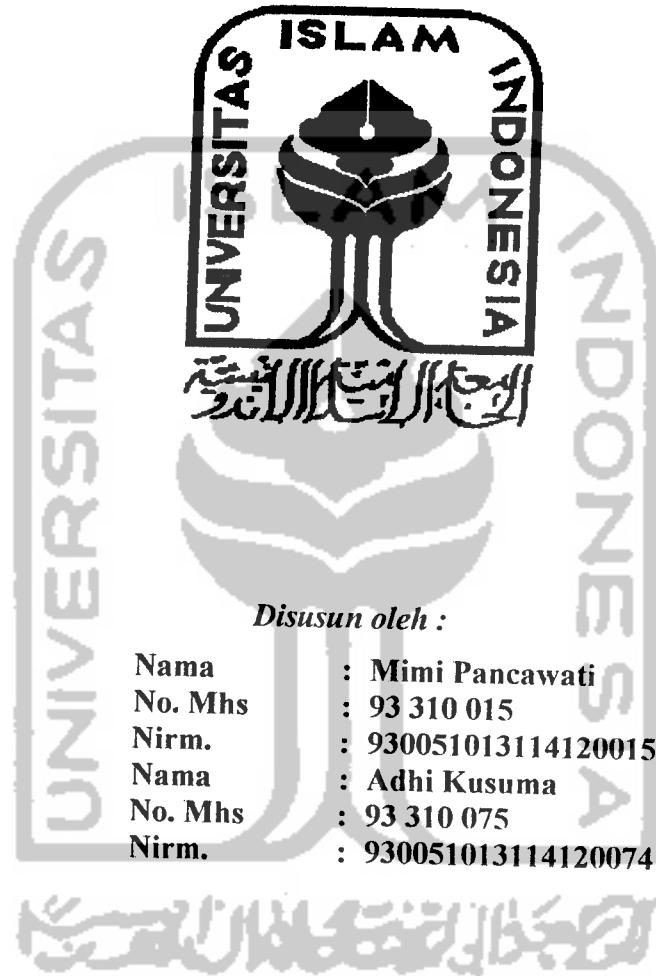


TUGAS AKHIR

Penerapan Metode Rekayasa Nilai pada  
Drainase Perumahan “Merapi View”  
Yogyakarta

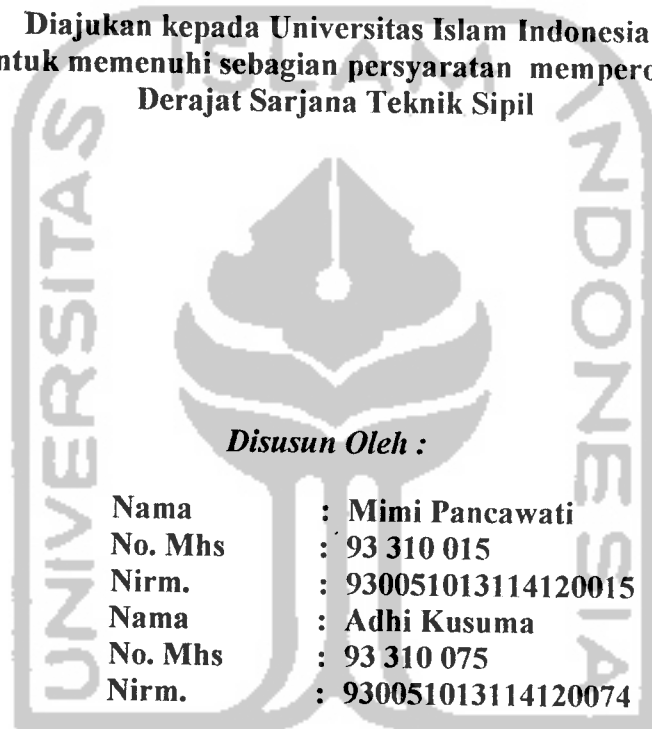


JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1999

## TUGAS AKHIR

### Penerapan Metode Rekayasa Nilai pada Darinase Perumahan “Merapi View” Yogyakarta

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1999

**Lembar Pengesahan**


**TUGAS AKHIR**

**Penerapan Metode Rekayasa Nilai pada  
Darinase Perumahan "Merapi View"  
Yogyakarta**




Ir. Endang Tantrawati, MT

Dosen Pembimbing I

  
Tanggal : 1 - 5 - 1999

Ir. Faisol AM., MS

Dosen Pembimbing II

  
Tanggal : 1 - 5 - 1999

## Lembar Persembahan

*Kupersembahkan Tugas akhir ini untuk*

Mama dan Papa tercinta, Uni Onnie dan Mas Ganis, Uda Eandar dan Mbak Umi,  
Uda Ricky dan Mbak Astrid, Uda Dedi, Uda Andri,  
dan keponakan Wawan, Viska dan Anggi, Abah dan Ibu,  
Terima kasih atas doa dan dukungannya

*Terima kasih banyak untuk*

Faisal dan Namie di Bandung, Vivi, Arie 'ndut, Benny, Dori, Ana, Yayang Fityan,  
Luwes dan Nanang, Anak-anak Pangkur Familiar, Anak-anak Dayu Oke,  
Anak-anak Nglempongsari Okem, Aan, Ocha, Andy, Hafiz, Lily,  
Udin, Monie dan si kecil Kiky, Tondi, Yayang Didit, Yuli,  
Rahmad, Wikan dan Diana, Rifa, Dany, Wisnu dan Indra,  
Teman-teman seperjuangan TA bimbingan Pak Faisal,  
Teman-teman A1 '93, serta panitia ultah Aries People.

*And most of all, Adhi my best partner.*

*Mimi Pancawati*

## Lembar Persembahan



*Kupersembahkan Tugas akhir ini untuk*

Mami, Papi, Mas Arif, Asih dan Hery  
Terima kasih atas doa dan dukungannya

*Terima kasih banyak untuk*

Faisal dan Namie di Bandung, Vivi, Arie 'ndut, Benny, Dori, Ana, Yayang Filyan,  
Luwes dan Nanang, Anak-anak Pangkur Familiar, Anak-anak Dayu Oke,  
Anak-anak Nglempongsari Okem, Aan, Ocha, Andy, Hafiz, Lily,  
Udin, Monic dan si kecil Kiky, Tondi, Yayang Didit, Yuli,  
Rahmad, Wikan dan Diana, Rifa, Dany, Wisnu, Indra,  
Teman-teman seperjuangan TA bimbingan Pak Faisol,  
Teman-teman A1 '93, serta panitia ultah Aries People.

*And most of all, Mimi my best partner.*

*Adhi Kusuma*

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrohim*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Dipanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat keserjanaan dalam bidang ilmu Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama penyelesaian Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Metode Rekayasa Nilai pada Drainase Perumahan “Merapi View” Yogyakarta” tentunya banyak pihak yang telah membantu. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Widodo MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan UII yang telah memberikan persetujuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan selaku dosen Rekayasa Nilai yang telah memberikan bantuan literatur, bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ir. Endang Tantrawati, MT, selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan tugas akhir ini.

5. Ir. Fakhuraji, selaku Manajer Teknik P.T. Jawadwipa Selaras Cipta konsultan perencana perumahan Merapi View.
6. Rekan-rekan yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

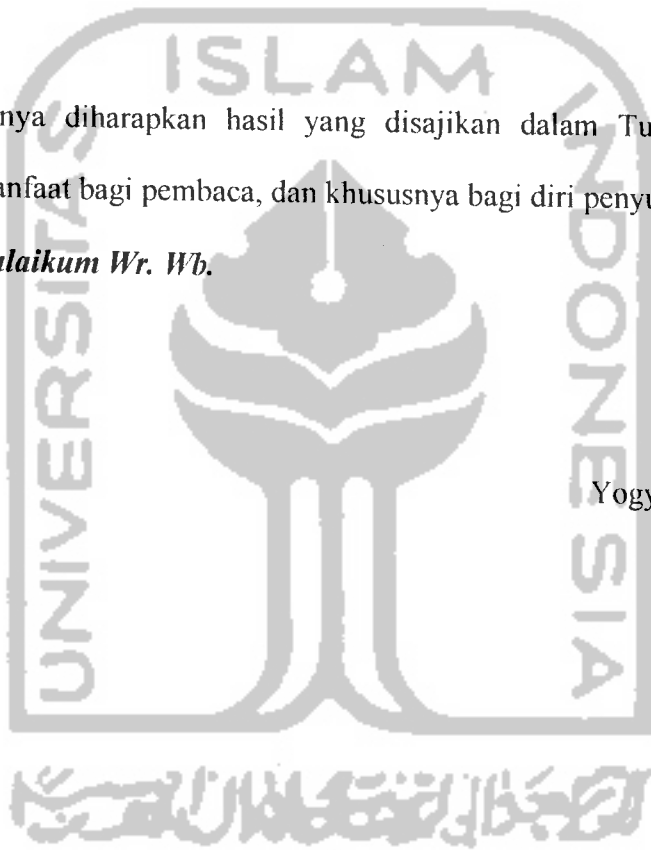
Disadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik dan saran sangat dibutuhkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya diharapkan hasil yang disajikan dalam Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi pembaca, dan khususnya bagi diri penyusun.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, April 1999

Penyusun



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Metodologi.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	7
3.1 Rekayasa Nilai .....	7
3.1.1 Sejarah Rekayasa Nilai .....	7
3.1.2 Pengertian Rekayasa Nilai .....	9
3.1.3 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai .....	12
3.1.4 Tujuan Rekayasa Nilai .....	14
3.1.5 “Job Plan” dalam Rekayasa Nilai.....	14
3.1.5.1 Tahap Informasi .....	16
3.1.5.2 Tahap Kreatif .....	23
3.1.5.3 Tahap Penilaian .....	24



3.1.5.4 Tahap Pengembangan .....	31
3.1.5.5 Tahap Presentasi.....	32
3.2 DRAINASI PERUMAHAN .....	32
3.2.1 Permukiman dan Perumahan.....	32
3.2.1.1 Pola Permukiman.....	33
3.2.1.2 Perumahan.....	33
3.2.1.3 Proyek Perumahan.....	34
3.2.2 Drainasi.....	34
3.2.3 Jenis-jenis drainasi.....	35
3.2.3.1 Drainasi berdasarkan bentuk saluran.....	35
3.2.3.2 Drainasi berdasarkan tipe material.....	36
3.2.3.3 Drainasi berdasarkan fungsi.....	37
3.2.4 Standar Perencanaan Drainasi.....	38
3.2.4.1 Sistem Drainasi.....	39
3.2.4.2 Analisis Debit Saluran.....	40
3.2.4.3 Analisis Penampang Saluran.....	45
3.2.5 Prosentase Biaya Proyek Perumahan.....	46
<b>BAB IV STUDI KASUS PENERAPAN METODA REKAYASA NILAI PADA</b>	
<b>    DRAINASI PERUMAHAN “MERAPI VIEW” YOGYAKARTA ...</b>	<b>48</b>
4.1 Konsep Penerapan Rekayasa Nilai Pada Drainasi Perumahan.....	48
4.2 Tahap Informasi.....	52
4.2.1 Pengumpulan data .....	52
4.2.2 Struktur fungsi drainasi perumahan.....	52
4.3 Tahap Kreatif.....	55
4.4 Tahap Penilaian/Analisis.....	57
4.4.1 Lembar kerja analisis keuntungan-kerugian.....	57
4.4.2 Lembar kerja analisis tingkat kelayakan.....	59
4.4.3 Lembar kerja analisis matriks.....	60
4.5 Tahap Pengembangan.....	65
4.5.1 Hitungan konstruksi.....	65
4.5.2 Biaya awal.....	68

4.5.3 Biaya pemeliharaan dan penggantian .....	69
4.5.4 Biaya siklus hidup .....	69
4.6 Tahap Presentasi.....	71
BAB V PEMBAHASAN.....	78
5.1 Analisis Keuntungan dan Kerugian.....	78
5.2 Analisis Kelayakan.....	78
5.3 Analisis Matriks.....	79
5.4 Biaya Siklus Hidup.....	80
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
6.1 Kesimpulan.....	82
6.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Waktu penerapan studi rekayasa nilai .....	14
Gambar 3.2	Skema Rencana Kerja Rekayasa Nilai .....	18
Gambar 3.3	Diagram FAST .....	21
Gambar 3.4	Matriks perbandingan berpasangan, Matriks I, Vektor Prioritas .....	29
Gambar 3.5	Perkalian Matriks perbandingan dengan matriks vektor prioritas ...	30
Gambar 3.6	Kurva Distribusi Hukum Pareto .....	47
Gambar 4.1	Diagram alir konsep penerapan metode rekayasa nilai pada drainasi perumahan .....	49
Gambar 4.2	Struktur fungsi sistem drainasi perumahan .....	54
Gambar 4.3	Saluran ide kreatif .....	56
Gambar 4.4	Detail potongan pasangan batu kali .....	67
Gambar 4.5	Pipa beton tanpa tulangan .....	73
Gambar 4.6	Pasangan batu kali tanpa plesteran .....	74
Gambar 4.7	Detail potongan bak kontrol .....	75
Gambar 4.8	Detail potongan bak kontrol .....	76
Gambar 4.9	Detail potongan bak kontrol .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Hasil penelitian American Ordnance Association, 1967 .....	8
Tabel 3.2	Tabel Matriks Biaya .....	19
Tabel 3.3	Matriks perbandingan berpasangan .....	28
Tabel 3.4	Skala Banding Secara Berpasangan .....	28
Tabel 3.5	Indeks Random (RI) .....	31
Tabel 3.6	Tipe material drainasi .....	37
Tabel 3.7	Jenis dan dimensi rancangan limpasan drainasi air hujan .....	39
Tabel 3.8	Kecepatan aliran berdasarkan bahan .....	39
Tabel 3.9	Metode sistem drainasi .....	40
Tabel 3.10	Nilai n (koefisien kekasaran Manning) .....	44
Tabel 3.11	Nilai C untuk berbagai jenis permukaan .....	44
Tabel 3.12	Penampang hidrolis matrik .....	46
Tabel 4.1	Data tentang proyek (desain awal) .....	52
Tabel 4.2	Identifikasi fungsi .....	53
Tabel 4.3	Tabel tahap spekulasi saluran drainasi .....	55
Tabel 4.4	Analisis ide kreatif dengan teknik keuntungan-kerugian untuk saluran drainasi Merapi View .....	58
Tabel 4.5	Tabel analisis kelayakan .....	60
Tabel 4.6	Tabel analisis matriks dan desain drainasi Merapi View .....	64
Tabel 4.7	Tabel biaya pembangunan saluran drainasi perumahan Merapi View .....	68
Tabel 4.8	Tabel biaya siklus hidup .....	70
Tabel 4.9	Tabel Biaya .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Parameter kriteria desain drainasi perumahan
- Lampiran 2 Penilaian terhadap kriteria pada analisa kelayakan
- Lampiran 3 Cara perhitungan analisis pembobotan kriteria parameter dan uji data
- Lampiran 4 Standar Nasional Indonesia SNI 03-3224-1994
- Lampiran 5 Cost model pekerjaan saluran kawasan total dan outlet
- Lampiran 6 Perhitungan biaya disain saluran
- Lampiran 7 Perhitungan drainasi perumahan “ Merapi View “



## INTISARI

Yang menjadi penyebab semakin membungunya harga perumahan adalah pemborosan pada biaya komponen perumahan. Salah satu diantaranya adalah saluran air yang menggunakan material yang kurang tepat. Melihat kenyataan ini perlu dicari jalan keluarnya, yang diharapkan dapat memberikan penghematan. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan rekayasa nilai pada pembangunan di bidang perumahan tersebut. Dalam pembangunan saluran drainasi perumahan "Merapi View" Yogyakarta, saluran drainasi yang digunakan adalah pasangan batu kali dengan plesteran, dengan perincian panjang saluran primer adalah 510 m, saluran sekunder adalah 1.260 m, dan saluran tersier adalah 4.524 m. Analisis dilakukan dengan cara pengumpulan data proyek dengan cara wawancara dan kuesioner, pemilihan faktor-faktor yang maksimal bagi penghematan, dan pengajuan ide-ide alternatif yaitu dengan pengajuan delapan desain alternatif. Analisis alternatif-alternatif tersebut dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahapan pertama berupa analisis keuntungan-kerugian serta analisis tingkat kelayakan dan tahapan kedua dilakukan dengan analisis matriks dan perhitungan penghematan selama umur konstruksi (biaya siklus hidup). Dan hasil analisis didapatkan pipa beton tanpa tulangan sebagai alternatif pertama dan pasangan batu kali tanpa plesteran sebagai alternatif kedua. Penghematan biaya inisial terhadap desain asli didapat sebesar Rp 69.049.075,60 untuk pipa beton tanpa tulangan dan Rp 6.533.338,10 untuk pasangan batu kali tanpa plesteran, sedangkan penghematan annual didapat Rp 11.237.419,01 untuk pipa beton tanpa tulangan dan Rp 1.063.270,68 untuk pasangan batu kali tanpa plesteran. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai efisiensi yang cukup besar dengan penerapan studi rekayasa nilai, tanpa mengorbankan mutu bagi disain yang telah direncanakan. Selain daripada itu dapat pula disimpulkan bahwa penerapan rekayasa nilai paling tepat diterapkan pada tahap disain.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Rumah atau tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan primer dari masyarakat. Seiring dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan akan tempat tinggal meningkat. Untuk mengantisipasi kebutuhan tersebut, dibangun perumahan atau *real estate*.

Selain terbatasnya lahan, yang menjadi penyebab semakin membunganya harga atau biaya perumahan adalah pemborosan pada biaya komponen perumahan. Salah satu diantaranya adalah komponen penyediaan prasarana dan sarana umum, misalnya prasarana jalan, saluran air, dan sebagainya. Sementara itu dilain pihak diperlukan penghematan sumber daya alam dan manusia.

Melihat kenyataan ini perlu dicari jalan keluarnya, yang diharapkan dapat memberikan penghematan. Salah satu metode/cara yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan rekayasa nilai pada pembangunan di bidang perumahan tersebut.

Seperti diketahui, bahwa rekayasa nilai adalah suatu teknik manajemen yang sudah teruji. Jadi rekayasa nilai adalah suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistem, mempunyai pemanfaatan fungsi sebagai tujuan

atau nilai utama dengan tetap memperhatikan tujuan/nilai yang lain.

## **1.2 POKOK MASALAH**

Bagaimana menemukan alternatif desain yang terbaik pada sistem jaringan drainasi perumahan dengan metode rekayasa nilai.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Penerapan metode rekayasa nilai pada desain drainasi pembangunan perumahan.

## **1.4 MANFAAT PENELITIAN**

Untuk mendapatkan desain drainasi yang terbaik dari segi biaya, fungsi, dan desain-desain parameter lainnya serta mengoptimalkan biaya.

## **1.5 BATASAN MASALAH**

Studi rekayasa nilai sangat luas dan kompleks yang membutuhkan banyak informasi serta melibatkan suatu tim ahli dari berbagai disiplin ilmu yang terkait. Sehubungan dengan itu, maka ruang lingkup bahasan dari penelitian ini dibatasi pada drainasi permukaan dan bawah tanah perumahan di Yogyakarta, dengan studi kasus proyek Merapi View.

## **1.6 METODOLOGI**

Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan metodologi sesuai dengan prosedur umum yang ditentukan dalam metode rekayasa nilai sebagai berikut:

### **1. Tahap informasi atau pengumpulan data ( *Information Phase* )**

Yaitu tahapan pengumpulan data atau informasi sebanyak mungkin yang berhubungan dengan desain proyek, informasi biaya, informasi teknis dan



menyeluruh terhadap sistem, struktur, atau bagian-bagian yang dilakukan studi rekayasa nilai yang diperoleh dengan cara mengadakan wawancara terhadap perencana proyek. Kemudian dibuat diagram analisis fungsi yaitu menguraikan tiap elemen sesuai dengan fungsinya masing-masing dimana dibuat klasifikasi mengenai fungsi utama dan fungsi sekunder.

2. Tahap kreatif ( *Creative phase* )

Pada tahapan ini dikembangkan suatu pemikiran-pemikiran dan gagasan-gagasan baru yang kreatif dan inovatif untuk membuat alternatif baru tanpa meninggalkan fungsi dasar dari elemen yang ditinjau. Pada tahap kreatif pengembangan pemikiran ataupun gagasan-gagasan baru bebas dilakukan, sehingga dimungkinkan semakin banyaknya ide-ide muncul.

