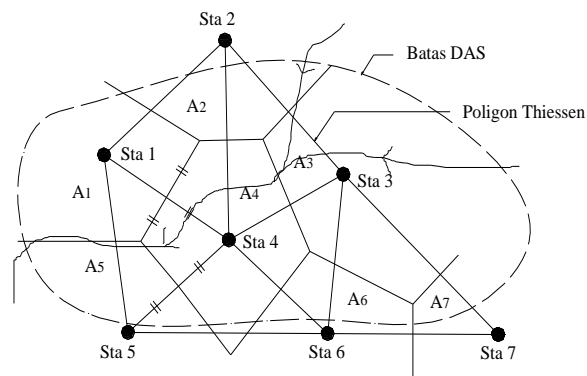
harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien *Thiessen* tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (CD Soemarto, 1999)

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \quad (2.2)$$

$$R \text{ rata-rata} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- C : Koefisien *Thiessen*
 A_i : Luas pengaruh dari stasiun pengamatan i
A : Luas total dari DAS
R rata-rata : Curah hujan rata-rata
 R_1, R_2, \dots, R_n : Curah hujan pada setiap titik pengukuran (stasiun)



Gambar 2. 4 Metode Thiessen

b. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut

kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Untuk meramal curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi data hujan. Ada beberapa metode analisis frekuensi yang dapat digunakan yaitu :

a. Metode Normal (Gauss)

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Normal digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut :

$$X_t = X_{rt} + k * S \quad (2.4)$$

Keterangan :

X_t : curah hujan rata-rata

X_{rt} : curah hujan rata-rata

K : koefisien untuk distribusi normal

S : standar deviasi

b. Metode Gumbel Tipe I

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumble Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$X_T = X_{rt} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (2.5)$$

Keterangan :

X_T : nilai variat yang diharapkan terjadi.

X_{rt} : nilai rata-rata hitung variat

S : Standar Deviasi (simpangan baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \square$$

Y_T : reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode

ulang tertentu hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] ; \text{ untuk } T \geq 20, \text{ maka } Y = \ln T$$

Y_n : nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduce variate*)
nilainya tergantung dari jumlah data (n)

S_n : deviasi standar dari reduksi variat (*mean of reduced variate*)
nilainya tergantung dari jumlah data (n).

c. Metode Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (*Soewarno, 1995*) :

$$X = X_{rt} + k.S \quad (2.6)$$

Keterangan :

X : nilai yang diharapkan akan terjadi pada periode ulang tertentu.

X_{rt} : nilai rata-rata kejadian dari variabel kontinyu X

S : deviasi standar variabel kontinyu X .

K : karakteristik distribusi peluang log-normal 3 parameter

d. Metode Distribusi Log Pearson III

Metode Log Pearson III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (*Soewarno, 1995*) :

$$Y = Y_{rt} + k.S \quad (2.7)$$

Keterangan :

- X : curah hujan
- Y : nilai logaritmik dari X atau $\log X$
- Yrt : rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y.
- S : deviasi standar nilai Y
- K : karakteristik distribusi peluang log-pearson tipe III

c. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan Debit Banjir Rencana (*Design Flood*), perlu didapatkan harga suatu Intensitas Curah Hujan terutama bila digunakan metoda rational. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau.

Untuk menghitung intensitas curah hujan, dapat digunakan beberapa rumus empiris sebagai berikut (*CD Soemarto, 1999*) :

1. Menurut Dr. Mononobe

Rumus ini digunakan apabila data curah hujan yang tersedia hanya curah hujan harian. Rumus :

$$I = \frac{R_{24}}{24} * \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R_{24} : curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
- T : lamanya curah hujan (jam)

2. Menurut Sherman

Rumus :

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (2.9)$$

$$\log a = \frac{\sum_{i=1}^n (\log i) \sum_{i=1}^n (\log t)^2 - \sum_{i=1}^n (\log t \cdot \log i) \sum_{i=1}^n (\log t)}{n \sum_{i=1}^n (\log t)^2 - \left(\sum_{i=1}^n (\log t) \right)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log i) \sum_{i=1}^n (\log t) - n \sum_{i=1}^n (\log t \cdot \log i)}{n \sum_{i=1}^n (\log t)^2 - \left(\sum_{i=1}^n (\log t) \right)^2}$$

Keterangan :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

a,b : konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

T : lamanya curah hujan (menit)

N : banyaknya pasangan data i dan t

3. Menurut Ishiguro

Rumus :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.10)$$

$$A : \frac{\sum_{j=1}^n (i.t) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2.t) \sum_{i=1}^n (i)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2}$$

$$B : \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i.t) - n \sum_{j=1}^n (i^2.t)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2}$$

Keterangan :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

a,b : konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

T : lamanya curah hujan (menit)

N : banyaknya pasangan data i dan t

d. Uji Keselarasan

Uji keselarasan dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua jenis keselarasan (*Goodnes of Fit Test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*.

a. Uji keselarasan *Chi Square*

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* (X^2) dengan nilai *chi square* kritis (X^2_{cr}). Rumus :

$$X^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \quad (2.11)$$

Keterangan :

X^2 : harga *chi square*

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Dari hasil ini pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *chi square* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Dk = n-3 \quad (2.12)$$

Keterangan :

Dk : Derajat kebebasan

N : Banyaknya rata-rata

b. Uji keselarasan Smirnov Kolmogorof

Uji kesesuaian ini digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal. Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*, sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data antara sebaran empiris dan sebaran teoritis. Sebagai alternatif untuk menguji kesesuaian distribusi (*goodness of fit*). Uji ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- (1) Data diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya dan ditentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut $P(X)$.

$$P(x) = \frac{m}{N+1} \quad (2.13)$$

Keterangan :

$P(X)$: peluang dari X

- M : nomor urut kejadian, atau peringkat kejadian
 N : jumlah data pengamatan

- (2) Menentukan nilai variabel reduksi $F(t)$ dengan persamaan sebagai berikut :

$$F(t) = \sqrt{\frac{X - X_r}{S}} \quad (2.14)$$

Keterangan :

- $F(t)$: variabel reduksi
 X : curah hujan
 X_r : harga rata-rata dari X

- (3) Menentukan peluang teoritis $P'(X)$ dari nilai $F(t)$ dengan tabel
 (4) Dari nilai peluang tersebut ditentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis

$$D_{maks} = \text{Maks} [P(X) - P'(X)] \quad (2.15)$$

- (5) Berdasarkan tabel nilai kritis *Smirnov Kolmogorov* ditentukan harga D sehingga $D_{maks} < D$ untuk harga yang memenuhi.

e. Perhitungan Banjir Rancangan

Sebagai penyimpan atau storage, bendungan sangat bermanfaat menjadi penyangga air, khususnya di daerah - daerah kering yang mana curah hujan terpusat pada musim penghujan. Pada musim kemarau daerah tersebut sangat membutuhkan air untuk berbagai keperluan.

