

STUDI REMBESAN DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SEEP/W GEOSTUDIO*

Christy Anandha Putri

NRP: 0621032

Pembimbing: Ibrahim Surya, Ir., M.Eng.

ABSTRAK

Tanah tempat kita berpijak merupakan suatu unsur yang terbentuk dari pelapukan batuan yang terjadi ratusan tahun yang lalu dan mempunyai tiga komponen pembentuknya yaitu: udara, air, dan butir halus. Air merupakan komponen penting dalam tanah. Fungsi air dalam tanah adalah menyatukan butiran-butiran halus agar menjadi satu kesatuan. Tekanan air yang besar terhadap tanah dapat menggulingkan bangunan yang di atasnya. Oleh karena itu jumlah air yang masuk serta kecepatan alirannya harus dapat dikendalikan sehingga terjadinya kecelakaan dapat dihindari.

Pembahasan dalam penelitian ini mencakup analisis pengaruh aliran air dalam tanah akibat rembesan, mengetahui jumlah rembesan, kecepatan aliran yang terjadi pada tanah, serta memperoleh nilai *uplift pressure* yang dimodelkan dengan menggunakan *software SEEP/W GeoStudio* pada keadaan *Steady State* dan merupakan aliran 2 Dimensi. Analisis dilakukan pada bendung sungai dengan penggunaan *cutoff*, bendung urugan dengan penggunaan beberapa variasi drainasi, serta galian.

Penggunaan *cutoff* pada bendung sungai dapat memperkecil volume air yang keluar juga kecepatan aliran air yang merembes. Dengan menggunakan 2 buah *cutoff* pada kedua sisi bendung dapat memperkecil jumlah volume air hingga 36,78%. Penggunaan variasi *cutoff* pada bendung tidak berpengaruh pada nilai *uplift pressure*. Pada bendung urugan penggunaan *core* dan *filter* dapat memperkecil kecepatan aliran hingga 64,82%. Bertambahnya kedalaman galian juga mempengaruhi volume air dan kecepatan alirannya hingga sebesar 59,4%.

Kata kunci: *Total Flux, Total Head, Pressure Head, Uplift Pressure, Kecepatan Aliran*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat yang dilimpahkan oleh-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir. Tugas Akhir merupakan pembahasan laporan penelitian dengan judul **STUDI REMBESAN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SEEP/W GEOSTUDIO**. Tugas Akhir diajukan sebagai syarat untuk menempuh ujian sarjana di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna serta masih bersifat sederhana, mengingat terbatasnya waktu dan kemampuan penulis. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir, khususnya kepada:

1. Ibrahim Surya, Ir., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Herianto Wibowo, Ir., M.Sc., Asriwiyanti Desiani, Ir., MT., Hanny Juliani Dani, ST.,MT, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Tan Lie Ing, ST.,MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dalam penyelenggaraan Tugas Akhir.
4. Yosafat Aji Pranata, ST.,MT., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.
5. Robby Yusac Tallar, ST.,MT., selaku dosen wali angkatan 2006 yang telah memberikan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir.

6. Segenap staf edukatif dan administrasi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.
7. Kedua orangtuaku tercinta (Krish Madyono Hadhi dan Sri Hastuti) yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi, dan doa yang tiada henti selama penyusunan Tugas Akhir.
8. Kedua adikku Adhimas Putra Jiwandana dan Adhitya Putra Pamungkas, serta sahabat-sahabatku Andin, Dahlia, dan Hamidah yang terus memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir.
9. Ruth Christyanti selaku teman seperjuangan dalam pembuatan Tugas Akhir, yang sangat banyak memberikan motivasi dan semangat.
10. Catra, Ferri, Pricil, Aldo, Vira, Andre, Rugun, Willy, Trinov, Nisa dan teman-teman angkatan 2006 lainnya yang telah banyak memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
11. Semua rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam penulisan Tugas Akhir.

Akhir kata, penyusun berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan sumbangan nyata bagi kemajuan Teknik Sipil pada khususnya, dan bagi pihak yang memerlukannya.