3. Tahap penilaian dan analisis ( *Judgement phase* )

Pada tahap ini seluruh alternatif-alternatif yang timbul pada tahapan sebelumnya dihitung dan dipertimbangkan keuntungan dan kerugian yang dipandang dari berbagai sudut, serta analisis kelayakan, kemudian dibuat rangking hasil penilaian dengan menggunakan daftar evaluasi matrik ( Zimmerman dan Hart ) dan parameter kriteria desain yang diperoleh dari kuisisioner tim rekayasa nilai . Dari hasil evaluasi ini dapat dipilih ide yang terbaik untuk tahap berikutnya.

4. Tahap pengembangan ( *Development phase* )

Dalam tahap ini semua ide yang terpilih, dibuat gambaran tentang desainnya, memperkirakan biaya siklus hidup ( *life cycle cost* ) dari desain asal dengan yang baru dan dibuat perbandingannya, kemudian dibuat suatu rekomendasi

kelebihan dan kekurangan dari setiap alternatif yang ada.

5. Tahap Rekomendasi ( *Recommendation phase* )

Tahapan terakhir dimana dibuat rekomendasi dari tahapan sebelumnya yang berupa ringkasan biaya siklus hidup ( *life cycle cost* ) yang berupa nilai penghematan terbesar, kemudian dibuat ringkasan laporan yang dapat diajukan sebagai bahan pertimbangan, yang dibuat secara singkat, jelas, dan tepat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

1. Penerapan Analisa Nilai pada proyek pembangunan Gedung Rektoriat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dapat menghemat biaya Rp142.037.665,00 (pondasi tiang Hume) dan Rp 80.764.475,00 (kombinasi tiang Franki), (sumber: Tugas Akhir “Penerapan Analisa Nilai pada proyek pembangunan Gedung Rektoriat UMY”, Siti Julaechah, 1997).
2. Penerapan Rekayasa Nilai pada proyek Menara BRI III/GKBI pada pekerjaan perkuatan tanah dapat menghemat biaya sebesar 40 % dan waktu sebesar 30 % dengan menggunakan Metode Soil Nailing dibandingkan dengan Metode Sheet Pile atau Sistem Soldier Pile (sumber : Konstruksi, No. 212, Oktober 1995).
3. Penerapan analisa nilai pada rangka kuda-kuda gedung kuliah FIP/FPIPS IKIP Negeri Yogyakarta dengan dilakukannya evaluasi siklus hidup selama 30 tahun untuk tiap-tiap bentang kuda-kuda usulan dan kuda-kuda yang sudah ada, maka diperoleh penghematan sebagai berikut :
  - a) Untuk rangka kuda-kuda kayu : Rp 939.625,00 (*Present Worth*) untuk tiap bentang, maka untuk 18 bentang : Rp 16.913.250,00 (PW).
  - b) Untuk rangka kuda-kuda baja profil siku ganda usulan : Rp 726.620,00 (PW), maka untuk 18 bentang : Rp 13.079.160,00 (PW)

Sehingga rangka kuda-kuda kayu dipilih sebagai desain yang diusulkan dan rangka kuda-kuda baja profil siku ganda sebagai desain cadangan ( sumber : Tugas Akhir “ Penerapan Analisa Nilai pada rangka kuda-kuda Gedung Kuliah FIP / FPIPS IKIP NEGERI Yogyakarta, 1996 ).

4. Penghematan biaya pada proyek Lock Navigasi, Virginia Barat dengan metode rekayasa nilai sebesar US \$ 50 juta, dari biaya proyek sebesar US \$ 243 juta (sumber : Konstruksi, No. 228, Juni 1985).
5. Penghematan biaya pada pabrik pengolahan daging sebesar US \$ 125.419 (4,2 %) dari biaya proyek sebesar US \$ 3.040.000 (sumber : Sudinarto. “ Manajemen Konstruksi Profesional “. Edisi ke-2, 1987).
6. Penghematan biaya pada pabrik roti dan kue sebesar US \$ 63.240 (1,6 %) dari biaya proyek sebesar US \$ 4.020.000 (sumber : Sudinarto. “ Manajemen Konstruksi Profesional “. Edisi ke-2, 1987).
7. Penghematan biaya pada pembuatan pelat dan fasilitas daur ulang sebesar US \$ 8.315 (0,8 % ) dari biaya sebesar US \$ 1.100 (sumber : Sudinarto. “ Manajemen Konstruksi Profesional “. Edisi ke-2, 1987).
8. Penghematan biaya pada pusat pengolahan air sebesar US \$ 56.047 (1,3 %) dari biaya sebesar US \$ 4.400.000 (sumber : Sudinarto. “ Manajemen Konstruksi Profesional “. Edisi ke-2, 1987).
9. Penghematan pada pabrik pemrosesan daging sebesar US \$ 164.219 (2,0 % ) dari biaya sebesar US \$ 8.000.000,00 (sumber : Sudinarto. “ Manajemen Konstruksi Profesional “. Edisi ke-2, 1987).

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 REKAYASA NILAI**

##### **3.1.1 Sejarah Rekayasa Nilai**

Rekayasa nilai mulai diperkenalkan setelah Perang Dunia II. Selama masa perang, industri Amerika Serikat mengalami kekurangan bahan baku untuk proses produksinya. Salah satu diantara perusahaan yang mengalami akibat kekurangan bahan baku tersebut adalah *General Electric Company*. Salah seorang staf teknik dari perusahaan tersebut yang bernama Lawrence D. Miles mendapat tugas untuk mengatasi masalah itu. Tugasnya adalah untuk mencari bahan pengganti serta mengembangkan metode pengganti fungsi dari komponen yang terlalu mahal. Metode yang dikembangkan adalah teknik Analisis Nilai (*Value Analysis Technique*) yang kemudian menjadi standar di perusahaannya. Sejak Miles berhasil menerapkan teori teknik analisis nilai tersebut, pada tahun 1954, Departemen Pertahanan Amerika Serikat mengembangkan program ini yang kemudian menjadi metode Rekayasa Nilai.

Pada tahun 1965 Biro Reklamasi Amerika Serikat mulai mempergunakan Rekayasa Nilai pada tahap konstruksi dari proses perencanaannya. Ini merupakan saat awal dari penerapan Rekayasa Nilai pada bidang konstruksi.

Setelah Rekayasa Nilai dikenal manfaatnya, maka mulai dipergunakan pula di bidang proses produksi. Berdasarkan penelitian yang diadakan oleh *American Ordnance Association* pada tahun 1967 di Washington DC, yang diambil dari 193 sampel pelaksana kontraktor *Value Engineering*, dari 267 perubahan gambar didapat prosentase keuntungan yang cukup besar akibat dari penerapan Rekayasa Nilai pada beberapa permasalahan produksi. Hasil penelitian menggambarkan bahwa keuntungan dengan penerapan Rekayasa Nilai mencapai 24 % sampai 82 %, sedangkan kerugiannya 1 % - 5 % . Kerugian ini akibat dari perubahan bentuk komponen, pola kerja, pengadaan komponen baru, waktu produksi, dan berat dari produksi tersebut.

Tabel 3.1. Hasil penelitian American Ordnance Association, 1967

Permasalahan Produksi	Keuntungan	Tidak Berpengaruh	Kerugian
Reliabilitas	63 %	37 %	-
Pemeliharaan	64 %	36 %	-
Produktivitas	82 %	16 %	2 %
Manusia	58 %	41 %	1 %
Pengadaan komponen	58 %	41 %	1 %
Waktu Produksi	78 %	21 %	1 %
Kualitas	71 %	29 %	-
Berat	37 %	58 %	5 %
Logistik	55 %	45 %	-
Performansi	33 %	67 %	-
Pengepakan	24 %	76 %	-

(sumber: Dell'isola, A.J. *Value Engineering in the Construction industry*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1975)

Pada saat ini rekayasa nilai telah dikenal di banyak negara di luar Amerika Serikat, seperti Jepang ( 1970 ), Italia ( 1978 ), Kanada ( 1978 ), Australia ( 1979 ), dan Indonesia ( 1986 ).

Rekayasa Nilai diterapkan di Indonesia pertama kali di Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga yaitu pada proyek *Cawang Fly Over*.

### 3.1.2 PENGERTIAN REKAYASA NILAI

Ada beberapa definisi tentang Rekayasa Nilai, antara lain :

1. Menurut L.D. Miles,

Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang terorganisir dan kreatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi biaya yang tak perlu. Biaya yang tidak perlu ini adalah biaya yang tidak memberikan kualitas, kegunaan, sesuatu yang menghidupkan penampilan yang baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen.

2. Menurut Zimmerman dan Hart,

Rekayasa Nilai adalah suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mencapai keseimbangan fungsional terbaik antara biaya, keandalan, dan penampilan dari suatu sistem atau produk.

Rekayasa Nilai adalah suatu usaha pendekatan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang tidak esensial ( perlu ) dan menghilangkan biaya-biaya yang kurang bermanfaat tanpa harus mengurangi kualitas, keamanan, dll.

Identifikasi fungsi tersebut dilaksanakan pada proyek yang ditinjau dengan cara:

1. Pemilihan bagian yang akan direkayasa, jika dijumpai banyak komponen-komponen atau bagian-bagian dari proyek, maka perlu diadakan seleksi untuk

- mendapatkan bagian yang paling banyak / tinggi potensi untuk penghematan biaya.
2. Harus mengetahui fungsi dari bagian yang dianalisis. Hal ini akan menentukan berapa besar nilai hakiki dari bagian yang dianalisis tersebut terhadap seluruh proyek.
  3. Hirarki keuntungan yang sedang dianalisis. Dalam hal ini nilai yang dianalisis masih bersifat hakiki.
  4. Nilai keuntungan perlu dihitung biayanya untuk mendapatkan indeks nilai.
  5. Alternatif yang ditinjau perlu dianalisis untuk meyakinkan bahwa alternatif yang dipilih dapat dilaksanakan.

Pengertian Rekayasa Nilai secara umum adalah penerapan suatu teknik manajemen melalui pendekatan yang sistematis dan terorganisir dengan menggunakan analisis fungsi, pada suatu proyek atau produk, sehingga diperoleh hasil yang mempunyai keseimbangan antara fungsi utama dengan biaya, keandalan, mutu, dan hasil guna (*performance*) dari proyek atau produk tersebut.

Dalam studi Rekayasa Nilai dikenal ada 4 macam nilai :

1. Nilai guna ( *Use Value* ), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar kegunaan suatu produk / proyek akibat sudah terpenuhi suatu fungsi, yang umumnya dipengaruhi oleh kualitas dan sifat produk / proyek tersebut.
2. Nilai kebanggaan / prestise ( *Esteem Value* ), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar kemampuan produk / proyek untuk menimbulkan keinginan konsumen untuk memilikinya, atau dengan kata lain, rasa kebanggaan memiliki



produk tersebut. Kemampuan ini ditentukan oleh sifat khusus dari produk seperti daya tarik, keindahan, ataupun gengsi dari produk tersebut.

3. Nilai tukar ( *Exchange Value* ), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar keinginan konsumen untuk berkorban atau mengeluarkan biaya menukar dengan sesuatu untuk dapat memiliki produk tersebut.
4. Nilai biaya ( *Cost Value* ), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar biaya total yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk dan memenuhi semua fungsi yang diinginkan.

Nilai di atas dapat digolongkan pada nilai dapat diukur / bersifat "extrinsic" (*quantitative*) dan nilai yang tidak dapat diukur (*abstrac*).

Dalam proses pembangunan tidak hanya menghasilkan produk, tapi prosesnya sendiri memberikan dampak yang positif, maka diharapkan efisiensi dari pembangunan. Agar pembangunan dapat efektif dan efisien, maka baik secara total maupun parsial, hendaknya rasio antara biaya dan harga yang dihasilkan sesuai dengan desain.

Untuk mendapatkan efisiensi dari suatu pembangunan, perlu *ratio* antara *worth* dengan *cost*:

$$\boxed{Ratio = \frac{cost}{worth}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

*Cost* adalah sejumlah uang, waktu, tenaga, dan lain-lain yang diperlukan untuk memperoleh suatu fasilitas produk baik berupa barang atau jasa yang diinginkan.

*Worth* adalah biaya terendah dari yang dibutuhkan untuk membentuk fungsi.

Bilamana :

1. **Ratio**  $> 1$ , maka : besar rasio tersebut harus dianalisis dulu, untuk : rasio antara 1 s/d 2, kecil kemungkinan terjadi penghematan pada proyek tersebut jika dilakukan analisis nilai. Jika rasio  $> 2$ , maka proyek tersebut akan ada penghematan jika dilakukan analisis nilai
2. **Ratio**  $= 1$ , berarti : besarnya biaya minimum yang dikeluarkan telah memenuhi fungsi yang dibutuhkan.
3. **Ratio**  $< 1$ , berarti : sesuatu yang tidak mungkin, karena biaya yang dikeluarkan tidak dapat memenuhi fungsi yang dibutuhkan.

Jika studi rekayasa nilai dilakukan sejak awal desain, maka rasio yang diharapkan antara 1 s/d 2. Rasio yang dihasilkan pada metode ini hanya menunjukkan berapa besar perbandingan antara biaya dan harga yang dikeluarkan untuk memperoleh fasilitas yang diinginkan.

### 3.1.3 WAKTU PENERAPAN REKAYASA NILAI

Pada umumnya waktu pelaksanaan rekayasa nilai dibagi dalam 3 tahap :

1. Tahap Konsep Perencanaan dan Biaya

Rekayasa Nilai lebih praktis jika diaplikasikan sejak awal yaitu pada tahap konsep perencanaan dan biaya, karena pada tahap ini fleksibilitas yang maksimal untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk desain kembali. Dengan berkembangnya proses perencanaan biaya sehingga perubahan-perubahan akan bertambah, yang akhirnya akan mencapai

suatu titik keseimbangan dimana penghematan tidak dapat dicapai. Ini dapat dilihat pada gambar 3.1, dimana penghematan yang potensial dihabiskan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru, pemesanan kembali, dan pembuatan jadwal baru. Studi telah membuktikan bahwa perencanaan mempunyai pengaruh yang besar pada biaya proyek.

## 2. Tahap desain

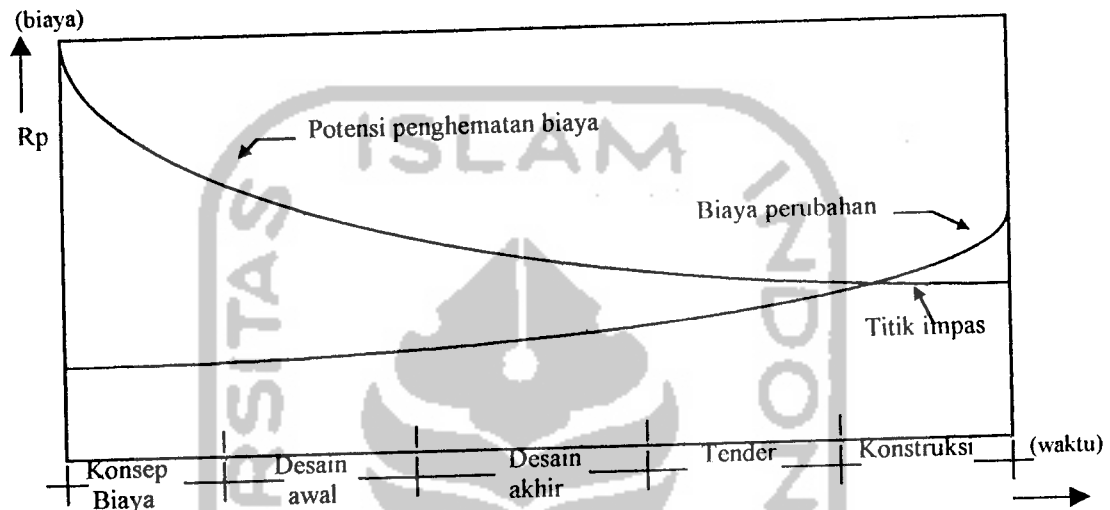
Rekayasa Nilai perlu menyertai kemajuan pekerjaan perencanan dalam tahap desain, yaitu mulai dari konsep, program skematik, pengembangan sampai desain akhir. Hal ini guna memberikan pertimbangan dari segi nilai atau biaya untuk mendapatkan perhatian di dalam mengambil keputusan.

## 3. Tahap Pelelangan dan Pelaksanaan

Pada tahap ini aplikasi rekayasa nilai mungkin terjadi apabila :

- a. satu bagian atau sistem telah diteliti oleh tim rekayasa nilai pada tahap sebelumnya, dan memerlukan penelitian lebih lanjut sebelum diputuskan. Meskipun terjadi kelambatan akibat penelitian tersebut, mungkin akan menguntungkan untuk diteruskan apabila penghematan yang dihasilkan sangat besar.
- b. Pada tahap perencanaan belum pernah diadakan studi rekayasa nilai, maka aplikasi rekayasa nilai pada tahap ini akan memberikan penghematan yang potensial.

- c. Setelah tahap pelelangan, kontraktor merasa perlu meneliti suatu bidang pekerjaan berdasarkan pengalaman, yang mana pekerjaan tersebut masih bisa menurunkan biaya pelaksanaan tanpa harus mengorbankan kualitasnya.



Gambar 3.1. Waktu penerapan studi rekayasa nilai

### 3.1.4 TUJUAN REKAYASA NILAI

Tujuan Rekayasa Nilai adalah memperoleh suatu produk atau bangunan yang seimbang antara fungsi-fungsi yang dimiliki dengan biaya yang dikeluarkan dengan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu, tanpa harus mengorbankan mutu, keandalan, *performance* dari suatu produk atau bangunan tersebut.

### 3.1.5 “JOB PLAN” DALAM REKAYASA NILAI

Rekayasa nilai adalah suatu metode untuk mengatasi penggunaan biaya yang tidak diperlukan. Suatu teknik yang telah diuji dapat dicari dengan pendekatan sistematis yaitu keseimbangan terbaik antara performansi dan biaya.

Pendekatan sistematis pada rekayasa nilai disebut dengan Rencana Kerja (*Job Plan*). Rencana kerja dari rekayasa nilai merupakan kerangka dimana teknik-teknik saling terkait satu sama lain. Keterkaitan ini dapat dikelompokkan dalam beberapa tahap, dimana pada masing-masing tahap dapat diterapkan teknik-teknik yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Agar proses perencanaan Rekayasa Nilai lebih efisien maka suatu tahap dapat diulangi beberapa kali sampai didapatkan hasil yang diinginkan.

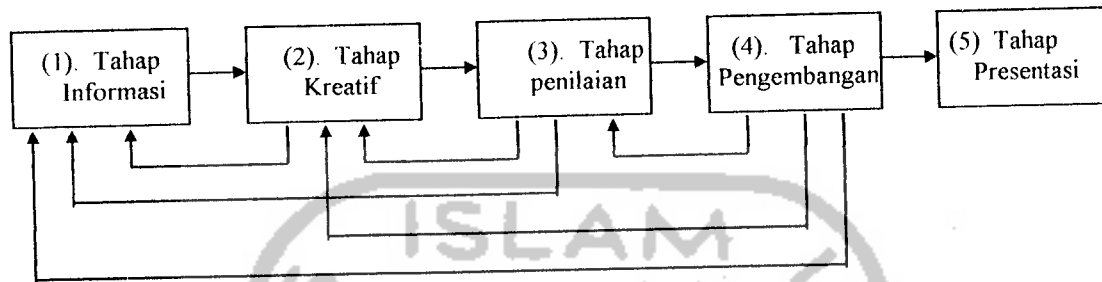
Pada dasarnya dari beberapa rencana kerja yang ada dalam pendekatan dapat dikatakan hampir sama. Prosedur yang umum dipakai adalah standar rencana kerja 5 tahap yang terdiri dari :

1. Tahap informasi ( *information phase* )
2. Tahap kreatif ( *creative phase* )
3. Tahap penilaian / analisis ( *judgement phase* )
4. Tahap pengembangan ( *development phase* )
5. Tahap presentasi / rekomendasi ( *recommendation phase* )

Rencana kerja Rekayasa Nilai dimulai secara berurutan dari tahap informasi (1), kemudian tahap kreatif (2), tahap penelitian (3), tahap pengembangan (4), dan tahap presentasi (5). Namun dalam pelaksanaan, mungkin ada pada tahap penilaian (3), dibutuhkan data/informasi baru, sehingga harus kembali ke tahap sebelumnya (1) atau (2).

Rencana kerja rekayasa nilai yang dimaksud ditunjukkan pada gambar

3.2. :



Gambar 3.2. Skema Rencana Kerja Rekayasa Nilai

#### 3.1.5.1 Tahap Informasi ( *information phase* )

Tujuan pada tahap ini adalah untuk menghimpun informasi dan pengetahuan sebanyak mungkin yang berhubungan dengan proyek yang akan direncanakan. Pekerjaan dalam tahap ini cukup rumit karena harus mengelompokkan informasi sesuai dengan jenis dan kebutuhan.