Perhitungan debit banjir rancangan bendungan Cacaban ditentukan berdasarkan hasil perhitungan hujan rancangan dan pendekatan secara teoritis dengan persamaan-persamaan dan besaran-besaran yang lazim digunakan dalam perhitungan hidrologi.

Oleh karena data yang tersedia berupa data hujan historis maka perhitungan debit banjir berdasarkan data yang tersedia. Metode perhitungan debit banjir rancangan dengan metode sebagai berikut :

a. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 (HSS GAMA I)

Satuan Hidrograf Sintetik GAMA I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (T_r), debit puncak (Q_p) dan waktu dasar (T_b), dengan uraian sebagai berikut

i. Waktu Naik (T_r) dinyatakan dengan persamaan :

$$T_r = 0,43 (L/100.SF)^3 + 1,0665 . SIM + 1,2775 \quad (2.16)$$

Keterangan :

T_r : Waktu Naik (jam)

L : Panjang Sungai (km)

SF : Faktor Sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat.

SIM : Faktor Simetri yang ditetapkan sebagai hasil kali antara factor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA)

WF : Faktor Lebar adalah perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik disungai yang berjarak 0,75 L dan lebar DPS yang diukur dari titik yang berjarak 0,25 L dari tempat pengukuran.

ii. Debit Puncak (Q_p), dihitung berdasarkan persamaan :

$$Q_p = 0.1836 . A^{0,5886} * JN^{0,2381} * T_r^{-0,4008} \quad (2.16)$$

Keterangan :

Q_p : Debit Puncak (m^3/det)

JN : Jumlah Pertemuan Sungai

T_r : Waktu Naik (jam)

iii. Waktu Dasar (Q_b), dihitung berdasarkan persamaan :

$$T_b = 27,4132 * T_r^{0,1457} * S^{-0,0596} * SN^{0,7344} * RUA^{0,2574} \quad (2.17)$$

Keterangan :

Tb : Waktu Dasar (jam)

Tr : Waktu Naik (jam)

S : Kemiringan sungai rata-rata

SN : Frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat.

RUA : Luas DPS sebelah hulu (km²)

iv. Hujan Efektif (Reff)

Perhitungan Hujan Efektif dengan menggunakan metode Φ indeks yaitu dengan mengasumsikan kehilangan hujan dari jam ke jam adalah sama, sehingga kelebihan dari curah hujan akan sama dengan hidrograf aliran dengan kata lain hidrograf aliran dihirung berdasarkan hujan efektif yaitu jumlah curah hujan jam-jaman dikurangi dengan Φ indeks. (Standart Perhitungan Debit Banjir, SK SNI M – 18 – 1989 – F).

Persamaan perhitungan hujan efektif dengan metode Φ indeks adalah :

$$\Phi \text{ indeks} = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} * \text{DPS}^2 + 1,6985 * 10^{-13} * (\text{DPS}/\text{SN})^4 \quad (2.18)$$

Keterangan :

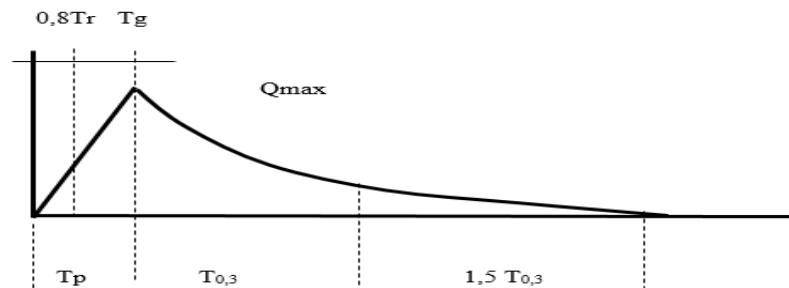
Φ indeks : Kehilangan curah hujan (mm/jam)

DPS : Luas Daerah Pengaliran Sungai (km²)

SN : Frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat.

b. Metode Hidrograf Satuan Nakayasu

Untuk menentukan hidrograf satuan daerah pengaliran sungai yang tidak terpasang stasiun AWLR (*Automatic Water Level Recorder*), dapat digunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu.



Gambar 2. 5 Bentuk Grafis Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu

$$Q_{\max} = (1/36) * A * R_o * (1/(0.3T_p + T_{0.3})) \quad (2.19)$$

$$T_p = T_g + 0.8 T_r \quad (2.20)$$

Keterangan :

T_p : Peak Time (jam)

T_g : Time lag (jam)

T_r : Satuan Waktu yang digunakan

A : Luas DPS (km^2)

R_o : Curah Hujan Spesifik (mm)

L : Panjang Sungai (km)

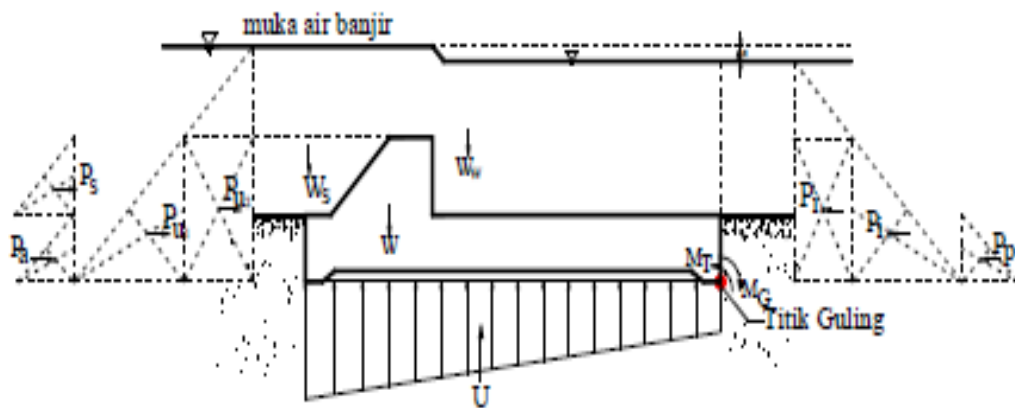
A : Koefisien (1.50 – 3.50)

T_g : $0.40 + 0.058 L$ untuk $L < 15$ km

T_g : $0.21 * L^{0.21} * L^{0.7}$ untuk $L > 15$ km

2.2.4 Perhitungan Gaya-gaya pada *Groundsill*

Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan *groundsill* yang dapat mempengaruhi stabilitas bangunan tersebut adalah sebagai berikut :