Bandung, Januari 2010

Penyusun

Christy Anandha Putri

NRP: 0621032

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------------------------|------|
| Halaman Judul | i |
| Surat Keterangan Tugas Akhir | ii |
| Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir | iii |
| Lembar pengesahan | iv |
| Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir | v |
| Abstrak | vi |
| Kata Pengantar | vii |
| Daftar Isi | ix |
| Daftar Gambar | xi |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Notasi | xv |
| Daftar Lampiran | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.4 Sistematika Penelitian | 2 |
| 1.5 Lisensi Perangkat Lunak | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN LITERATUR | 4 |
| 2.1 Prinsip Rembesan | 4 |
| 2.1.1 Aliran Air Dalam Tanah | 4 |
| 2.1.2 Gradien Hidrolik | 4 |
| 2.2 Analisa Rembesan | 6 |
| 2.2.1 Hukum Darcy | 6 |
| 2.2.2 Koefisien Kerembesan | 9 |
| 2.2.3 Penentuan Koefisien Di Laboratorium | 10 |
| 2.2.4 Hubungan Empiris Koefisien Kerembesan | 13 |
| 2.3 Rembesan Ekuivalen Pada Tanah Berlapis-lapis | 15 |
| 2.4 Jaringan Aliran | 19 |
| 2.4.1 Perhitungan Rembesan Dari Suatu Jaringan Aliran | 21 |
| | |
| BAB III PENGGUNAAN PROGRAM SEEP/W GEOSTUDIO | 23 |
| 3.1 Pendahuluan | 23 |
| 3.1.1 Lembar Kerja | 23 |
| 3.1.2 Kertas Kerja | 24 |
| 3.1.3 Skala | 25 |
| 3.1.4 Grid | 26 |
| 3.1.5 Koordinat | 26 |

| | |
|------------------------------------------|----|
| 3.2 Mendefinisikan Permasalahan | 28 |
| 3.2.1 Sketsa | 28 |
| 3.2.2 Tipe Analisis | 29 |
| 3.2.3 Kecepatan Hidraulik | 31 |
| 3.2.4 Material | 33 |
| 3.2.5 Pembagian Elemen | 33 |
| 3.2.6 Kondisi Batas | 36 |
| 3.2.7 Potongan Aliran | 37 |
| 3.3 Penyelesaian Permasalahan | 38 |
| 3.3.1 <i>Verify</i> (Pemeriksaan) | 38 |
| 3.3.2 Perhitungan | 39 |
| 3.4 Hasil Perhitungan Program | 40 |
| 3.4.1 Garis Ekipotensial | 40 |
| 3.4.2 Garis Aliran | 43 |
| 3.4.3 Jumlah Air Yang Keluar | 43 |
| 3.4.4 Kecepatan aliran yang terjadi | 44 |
| | |
| BAB IV STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN | 46 |
| 4.1 Studi Kasus | 46 |
| 4.1.1 Bendung | 46 |
| 4.1.2 Galian | 50 |
| 4.2 Pembahasan | 52 |
| 4.2.1 Bendung | 52 |
| 4.2.2 Galian | 72 |
| | |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 77 |
| 4.1 Kesimpulan | 77 |
| 4.2 Saran | 78 |
| | |
| Daftar Pustaka | 79 |
| | |
| Lampiran | 80 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 | Tekanan, Elevasi, dan Tinggi Total Energi Untuk Aliran Air di Dalam Tanah | 5 |
| Gambar 2.2 | Variasi Kecepatan Aliran v Dengan Gradient Hidrolik i | 7 |
| Gambar 2.3 | Penurunan Persamaan 2.10 | 9 |
| Gambar 2.4 | Uji Rembesan Dengan Cara Tinggi Konstan | 11 |
| Gambar 2.5 | Uji Rembesan Dengan Cara Tinggi Jatuh (<i>Falling Head</i>) | 12 |
| Gambar 2.6 | Kecepatan Kerembesan Pada Tanah Berbutir | 14 |
| Gambar 2.7 | Variasi Angka Pori Dengan Kecepatan Kerembesan Pada Tanah Lempung | 15 |
| Gambar 2.8 | Bentuk Variasi Log $[k(1+e)]$ Terhadap Log e Untuk Lempung Yang Terkonsolidasi Secara Normal | 16 |
| Gambar 2.9 | Variasi k Terhadap $e^n/(1+e)$ Untuk Tanah Lempung New Liskeard Yang Terkonsolidasi Secara Normal | 17 |
| Gambar 2.10 | Penentuan Koefisien Rembesan Ekuivalen Untuk Aliran Horizontal di Dalam Tanah Yang Berlapis-lapis | 17 |
| Gambar 2.11 | Penentuan Koefisien Rembesan Ekuivalen Untuk Aliran Vertikal di Dalam Tanah yang Berlapis-lapis | 18 |
| Gambar 2.12 | (a) Definisi Garis Aliran dan Garis Ekipotensial | 20 |
| Gambar 2.12 | (b) Jaringan Aliran yang Lengkap | 20 |
| Gambar 2.13 | Garis Ekipotensial dan Garis Aliran | 20 |
| Gambar 2.14 | Rembesan Melalui Suatu Saluran Aliran | 22 |
| Gambar 2.15 | Rembesan Pada Elemen Segi Empat | 22 |
| Gambar 3.1 | Lembar Kerja Baru | 23 |
| Gambar 3.2 | Pemilihan <i>Project Analysis</i> | 24 |
| Gambar 3.3 | Pengaturan Kertas Kerja | 24 |
| Gambar 3.4 | Pengaturan Skala | 25 |
| Gambar 3.5 | Pengaturan <i>Grid</i> | 26 |
| Gambar 3.6 | Pengaturan Koordinat | 27 |
| Gambar 3.7 | Pengaturan Ukuran Koordinat | 27 |
| Gambar 3.8 | Hasil Penentuan Koordinat | 28 |
| Gambar 3.9 | Pengaturan Garis | 29 |
| Gambar 3.10 | Hasil Pemodelan Permasalahan | 29 |
| Gambar 3.11 | Identitas Permasalahan | 30 |
| Gambar 3.12 | Jenis Perhitungan | 30 |
| Gambar 3.13 | Jenis Pengawasan | 31 |
| Gambar 3.14 | Pengaturan Kecepatan Aliran | 31 |
| Gambar 3.15 | Koefisien Kerembesan | 32 |
| Gambar 3.16 | Grafik Fungsi Kecepatan Aliran | 32 |
| Gambar 3.17 | Pengaturan Material | 33 |
| Gambar 3.18 | Material Elemen | 34 |
| Gambar 3.19 | Bentuk Elemen | 34 |
| Gambar 3.20 | Pembagian Elemen | 35 |
| Gambar 3.21 | Hasil Pembagian Elemen | 35 |
| Gambar 3.22 | Penentuan Kondisi Batas | 36 |

| | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.23 | Hasil Penentuan Kondisi Batas | 36 |
| Gambar 3.24 | Pengaturan <i>Flux Section</i> | 37 |
| Gambar 3.25 | Hasil Peletakan <i>Flux Section</i> | 37 |
| Gambar 3.26 | <i>Verify</i> | 38 |
| Gambar 3.27 | Hasil <i>Verify</i> | 38 |
| Gambar 3.28 | Hasil Perhitungan..... | 39 |
| Gambar 3.29 | Penggambaran Kontur..... | 40 |
| Gambar 3.30 | Kontur | 42 |
| Gambar 3.31 | Garis Ekipotensial dan Nilai Masing-masing <i>Total Head</i> | 42 |
| Gambar 3.32 | Garis Aliran | 43 |
| Gambar 3.33 | Nilai <i>Flux Section</i> | 44 |
| Gambar 3.34 | Kecepatan Aliran | 44 |
| Gambar 3.35 | Vektor Aliran Air..... | 45 |
| Gambar 4.1 | Pemodelan Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 47 |
| Gambar 4.2 | Pemodelan Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 47 |
| Gambar 4.3 | Pemodelan Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 48 |
| Gambar 4.4 | Pemodelan Bendung Homogen | 49 |
| Gambar 4.5 | Pemodelan Bendung Dengan <i>Core</i> (inti) | 49 |
| Gambar 4.6 | Pemodelan Drainasi Pada Tumit Bendung..... | 49 |
| Gambar 4.7 | Pemodelan Drainasi Pada Dasar Bendung | 50 |
| Gambar 4.8 | Pemodelan Galian ke-1 Pada Elevasi -1,5 m hingga -4,0 m..... | 51 |
| Gambar 4.9 | Pemodelan Galian ke-2 pada Elevasi -4,0 m hingga -6,0 m | 51 |
| Gambar 4.10 | Jumlah Air yang Keluar Untuk Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 52 |
| Gambar 4.11 | Garis Ekipotensial dan Nilai Penurunan Energi Potensial Pada Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 53 |
| Gambar 4.12 | Jaringan Aliran Pada Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 54 |
| Gambar 4.13 | Titik Peninjauan Perhitungan <i>Uplift Pressure</i> Pada Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 54 |
| Gambar 4.14 | Jumlah Air yang Keluar Untuk Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 58 |
| Gambar 4.15 | Garis Ekipotensial dan Nilai Penurunan Energi Potensial Pada Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 59 |
| Gambar 4.16 | Jaringan Aliran Pada Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 59 |
| Gambar 4.17 | Titik Peninjauan Perhitungan <i>Uplift Pressure</i> Pada Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 60 |
| Gambar 4.18 | Jumlah Air yang Keluar Untuk Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 63 |
| Gambar 4.19 | Garis Ekipotensial dan Nilai Penurunan Energi Potensial Pada Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 64 |
| Gambar 4.20 | Jaringan Aliran Pada Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 64 |
| Gambar 4.21 | Titik Peninjauan Perhitungan <i>Uplift Pressure</i> Pada Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 65 |
| Gambar 4.22 | Nilai <i>Total Flux</i> Pada Bendung Dengan Inti..... | 68 |
| Gambar 4.23 | Kontur <i>Total Head</i> Pada Bendung Homogen | 68 |
| Gambar 4.24 | Nilai <i>Total Flux</i> Pada Bendung Dengan Inti (<i>core</i>)..... | 69 |
| Gambar 4.25 | Kontur <i>Total Head</i> Pada Bendung Dengan Inti (<i>core</i>)..... | 69 |
| Gambar 4.26 | Nilai <i>Total Flux</i> Pada Bendung Dengan Drainasi Pada Tumit.... | 70 |
| Gambar 4.27 | Kontur <i>Total Head</i> Pada Bendung Dengan Drainasi Pada Tumit..... | 70 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.28 | Nilai <i>Total Flux</i> Pada Bendung Dengan Drainasi Pada Bagian Dasar Bendung..... | 71 |
| Gambar 4.29 | Kontur <i>Total Head</i> Pada Bendung Dengan Drainasi Pada Bagian Dasar Bendung..... | 71 |