Kualitas dan kesempurnaan informasi yang disediakan oleh pemilik dan perencana terhadap latar belakang proyek secara langsung mempengaruhi kualitas studi tim rekayasa nilai. Informasi yang diperlukan secara umum sebagai berikut :

1. kriteria desain
2. kondisi lapangan ( topografi, kondisi tanah, lingkungan proyek, dan lain-lain )
3. peraturan-peraturan
4. elemen-elemen desain
5. latar belakang proyek

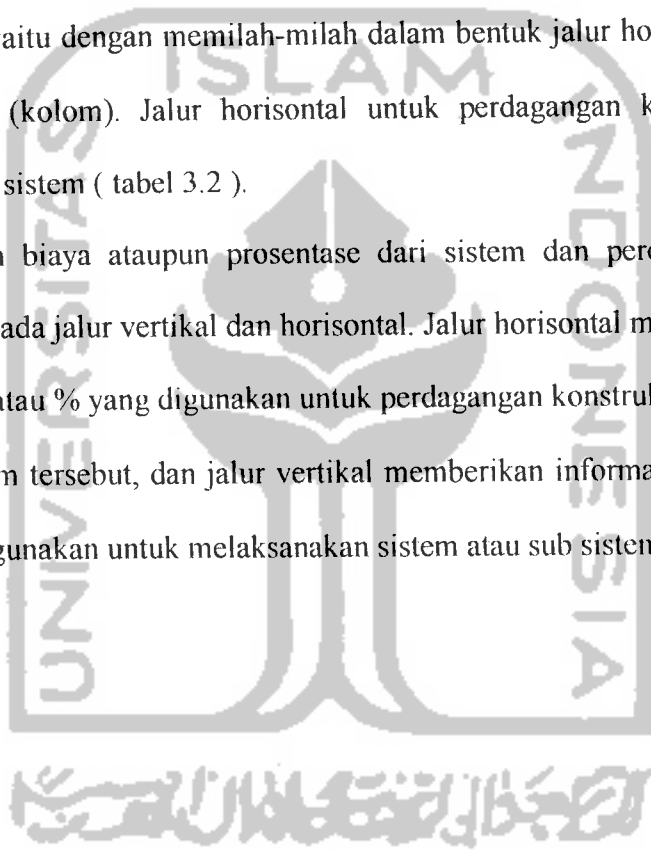
6. kendala-kendala yang ditetapkan terhadap proyek
7. fasilitas yang tersedia
8. persyaratan yang timbul akibat dari partisipasi masyarakat ( faktor keamanan pekerja)
9. perhitungan-perhitungan desain

Informasi yang didapat dari pemilik dapat mengurangi sasaran dari studi rekayasa nilai. Informasi tersebut dapat berupa pembatasan. Kriteria yang ditetapkan oleh pemilik yang tidak dapat diubah, akan mengurangi kebebasan tim rekayasa nilai untuk mengembangkan alternatif-alternatifnya.

Model biaya digunakan sebagai metoda pada pengorganisasian biaya ke dalam ruang lingkup yang dapat diidentifikasi untuk menentukan bagian yang mempunyai biaya yang tinggi pada desain. Studi rekayasa nilai dikerjakan atas dasar biaya siklus hidup. Biaya yang diperlukan dari perancang proyek tidak hanya perkiraan biaya awal saja, tetapi juga estimasi terhadap biaya operasi dan biaya pemeliharaan. Salah satu dari tugas tim rekayasa nilai yang pertama adalah mempelajari informasi biaya dari proyek, jika muncul ketidaksesuaian dalam hal informasi dari perkiraan biaya seperti biaya satuan, satuan volume, sebaiknya dibicarakan ke perancang. Perkiraan biaya sebagai dasar untuk membandingkan rekomendasi rekayasa nilai pada masa yang akan datang. Dengan penetapan dan pemeriksaan informasi biaya, langkah selanjutnya membuat model biaya. Model biaya yang biasa digunakan untuk rekayasa nilai adalah konsep matrik biaya dengan membagi proyek dengan sistem dan perdagangan konstruksi.

Model matrik biaya yaitu format pengorganisasian dengan membagi sistem dan perdagangan konstruksi. Sistem yang dimaksud adalah dengan memilah-milah sistem menjadi sub sistem atau pekerjaan. Sedangkan perdagangan konstruksi atau sumberdaya konstruksi adalah bahan atau alat yang digunakan untuk melaksanakan sistem tersebut. Sistem dan perdagangan konstruksi dengan model matrik biaya yaitu dengan memilah-milah dalam bentuk jalur horisontal ( baris ) dan jalur vertikal (kolom). Jalur horisontal untuk perdagangan konstruksi dan jalur vertikal untuk sistem ( tabel 3.2 ).

Jumlah biaya ataupun prosentase dari sistem dan perdagangan konstruksi dapat dilihat pada jalur vertikal dan horisontal. Jalur horisontal memberikan informasi jumlah biaya atau % yang digunakan untuk perdagangan konstruksi dalam melakukan kegiatan sistem tersebut, dan jalur vertikal memberikan informasi biaya atau % dari biaya yang digunakan untuk melaksanakan sistem atau sub sistem.





Tabel 3.2. Tabel Matrik biaya

No	Desripsi	Pekerjaan Site	TAHAP INFORMASI									%	Biaya
			SYSTEM BREAKDOWN										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
			Rp X <sub>11</sub>	Rp X <sub>12</sub>	Rp X <sub>13</sub>	Rp -	Rp -	Rp X <sub>16</sub>	Rp X <sub>17</sub>	Rp X <sub>18</sub>	Rp X <sub>19</sub>	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
1.			Rp -	Rp X <sub>22</sub>	Rp X <sub>23</sub>	Rp X <sub>24</sub>	Rp -	Rp X <sub>26</sub>	Rp X <sub>27</sub>	Rp X <sub>28</sub>	Rp X <sub>29</sub>	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
2.			Rp -	Rp X <sub>32</sub>	Rp X <sub>33</sub>	Rp X <sub>34</sub>	Rp -	Rp X <sub>36</sub>	Rp X <sub>37</sub>	Rp X <sub>38</sub>	Rp X <sub>39</sub>	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
3.			Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp X <sub>45</sub>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
4.			Rp -	Rp -	Rp X <sub>53</sub>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
5.			Rp -	Rp X <sub>62</sub>	Rp -	Rp X <sub>64</sub>	Rp X <sub>65</sub>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
6.			Rp -	Rp -	Rp X <sub>73</sub>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp X <sub>77</sub>	Rp -	Rp -	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
7.			Rp -	Rp -	Rp X <sub>73</sub>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp X <sub>77</sub>	Rp -	Rp -	Y <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>
		Biaya $\sum_{j=1}^s X_{ij}$	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	Rp X <sub>ij</sub>	100	
	% Sub sistem	$\sum X$	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>	Y <sub>ij</sub>		
	% dari sistem	$\sum_{ij} Y_{ij}$				$\sum_{i=1}^R \sum_{j=2}^5 Y_{ij}$				$\sum_{i=1}^R \sum_{j=6}^9 Y_{ij}$			

Keterangan :

$X_{ij}$  = dalam matrik biaya (Rp)

$Y_{ij}$  = persentase dari sistem / sub sistem

Dengan :

i = sumber daya konstruksi

j = kegiatan dari sistem/subsistem

Model matrik biaya secara lengkap memberikan informasi yang jelas tentang biaya yang diperlukan untuk mengerjakan suatu sistem/pekerjaan atau besarnya presentase (%) dari pekerjaan tersebut. Disamping itu juga akan mudah mengetahui bahan yang dibutuhkan oleh suatu pekerjaan.

Analisis fungsi untuk proyek digunakan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang akan dikerjakan dan biaya :

- a. analisis fungsi digunakan untuk mengidentifikasikan secara jelas pekerjaan yang dilakukan untuk kebutuhan proyek, serta membantu memisahkan ruang lingkup untuk biaya utama dengan biaya yang tidak dibutuhkan untuk mendukung performansi.

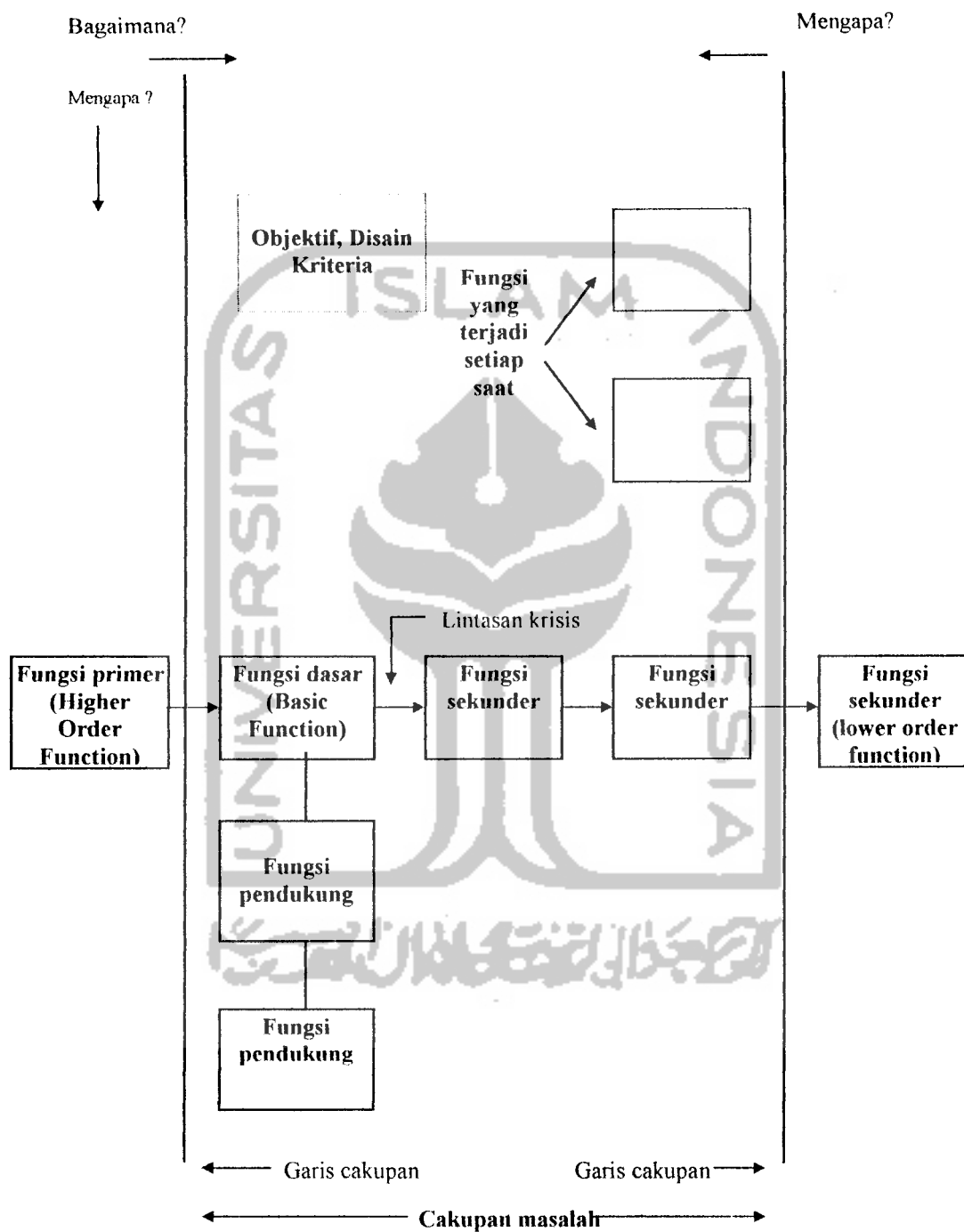
Tahap pertama dalam analisis fungsi adalah mengidentifikasikan fungsi dasar dari suatu sistem, proyek. Fungsi dasar merupakan tujuan dari uraian studi rekayasa nilai. Dalam suatu proyek atau komponen didapat fungsi utama sedangkan bagian lain adalah fungsi penunjang atau fungsi sekunder.

Tahap selanjutnya dari analisis fungsi adalah mengidentifikasikan biaya dan harga yang berkaitan dengan setiap fungsi. Harga dapat diidentifikasi sebagai biaya terendah dari yang dibutuhkan untuk membentuk fungsi.

- b. Untuk membantu menetapkan informasi yang perlu dikumpulkan perlu dikaji lebih dulu fungsi dari bangunan. Salah satu metoda yang digunakan untuk mengkaji fungsi dari suatu sistem adalah metode *FAST*.

*FAST (Function Analysis System Technique)* adalah suatu metode terstruktur untuk menganalisis, mengorganisir dan mencatat fungsi-fungsi dari suatu sistem. Dengan mengaplikasikan metode *FAST* ini, dapat dibuat suatu diagram yang menggambarkan fungsi-fungsi proyek secara terorganisir dan menentukan hubungan antar fungsi, serta membatasi lingkup permasalahan. Dalam menyebutkan fungsi,

diidentifikasi dengan kata kerja dan kata benda. Sebagai contoh tentang rancangan suatu fungsi pondasi (lihat gambar 3.3.)



Gambar 3.3. Diagram FAST

Diagram *FAST* disusun berdasarkan urutan tingkat, dari fungsi tingkat tinggi diletakkan sebelah kiri sedangkan fungsi yang rendah diletakkan di sebelah kanan. Pembuatan ini biasanya dimulai dari fungsi dasar yang sudah ditentukan sebelumnya. Fungsi dasar ini diletakkan dalam ruang lingkup yang akan dibahas.

Penyusunan fungsi-fungsi dilaksanakan dengan mengajukan dua pertanyaan, yaitu : Bagaimana (*How*) dan Mengapa (*Why*).

Identifikasi fungsi dimulai dari fungsi dasar dengan melakukan pertanyaan “bagaimana” fungsi dasar dilaksanakan. Pertanyaan dijawab oleh fungsi lain diletakkan di sebelah kanan fungsi dasar. Seterusnya dilakukan pertanyaan yang sama terhadap fungsi baru tersebut sehingga didapat fungsi baru lainnya yang menjawab fungsi tadi. Pertanyaan ini dilakukan terus sampai didapat sejumlah fungsi yang bisa mencerminkan masalah. Kemudian dilakukan pertanyaan “mengapa” fungsi tersebut harus diadakan, akan dijawab oleh fungsi yang berada di sebelah kiri fungsi yang bersangkutan. Fungsi ini harus sama dengan fungsi yang didapat pada proses pertama yang menggunakan “bagaimana”. Proses ini dilakukan sampai didapat fungsi dasar sebagai jawabannya. Hal ini untuk memeriksa ketepatan fungsi-fungsi pada jalur kritis. Sebagai contoh : pertanyaan diajukan terhadap fungsi utama, “bagaimana caranya menerima beban ?”, maka pertanyaan ini akan dijawab oleh fungsi yang ada di sebelah kanannya dengan satu kata kerja dan satu kata benda, yaitu menahan beban. Pertanyaan ini ditanyakan seterusnya oleh fungsi yang baru terbentuk dan berhenti jika merasa permasalahan telah cukup. Sekarang pertanyaan dimulai dari fungsi yang berada paling kanan dalam batas lingkup masalah dengan pertanyaan

“mengapa”. “Mengapa perlu untuk meneruskan beban ?”. Pertanyaan ini akan dijawab dan menghasilkan jawaban yang sama dengan jawaban yang pertanyaannya “bagaimana”. Pertanyaan ini berhenti jika sejumlah fungsi-fungsi sudah mencerminkan masalah.

Hasil dari tahap informasi akan digunakan untuk tahap-tahap berikutnya.

### 3.1.5.2 Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

Tahap ini mempunyai tujuan untuk memotivasi orang untuk berpikir dan membangkitkan segala alternatif untuk memenuhi fungsi utama. Kreativitas seseorang atau tim sangat berperan dalam mendapatkan alternatif-alternatif yang dibutuhkan. Acuan kreativitas tidaklah kepada timbulnya karya besar, tetapi lebih mengarah kepada kemampuan memandang suatu masalah seperti biasanya, dan memandang secara lateral tidak langsung vertikal. Bilamana kedua pandangan tersebut dapat dipadukan kreativitas dapatlah diartikan sebagai kemampuan memandang suatu hal dari berbagai sudut sebagai hasil dari suatu pengembangan.

Ide-ide yang muncul harus dicatat dahulu dan tidak boleh dipertimbangkan atau dievaluasi. Ide yang diajukan berupa :

- ide orisinal
- perbaikan terhadap suatu ide yang sudah ada
- kombinasi dari beberapa ide

Teknik-teknik yang dipakai pada tahap ini antara lain : *Brainstorming matrik*.

Hasil dari tahap kreatif ini akan dibahas dan dievaluasi pada tahap penilaian.

### 3.1.5.3 Tahap Penilaian (*Judgement phase*)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengevaluasi alternatif hasil dari tahap sebelumnya. Evaluasi ini dilaksanakan untuk menentukan dari sejumlah pilihan yang terbaik untuk dipelajari lebih lanjut dan yang mempunyai potensi besar untuk penghematan. Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing ide. Kekurangan dari ide yang satu dapat ditutupi oleh ide yang lain. Ide baru yang merupakan gabungan dari beberapa ide, memerlukan informasi yang baru. Seringkali harus kembali ke tahap sebelumnya untuk mencari informasi baru. Pada tahap ini jumlah ide akan berkurang setelah diadakan seleksi. Desain dengan biaya rendah akan mendapat prioritas utama, namun tidak semata-mata berdasarkan atas biaya saja. Faktor lainnya yang turut menentukan adalah teknologi, biaya, perawatan, waktu pelaksanaan. Pada tahap penilaian ada dua tahap untuk mengevaluasi hasil analisis ide kreatif, yaitu tahap pertama dengan teknik keuntungan-kerugian dan tingkat kelayakan serta tahap pertama dengan kedua adalah analisis matrik. Hasil analisis keuntungan-kerugian dan analisis tingkat kelayakan akan dibahas bersama-sama pada tahap kedua, yaitu dengan analisis matrik. Hasil dari analisis matrik akan dipilih dua alternatif yang terbaik untuk dibahas dalam tahap pengembangan sebagai desain usulan. Masing-masing tahap diuraikan secara rinci sebagai berikut :

#### 1. Analisis keuntungan-kerugian

Analisis keuntungan-kerugian merupakan tahap penyaringan yang paling kasar diantara metode yang dipakai dalam tahap penilaian.

Sistem penilaian diberikan secara bersama-sama oleh tim rekayasa nilai. Penilaian tim harus didasarkan atas tingkat pengaruhnya pada biaya secara keseluruhan.

Dalam kajian untung-rugi jumlah kriteria yang dipandang tepat untuk dinilai dan dapat dipakai untuk menganalisis setiap pekerjaan, yaitu biaya awal, daya dukung, biaya pemeliharaan, fabrikasi, waktu pelaksanaan, mudah/sulit pelaksanaan konstruksi. Dalam memberikan penilaian atas kriteria-kriteria yang ditinjau harus ditentukan dulu salah satu kriteria, kemudian harus menentukan kriteria lain secara relatif terhadap kriteria tadi. Kriteria utama yang dipandang sangat penting diberi nilai 3 ( tiga ) untuk kriteria biaya awal, sedangkan kriteria lainnya ditetapkan secara relatif. Nilai kriteria diberikan secara rinci sebagai berikut :

a. Biaya awal	= 3
b. Kekuatan penampang terhadap aliran	= 2
c. Biaya pemeliharaan	= 2
d. Waktu pelaksanaan	= 1
e. Ketersediaan material	= 1
f. Pabrikasi	= 1
<hr/> Total	<hr/> = 10

Kemudian dibandingkan semua kriteria terhadap komponen yang ditinjau dari segi keuntungan dan kerugian. Apabila kriteria berada di kolom keuntungan diberi positif ( + ) dari nilai kriteria tersebut dan sebaliknya jika dalam kerugian mendapat

nilai negatif ( - ). Setelah ide kreatif diberi nilai, lalu dijumlahkan. Jumlah nilai komponen/ide kreatif tersebut ( - 10 ) dan ( +10 ).

Ide-ide kreatif yang mempunyai nilai total tertinggi dipilih minimal 6 ( enam ) alternatif untuk diseleksi pada tahap kedua atau pada analisis matriks. Dengan kriterianya seperti tersebut di atas, metode ini dapat juga digunakan untuk mengevaluasi pada pekerjaan atau struktur lainnya.