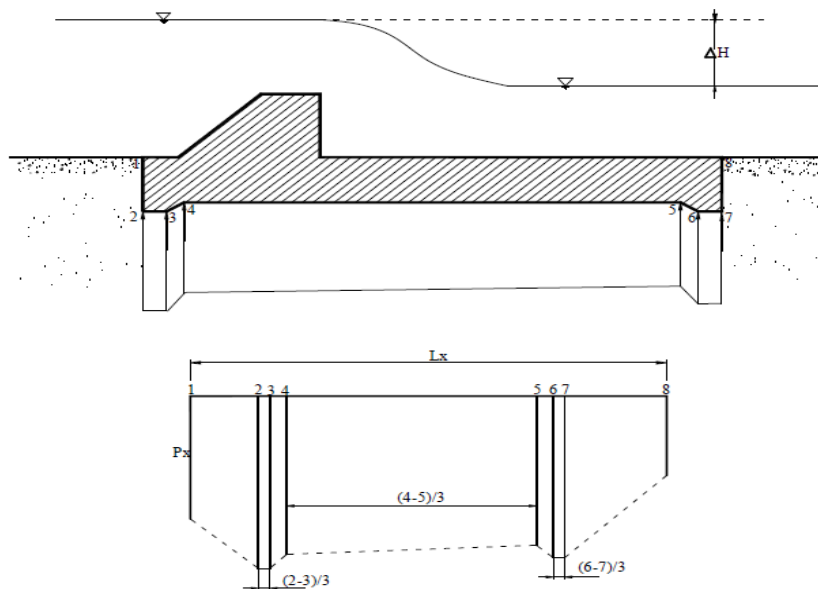
Gambar 2. 6 Gaya yang Bekerja pada *Groundsill*

Keterangan :

- ΔH : Beda tinggi muka air di hulu dan hilir (m)
- P_u : Tekanan air normal di hulu *groundsill* (m)
- W_w : Berat air yang membebani bangunan (KN)
- W : berat bangunan itu sendiri (KN)
- P_i : Tekanan air pasif di hilir *groundsill* (KN)
- P_a : Tekanan tanah aktif (KN)
- P_p : Tekanan air normal di hulu *groundsill* (m)
- U : Gaya angkat ke atas / tekanan air dibawah bangunan (*uplift*) (KN)
- P_s : Tekanan lumpur (KN)
- W_s : Berat butir pasir yang membebani bangunan (KN)
- M_T : Tekanan lumpur (KN)
- M_G : Berat butir pasir yang membebani bangunan (KN)

1) Tekanan Air (*uplift*)

Bidang horisontal di dalam teori lane memiliki daya tahan terhadap aliran (rembesan) 3 kali lebih lemah dibandingkan dengan bidang vertikal. Gaya tekan ke atas dapat dihitung dengan cara membagi beda tinggi energi pada *groundsill* sesuai dengan panjang relatif di sepanjang pondasi (Dirjen Pengairan DPU1986).



Gambar 2. 7 Gaya Angkat pada Pondasi *Groundsill*

Gaya angkat pada titik x di sepanjang dasar *groundsill* dengan mengacu gaya angkat pada bendung menurut Dirjen Pengairan DPU (1986) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_x = Hx - \frac{Lx}{L} \cdot \Delta H$$

(2.21)

Keterangan :

P_x : Gaya angkat pada x (kN/m^2)

L : Panjang total bidang kontak *groundsill* sampai tanah bawah (m)

Lx : Jarak seanjang bidang kontak dari hulu sampai x (m)

ΔH : Beda tinggi energi (m)

Hx : Tinggi energi di hulu *groundsill* (m)

2) Gaya Hidrostatik

Gaya tekan air tau gaya hidrostatik adalah gaya horizontal akibat air di hulu dan hilir bendung. Tekanan air merupakan fungsi kedalaman di bawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan (Prastumi: 2008)

$$P_u = \left(\left(\frac{1}{2} \cdot h_u^2 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot h_1^2 \right) \right) \cdot \gamma_w \quad (2.22)$$

$$P_i = \left(\left(\frac{1}{2} \cdot h_i^2 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot h_2^2 \right) \right) \cdot \gamma_w \quad (2.23)$$

Keterangan :

Pu : Tekanan air hidrostatik di hulu (KN)

Pi : Tekanan air hidrostatik di hilir (KN)

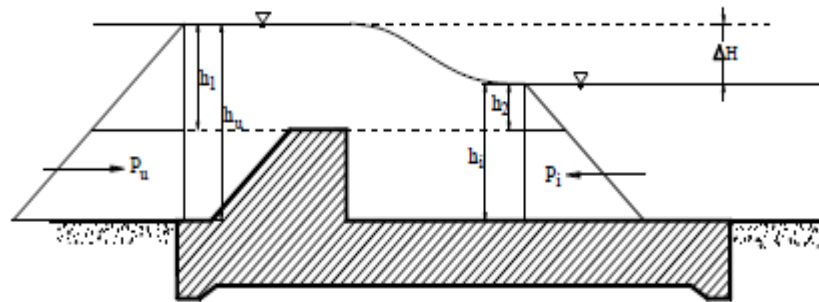
γ_w : Berat jenis air (kN/m^3)

Hu : Kedalaman air di hulu (m)

Hi : Kedalaman air di hilir (m)

H1 : Tinggi air di atas mercu *groundsill* bagian hulu

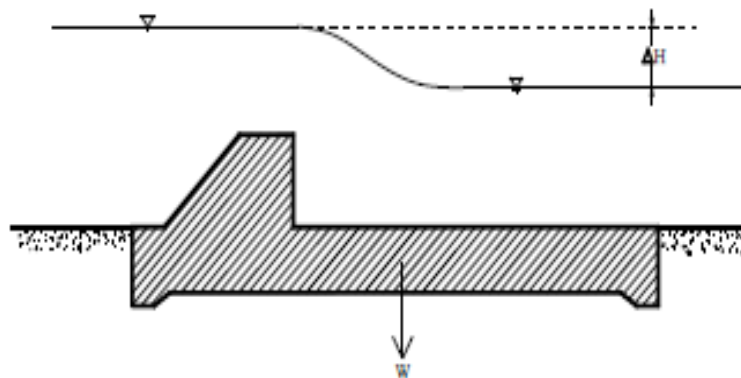
H2 : Tinggi air di atas mercu *groudsill* bagian hilir



Gambar 2.8 Gaya Tekan Air

3) Berat Sendiri *Groundsill*

Hitungan berat sendiri *groundsill* dicari dengan cara membagi penampang bangunan dalam bentuk tertentu menjadi pias-pias sehingga mempermudah dalam proses perhitungan. Hitung gaya yang bekerja yaitu luas penampang dikalikan berat jenis bangunan *groundsill*. Hitung momen gaya-gaya tersebut terhadap suatu titik yaitu perkalian gaya dengan jaraknya. Jumlah seluruh gaya-gaya yang bekerja dari momennya dari bagian-bagian yang ditinjau.