| Gambar 4.30 | Nilai <i>Total Flux</i> dan Kontur <i>Total Head</i> Pada Galian ke-1 | 72 |
| Gambar 4.31 | Arah Aliran Pada Galian ke-1 | 73 |
| Gambar 4.32 | Nilai <i>Total Flux</i> dan Kontur <i>Total Head</i> Pada Galian ke-2 | 73 |
| Gambar 4.33 | Arah Aliran Pada Galian ke-2 | 74 |
| Gambar L2.1 | Grafik <i>Pressure Head</i> Pada Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 83 |
| Gambar L2.2 | Grafik <i>Pressure Head</i> Pada Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 84 |
| Gambar L2.3 | Grafik <i>Pressure Head</i> Pada Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 84 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 | Koefisien Kerembesan untuk tanah kondisi jenuh | 10 |
| Tabel 4.1 | <i>Total Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 55 |
| Tabel 4.2 | <i>Pressure Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Tanpa <i>Cutoff</i> | 55 |
| Tabel 4.3 | Perhitungan Nilai <i>Uplift Pressure</i> Pada Bagian Bawah Bendung | 56 |
| Tabel 4.4 | <i>Total Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 60 |
| Tabel 4.5 | <i>Pressure Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 61 |
| Tabel 4.6 | Perhitungan Nilai <i>Uplift Pressure</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 1 <i>Cutoff</i> | 62 |
| Tabel 4.7 | <i>Total Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 65 |
| Tabel 4.8 | <i>Pressure Head</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 66 |
| Tabel 4.9 | Perhitungan Nilai <i>Uplift Pressure</i> Pada Bagian Bawah Bendung Dengan 2 <i>Cutoff</i> | 67 |
| Tabel 4.10 | Hasil Pemodelan Bendung Sungai | 75 |
| Tabel 4.11 | Hasil Pemodelan Bendung Urugan..... | 75 |
| Tabel 4.12 | Hasil Pemodelan Galian..... | 76 |
| Tabel L2.1 | Jumlah Air Yang Keluar Untuk Masing-masing Pemodelan | 85 |
| Tabel L2.2 | Pemodelan Bendung Dengan Masing-masing Nilai <i>Uplift Pressure</i> | 85 |
| Tabel L3.1 | Kecepatan Aliran Berdasarkan Jenis Bendung | 86 |
| Tabel L3.2 | Jumlah Air Yang Keluar Berdasarkan Jenis Bendung | 87 |
| Tabel L4.1 | Nilai <i>XY-Gradient</i> Pada Galian Ke-1 | 88 |
| Tabel L4.2 | Gradien Hidrolik Rata-rata Pada Galian Ke-1 | 88 |
| Tabel L4.3 | Nilai <i>XY-Gradient</i> Pada Galian Ke-2 | 89 |
| Tabel L4.4 | Gradien Hidrolik Rata-rata Pada Galian Ke-2 | 89 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| A | = Luas penampang melintang total, m^2 |
| A_s | = Luas butiran dalam penampang melintang tanah, m^2 |
| A_v | = Luas pori dalam penampang melintang tanah, m^2 |
| a | = Luas penampang melintang pipa tegak (uji tinggi jatuh) , m^2 |
| b_1, b_2 | =Lebar elemen pada jaringan aliran, m |
| C_s | =Faktor bentuk |
| C_u | =Koefisien keseragaman |
| D_{10} | =Ukuran efektif, mm |
| e | =Angka pori |
| g | =Percepatan disebabkan oleh gravitasi, $m/detik^2$ |
| H | =Tebal lapisan tanah, m |
| H_1, H_2 | =Tebal lapisan tanah, tinggi air dari muka tanah, m |
| h | =Tinggi energi; kehilangan energi, m |
| i | =Gradien hidraulik |
| $i_{(eq)}$ | =Gradien hidraulik ekivalen (untuk tanah berlapis) |
| K | =Rembesan absolut, m^2 |
| k | =Koefisien kerembesan, m/detik |
| k_H | =Koefisien rembesan pada arah horizontal, m/detik |
| $k_{H(eq)}$ | =Koefisien rembesan ekivalen pada arah horizontal (untuk tanah berlapis) , m/detik |
| k_V | =Koefisien rembesan vertikal, m/detik |
| $k_{V(eq)}$ | =Koefisien rembesan ekivalen pada arah vertikal (untuk tanah berlapis) m/detik |

| | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L | =Panjang, m |
| l | =Panjang elemen dalam suatu jaringan aliran, m |
| N_d | =Banyaknya penurunan energi potensial |
| N_f | =Banyaknya saluran aliran |
| n | =Porositas |
| p | =Tekanan, kg/m^2 |
| Q | =Banyaknya air yang mengalir, m^3 |
| q | =Banyaknya aliran per satuan waktu, m^3/detik |
| S_s | = luas permukaan per volume partikel ($1/\text{m}^2$) |
| T | = panjang lengkungan pada saluran aliran (m) |
| t | =Waktu, detik |
| V_s | =Volume butiran padat contoh tanah, m^3 |
| V_v | =Volume pori contoh tanah, m^3 |
| V | = Kecepatan aliran, merupakan banyaknya air yang mengalir dalam satuan waktu melalui suatu satuan luas penampang melintang tanah yang tegak lurus arah aliran, m/detik |
| v_s | = Kecepatan rembesan yang melalui pori-pori tanah, m/detik |
| v_1, v_2 | = Kecepatan aliran pada lapisan tanah, m/detik |
| Z | = Tinggi elevasi, m |
| Δh | = Kehilangan energi, m |
| Δq | =Jumlah rembesan per satuan waktu yang melalui suatu saluran aliran, m^3/detik |
| γ_w | = Berat volume air, kg/m^3 |
| η | = Kekentalan air, $\text{kg detik}/\text{m}^2$ |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran L1 | Hasil Tes Konsolidasi dan Laboratorium Contoh Tanah..... | 81 |
| Lampiran L2 | Hasil Output dan Perhitungan Manual Pemodelan Bendung Sungai..... | 83 |
| Lampiran L3 | Hasil Output dan Perhitungan Manual Pemodelan Bendung Urugan..... | 86 |
| Lampiran L4 | Hasil Output dan Perhitungan Manual Pemodelan Galian..... | 88 |