## 2. Analisis Matriks

Analisis matriks adalah seleksi tahap kedua terhadap hasil yang dicapai dari analisis keuntungan-kerugian dan analisis tingkat kelayakan. Kriteria-kriteria yang digunakan untuk analisis matriks akan diadakan konsultasi dengan para ahli tentang sebuah konstruksi serta standar yang umum dipakai untuk desain. Kriteria hasil konsultasi harus diuji dan diberi nilai. Untuk uji dan pembobotan dipakai metode hierarki analitik. Masing-masing kriteria mempunyai bobot hasil dari proses hierarki analitik, yang kemudian diberi nilai dengan skala penilaian sebagai berikut :

- baik sekali = 4
- baik = 3
- wajar = 2
- rendah = 1

Proses hierarki analitik adalah suatu model luwes yang memberikan kesempatan bagi perorangan atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan dan mendefinisikan persoalan-persoalan dengan cara membuat asumsi-asumsi dan



memperoleh pemecahan yang diinginkan. Proses hierarki analitik ini untuk menganalisis data dengan metode statistik dan diuji dengan uji konsistensi.

Dalam memecahkan persoalan dengan hierarki analitik, ada tiga prinsip yaitu :

a. Penyusunan struktur hierarki

Ada dua macam hierarki, yaitu struktural dan fungsional. Pada hierarki-struktural, sistem yang kompleks disusun ke dalam komponen-komponen dalam urutan menurun menurut sifat strukturalnya, sedangkan hierarki fungsional menguraikan sistem yang kompleks menjadi elemen-elemen pokoknya menurut hubungan esensial.

b. Menetapkan prioritas

Langkah pertama dalam menetapkan prioritas elemen-elemen dalam penilaian yang berpasangan yaitu elemen-elemen dibandingkan berpasangan terhadap suatu kriteria yang ditentukan. Penilaian dilakukan dengan memberikan bobot numerik. Perbandingan berpasangan dibentuk menjadi matriks bujursangkar sesuai dengan elemen-elemen dari tingkat hierarkinya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, yaitu dimulai pada puncak hierarki untuk memilih kriteria atau sifat yang digunakan untuk melakukan perbandingan yang pertama. Tingkat dibawahnya diambil dari elemen-elemen yang akan dibandingkan. Misalnya menentukan kriteria atau sifat dari matriks berpasangan (  $X$  ) serta elemen-elemen  $A_1, A_2, A_3$ .

Lebih jelas tentang matriks perbandingan berpasangan dapat dilihat dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3. Matrik perbandingan berpasangan

X	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$A_1$	1	4	1/9
$A_2$	1/4	1	1/7
$A_3$	9	7	1

Bandingkan elemen  $A_1$  dalam kolom di sebelah kiri dengan elemen-elemen  $A_1, A_2, A_3$  yang terdapat pada baris atas dengan sifat X di sudut kiri atas. Kemudian elemen kolom  $A_2$  dibandingkan dengan elemen baris atas, begitu seterusnya sampai elemen terakhir. Untuk mengisi matriks banding berpasangan harus menggunakan bilangan yang menggambarkan relatif pentingnya suatu elemen terhadap elemen lainnya yang berhubungan dengan sifat tersebut. Bilangan tersebut berkisar antara 1 sampai 9. Semua pertimbangan diterjemahkan secara numerik adalah merupakan perkiraan belaka, validitasnya dapat dievaluasi dengan suatu uji konsistensi.

Tabel 3.4. Skala banding secara berpasang

Tingkat Pentingnya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama penting	Kedua elemen memberikan kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen yang lain	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu esensial/sangat penting dari elemen yang lainnya	Pengalaman dan perhitungan dengan kuat menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong, dan dominannya telah terlihat dalam praktik
9	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua pertimbangan yang berdekatan	Kompromi diperlukan antara dua pertimbangan
Catatan : Jika untuk aktivitas I mendapat satu angka bila dibandingkan dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya bila dibandingkan i.		

c. Menguji konsistensi data

Validitas data dapat diketahui dengan uji konsistensi data, yaitu dengan nilai konsistensi ( CR ). Data dapat dikatakan konsisten bila nilai CR lebih kecil atau sama dengan 0,10 dan apabila  $CR > 0,10$  maka proses penilaian terhadap matrik perbandingan berpasangan harus diulangi.

Bilangan / nilai dari masing-masing baris pada masing-masing baris pada matriks perbandingan berpasangan dikalikan secara komulatif, dan hasil perkalian dimasukkan akar dengan derajat sesuai dengan jumlah elemen pada garis matriks, hasilnya disebut matriks I. Untuk mendapatkan matrik vektor prioritas (*eigen vector*) adalah elemen matriks I dibagi dengan jumlah total matriks I. Contoh hitungan matrik perbandingan berpasangan, matrik I dan vektor proiritas dapat dilihat pada gambar

2.4.

Matrik perbandingan berpasangan

X	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	1	4	1/9
A <sub>2</sub>	1/4	1	1/7
A <sub>3</sub>	9	7	1

Matriks I

Vektor Prioritas

$$\begin{bmatrix} 0,763 \\ 0,329 \\ 3,919 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,15 \\ 0,06 \\ 0,78 \end{bmatrix}$$

Jumlah : 5,071

Gambar 3.4. Matrik Perbandingan berpasangan, Matriks I, Vektor Prioritas

Untuk mendapatkan nilai prioritas (*eigen value*), yaitu matriks perbandingan berpasangan dikalikan vektor prioritas sehingga didapatkan matriks II. Elemen pada matriks II dibagi dengan elemen matriks vektor prioritas didapat nilai prioritas.

Nilai vektor maksimum adalah harga rata-rata dari matriks nilai prioritas ( $\lambda$ ).

X	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Vektor prioritas	Matriks II
A <sub>1</sub>	1	4	1/9	$\begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.06 \\ 0.78 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.477 \\ 0.209 \\ 2.55 \end{bmatrix}$
A <sub>2</sub>	1/4	1	1/7		
A <sub>3</sub>	9	7	1		

Gambar 3.5. Perkalian matriks perbandingan dengan matriks vektor prioritas

Matriks II	:	Vektor Prioritas	=	Nilai prioritas
$\begin{bmatrix} 0.477 \\ 0.209 \\ 2.55 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.06 \\ 0.78 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 3.18 \\ 4.38 \\ 3.27 \end{bmatrix}$
				Jumlah = 9,93

$$\lambda = \frac{9,93}{3} = 3,31$$

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} = \frac{(3,31-3)}{(3-1)} = 0,155$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,155}{0,58} = 0,267 < 1$$

Jadi penilaian matriks perbandingan berpasangan diulangi lagi. Random Index (RI) adalah index random yang menyatakan besarnya kondisi terhadap indeks konsistensi sehubungan dengan nilai matriks perbandingan ( lihat tabel 3.5 )

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Indeks*

$\lambda$  = Nilai prioritas maksimum

n = jumlah faktor / elemen dalam matriks

Tabel 3.5. Tabel Indeks Random ( RI )

n	1	2	3	4	5	6	7
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32

8	9	10	11	12	13	14	15
1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.58	1.12	1.59

#### 3.1.5.4 Tahap pengembangan (*development phase*)

Tujuan tahap ini adalah menyiapkan saran-saran dan rekomendasi tertulis untuk alternatif yang terpilih.

Beberapa alternatif terbaik yang terpilih tadi dievaluasi kemungkinan pelaksanaan berdasarkan faktor ekonomis dan teknis. Hasil evaluasi disusun secara rinci sehingga menjadi laporan tertulis yang berisi rekomendasi-rekomendasi.

Langkah-langkah yang perlu diambil adalah :

1. membandingkan desain yang terpilih
2. membandingkan biaya desain
3. mendiskusikan rekomendasi
4. mendiskusikan implikasi/keadaan dan kebutuhan dalam pelaksanaan desain yang direkomendasikan
5. menghitung biaya siklus hidup

Tim studi rekayasa nilai harus memilih hanya satu alternatif yang dianggap terbaik untuk dilaksanakan, sedangkan yang lainnya bisa dipersiapkan untuk keperluan presentasi bila pilihan pertama tidak disetujui oleh pemilik.

#### **3.1.5.5 Tahap presentasi**

Tahap ini merupakan tahap untuk melaporkan / mempresentasikan secara lengkap hasil studi rekayasa nilai, merekomendasikan alternatif yang terpilih dengan segala keuntungannya. Tahap ini bertujuan untuk meyakinkan *owner* atau pengambil keputusan bahwa alternatif yang direkomendasikan merupakan pilihan yang terbaik dan menguntungkan.

Tahap ini merupakan tahap akhir dan sangat menentukan apakah studi rekayasa nilai ini berhasil atau tidak.

### **3.2 DRAINASI PERUMAHAN**

#### **3.2.1 Permukiman dan Perumahan**

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun pedesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Permukiman mengandung arti tidak sekedar fisik saja tetapi juga menyangkut hal-hal kehidupan non fisik. Permukiman mengandung pengertian sebagai suatu wilayah di mana penduduk (pemukim) tinggal, berkiprah dalam berbagai kegiatan kerja dan usaha, berhubungan dengan sesama pemukim sebagai suatu masyarakat serta memperoleh berbagai kebutuhan kehidupannya.

### 3.2.1.1 Pola Permukiman

Pola permukiman yang ada di Indonesia pada masa penjajahan ditunjukkan dengan adanya rumah-rumah untuk golongan penjajah dan ningrat yang dibuat teratur mengikuti pola perumahan di Eropa. Golongan bangsawan menempati keraton atau istana yang berpusat di kabupaten dengan segala fasilitasnya. Sedang pada sekelilingnya terdapat rumah-rumah sederhana untuk golongan pribumi dan para abdi istana. Kemudian di daerah perkotaan sebagai pusat ekonomi umumnya didominasi oleh golongan timur asing ( Cina dan Arab ) dimana mereka berdagang sekaligus bertempat tinggal di sana. Pola permukiman seperti itu masih terlihat hampir di setiap kota besar di Indonesia pada saat ini. Pola pemukiman untuk golongan rakyat umumnya tidak teratur.

### 3.2.1.2 Perumahan

Perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana lingkungan. Perumahan hanya menyangkut keadaan fisik tempat tinggal, tidak mencakup keadaan non fisiknya.

Sarana lingkungan adalah kelengkapan lingkungan yang berupa fasilitas : pendidikan, kesehatan, pertokoan, pelayanan umum, peribadahan, dan rekreasi.

Prasarana lingkungan adalah jalan, saluran air minum, saluran air limbah, saluran air hujan, pembuangan sampah, dan jaringan listrik.

### 3.2.1.3 Proyek Perumahan

Proyek perumahan atau *real estate* merupakan kegiatan untuk membangun perumahan dalam berbagai tipe yang cukup banyak . Perumahan yang dibangun harus menunjang perumahan, diluar rumah itu sendiri sebagai sarana utama dan fasilitas lingkungan sebagai sarana pelengkap pada perumahan. Prasarana perumahan mencakup : jaringan jalan dan parkir, jaringan air minum, jaringan pembuangan air limbah rumah tangga dan air hujan, jaringan listrik, jaringan telepon, dan pembuangan sampah. Pada bab I telah dijelaskan bahwa prasarana perumahan yang akan dibahas adalah **prasarana drainasi pada perumahan** saja.

### 3.2.2. Drainasi

Drainasi adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan atau ke bangunan resapan buatan, dari sini diperoleh pengertian drainasi perkotaan yaitu drainasi di wilayah kota yang berfungsi mengendalikan kelebihan air permukaan, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia.

Sasaran drainasi pada bangunan-bangunan, daerah-daerah dan obyek-obyek lain yang sangat memerlukan sistem drainasi yang baik , antara lain :

- a. kota atau daerah pemukiman,
- b. jalan raya,
- c. jalan kereta api,
- d. gedung,
- e. lapangan terbang,
- f. lapangan olah raga, stadion, kolam renang,



g. daerah pertanian, persawahan, hutan dan lain-lain.

Pada suatu daerah perumahan, sistem drainasi yang ada merupakan bagian dari sistem drainasi perkotaan. Semua kota-kota besar memiliki sistem drainasi, aliran permukaan yang terkumpul di jalan dialirkan melalui lubang-lubang pemasukan (*inlet*) ke dalam saluran riool air hujan di bawah perkerasan jalan, untuk kemudian dibuang ke dalam sungai, danau, atau laut. Pembuangan sedapat mungkin dilakukan secara *gravitasional*, apabila tidak mungkin dilakukan pemompaan.

Pada suatu daerah perumahan, jaringan drainasi yang baik sangat dibutuhkan. Drainasi perumahan berfungsi untuk mengalirkan air. Air yang dialirkan akibat dari air hujan dan air permukaan. Air hujan terbagi menjadi dua yaitu : hujan yang turun di daerah perumahan dan air hujan yang melalui daerah perumahan, sedangkan air permukaan terbagi menjadi dua yaitu : air permukaan yang muncul di daerah perumahan dan air permukaan yang melalui daerah perumahan.

### **3.2.3 Jenis-Jenis Drainasi**

#### **3.2.3.1 Drainasi berdasarkan bentuk saluran**

Berdasarkan bentuk saluran (geometris), umumnya drainasi mempunyai berbagai macam bentuk penampang : persegi panjang, trapesium, segitiga, lingkaran, parabola, persegi panjang sisi dibulatkan, segitiga dasar dibulatkan, dan lain-lain.

### 3.2.3.2 Drainasi berdasarkan tipe material

Berdasarkan tipe material drainasi, maka dapat dikelompokkan menjadi dua bagian :

1. tanpa pelindung (saluran tanah),
2. menggunakan pelindung (saluran batu kali dan saluran beton).

Suatu saluran drainasi yang terbuat dari bahan tanah, akan memiliki daya angkut yang kecil, mengingat tidak diinginkan terjadinya erosi pada saluran drainasi. Untuk memperbesar daya angkut, saluran perlu diberi lapisan pelindung berupa vegetasi dapat mencegah bahaya gerusan. Lapisan pelindung vegetasi yang dapat digunakan untuk saluran tanah pada umumnya adalah lapisan rumput.

Dalam banyak hal, lapisan (gebalan) rumput merupakan lapisan yang paling praktis, karena biaya pemasangan dan pemeliharannya lebih ekonomis daripada jenis lapisan pelindung lainnya.

Syarat terpenting untuk lapisan rumput adalah ;

- rumput yang ditanam harus dari jenis yang tumbuhnya rapat : gebalan atau lempengan rumput yang dipasang harus menempel rapat pada tanah, agar tidak ada air yang terperangkap antara tanah dan lempengan rumput, yang dapat menyebabkan tanah atau rumput terhanyut oleh air,
- penampang melintang saluran tidak boleh mempunyai sudut-sudut yang tajam atau tumpul, sudut-sudut tersebut harus dibulatkan.

Ada dua kondisi, dimana lapisan rumput tidak dapat dianjurkan, yaitu apabila kemiringan dasar saluran samping terlalu landai atau curam. Apabila kemiringan dasar saluran  $S < 0.005$ , maka aliran akan sangat lambat. Akibatnya

adalah : akan cepat terjadi sedimentasi dan menimbulkan masalah pembersihan dan pembuangan bahan endapan dari saluran, air akan lebih lama tinggal dalam saluran, sehingga rumput akan cepat mati.

Kemiringan dasar saluran yang curam akan menimbulkan kecepatan aliran yang sangat erosif, yang akan menggerus lempengan rumput, dan akhirnya seluruh lapisan rumput akan terkelupas.

Sedangkan untuk drainasi yang menggunakan lapisan pelindung, secara ekonomis memerlukan biaya yang lebih besar. Drainasi dengan lapisan pelindung dapat mengatasi erosi atau pengendapan pada jangkauan kecepatan aliran tertentu. Kecepatan aliran harus cukup besar untuk mencegah pengendapan atau sedimentasi, tetapi tidak boleh terlalu besar untuk mencegah erosi atau penggerusan.

Drainasi dapat dibuat dari beberapa tipe material seperti tabel 3.6 berikut :

Tabel 3.6. Tipe material drainasi

Tipe material	Bentuk saluran	Kemiringan lereng sisi	Keterangan
Saluran tanah	Trapeسيوم	Maksimum 50 %	Saluran harus ditutupi vegetasi untuk mencegah erosi
Saluran batu kali	Trapeسيوم Empat persegi	Maksimum 67 %	Untuk kemiringan lebih dari 67 %, sisi saluran harus dirancang sebagai struktur dinding
Saluran bambu	Lingkaran	Tidak ada batasan	
Saluran beton	Semua bentuk	Tidak ada batasan	
Saluran baja	Semua bentuk	Tidak ada batasan	

### 3.2.3.3 Drainasi berdasarkan fungsi

Pada umumnya drainasi berdasarkan fungsi dapat dibagi menjadi :

1. Saluran Primer

Saluran drainasi primer adalah saluran utama yang menampung limpasan air dari saluran-saluran sekunder kemudian meneruskan ke tempat pembuangan air, seperti danau, laut, dll.

## 2. Saluran Sekunder

Saluran drainasi sekunder adalah saluran yang menghubungkan antara saluran primer dan saluran tersier.

## 3. Saluran Tersier

Saluran tersier adalah saluran yang menampung air kelebihan untuk diteruskan ke saluran sekunder.

### 3.2.4 Standar Perencanaan Drainasi

Drainasi dirancang agar mampu menampung limpasan air hujan dihitung berdasarkan kondisi kekuatan batas pembangunan tapak yang menyebabkan limpasan tersebut dimasa mendatang maupun daerah drainasi di luar tapak.

Drainasi tapak harus diarahkan ke penampungan permukaan atau bawah permukaan permanen yang memadai untuk menampung limpasan dari tapak untuk saat ini maupun perkiraan masa datang, demikian pula agar menghindari limpasan ke daerah aliran sungai di luar tapak kecuali apabila air tersebut dibutuhkan untuk irigasi.

Daerah terbangun pada tapak yang dapat dirugikan oleh muka air tanah yang secara potensial sangat tinggi harus dikeringkan dengan baik oleh fasilitas drainasi bawah tanah yang memadai untuk membuang sisa air tanah apabila memungkinkan. Drainasi air hujan hanya boleh disalurkan ke saluran pembuangan yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Tabel 3.7. Jenis dan dimensi rancangan limpasan drainasi air hujan

Jenis Rancangan Limpasan	Ukuran	Kelandaian Minimum
Pipa untuk sistem pembuangan air hujan utama	Diameter $\geq 15$ inci	Ditetapkan sedemikian rupa untuk memungkinkan pembersihan diri saluran pada keadaan lambat dan memudahkan pemindahan endapan daerah drainasi di masa mendatang.
Pipa saluran kedua Cekungan drainasi dan selokan Saluran terbuka	Sesuai dengan analisis Sesuai dengan analisis Sesuai dengan analisis Lereng sisi saluran dari tanah tidak boleh mempunyai kemiringan lebih dari 2:1	Idem 0.5 % 67 % (1,5 :1) kemiringan lereng sisi saluran yang lebih curam dari 67 % harus dirancang sebagai struktur dinding penahan.

Tabel 3.8. Kecepatan aliran berdasarkan bahan

Bahan	Jangkauan kecepatan rata-rata (m/s)
Beton	0.6 – 3.0
Aspal	0.6 – 1.5
Pasangan batu / blok beton	0.6 – 1.8
Kerikil / tanah liat sangat padat	0.6 – 1.0
Pasir berbutiran kasar atau tanah berpasir yang berkerikil	0.3 – 0.6
Pasir atau tanah berpasir dengan kandungan tanah liat yang sangat banyak	0.2 – 0.3
Tanah berpasir dengan butiran halus atau lanau	0.1 – 0.2

### 3.2.4.1 Sistem Drainasi

Sistem drainasi biasanya menggunakan salah satu dari empat metode yang ada, yaitu :

1. Sistem drainasi permukaan.
2. Sistem drainasi bawah tanah tertutup.
3. Sistem drainasi bawah tanah tertutup dengan tempat penampungan pada tapak.
4. Sistem drainasi bawah tanah tertutup untuk daerah yang diperkeras dan drainasi terbuka untuk daerah yang tidak diperkeras.

Tabel 3.9. Metode sistem drainasi

Metode Sistem Drainasi	Sistem pembuangan	Keterangan
Sistem drainasi bawah tanah tertutup	Limpasan dari daerah terbuka & daerah diperkeras → saluran pengumpul drainasi permukaan → saluran drainasi permukaan → sistem drainasi kota	Dampak erosi cukup besar. Pada kondisi tertentu permukaan saluran harus diperkeras untuk mencegah erosi di dalam saluran
Sistem drainasi bawah tanah tertutup	Limpasan dari daerah terbuka & daerah diperkeras → saluran drainasi bawah tanah tertutup → pipa saluran → saluran drainasi permukaan / sungai → sistem drainasi kota	Titik-titik keluarnya limpasan dari sistem rentan terhadap erosi dan sedimentasi
Sistem drainasi bawah tanah tertutup dengan tempat penampungan pada tapak	Limpasan dari daerah terbuka & daerah diperkeras → saluran drainasi bawah tanah tertutup → pipa saluran → tempat penampungan pada tapak → sistem drainasi kota	Dampak erosi dan sedimentasi berkurang

### 3.2.4.2 Analisis Debit Saluran

Perencanaan sistem drainasi air hujan pada umumnya mengikuti prinsip berikut:

1. Pengaliran secepat mungkin ke saluran terdekat.
2. Saluran harus sependek mungkin.
3. Saluran harus bebas dari penggerusan dan pengendapan.
4. Saluran memanfaatkan atau mengikuti pola drainasi alam yang ada.