Gambar 2.9 Berat Sendiri *Groundsill*

Berat bangunan bergantung pada bahan yang digunakan untuk membuat bangunan tersebut. Dalam suatu perencanaan berat volume dapat digunakan seperti Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Berat Jenis Bahan

| Jenis Bahan | Berat Volume | |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| | KN/m ³ | kgf/m ³ |
| Pasangan Batu | 22 | 2200 |
| Beton Tumbuk | 23 | 2300 |
| Beton Bertulang | 24 | 2400 |

(Sumber : KP-02 Dirjen Pengairan: 1986)

4) Tekanan Tanah

Tekanan dari samping yang digunakan dalam suatu bangunan dapat dihitung dengan menggunakan cara pemecahan menurut *Rankine* (Dirjen Pengairan DPU : 1986).

Menurut cara pemecahan *Rankine*, tekanan samping aktif dan pasif dapat kita ketahui sebagai berikut : Tabel 1. Berat Jenis Bahan (KP-02 Dirjen Pengairan: 1986)

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot H_1^2 - 2cH_1\sqrt{K_a} \quad (2.24)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma_b \cdot H_2^2 + 2cH_2\sqrt{K_p} \quad (2.25)$$

Keterangan :

Pa : Tekanan tanah aktif, kN/m

Pp : Tekanan tanah pasif, kN/m

Ka : Koefisien tegangan aktif

Kp : Koefisien tegangan pasif

 γ_b : Berat volume tanah, kN/m³

H1 : Tinggi tanah untuk tekanan aktif, m

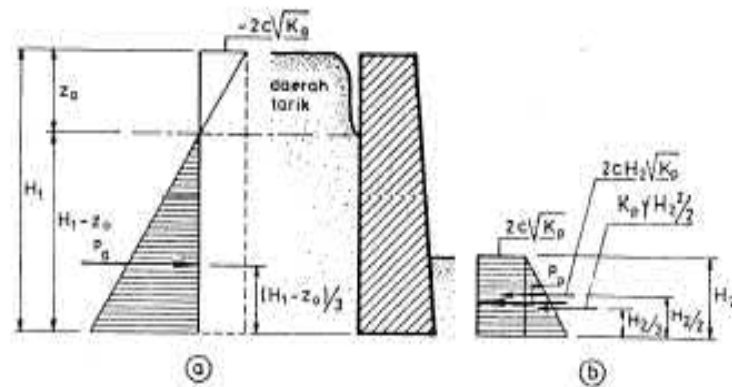
H2 : Tinggi tanah untuk tekanan pasif, m

C : kohesi, kN/m^2

Φ : sudut gesek, derajat

Menurut dirjen pengairan DPU (1986), berat volume tanah kering diasumsikan 16 kN/m^3 , sedangkan untuk tanah basah adalah 17 kN/m^3 .

Titik tangkap P_a dan P_p dapat dilihat pada Gambar 2.15 berikut ini :



Gambar 2. 10 Tegangan samping aktif dan pasif menurut Rankine.

(KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

Tabel 2. 2 Harga Koefisien Tegangan Aktif K_a untuk Dinding Miring Kasar dengan Permukaan Tanah Datar/Horisontal.

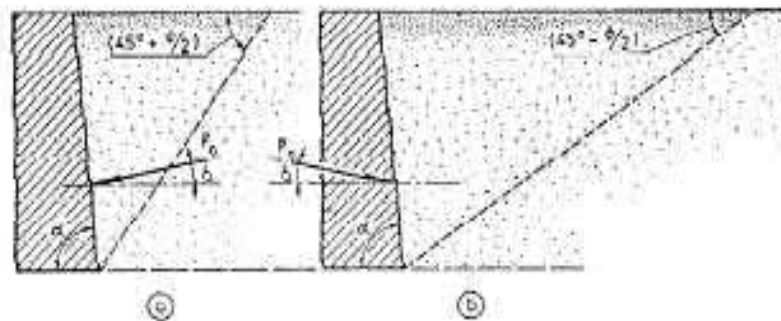
| A | Φ | 10° | | | 20° | | | 30° | | | 40° | | |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0° | 5° | 10° | 0° | 10° | 20° | 0° | 15° | 30° | 0° | 20° | 40° |
| 120° | | 0,40 | 0,45 | 0,44 | 0,27 | 0,24 | 0,23 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| 110° | | 0,58 | 0,54 | 0,52 | 0,35 | 0,32 | 0,30 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,11 | 0,10 | 0,09 |
| 100° | | 0,65 | 0,61 | 0,59 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,16 | 0,14 | 0,15 |
| 90° | K_a | 0,70 | 0,66 | 0,65 | 0,49 | 0,45 | 0,44 | 0,33 | 0,30 | 0,31 | 0,22 | 0,20 | 0,22 |
| 80° | | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,54 | 0,51 | 0,50 | 0,40 | 0,37 | 0,38 | 0,29 | 0,27 | 0,28 |
| 70° | | 0,73 | 0,70 | 0,70 | 0,57 | 0,54 | 0,54 | 0,46 | 0,44 | 0,45 | 0,35 | 0,34 | 0,38 |
| 60° | | 0,72 | 0,69 | 0,69 | 0,60 | 0,57 | 0,56 | 0,50 | 0,48 | 0,50 | 0,42 | 0,41 | 0,47 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan:1986)

Tabel 2. 3 Harga Koefisien Tegangan Pasif K_p untuk Dinding Miring Kasar dengan Permukaan Tanah Datar/Horisontal.

| A | \emptyset | 10° | | | 20° | | | 30° | | | 40° | | |
|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0° | 5° | 10° | 0° | 10° | 20° | 0° | 15° | 30° | 0° | 20° | 40° |
| 120° | \square | 1,52 | 1,71 | 1,91 | 2,76 | 3,67 | 4,51 | 5,28 | 9,07 | 13,5 | 11,3 | 28,4 | 56,6 |
| 110° | | 1,53 | 1,69 | 1,83 | 2,53 | 3,31 | 4,04 | 4,42 | 7,38 | 10,8 | 8,43 | 19,5 | 39,0 |
| 100° | | 1,49 | 1,64 | 1,77 | 2,30 | 2,93 | 4,53 | 3,65 | 5,83 | 8,43 | 6,16 | 13,8 | 26,6 |
| 90° | K_p | 1,42 | 1,55 | 1,66 | 2,04 | 2,55 | 3,04 | 3,00 | 4,62 | 6,65 | 4,60 | 9,69 | 18,2 |
| 80° | | 1,31 | 1,43 | 1,52 | 1,77 | 2,19 | 2,57 | 2,39 | 3,62 | 5,02 | 3,37 | 6,77 | 12,3 |
| 70° | | 1,18 | 1,28 | 1,35 | 1,51 | 1,83 | 2,13 | 1,90 | 2,80 | 3,80 | 2,50 | 4,70 | 8,22 |
| 60° | | 1,04 | 1,10 | 1,17 | 1,26 | 1,48 | 1,72 | 1,49 | 2,08 | 2,79 | 1,86 | 3,17 | 5,43 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan:1986)



Gambar 2. 11 Tekanan aktif (a) dan Pasif (b) menurut Rankine.