Uraian langkah perencanaan sistem drainasi :

1. Mencari data curah hujan

Data curah hujan diperoleh dari Lembaga Meteorologi dan Geofisika, dengan mencari data curah hujan dan minimal 2 stasiun hujan terdekat dari daerah perencanaan.

2. Menentukan periode ulang rencana

Perencanaan beban drainase dengan periode ulang  $t$  tahun berarti kapasitas drainase yang ada secara statistik diijinkan untuk meluap sekali dalam  $t$  tahun. Karena keandalan / resiko berkaitan dengan periode ulang maka besar nilai  $t$  makin kecil tingkat resiko yang akan terjadi. Misalnya keandalan 80 % atau resiko 20 % mempunyai periode ulang  $t = 1/r = 1/0,20 = 5$  tahun.

### 3. Menentukan curah hujan maksimum

Curah hujan maksimum yang ditentukan dibuat dengan metode analisis frekuensi hujan berdasarkan periode ulang yang telah ditetapkan sebelumnya. Metode analisis frekuensi yang paling mudah dipakai adalah metode Gumbel, yaitu :

$$X_t = X + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n) \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

$X_t$  = curah hujan untuk periode ulang

$X$  = curah hujan rata-rata dari data hujan kumulatif yang ada

$S_x$  = standar deviasi

$S_n$  = standar deviasi yang merupakan fungsi dari  $n$

$Y_t$  = variasi yang merupakan fungsi periode ulang

$Y_n$  = Nilai yang merupakan fungsi dari  $n$

### 4. Menentukan lamanya waktu hujan

Lamanya waktu hujan dapat ditentukan berdasarkan hujan efektif sebesar 90 % dari jumlah selama 24 jam, yang dapat diambil berdasarkan asumsi

perencana sendiri, umumnya antara 3 – 5 jam. Analisis pada bab IV akan menggunakan waktu hujan 4 jam.

5. Menghitung intensitas curah hujan

Intensitas hujan dihitung berdasarkan rumus :  $I = 90\% \frac{X_t}{4}$  ..... ( 3 )

6. Membuat kurva intensitas hujan maksimum

Intensitas hujan yang dapat diplot pada kurva basis yang sudah ada dan cari perpotongan dengan curah hujan 240 menit ( 4 jam ). Tarik kurva baru yang mempunyai kelengkungan sama dengan kurva basis.

7. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh satu titik hujan dari saat jatuh ke daerah aliran (inlet) sampai waktu pengaliran pada saluran sebelum mencapai saluran akhir.

$$T_c = t_1 + t_2 \quad \dots \dots \dots ( 4 )$$

$$T_1 = (2/3 \cdot 3.28 \cdot L_0 \cdot nd \sqrt{S})^{0.167}$$

$$T_2 = L / 60 V$$

dengan :

$T_c$  = waktu konsentrasi

$T_1$  = waktu inlet (menit)

$T_2$  = waktu aliran (menit)

$L_0$  = jarak dari titik terjauh ke saluran (meter)

$L$  = panjang saluran rencana (meter)

$nd$  = koefisien hambatan



S = kemiringan daerah pengaliran

V = kecepatan air rata-rata di saluran (meter/detik)

8. Menentukan intensitas hujan maksimum

Intensitas hujan maksimum diperoleh dengan memplot waktu konsentrasi pada kurva intensitas hujan maksimum. Tarik garis vertikal berdasarkan waktu konsentrasi dan dari titik perpotongan dengan kurva intensitas hujan maksimum tarik garis horisontal untuk mendapatkan nilai intensitas hujan maksimum.

9. Menentukan luas daerah pengaliran

Luas daerah pengaliran bergantung pada daerah di sekitar saluran yang akan memanfaatkan saluran tersebut sebagai tempat pembuangan air. Jadi luas daerah pengaliran total untuk suatu jenis saluran sama dengan panjang saluran dikalikan dengan jarak terjauh dari saluran yang masih memanfaatkan saluran tersebut sebagai tempat pembuangan air.

10. Menentukan koefisien aliran

Koefisien aliran bergantung pada kondisi permukaan daerah pengaliran sebelum mencapai saluran seperti pada tabel 3.4. Jika daerah pengaliran terdiri dari bermacam-macam tipe permukaan maka dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

$C_1$  = koefisien aliran untuk tipe permukaan I

$A_1$  = luas daerah pengaliran untuk tipe permukaan I

11. Menentukan debit aliran (Rumus Rasional)

$$Q = C.I.A \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

Q = debit rencana

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan maksimum

A = luas daerah pengaliran (daerah tangkapan)

Tabel 3.10. Nilai n (koefisien kekasaran Manning)

Deskripsi permukaan	n
Permukaan halus (beton, aspal, kerikil, atau tanah kering)	0.011
Tanah tandus (tanpa residu)	0.05
Tanah olahan	
Ditutupi residu $\leq 20\%$	0.06
Ditutupi residu $\geq 20\%$	0.17
Berumput	
Padang rumput (prairi)	0.15
Lapangan padang rumput	0.24
Berumput jenis bermuda	0.41
Daerah alami	0.13
Hutan	
Sedikit semak belukar	0.40
Banyak semak belukar	0.80

Tabel 3.11. Nilai C untuk berbagai jenis permukaan

Permukaan	Minimum	Maksimum
Permukaan atap logam	0.90	1.00
Perkerasan		
Beton	0.90	1.00
Makadam bitumen, tipe terbuka dan tertutup	0.70	0.90
Kerikil, butiran lepas sampai padat dan lekat	0.25	0.70
Permukaan tanah		
Pasir, butiran seragam, well graded, dengan tanah liat/lanau		
Tanah kosong	0.15	0.50
Sedikit tumbuhan	0.10	0.40
Banyak tumbuhan	0.05	0.30
Tanah liat, berpasir sampai tanah liat murni		
Tanah kosong	0.20	0.60
Sedikit tumbuhan	0.10	0.45
Banyak tumbuhan	0.05	0.35
Kerikil, mulai dari kerikil sampai kerikil berpasir, tanpa tanah liat		
Tanah kosong	0.25	0.65
Sedikit tumbuhan	0.15	0.50
Banyak tumbuhan	0.10	0.40

Tanah liat, dari berpasir/lanau sampai tanah liat murni		
Tanah kosong	0.30	0.75
Sedikit tumbuhan	0.20	0.60
Banyak tumbuhan	0.15	0.50
Daerah komersial		
Kota, daerah padat pemukiman	0.50	0.65
Pemukiman pinggir kota	0.35	0.55
Distrik pedesaan	0.10	0.25
Taman, lapangan golf	0.10	0.35
Tanah berumput (tanah berpasir)		
Kemiringan 2%	0.05	0.10
Kemiringan 2%-7%	0.10	0.15
Kemiringan >7%	0.15	0.20
Tanah berumput		
Kemiringan 2% (datar)	0.13	0.17
Kemiringan 2%-7%	0.18	0.22
Kemiringan >7%	0.25	0.35

### 3.2.4.3 Analisis Penampang Saluran

Desain penampang saluran yang diperkeras merupakan proses coba-coba dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Semua keterangan dikumpulkan, taksiran dan pilih S
2. Hitung faktor penampang  $AR^{2/3}$  dengan persamaan :  $AR^{2/3} = nQ$
3. Persamaan-persamaan untuk A dan R yang diperoleh dari tabel 3.12 dimasukkan ke dalam persamaan di atas, lalu hitung kedalamannya. Bila ukuran lain tidak diketahui misalnya b dan z dari suatu penampang trapesium maka taksirlah nilai-nilai yang belum diketahui ini lalu dicari kedalamannya berdasarkan persamaan di atas. Dengan nilai taksiran ini diperoleh beberapa kombinasi ukuran penampang, ukuran akhir ditetapkan berdasarkan efisiensi hidrolis dan segi praktisnya. Untuk saluran dengan pelapisan dipakai penampang trapesium dan U.S Bureau of Reclamation telah mengembangkan kurva-kurva berdasarkan pengalaman yang memperlihatkan hubungan rata-rata dari lebar dasar dan kedalaman air terhadap kapasitas saluran.



4. Bila penampang hidrolis terbaik diperlukan langsung, masukkan dalam persamaan  $AR^{2/3}$  nilai-nilai A dan R yang diperoleh dari tabel unsur-unsur geometris penampang saluran dan hitung kedalamannya. Penampang hidrolis terbaik dapat diubah supaya mudah dipakai dalam praktek.
5. Periksa kecepatan minimum yang diizinkan bila air mengandung lanau.
6. Tambahkan jagaan seperlunya terhadap kedalamannya dari penampang saluran.

Tabel 3.12. Penampang hidrolis terbaik

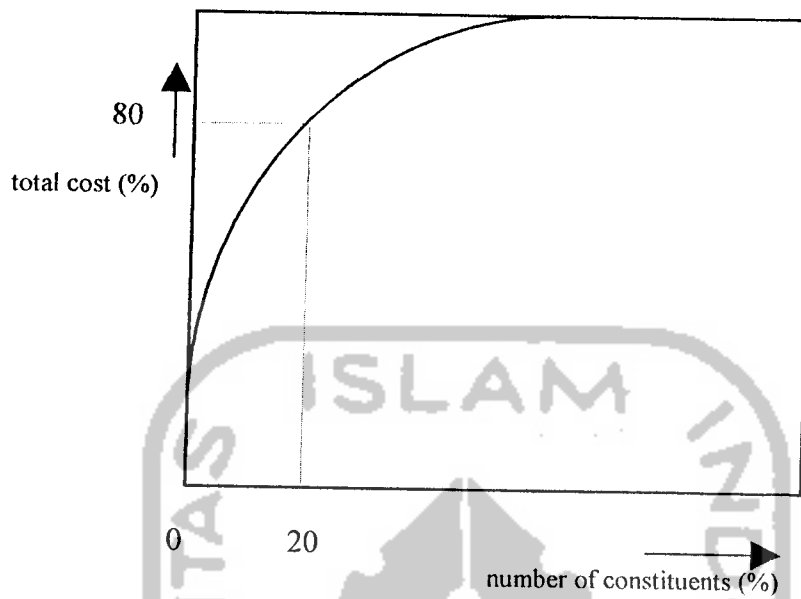
Penampang Melintang	Luas A	Keliling basah P	Jari-jari hidrolis R	Lebar Puncak T	Kedalaman Hidrolis D	Faktor Penampang Z
Trapezium, setengah bagian segi enam	$\sqrt{3} y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{1}{2} y$	$\frac{4}{3}\sqrt{3} y$	$\frac{3}{4} y$	$\frac{3}{2}y^{2.5}$
Persegi panjang, setengah bagian bujur sangkar	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2} y$	$2y$	$y$	$2y^{2.5}$
Segitiga, setengah bagian bujur sangkar	$y^2$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{1}{2} y$	$\sqrt{2}/2 y^{2.5}$
Setengah lingkaran	$\frac{\pi}{2} y^2$	$\pi y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4} y$	$\frac{\pi}{4} y^{2.5}$
Parabola $T = 2\sqrt{2} y$	$\frac{4}{3} \sqrt{2} y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{2}{3} y$	$\frac{8}{9}\sqrt{3} y^{2.5}$
Lengkung Hidrostatik	$1.3958 y^2$	$2.9836y$	$0.4678y$	$1.91753y$	$0.7279 y$	$1.19093y^{2.5}$

### 3.2.5 Prosentase Biaya Proyek Perumahan

Dalam analisis biaya yang harus diperhatikan adalah bagian-bagian komponen yang mempunyai potensi untuk penghematan, yaitu bagian yang mempunyai harga terbesar dari seluruh biaya. Untuk mengetahui komponen yang mempunyai harga dari tertinggi sampai yang terendah dipakai Hukum Pareto.

Menurut hukum distribusi Pareto, bahwa 20% dari bagian-bagian penting dari suatu komponen akan merupakan 80% dari biayanya. Dengan menyusun urutan-urutan komponen dari suatu sistem yang dimaksud dari biaya yang tertinggi sampai biaya yang terendah, kurva akan memperlihatkan bagaimana dari

perencanaan yang membentuk komponen-komponen dengan biaya yang besar dan memungkinkan untuk dianalisa lebih lanjut.



Gambar 3.6. Kurva distribusi Hukum Pareto

(.Pada tugas akhir ini, kami mengambil sebagai obyek penelitian adalah proyek perumahan Merapi View , yang terletak di Jaban-Ngebel Gede, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta.

**BAB IV**

**STUDI KASUS PENERAPAN METODA REKAYASA NILAI**

**PADA DRAINASI PERUMAHAN MERAPI VIEW**

**YOGYAKARTA**

**4.1 KONSEP PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA DRAINASI PERUMAHAN**

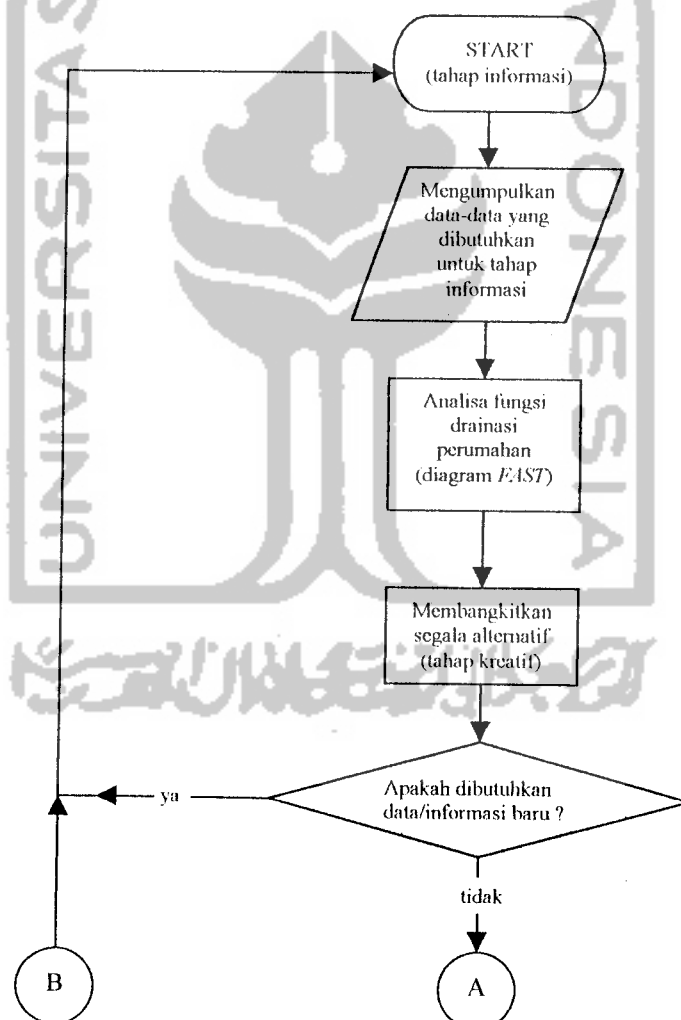
Penerapan metode Rekayasa Nilai pada drainasi perumahan dilakukan dengan menggunakan tahap-tahap dalam rencana kerja (job plan). Pada tugas akhir ini, analisa yang dilakukan hanya terbatas pada jaringan drainasi yang berada di perumahan Merapi View, Yogyakarta, dengan asumsi bahwa *catchment area* (daerah penangkapan) yang ada hanya meliputi aliran yang timbul di daerah perumahan tersebut. Sedangkan aliran yang berasal dari luar diasumsikan tidak ada / berpengaruh.

Untuk menerapkan metode Rekayasa Nilai ini, pertama-tama dianalisa semua informasi yang berhubungan dengan proyek perumahan tersebut dan sistem jaringan drainasinya. Kemudian dianalisa fungsi dari masing-masing komponen sistem drainasi tersebut, sehingga dapat diidentifikasi fungsinya. Pada tahap selanjutnya dicari ide dan alternatif dari komponen tersebut untuk kemudian dianalisa pada tahap penilaian, setelah itu dua ide dan alternatif yang terbaik

dikembangkan lagi pada tahap pengembangan. Pada tahap terakhir diajukan usulan mengenai dua alternatif dan ide terbaik pada pemilik proyek.

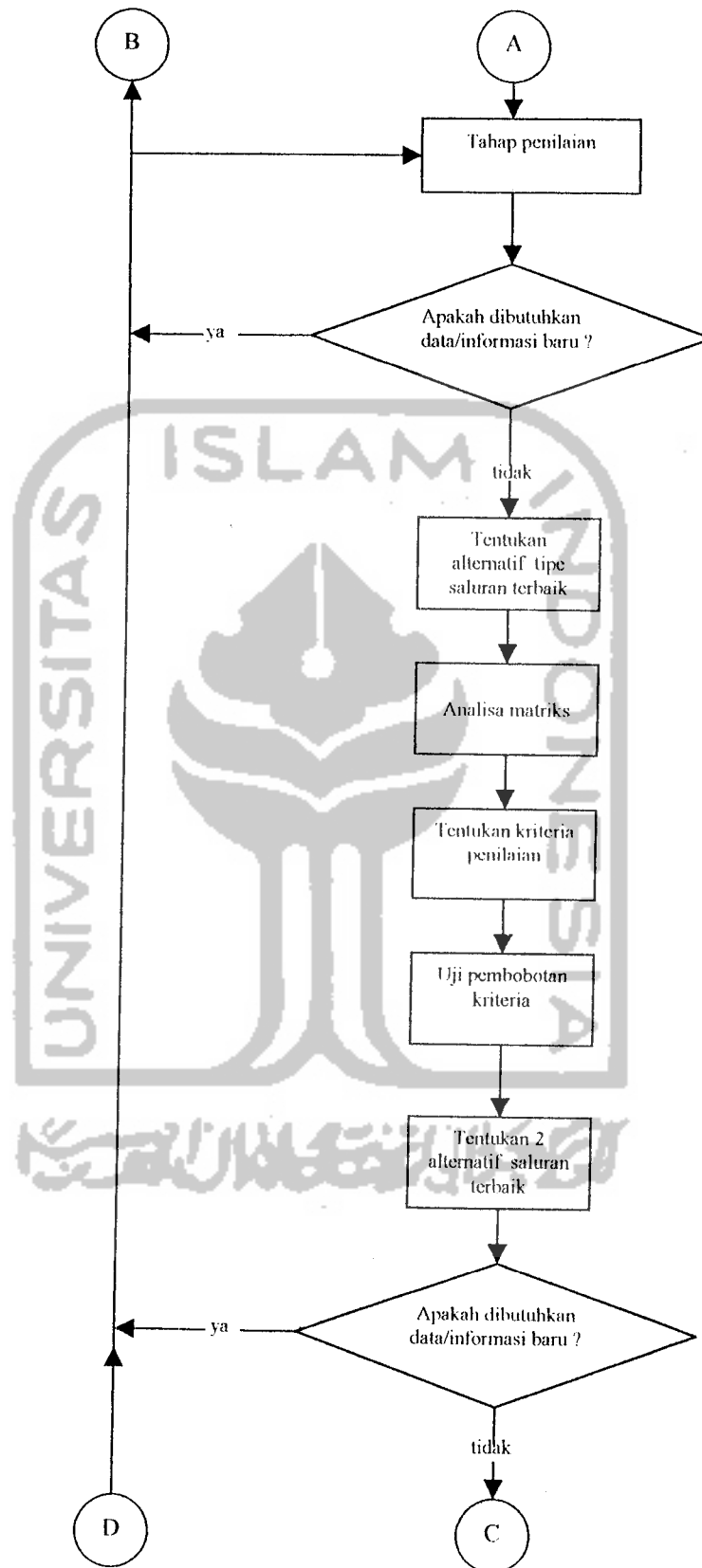
Pada tahap-tahap rencana kerja terdapat keterkaitan satu dengan yang lainnya, misalnya bila pada tahap kreatif terjadi kekurangan data atau informasi, maka tim rekayasa nilai harus melengkapi kekurangan tersebut pada tahap informasi terlebih dahulu.