(KP-06 Dirjen Pengairan: 1986)

Arti simbol-simbol yang dipakai dalam tabel 2.2 dan 2.3 serta Gambar 2.11 adalah :

- α : kemiringan bagian belakang dinding
- \square : sudut gesekan antara tanah dan dinding
- \emptyset : sudut geser dalam

5) Tekanan Lumpur

Menurut Dirjen Pengairan DPU dalam KP-06 (1986), tekanan lumpur yang bekerja terhadap muka hulu Groundsill dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_s = \frac{\gamma_s \cdot h^2}{2} \cdot \left(\frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \right) \quad (2.26)$$

Keterangan :

P_s : Gaya yang terletak pada $2/3$ kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horisontal

γ_s : Berat jenis lumpur, kN/m^3

H : Dalamnya lumpur, m

ϕ : Sudut gesekan, derajat.

Beberapa anggapan dapat dibuat seperti berikut:

$$\gamma_s = \gamma_s' \left(\frac{G-1}{G} \right) \quad (2.27)$$

Keterangan :

γ_s' : berat volume kering tanah $\cong 16 \text{ kN/m}^3$ ($=1600 \text{ kgf/m}^3$)

γ_s : berat jenis butir = $2,65 \text{ KN/m}^3$

Menghasilkan $\gamma_s = 10 \text{ kN/m}^3$ ($= 1000 \text{ kgf/m}^3$)

Sudut gesekan dalam, yang diandaika 30° untuk kebanyakan hal, menghasilkan :

$$P_s = 1,67h^2 \quad (2.28)$$

6) Gaya gempa

Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi *groundsill* dan juga ditentukan oleh koefisien gempa dapat juga dikatakan bahwa harga gaya gempa diberikan dalam parameter bangunan, didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai resiko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g percepatan gravitasi sebagai harga percepatan. Dengan cara mengalikan massa bangunan sebagai gaya horisontal menuju arah paling tidak aman (arah hilir) sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ad = n(ac * z)^m \quad (2.29)$$

$$E = \frac{ad}{g} \quad (2.30)$$

Keterangan :

- Ad : Percepatan gempa rencana, cm/dt^2
 N,m : Koefisien untuk jenis tanah (lihat Tabel 2.4)
 Ac : Percepatan kejut dasar, cm/dt^2 (untuk harga per periode ulang lihat Tabel 2.5).
 G : Percepatan gravitasi, $980,665 \text{ cm}/\text{dt}^2 (\cong 980)$
 Z : Faktor yang bergantung kepada letak geografis (Koefisien Zona lihat gambar 2.12)

Tabel 2. 4 Koefisien Jenis Tanah (KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

| Jenis | N | M |
|---------------|------|------|
| Batu | 2,76 | 0,71 |
| Diluvium | 0,87 | 1,05 |
| Aluvium | 1,56 | 0,89 |
| Aluvium lunak | 0,29 | 1,32 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

Tabel 2. 5 Periode Ulang dan Percepatan Dasar Gempa a_c

| Periode ulang *) Tahun | a_c *) (gal = cm/dt ²) |
|---------------------------|---|
| 20 | 85 |
| 100 | 160 |
| 500 | 225 |
| 1000 | 275 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)



Gambar 2. 12 Koefisien Zona Gempa di Indonesia

Faktor gempa E yang dicari dari rumus dan peta di atas dipakai dalam perhitungan stabilitas di mana faktor itu harus dikalikan dengan berat sendiri bangunan dan dipakai sebagai gaya horisontal.

7) Perhitungan Eksentrisitas

Eksentrisitas yang terjadi pada *Groundsill* dapat menimbulkan penggulingan dan pergeseran. Oleh karena itu, dalam perencanaan *groundsill*. Menurut Suryolelono (1994) digunakan rumus :

$$e = \left(\frac{\sum M}{\sum V} \right) - \frac{B}{2} < \frac{1}{6} B \quad (2.31)$$

$$\sum M = \sum M_t - \sum M_g \quad (2.32)$$

Keterangan :

e : Besarnya eksentrisitas konstruksi (m)

B : Panjang konstruksi (m)

M_t : Momen tahan (kN.m)

M_g : Momen guling (kN.m)

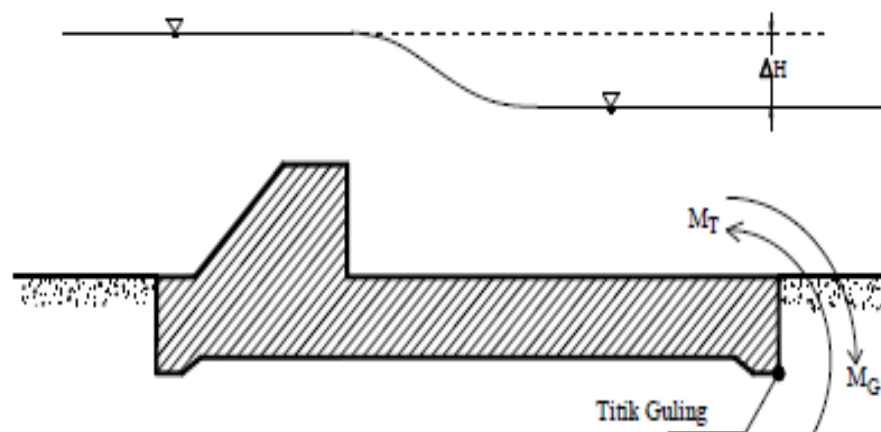
$\sum V$: Jumlah gaya vertikal (kN)

2.2.5 Stabilitas *Groundsill*

Dalam perhitungan satabilitas *groundsill*, perlu adanya kontrol-kontrol sebagai berikut.

1) Kontrol Terhadap Bahaya Guling

Agar stabilitas bangunan baik, maka bangunan harus aman terhadap guling. Resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horisontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang teras. Tidak ada tarikan pada bidang irisan manapun (Dirjen Pengairan DPU : 1986)



Gambar 2. 13 Stabilitas Terhadap Guling

Besarnya tegangan pada bangunan dan pondasi harus tetap dipertahankan pada harga-harga maksimal yang dianjurkan. Untuk pondasi harga-harga daya dukung yang disebutkan dalam tabel 2.6. berikut ini.