Berikut ini gambar diagram alir konsep penerapan metode Rekayasa Nilai pada drainasi perumahan :



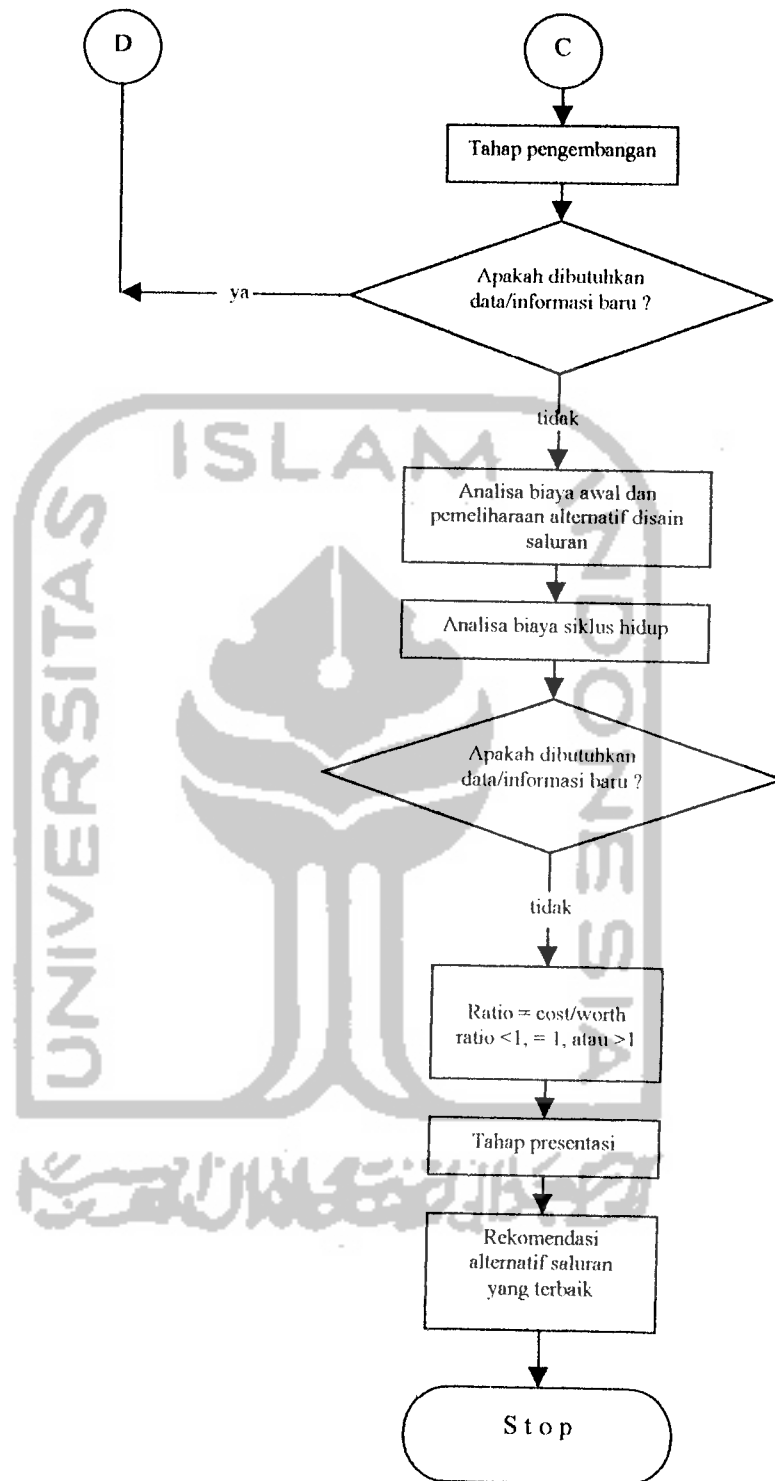
Gambar 4.1 Diagram alir konsep penerapan metode rekayasa nilai pada drainasi perumahan

lanjutan gambar diagram alir





lanjutan gambar diagram alir :



## 4.2 TAHAP INFORMASI

### 4.2.1 Pengumpulan Data

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengumpulkan informasi sebanyak mungkin tentang prasarana drainasi di proyek perumahan Merapi View dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proyek tersebut.

Adapun yang menjadi permasalahan di sini adalah apakah desain sistem jaringan drainasi perumahan Merapi View tersebut sudah merupakan alternatif desain yang terbaik. Sehingga diharapkan nantinya ditemukan alternatif desain sistem drainasi yang terbaik dari segi biaya, fungsi, dan parameter-parameter desain lainnya.

Data yang dibutuhkan proyek adalah data topografi (tabel 4.1.), curah hujan, peraturan-peraturan, serta informasi lain yang dibutuhkan untuk desain proyek.

Tabel 4.1 Data tentang proyek (desain awal)

TAHAP INFORMASI	CATATAN-CATATAN
1. Proyek :	Perumahan Merapi View
2. Lokasi proyek :	Jaban-Ngebel Gede, Ngaglik, SLEMAN, Yogyakarta
3. Fungsi :	Mengalirkan air kelebihan
4. Curah hujan :	200 l/dt/ha
5. Topografi:	elevasi di atas permukaan laut tertinggi = 205,15 m elevasi di atas permukaan laut terendah = 190,15 m
5. Luas Area :	120.000 m <sup>2</sup> (12 ha)
6. Deskripsi rancangan :	Rancangan saluran drainasi pada perumahan Merapi View merupakan saluran drainasi yang baru dan menyesuaikan dengan sekitarnya
7. Jenis saluran :	primer (510 m), sekunder (1.260 m), tersier (4.524 m)
8. Anggaran biaya :	Rp 207.798.389,00

### 4.2.2 Struktur fungsi drainasi perumahan

Fungsi drainasi perumahan adalah mengalirkan air kelebihan pada perumahan. Fungsi utama dari drainasi perumahan dapat diuraikan menjadi suatu

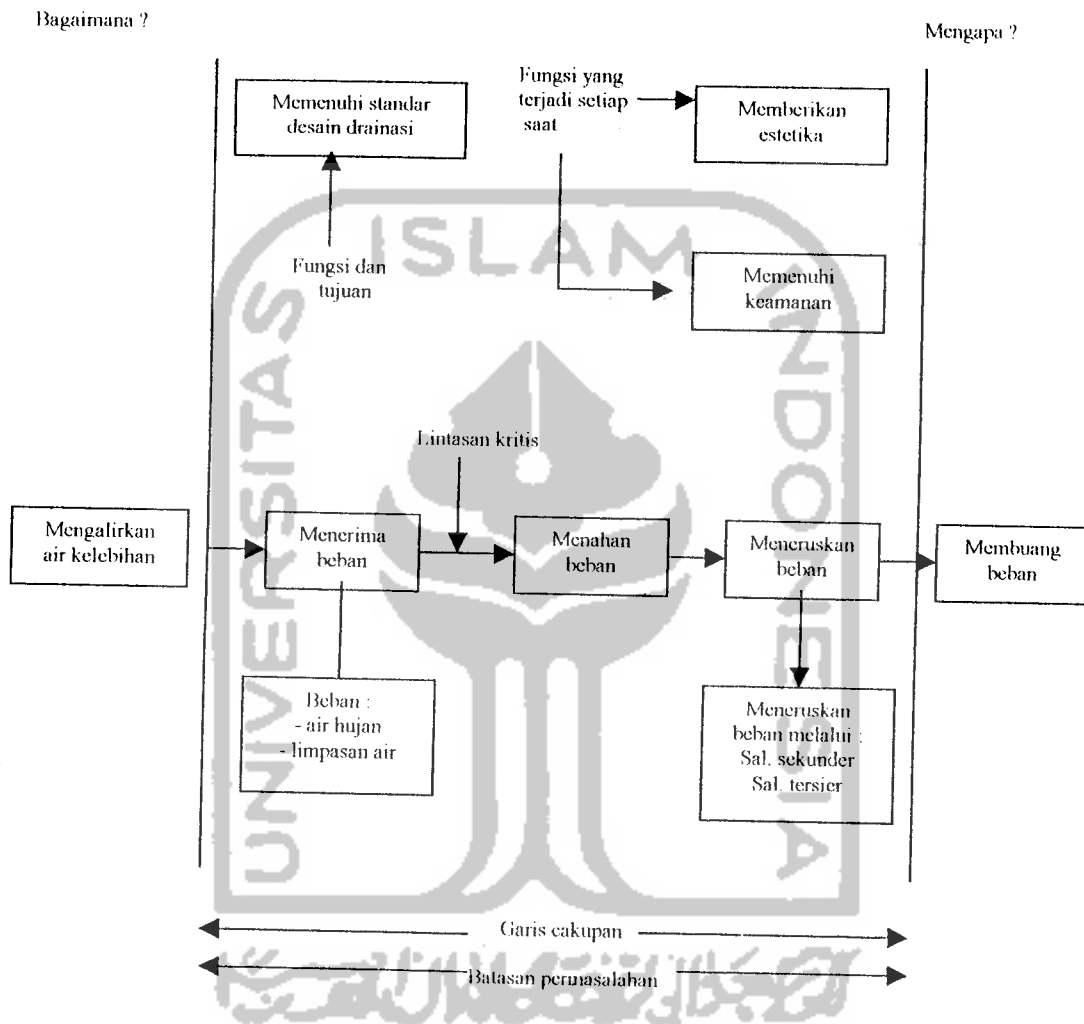
fungsi operasional. Untuk mendapatkan fungsi dari komponen drainasi dengan mengumpulkan dua kata, yaitu : satu kata kerja dan satu kata benda (tabel 4.2).

Tabel 4.2 Identifikasi fungsi

<b>IDENTIFIKASI FUNGSI</b> <b>1 kata kerja + 1 kata benda</b>	<b>TAHAP INFORMASI</b>
(Drainasi Perumahan) mengalirkan air kelebihan (Saluran primer) menerima beban menahan beban meneruskan beban membuang beban (Saluran sekunder) menerima beban menahan beban mengalirkan beban (Saluran tersier) menerima beban menahan beban mengalirkan beban	ADAKAH SALAH SATU FUNGSI YANG DAPAT DIHILANGKAN ?  Tidak, tidak ada fungsi yang dapat dihilangkan  ADAKAH YANG DIKERJAKAN TANPA GUNA ?  Tidak ada
APA YANG HARUS DILAKUKAN ? (Drainasi Perumahan) mengalirkan air kelebihan (Saluran primer) menerima beban menahan beban meneruskan beban membuang beban (Saluran sekunder) menerima beban menahan beban mengalirkan beban (Saluran tersier) menerima beban menahan beban	APA SEMUA SYARAT REALISTIK ? Ya, Semua syarat memang harus realistik  APAKAH KEGUNAAN MENUNJANG NILAINYA ? Ya  APAKAH BIAYANYA PROFESIONAL TERHADAP KEGUNAANNYA ? Ya, seharusnya

Keterangan : beban pada tabel di atas adalah limpasan air dan air hujan yang masuk ke dalam saluran.

Untuk mendapatkan fungsi elemen sistem drainasi perumahan dilakukan analisis fungsi, yang struktur fungsinya disusun dari fungsi sistem drainasi perumahan tersebut. Untuk mendapatkan struktur fungsi dari sistem drainasi perumahan Merapi View digunakan metode *FAST* sebagai berikut :



Gambar 4.2 Struktur fungsi sistem drainasi perumahan

Dari identifikasi fungsi didapat komponen-komponen yang mempunyai fungsi utama atau fungsi sekunder atau pendukung. Fungsi-fungsi yang tidak memberikan kualitas/kegunaan atau tidak menghidupkan penampilan dapat dihilangkan, sehingga biaya-biaya yang tidak perlu bisa dikurangi.

### 4.3 TAHAP KREATIF

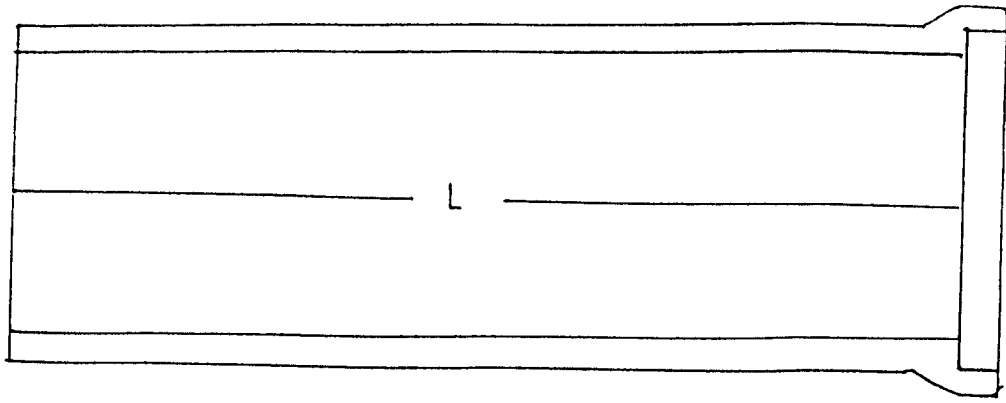
Tahapan ini melakukan pendekatan secara kreatif dengan mengemukakan ide-ide sebanyak mungkin, yang diharapkan dengan makin banyaknya ide-ide semakin banyak pula kemungkinan suksesnya studi rekayasa nilai.

Ide-ide kreatif bagi saluran drainasi usulan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

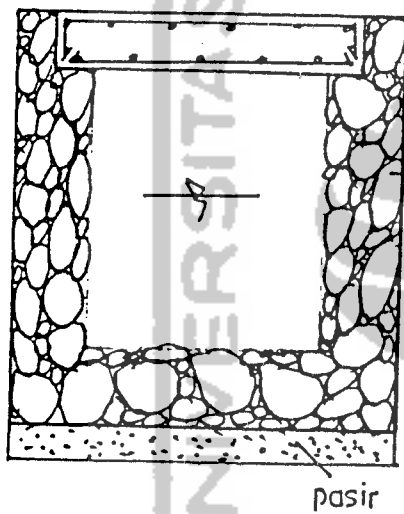
Tabel 4.3. Tabel tahap spekulasi saluran drainasi

Tahap spekulasi	Item : saluran drainasi	Fungsi : mengalirkan kelebihan air
Ini adalah tahap kreatif dari studi rekayasa nilai yang menghasilkan sebanyak mungkin ide-ide dalam penyelesaian fungsi, tetapi tidak mengevaluasi ide - ide selama fase ini		
No.	Ide-ide kreatif	
1.	Pipa beton tanpa tulangan	
2.	Pasangan batu kali tanpa plesteran	
3.	Beton cetak di tempat	
4.	Pipa PVC	
5.	Pipa tanah liat	
6.	Saluran kayu	
7.	Pipa besi	
8.	Pipa beton tulangan	

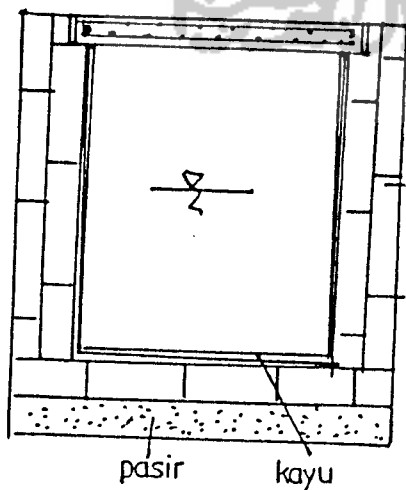
Ide-ide kreatif yang tersebut di atas, kemudian dianalisa pada tahap penilaian / analisis keuntungan-kerugian untuk mendapatkan alternatif-alternatif yang akan digunakan. Berikut ini gambar-gambar alternatif desain drainasi :



DETAIL POTONGAN PIPA BETON BERTULANG, BESI, PVC  
dan TANAH LIAT



DETAIL POTONGAN SALURAN PASANGAN  
BATU KALI TANPA PLESTERAN



DETAIL POTONGAN SALURAN KAYU

#### 4.4 TAHAP PENILAIAN/ANALISIS

Pada tahap ini semua alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif dianalisis. Lembar kerja dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1 Lembar kerja analisis keuntungan-kerugian

Lembar kerja ini digunakan untuk membandingkan alternatif-alternatif ide kreatif dari segi keuntungan dan kerugiannya terhadap beberapa kriteria. Penilaian tim didasarkan atas tingkat pengaruhnya terhadap biaya sistem secara keseluruhan. Dalam memberikan nilai pada kriteria yang ditinjau, tentukan nilai salah satu kriteria, kemudian tentukan kriteria yang lainnya secara relatif terhadap kriteria tersebut.

Untuk kriteria biaya murah tim memberi nilai maksimum 3, kemudian untuk kriteria lainnya, secara relatif tim memberi nilai maksimum sebagai berikut :

- |                           |     |
|---------------------------|-----|
| a. biaya awal             | = 3 |
| b. kekuatan penampang     | = 2 |
| c. biaya pemeliharaan     | = 2 |
| d. waktu pelaksanaan      | = 1 |
| e. kemudahan pemeliharaan | = 1 |
| f. estetika               | = 1 |

Total = 10

Nilai-nilai di atas merupakan nilai maksimum yang dapat diberikan pada masing-masing kriteria dan nilai yang paling minimal adalah 0 (rangking nilai 0 – 4).

Tabel 4.4 Analisis ide kreatif dengan teknik keuntungan-kerugian untuk saluran drainasi perumahan Merapi View

ANALISIS IDE-IDE KREATIF				
Sistem : saluran drainasi				
Item : saluran primer, sekunder, tersier				
Fungsi : mengalirkan kelebihan air				
No.	Tahap kreatif Ide kreatif	Tahap analisis		Nilai
		Keuntungan	Kerugian	
1.	Pipa beton tanpa tulangan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal murah (+3)</li> <li>2. Waktu pelaksanaan singkat (+1)</li> <li>3. Kuat menahan aliran (+2)</li> <li>4. Estetika bagus (+1)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>2. Pemeliharaan sulit (-1)</li> </ol>	+4
2.	Pasangan batu kali tanpa plesteran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal murah (+3)</li> <li>2. Waktu pelaksanaan singkat (+1)</li> <li>3. Kuat menahan aliran (+2)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>2. Pemeliharaan sulit (-1)</li> <li>3. Estetika kurang (-1)</li> </ol>	+3
3.	Beton cetak di tempat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kuat menahan aliran (+2)</li> <li>2. Estetika bagus (+1)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal mahal (-3)</li> <li>2. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>3. Pemeliharaan sulit (-1)</li> <li>4. Waktu pelaksanaan lama (-1)</li> </ol>	-4
4.	Pipa PVC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal murah (+3)</li> <li>2. Waktu pelaksanaan singkat (+1)</li> <li>3. Estetika bagus (+1)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>2. Pemeliharaan sulit (-1)</li> <li>3. Lemah menahan aliran (-2)</li> </ol>	0
5.	Pipa tanah liat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal murah (+3)</li> <li>2. Waktu pelaksanaan singkat (+1)</li> <li>3. Estetika bagus (+1)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>2. Pemeliharaan sulit (-1)</li> <li>3. Lemah menahan aliran (-2)</li> </ol>	0
6.	Saluran kayu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya awal murah (+3)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biaya pemeliharaan mahal (-2)</li> <li>2. Pemeliharaan sulit (-1)</li> <li>3. Waktu pelaksanaan lama (-1)</li> <li>4. Lemah menahan aliran (-2)</li> <li>5. Estetika kurang (-1)</li> </ol>	-4

Lanjutan tabel 4.4...



Lanjutan tabel 4.4 :

7.	Pipa besi	1. Kuat menahan aliran (+2) 2. Estetika bagus (+1) 3. Waktu pelaksanaan singkat (+1)	1. Biaya awal mahal (-3) 2. Biaya pemeliharaan mahal (-2) 3. Pemeliharaan sulit (-1)	-2
8.	Pipa beton tulangan	1. Kuat menahan aliran (+2) 2. Estetika bagus (+1) 3. Waktu pelaksanaan singkat (+1)	1. Biaya awal mahal (-3) 2. Biaya pemeliharaan mahal (-2) 3. Pemeliharaan sulit (-1)	-2

Pada tabel 4.4 tersebut ide-ide ini dievaluasi dengan memilih alternatif yang mempunyai keuntungan tertinggi. Dengan memilih alternatif yang paling menguntungkan dapat memudahkan untuk mengadakan pilihan alternatif yang dapat diajukan pada tahapan berikutnya. Pada tahapan ini yang terpilih sebagai alternatif adalah (diurutkan berdasarkan nilai tertinggi) :

1. pipa beton tanpa tulangan (+4)
2. pasangan batu kali tanpa plesteran (+3)
3. pipa pvc (0)
4. pipa tanah liat (0)

Kemudian alternatif-alternatif tersebut di atas, diseleksi lagi pada analisis tingkat kelayakan.