Tabel 2. 6 Harga Perkiraan Daya Dukung yang diizinkan

| Jenis | Daya Dukung | |
|--|-------------------|---------------------|
| | kN/m ² | kgf/cm ² |
| Batu sangat keras | 10,000 | 100 |
| Batu kapur / batu pasir keras | 4,000 | 40 |
| Kerikil berkerapatan sedang atau pasir dan kerikil | 200 – 600 | 2 – 6 |
| Pasir berkerapata sedang | 100 – 300 | 1-3 |
| Lempung kenyal | 150 – 300 | 1,5-3 |
| Lempung teguh | 75 – 150 | 0,75-1,5 |
| Lempung lunak dan lumpur | 1 < 75 | < 0,75 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang bangunan, cenderung menggulingkan bangunan tersebut dengan pusat rotasi pada ujung kaki dengan plat pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri bangunan *groundsill* dan momen akibat berat tanah di atas pondasi (Cristady H : 1992)

2) Kontrol Terhadap Bahaya Geser

Gaya terhadap tanah selain menimbulkan terjadinya momen, juga menimbulkan gaya dorong sehingga *groundsill* akan bergeser. Bila *groundsill* dalam keadaan stabil, maka gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ($\sum F=0$ dan $\sum M = 0$). Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara dasar bangunan *groundsill* dengan dasar pondasi. Faktor aman terhadap pergeseran dasar pondasi minimum diambil 1,5.

Bergesernya bangunan *groundsill* disebabkan karena gaya horisontal lebih besar dari gaya-gaya vertikal. Menurut Suyitno HP (1994) digunakan rumus :

$$SF = f \frac{\sum V}{\sum H} > 1,5 \quad (2.33)$$

$$\Sigma V = \Sigma W + \Sigma W_w + \Sigma W_s + \Sigma U \quad (2.34)$$

$$\Sigma H = \Sigma P_u + \Sigma P_i + \Sigma P_a + \Sigma P_p + \Sigma P_s + \Sigma G_p \quad (2.35)$$

Tabel 2. 7 Harga Perkiraan untuk Koefisien Gesek

| Bahan | F |
|----------------------------------|-----------|
| Pasangan batu pada pasangan batu | 0,60-0,75 |
| Batu keras berkualitas baik | 0,75 |
| Kerikil | 0,50 |
| Pasir | 0,40 |
| Lempung | 0,30 |

(Sumber : KP-02 Dirjen Pengairan : 1986)

Besarnya gaya perlawanan adalah $F = N f$ dimana f : koefisien gesek antara dinding beton dan tana dasar pondasi, sedangkan N dapat dicari dari keseimbangan gaya-gaya vertikal ($\Sigma F_v = 0$), maka diperoleh $N = V$. Besarnya f , bila alas pondasi relatif kasar maka $f = tg \sigma$ dimana σ merupakan sudut gesek dalam tanah, sebaiknya bila alas pondasi relatif halus permukaannya maka diambil $f = tg(2/3 \sigma)$

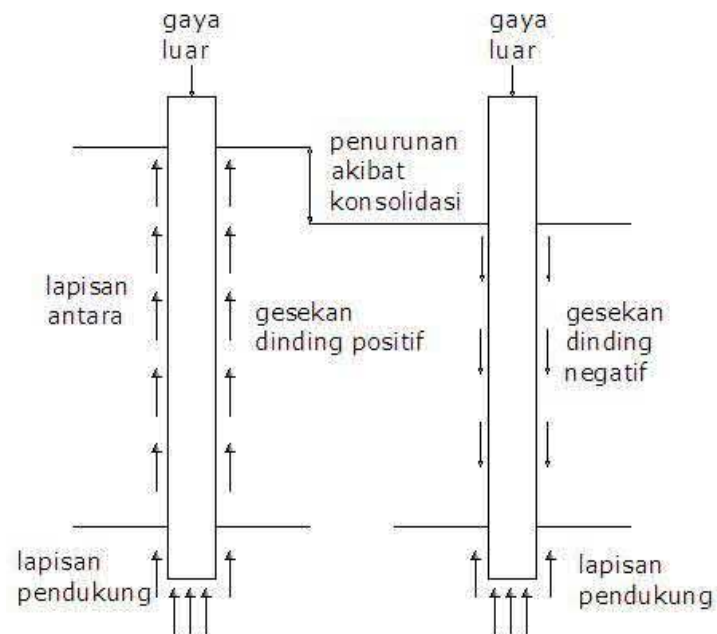
3) Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

Jika tanah mengalami pembebanan, maka tanah tersebut akan mengalami distorsi atau penurunan. Apabila beban ini bertambah terus-menerus, maka penurunan pun bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban tetap, pondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Hal seperti ini menunjukkan bahwa kerutuhan kapasitas dukung telah terjadi. Kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai beban maksimum tanah dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan (Christady : 1992).

Terdapat 2 persyaratan yang harus dipenuhi dalam merancang pondasi, yaitu :

- a. Faktor aman terhadap keuntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah yang harus dipenuhi.
- b. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas toleransi.

Untuk menghitung stabilitas *groundsill* terdapat beberapa persamaan kapasitas dukung tanah yang dapat digunakan seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi, Meyerhof dan Hansen.



Gambar 2. 14 Tinjauan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah (Suyono : 2005)

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang dinyatakan oleh persamaan :

$$q_u = a \cdot c \cdot N_c + z \cdot \gamma \cdot N_q + \beta \cdot B \cdot \gamma \cdot N_y \quad (2.36)$$

Keterangan :

Q_u : daya dukung batas, kN/m^2

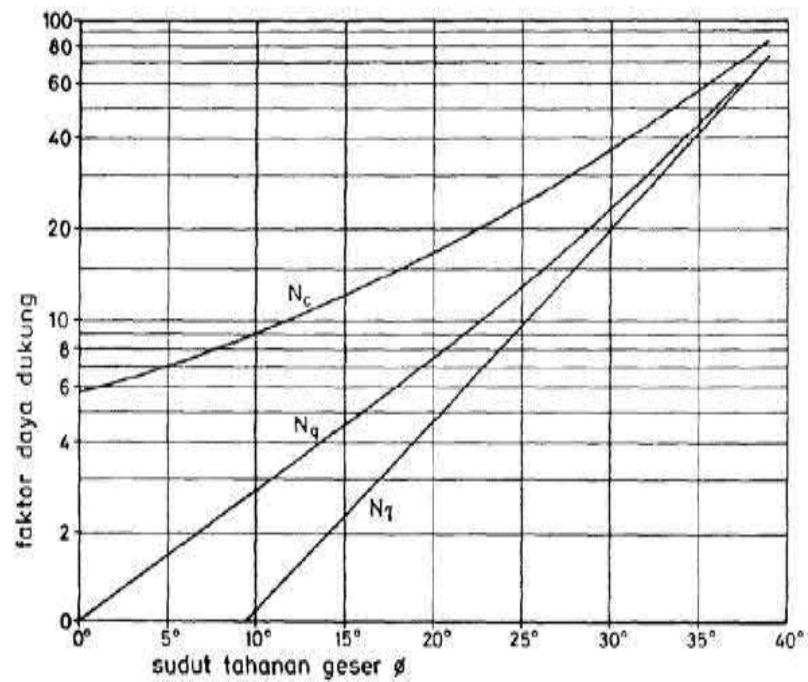
C : kohesi, tegangan kohesif, kN/m^2

N_c, N_q : faktor-faktor daya dukung tak berdimensi (Gambar 2.15) dan N_y

Y : berat volume tanah, kN/m^3

α dan β : faktor tak berdimensi

Z : kedalaman pondasi di bawah permukaan, m.



Gambar 2. 15 Faktor Daya Dukung (KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

Tabel 2. 8 Bentuk Telapak Pondasi

| Bentuk | A | B |
|------------------------|---------------|-----|
| Jalur/strip | 1,0 | 0,5 |
| Bujur sangkar | 1,3 | 0,4 |
| Segi empat (LxB) | 1,09+0,21 B/L | 0,4 |
| Lingkar (diameter = B) | 1,3 | 0,3 |

(Sumber : KP-06 Dirjen Pengairan : 1986)

Persamaan Terzaghi untuk menghitung kapasitas dukung tanah hanya berlaku untuk pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentris. Kedudukan pondasi konstruksi haruslah pada tanah keras yang dapat mendukung bobot konstruksi di atasnya. Oleh sebab itu perlu diadakan kontrol terhadap daya dukung tanah. Menurut Suryolelono (1994), jika nilai $e < \frac{1}{6}B$ maka besarnya kuat dukung yang terjadi adalah :

$$\sigma_{maks} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) < \sigma \text{ izin } (qa) \quad (2.37)$$

$$\sigma \text{ min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) > 0 \quad (2.38)$$

Sedangkan jika nilai $e > \frac{1}{6}B$ (biasanya terjadi pada tanah keras), maka rumus yang berlaku adalah :

$$\sigma_{maks} = \frac{2.V}{3.\left(\frac{B}{2}-e\right)} < \sigma \text{ izin } (qa) \quad (2.39)$$

Besarnya daya dukung ijin bisa dicari dari :

$$qa = \frac{qun}{F} \quad (2.40)$$

Dengan :

$$qun = qu - y.z \quad (2.41)$$

Keterangan :

Qa : daya dukung ijin, kN/m²

Qu : daya dukung batas, kN/m²

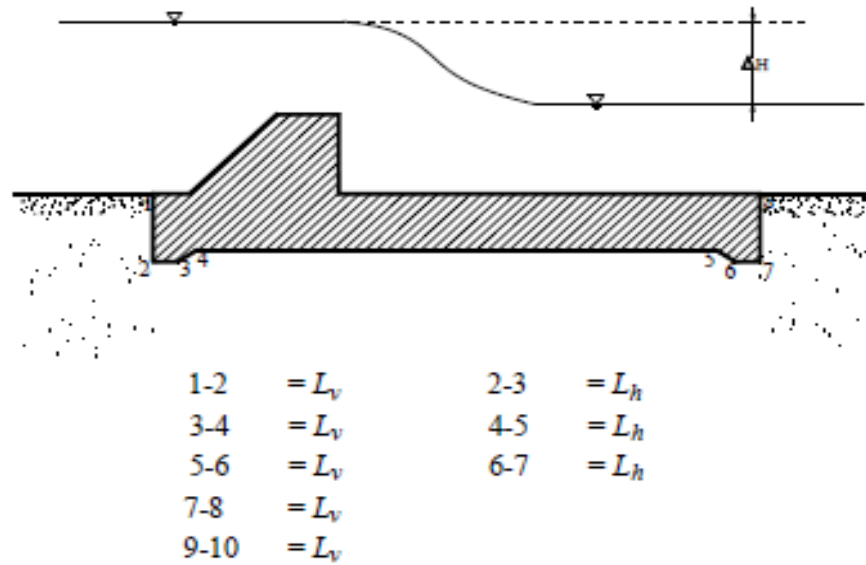
F : faktor keamanan (2 sampai 3)

4) Kontrol Terhadap Bahaya Rembesan (*piping*)

Piping merupakan rembesan yang terjadi akibat perbedaan muka air di hulu dengan di hilir sehingga menyebabkan tekanan air dan terangkutnya butir-butir tanah halus. Bahaya dari *piping* adalah dapat mengakibatkan terganggunya stabilitas bendung ataupun *ground sill* (Christady : 1992).

Adanya erosi bawah tanah dapat mengakibatkan terjadinya rongga-rongga di bawah pondasi sehingga dapat menyebabkan pondasi bangunan mengalami penurunan. Untuk mempermudah pengecekan bangunan-bangunan utama agar dapat mengetahui adanya erosi bawah tanah, metode *Lane* atau yang biasa disebut metode angka rembesan *Lane* dapat digunakan agar memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai. Dalam hal ini digunakan rumus :

$$Lw = \frac{\sum Lh}{3} + \sum Lv \quad (2.42)$$



Gambar 2. 16 Titik-titik yang dilalui Rembesan

Keterangan :

L_w : *weighted-creep-distance* (m)

L_h : jumlah jarak horisontal lintasan (m)

L_v : jumlah jarak vertikal lintasaan (m)

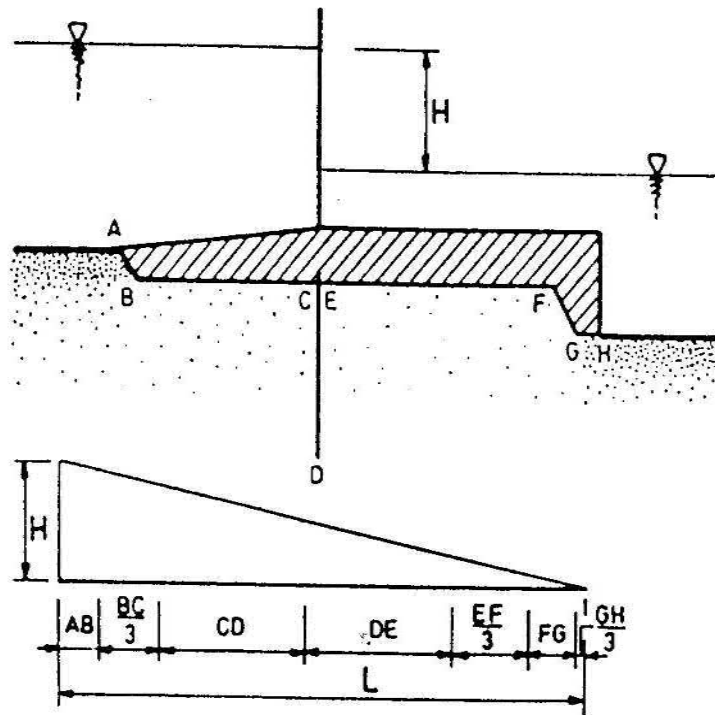
$$WCR = \frac{L_w}{\Delta H} \quad (2.42)$$

Keterangan :

WCR : *weighted creep ratio*

ΔH : Beda tinggi muka air antara hulu dan hilir (m)

Lintasan aliran yang melewati struktur dengan sudut kemiringan $> 45^\circ$ diperhitungkan sebagai lintasan vertikal (L_v), sedangkan kemiringan lintasan aliran $\leq 45^\circ$, diperhitungkan sebagai lintasan horisontal (L_h).