#### 4.4.2 Lembar kerja analisis Tingkat Kelayakan

Salah satu bentuk dari analisis ide-ide kreatif ini akan membahas penilaian kriteria dengan sangat subyektif, karena sulit untuk mendapatkan nilai yang sangat ideal, sebaiknya diperlukan suatu tim yang terdiri dari berbagai disiplin yang berpengalaman di bidangnya masing-masing. Analisa tingkat kelayakan untuk drainasi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Tabel analisis kelayakan

Analisis Kelayakan							
Item : saluran drainasi							
Fungsi : mengalirkan kelebihan air							
Nilai masing-masing ide untuk faktor-faktor yang tercantum dalam tabel antara 1-10							
A = Penggunaan teknologi				E = Keuntungan biaya potensial			
B = Biaya pengembangan				F = Sarana alat kerja			
C = Kemungkinan diterapkan							
D = Waktu pelaksanaan							
Bahan saluran drainasi	A	B	C	D	E	F	Total
Pipa beton tanpa tulangan	9	8	8	9	8	8	50
Pasangan batu kali tanpa plesteran	8	7	8	8	7	8	46
Pipa PVC	7	6	7	7	6	7	40
Pipa tanah liat	6	7	6	7	6	7	39

Dari analisis tingkat kelayakan dapat dibuat kesimpulan bahwa :

1. pipa beton tanpa tulangan memiliki nilai tertinggi yaitu 50
2. pasangan batu kali tanpa plesteran memiliki nilai 46
3. pipa pvc memiliki nilai 40
4. pipa tanah liat memiliki nilai 39

Kemudian alternatif-alternatif tersebut, dianalisa lagi pada analisis matriks.

#### 4.4.3 Lembar kerja analisis matriks

Seperti halnya pada analisa keuntungan-kerugian, analisis matriks juga harus menentukan kriteria-kriteria, yang didapat dari data yang kemudian diolah untuk mengidentifikasi jaringan saluran drainasi Perumahan Merapi View, yaitu tentang parameter-parameter dari kriteria desain saluran drainasi. Dari ringkasan analisis sebelumnya dan seleksi dari parameter-parameter yang ada, kriteria yang diasumsikan dalam tugas akhir ini terdapat pada lampiran, diperoleh dari suatu tim yang terdiri dari berbagai disiplin yang berpengalaman di bidangnya masing-

masing. Dari parameter yang berdasarkan urutan pentingnya kriteria, diambil penilaian sebagai berikut :

1. Biaya awal (A) = 53
2. Kekuatan / kemampuan menahan aliran (B) = 47
3. Biaya pemeliharaan (C) = 33
4. Kemudahan pemeliharaan (D) = 32
5. Waktu pelaksanaan (E) = 23
6. Estetika (F) = 22

Parameter-parameter ini dipakai sebagai kriteria untuk analisis matriks pada tahap penilaian, yang pembobotan dari masing-masing kriteria ditentukan dan diuji dengan metode hirarki analitik.

#### **Analisis pembobotan kriteria parameter dan uji data**

Data yang telah ditetapkan berdasarkan urutan kepentingannya diuji validitas datanya dengan uji konsistensi serta menentukan bobot dari masing-masing parameter.

Variabel parameter tersebut adalah sebagai berikut :

A = biaya awal; B = Kekuatan / kemampuan menahan aliran; C = Biaya pemeliharaan; D = Kemudahan pemeliharaan; E = Waktu pelaksanaan; F = Estetika. Parameter ini diuji dengan konsistensi dengan menyusun matriks perbandingan berpasangan seperti di bawah ini:

### Menghitung Matriks I

Matriks perbandingan berpasangan

	A	B	C	D	E	F
A	1	2	2	3	4	5
B	1/2	1	2	2	3	4
C	1/2	1/2	1	2	2	3
D	1/3	1/2	1/2	1	2	2
E	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2
F	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1

Matriks I

2,493
1,698
1,201
0,831
0,588
0,401

Vektor prioritas

0,346
0,235
0,167
0,115
0,082
0,055

$$\Sigma = 7,212$$

$$\Sigma = 1,00$$

### Menghitung Matriks II

Matriks perbandingan berpasangan

	A	B	C	D	E	F
A	1	2	2	3	4	5
B	1/2	1	2	2	3	4
C	1/2	1/2	1	2	2	3
D	1/3	1/2	1/2	1	2	2
E	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2
F	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1

Vektor prioritas

0,346
0,235
0,167
0,115
0,082
0,055

Matriks II

2,098
1,438
1,017
0,704
0,497
0,337

### Matrik nilai prioritas

Matriks II

Vektor prioritas

2,098	:	0,346	=	6,064
1,433		0,235		6,098
1,017		0,167		6,090
0,704		0,115		6,122
0,497		0,082		6,061
0,337		0,055		6,127

$$\Sigma = 36,562$$

$$\lambda = 36,562 : 6 = 6,094$$

$$CI = (6,094 - 6) / (6 - 1)$$

$$= 0,0188$$

$$CR = 0,0188 / 1,24 = 0,015 < 0,1 \text{ (data konsisten)}$$

Berdasarkan hasil matriks vektor prioritas maka bobot masing-masing kriteria saluran drainasi dapat ditetapkan urutan sebagai berikut :

- Biaya awal = 34,6 %
- Kekuatan/kemampuan menahan aliran = 23,5 %
- Biaya pemeliharaan = 16,7 %
- Kemudahan pemeliharaan = 11,5 %
- Waktu pelaksanaan = 8,2 %
- Estetika = 5,5 %

Kriteria dalam tahap ini diberi berdasarkan besarnya hasil proses hirarki analitik sedangkan skala penilaian terhadap kriteria tiap alternatif diberikan nilai 1 – 4, yang mempunyai arti :

- Nilai 1 = rendah
- Nilai 2 = wajar
- Nilai 3 = baik
- Nilai 4 = baik sekali

Analisa matriks akan membahas tiga alternatif desain jaringan drainasi dari analisa untung rugi dengan kriteria seperti tersebut di atas. Penilaian dilakukan dengan memberi nilai 1 – 4 pada alternatif desain jaringan drainasi terhadap kriteria yang ditinjau, angka tersebut digandakan dengan nilai dari kriteria yang

ada ( % ) yang kemudian dijumlahkan, ini dapat secara rinci dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Tabel analisis matriks dan desain drainasi "Merapi View"

ANALISIS MATRIKS								
Sistem : Drainasi perumahan " Merapi View "								
Item : Saluran primer, sekunder, tersier								
Fungsi : mengalirkan air kelebihan								
Pilih ide-ide terbaik dari alternatif-alternatif yang ada dalam tahap ini salah satu yang memenuhi								
A = biaya awal			B = kekuatan/kemampuan menahan aliran					
C = biaya pemeliharaan			D = kemudahan pemeliharaan					
E = waktu pelaksanaan			F = Estetika					
N O M O R	Kriteria	A	B	C	D	E	F	TOTAL
	Bobot kriteria diperoleh dari hasil metode PHA	34,6 %	23,5 %	16,7 %	11,5 %	8,2 %	5,5 %	100 %
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1.	Pipa beton tanpa tulangan	4 138,4	3 70,5	2 33,4	3 34,5	4 32,8	3 16,5	19 326,1
2.	Pasangan batu kali tanpa plesteran	4 138,4	2 47	2 33,4	2 23	3 24,6	3 16,5	16 282,9
3.	Pipa PVC	2 69,2	3 70,5	2 33,4	3 34,5	1 8,2	3 16,5	14 232,3
4.	Pipa tanah liat	2 69,2	2 47	2 33,4	2 23	2 16,4	1 5,5	11 194,5

Dua alternatif desain drainasi yang mempunyai nilai tertinggi adalah pipa beton tanpa tulangan dan pasangan batu kali tanpa plesteran, yaitu 326,1 dan 282,9. Ini akan dibahas lebih lanjut dalam tahap pengembangan dan diusulkan sebagai desain akhir

## 4.5 TAHAP PENGEMBANGAN

Pada proses desain dilakukan usaha untuk mentransformasikan kebutuhan sistem drainasi menjadi desain yang dapat memenuhi kebutuhan, yaitu untuk mengalirkan limpasan air kelebihan dengan debit yang ada ke tempat pembuangan luar. Kebutuhan tersebut sebagai fungsi utama yang dapat diuraikan menjadi beberapa komponen fungsi yang lebih rendah.

### 4.5.1 Hitungan konstruksi

Analisis teknis terhadap alternatif desain sistem drainasi perumahan Merapi View bertujuan untuk mengetahui segi teknis dari desain drainasi.

Tahap – tahap dari analisis teknis adalah sbb :

1. Analisis data curah hujan
2. Analisis data topografi
3. Menghitung intensitas hujan maksimum dan periode ulang
4. Desain debit banjir rencana
5. Desain saluran primer, sekunder, dan tersier
6. Menghitung biaya konstruksi

Secara umum spesifikasi untuk ketiga jenis saluran pada sistem drainase perumahan Merapi View sebagai berikut :

#### 1. Saluran Primer

- panjang saluran : 510 m
- dimensi saluran : 90 X 90 cm
- material penampang : pasangan batu kali ( plesteran 1 : 4 )

2. Saluran sekunder

- panjang saluran : 1.260 m
- dimensi saluran : 60 X 60 cm ( saluran terbuka )  
40 X 50 cm ( saluran tertutup )
- material penampang : pasangan batu kali ( plesteran 1 : 4 )

3. Saluran tersier

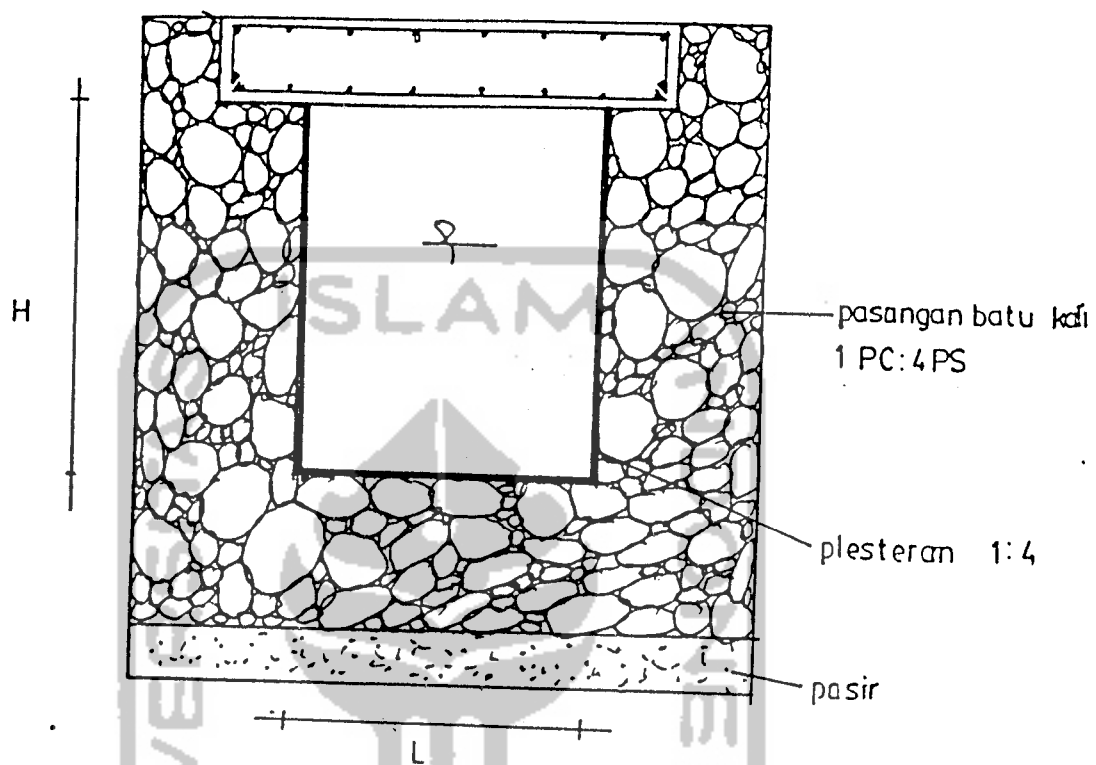
- panjang saluran : 4.524 m
- dimensi saluran : 35 x 45 cm ( saluran tertutup )
- material penampang : pasangan batu kali ( plesteran 1 : 4 )

contoh perhitungan dimensi saluran terdapat pada lampiran.

Berikut ini adalah gambar detail potongan pasangan batu kali plesteran (desain asli) :







NO	SALURAN	H cm	L cm
1	PRIMER	90	90
2	SEKUNDER	60	60
3	- - -	50	40
4	TERSIER	45	35

Gambar 4.4 Detail potongan pasangan batu kali

#### 4.5.2 Biaya awal

Biaya awal untuk melaksanakan pembangunan dari kedua desain dapat dilihat pada tabel 4.7 di bawah ini :

Tabel 4.7 Tabel biaya pembangunan saluran drainasi perumahan Merapi View

Model biaya awal hasil desain		Tahap pengembangan	
Sistem : Drainasi perumahan Merapi View			
Fungsi : mengalirkan air kelebihan			
No.	Komponen	Pipa beton tanpa tulangan	Pasangan batu kali tanpa plesteran
1.	Saluran primer	Rp 7.075.408,50	Rp 38.187.480,00
2.	Saluran sekunder	Rp 28.666.466,71	Rp 39.610.270,92
3.	Saluran tersier	Rp 103.007.438,20	Rp 123.467.299,60
Total biaya awal saluran =		Rp 138.749.313,40	Rp 201.265.050,90

Dari hasil analisis biaya di atas dapat dicari rasio fungsi utama dengan analisis fungsi dari masing-masing alternatif desain drainasi. *Ratio* dari fungsi sistem drainasi tersebut dapat dicari dengan membandingkan *cost* dan *worth* dari kedua alternatif desain drainasi di atas.

Hasil analisis biaya awal dari kedua alternatif desain drainasi adalah sebagai berikut :

- alternatif 1 : Rp 138.749.313,40
- alternatif 2 : Rp 201.265.050,90

Biaya ini diasumsikan sebagai *worth*.

Biaya untuk sistem drainasi pada anggaran proyek perumahan Merapi View sebesar Rp 207.798.389,00 dianggap sebagai *cost*. Maka *ratio* fungsi utama sistem drainasi adalah sebagai berikut :

Untuk alternatif 1,

$$\text{Ratio} = \frac{207.798.389,00}{138.749.313,40} = 1,49 < 2$$

Untuk alternatif 2,

$$\text{Ratio} = \frac{207.798.389,00}{201.265.050,90} = 1,03 < 2$$

Dalam rekayasa nilai, ratio antara 1 – 2, kecil kemungkinan terjadi penghematan untuk studi analisis nilai.

#### 4.5.3 Biaya pemeliharaan dan penggantian

Biaya pemeliharaan adalah biaya yang digunakan untuk biaya operasional dan perawatan selama umur teknis. Untuk saluran drainasi biaya pemeliharaan hanya meliputi biaya pembersihan saluran dari sampah dan lumpur akibat sedimentasi yang ada, tidak terdapat biaya operasional. Dengan mengasumsikan bahwa biaya pemeliharaan pada semua tipe panampang dan bentuk saluran adalah sama, serta dibutuhkan sekitar 5 pekerja untuk membersihkan saluran. Berdasarkan standar harga di Yogyakarta, upah pekerja sebesar Rp 2.500,00. Jika diasumsikan juga waktu pemeliharaan untuk saluran drainasi per tahunnya adalah sebagai berikut :

$$5 \times 12 \times \text{Rp } 2.500,00 = \text{Rp } 150.000,00 / \text{tahun.}$$

Jika umur teknis saluran direncanakan 10 tahun, dengan inflasi diasumsikan sebesar 10 % dapat dicari nilai pada waktu yang akan datang.

#### 4.5.4 Biaya siklus hidup

Biaya siklus hidup adalah biaya selama umur teknis dari proyek tersebut, yang meliputi biaya awal, dan biaya pemeliharaan, serta biaya penggantian ( pada

saluran drainasi tidak terdapat biaya penggantian karena nilai sisa 0 % ). Biaya ini dihitung dengan asumsi tingkat suku bunga 12 % dan tingkat inflasi 10 %, dan nilai sisa 0 % untuk saluran drainasi perumahan Merapi View.

Tabel 4.8 Tabel biaya siklus hidup

Proyek : Drainasi perumahan Merapi View Lokasi : Jaban – Ngebel Gede, Ngaglik, Sleman		TAHAP PENGEMBANGAN	
NILAI SEKARANG (PRESENT VALUE)		BIAYA SIKLUS HIDUP	
	Desain asli	Alternatif 1	Alternatif 2
BIAYA AWAL	Rp 207.798.389,00	Rp 138.749.313,40	Rp 201.265.050,90
BIAYA PEMELIHARAAN ( $i = 12\%$ , $f = 10\%$ )/th			
Th 1 (F/P,10,1) = 1,1 PWF	Rp 150.000,00 Rp 165.000,00 Rp 133.863,30	Rp 150.000,00 Rp 165.000,00 Rp 133.863,30	Rp 150.000,00 Rp 165.000,00 Rp 133.863,30
Th 2 (F/P,10,2) = 1,21 PWF	Rp 181.500,00 Rp 121.466,94	Rp 181.500,00 Rp 121.466,94	Rp 181.500,00 Rp 121.466,94
Th 3 (F/P,10,3) = 1,331 PWF	Rp 199.650,00 Rp 110.197,22	Rp 199.650,00 Rp 110.197,22	Rp 199.650,00 Rp 110.197,22
Th 4 (F/P,10,4) = 1,464 PWF	Rp 219.600,00 Rp 99.959,00	Rp 219.600,00 Rp 99.959,00	Rp 219.600,00 Rp 99.959,00
Th 5 (F/P,10,5) = 1,610 PWF	Rp 241.500,00 Rp 90.667,70	Rp 241.500,00 Rp 90.667,70	Rp 241.500,00 Rp 90.667,70
Th 6 (F/P,10,6) = 1,772 PWF	Rp 265.800,00 Rp 82.150,11	Rp 265.800,00 Rp 82.150,11	Rp 265.800,00 Rp 82.150,11
Th 7 (F/P,10,7) = 1,948 PWF	Rp 292.200,00 Rp 74.502,05	Rp 292.200,00 Rp 74.502,05	Rp 292.200,00 Rp 74.502,05
Th 8 (F/P,10,8) = 2,144 PWF	Rp 321.600,00 Rp 67.462,67	Rp 321.600,00 Rp 67.462,67	Rp 321.600,00 Rp 67.462,67
Th 9 (F/P,10,9) = 2,358 PWF	Rp 353.700,00 Rp 61.113,23	Rp 353.700,00 Rp 61.113,23	Rp 353.700,00 Rp 61.113,23
Th 10 (F/P,10,10) = 2,593 PWF	Rp 388.950,00 Rp 55.348,05	Rp 388.950,00 Rp 55.348,05	Rp 388.950,00 Rp 55.348,05
BIAYA PEMELIHARAAN	Rp 2.629.500,00 Rp 896.730,6	Rp 2.629.500,00 Rp 896.730,6	Rp 2.629.500,00 Rp 896.730,6
NILAI SISA	-	-	-
$\Sigma$ Biaya awal + O&M PW	Rp 208.695.119,6	Rp 139.646.044,00	Rp 202.161.781,50
AW	Rp 33.818.230,69	Rp 22.580.811,68	Rp 32.754.960,01
Penghematan tahunan	-	Rp 11.237.419,01	Rp 1.063.270,68
Penghematan siklus hidup	-	Rp 69.049.075,60	Rp 6.533.338,10

#### 4.6 TAHAP PRESENTASI

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari langkah kerja metode Rakayasa Nilai. Tahap yang harus mempresentasikan hasil desain dalam bentuk nyata, yang meliputi :

1. Memilih desain alternatif yang terbaik untuk diusulkan
2. Membuat kesimpulan dan rekomendasi
3. Membuat gambar-gambar atau sketsa dari desain yang dipilih
4. Membuat biaya-biaya awal, pemeliharaan dan siklus hidup
5. Menjelaskan tentang biaya penghematan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka :

- diusulkan alternatif desain 1 ( pipa beton tanpa tulangan ) sebagai desain utama drainasi perumahan Merapi View, sedangkan alternatif 2 ( pasangan batu kali tanpa plesteran ) sebagai cadangan.  
(desain usulan tercantum dalam lampiran).
- Biaya awal :
  - a. alternatif 1 : Rp 138.749.313,40
  - b. alternatif 2 : Rp 201.265.050,90
- Biaya pemeliharaan :
  - a. alternatif 1 : Rp 896.730,60
  - b. alternatif 2 : Rp 896.730,60