Gambar 2. 17 Metode Angka Rembesan Lane

(KP-02 Dirjen Pengairan : 1986)

Tabel 2. 9 Harga minimum angka rembesan Lane

| Material | C Lane |
|--|--------|
| Pasir sangat halus atau lanau | 8,5 |
| Pasir halus | 7 |
| Pasir sedang | 6 |
| Pasir kasar | 5 |
| Kerikil halus | 4 |
| Kerikil sedang | 3,5 |
| Kerikil kasar termasuk berangkal | 3 |
| Bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil | 2,5 |
| Lempung lunak | 3 |
| Lempung sedang | 2 |
| Lempung keras | 1,8 |
| Lempung sangat keras | 1,6 |

(Sumber : KP-02 Dirjen Pengairan : 1986)

Dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-02 (1986), bahwa angka-angka rembesan di Tabel 2.9 tersebut sebaiknya dipakai : (1) 100% jika tidak dipakai pembuang, tidak dibuat jaringan aliran dan tidak dilakukan penyelidikan dengan model; (2) 80% kalau ada pembuangan air, tapi tidak ada penyelidikan maupun jaringan aliran; (3) 70% bila semua bagian tercakup.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil analisis dalam penelitian yang dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan antara lain :

- A. Besaran debit banjir rancangan untuk periode ulang 50 tahunan di Sub DAS kali garang dengan luas DAS 87,52 Km² sebesar 339,210 m³/s.
- B. Berdasarkan analisis Stabilitas bangunan *Groundsill* Jembatan Besi, *Groundsill* aman terhadap guling pada kondisi air normal dan air banjir dengan perbandingan nilai gluing hitung > nilai koefisien guling kritis, kondisi air normal dengan nilai keamanan sebesar (2,136 > 1,5) kondisi air banjir dengan nilai keamanan sebesar (2,226 > 1,5).
- C. Berdasarkan analisis Stabilitas bangunan *Groundsill* Jembatan Besi, *Groundsill* aman terhadap geser pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisis air banjir dengan perbandingan nilai koefisien geser hitung > nilai koefisien geser kritis, kondisi air normal (2,2 > 1,5) pada kondisi air banjir (0,050 < 1,5).
- D. Berdasarkan analisis Stabilitas bangunan *Groundsill* Jembatan Besi, *Groundsill* tidak aman terhadap eksentrisitas pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisi air banjir dengan perbandingan nilai koefisien eksentrisitas hitung < nilai koefisien eksentrisitas kritis, kondisi air normal (2,058 > 0,65), pada kondisi air banjir (32,033 > 0,65).

- E. Berdasarkan analisis Stabilitas bangunan *Groundsill* Jembatan Besi, *Groundsill* aman terhadap daya dukung tanah pada kondisi air normal dan tidak aman pada saat kondisis air banjir dengan perbandingan nilai koefisien daya dukung tanah hitung $<$ nilai koefisien daya dukung tanah kritis, kondisi air normal ($13,636 < 30,97$) pada kondisi air banjir ($44,626 > 30,97$).
- F. Berdasarkan analisis Stabilitas bangunan *Groundsill* Jembatan Besi, *Groundsill* aman terhadap Erosi bawah tanah (*piping*) pada kondisi air normal dan air banjir dengan dengan perbandingan nilai koefisien *piping* hitung $>$ nilai koefisien *piping* kritis nilai keamanan sebesar ($4,416 > 4$), kondisi air banjir ($6,060 > 4$).

5.2. Saran

Masukan dan saran yang penulis perlu sampaikan sebagai sarana perbaikan dalam melakukan penelitian serupa maupun kepada pihak pihak yang terkait antara lain :

- A. Debit desain dalam perencanaan bangunan penahan sedimen perlu dilakukan dengan cara lain yang lebih akurat yaitu dengan pengukuran langsung kecepatan aliran di lapangan sesuai hasil survey dan penyelidikan hidrometri.
- B. Bangunan *Groundsill* Jembatan Besi harus dilakukan pengecekan secara berkala dari faktor stabilitas terhadap geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah, dikarenakan dalam analisis ini *groundsill* jembatan besi tidak mampu menahan faktor stabilitas terhadap geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah dengan kala ulang debit banjir rancangan 50 tahun.

C. Penelitian hanya di titik beratkan pada analisis stabilitas *groundsill*, oleh karenanya peneliti selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi dimensi dari struktur *Groundsill* dan kedalamn pondasi serta penambahan kolam olak agar aman terhadap geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah saat kondisi banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Y. 2006. Karakteristik Gerusan Ujung Bulat Pilar Segi Empat Ujung Bulat Pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai Dengan Proteksi Tirai
- BR, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Cambodia, M. 2018. Evaluasi Dampak *Groundsill* Dalam Mengurangi Gerusan Pada Pilar Jembatan Menggunakan *Software Hec-Ras*. Pascasarjana Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Cristady, H., 1992. *Mekanika Tanah I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sarsin. 2012. Kontrol Stabilitas *Groundsill* Bantar di Kali Progo Kabupaten Bantul. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Bandung.
- Sucipto., Tugino. 2009. Analisis Penempatan *Groundsill* Sebagai Perlindungan Abutment Jembatan Terhadap Gerusan Lokal. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Sudirman, A.M. 2017. Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapsistas Pelimpah Bendungan Way Yori. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sularno. 2011. Tinjauan Analisis Bendung Tetap Studi Kasus Bendung Njaen pada Sungai Brambangan Sukoharjo. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suyitno, HP. 1994. Diktat mata kuliah Irigas. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Suyono, S. 2005. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Tungga, W. A. 2018. Perencanaan *Groundsill* Pada Sungai Tinga-tinga Desa Tukad Tinga-tinga Kecamatan Gerokak Kabupaten Buleleng Bali. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Yunar, A. 2006. Karakteristik Gerusan Ujung Bulat Pilar Segi Empat Ujung Bulat Pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai Dengan Proteksi Tirai