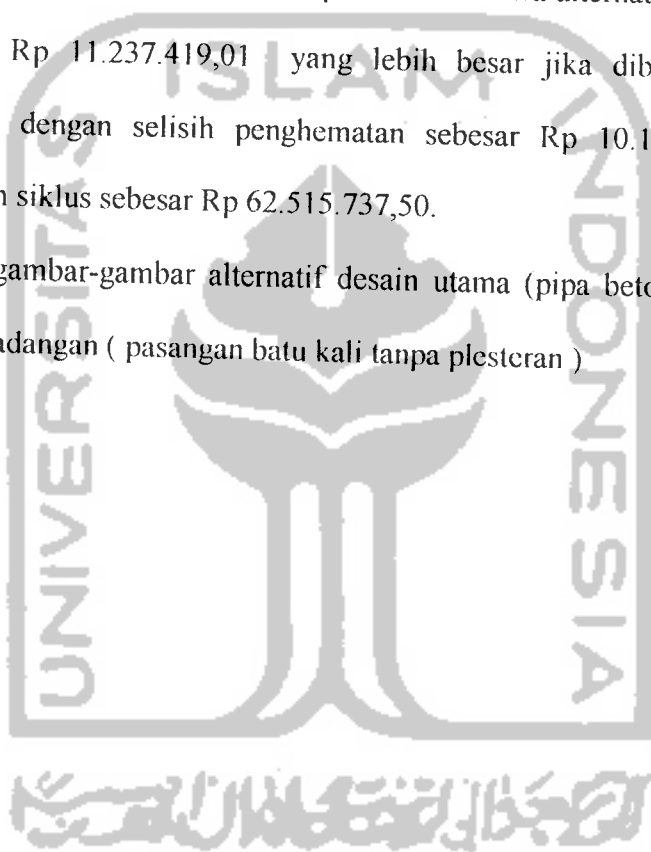
- Biaya penghematan :

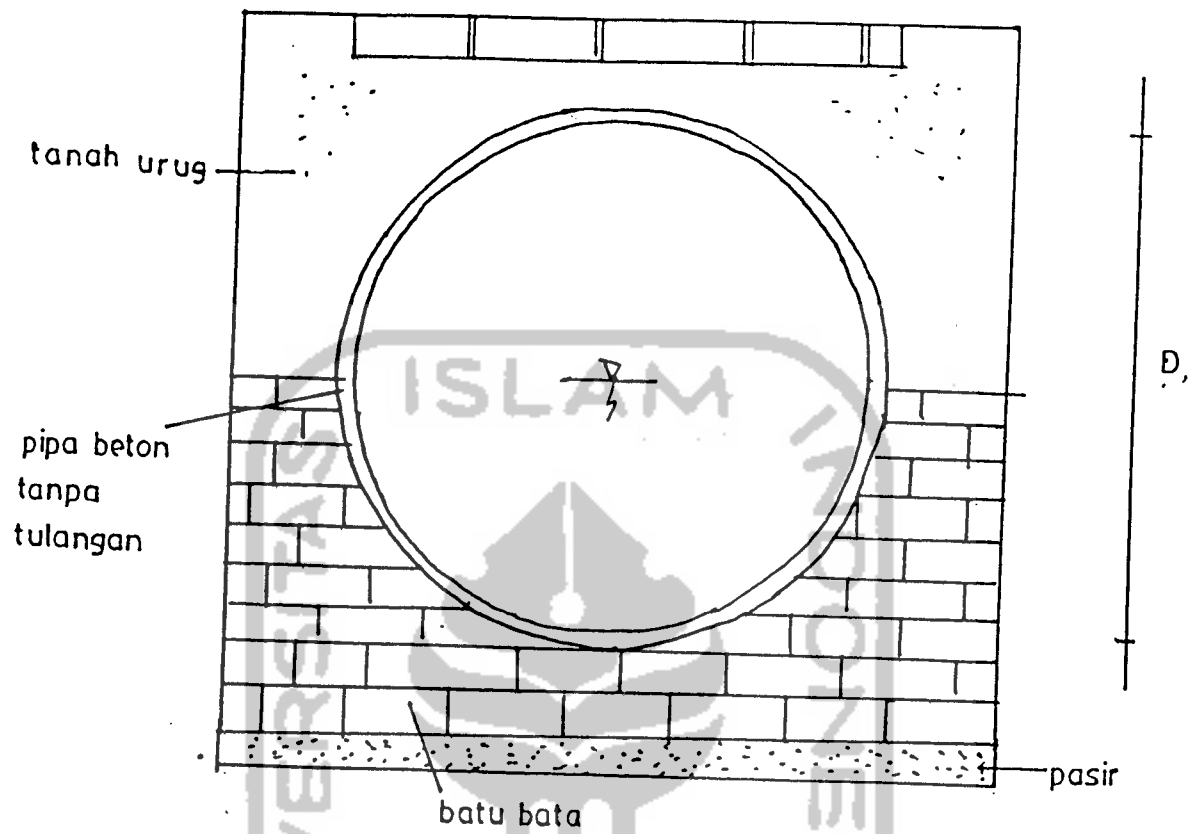
Tabel 4.9 Tabel biaya

Biaya siklus hidup	Pipa beton tanpa tulangan	Pasangan batu kali tanpa plesteran
Biaya awal	Rp 138.749.313,40	Rp 201.265.050,90
Biaya O&M + nilai sisa	Rp 896.730,00	Rp 896.730,00
Biaya total	Rp 139.646.044,00	Rp 202.161.781,50
Penghematan total	Rp 69.049.075,60	Rp 6.533.338,10
Pengehematan tahunan	Rp 11.237.419,01	Rp 1.063.270,68

Dari tabel siklus hidup di atas dapat dilihat bahwa alternatif desain drainasi 1 menghemat Rp 11.237.419,01 yang lebih besar jika dibandingkan dengan alternatif 2, dengan selisih penghematan sebesar Rp 10.174.148,33. Selisih penghematan siklus sebesar Rp 62.515.737,50.

Berikut gambar-gambar alternatif desain utama (pipa beton tanpa tulangan) dan desain cadangan (pasangan batu kali tanpa plesteran)

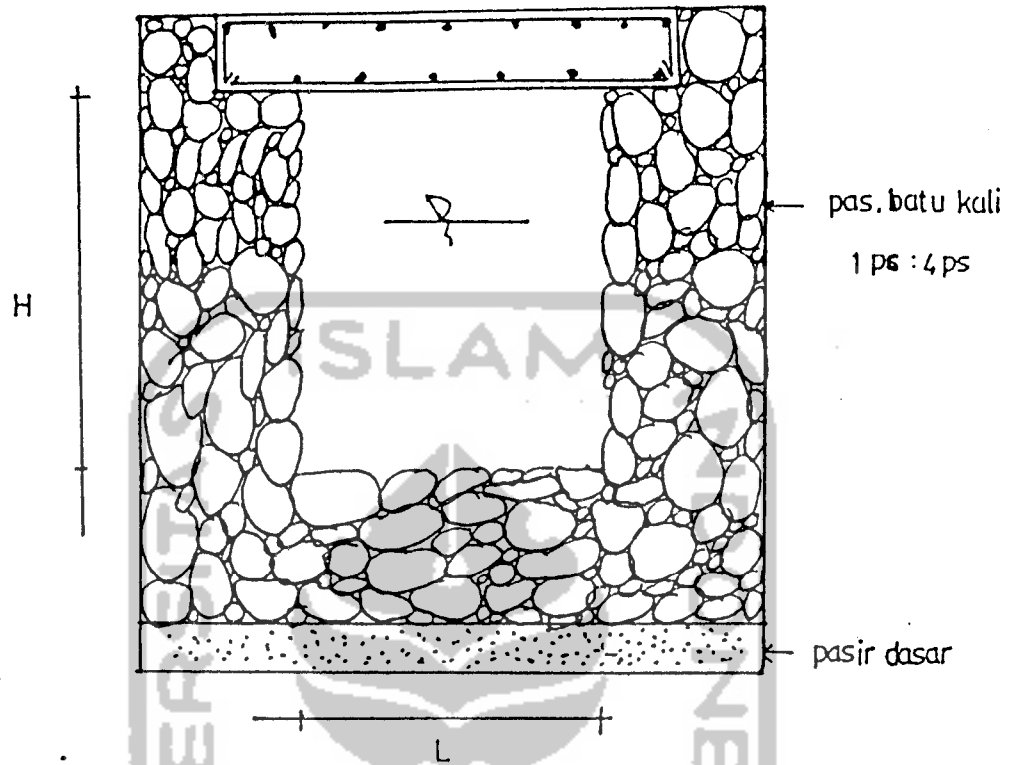




#### DETAIL POTONGAN SALURAN

NO.	Saluran	Diameter
1	Primer	80 CM
2	Sekunder	60 CM
3	Tersier	20 CM

Gambar 4.5 Pipa Beton Tanpa Tulangan

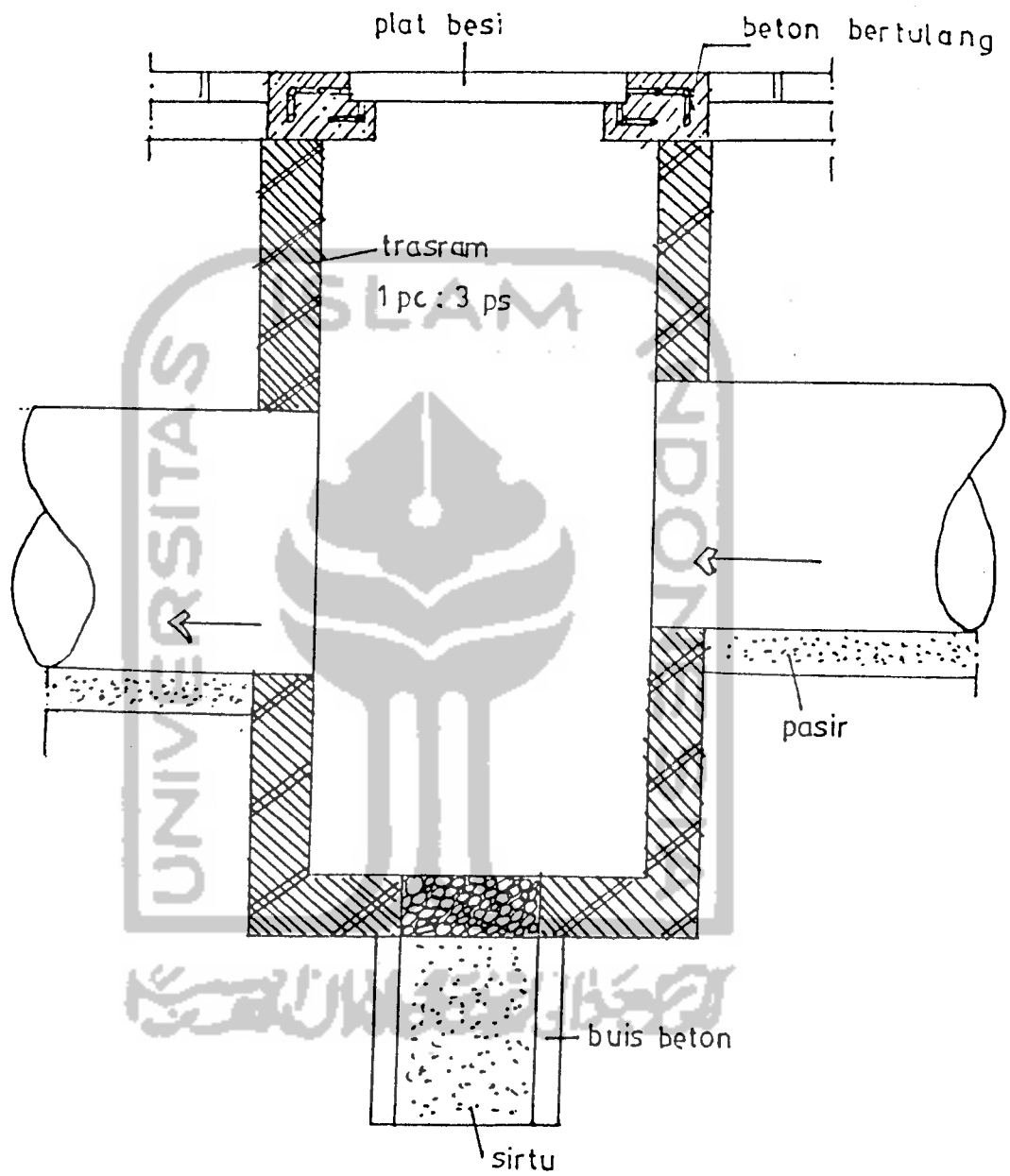


DETAIL POTONGAN SALURAN PASANGAN BATU KALI TANPA PLESTERAN

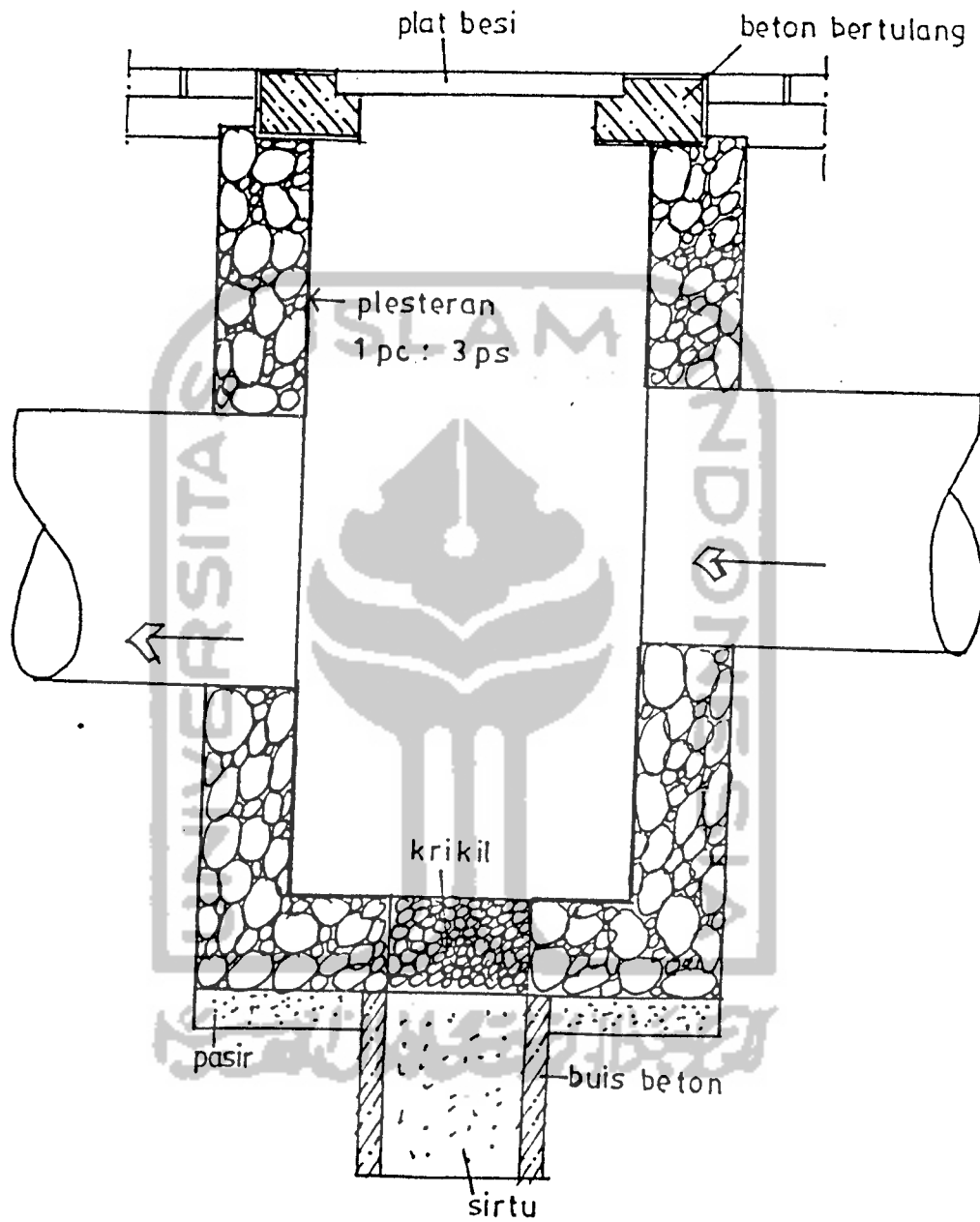
NO	SALURAN	(cm) H	(cm) L
1.	PRIMER	90	90
2.	SEKUNDER	60	60
		50	40
3.	TERSIER	45	35

Gambar 4.6 Pasangan batu kali tanpa plesteran

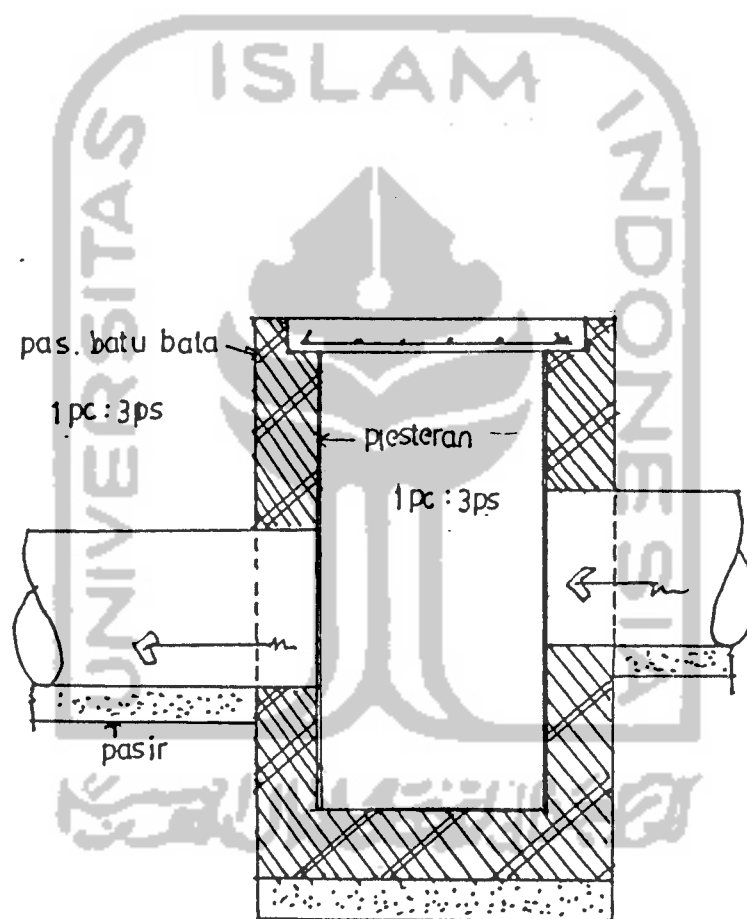




Gambar 4.7 Detail potongan Bak Kontrol



Gambar 4.8 Detail potongan bak kontrol



Gambar 4.9 Detail potongan bak kontrol

Pada analisis tingkat kelayakan setiap kriteria dipengaruhi lebih dari satu faktor sehingga sistem penilaian saling mempengaruhi antara faktor yang satu dengan faktor yang lainnya. Misalnya waktu pelaksanaan terhadap salah satu ide kreatif dipengaruhi oleh waktu perancangan kembali, waktu pemesanan kembali, dan waktu pelaksanaan di lapangan. Penilaian ini meliputi parameter : penggunaan teknologi, biaya pengembangan, kemungkinan diterapkan, waktu pelaksanaan, keuntungan biaya potensial, dan sarana alat kerja.

Dari hasil analisis kelayakan dapat dibuat kesimpulan bahwa saluran drainasi alternatif yang mempunyai rangking tertinggi adalah pipa beton tanpa tulangan sebagai alternatif pertama dan pasangan batu kali tanpa plesteran sebagai alternatif kedua.

### 6.3 Analisis Matriks

Hasil dari analisis matriks menunjukkan bahwa pipa beton tanpa tulangan mempunyai nilai total lebih tinggi jika dibandingkan pasangan batu kali tanpa plesteran. Nilai total adalah jumlah hasil penggandaan bobot dari parameter dengan skala penilaian terhadap parameter tersebut. Parameter tersebut terdiri dari biaya awal (A), kekuatan/kemampuan menahan aliran (B), biaya pemeliharaan (C), kemudahan pemeliharaan(D), waktu pelaksanaan (E), dan estetika (F).

Parameter yang memiliki bobot paling tinggi adalah biaya awal (34,4%), kekuatan/kemampuan menahan aliran (23,5%), biaya pemeliharaan (16,7%), kemudahan pemeliharaan (11,5%), waktu pelaksanaan (8,2%), dan estetika (5,5%). Nilai bobot diatas digunakan untuk analisis matriks dimana hasil penilaian matriks didapatkan dua desain alternatif yang mempunyai nilai tertinggi yaitu :

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

Dari tahapan-tahapan yang ditentukan pada proyek perumahan Merapi View, membahas mengenai sistem penilaian pada analisis keuntungan dan kerugian, analisis kelayakan, analisis matrik dan biaya siklus hidup.

#### **6.1 Analisis Keuntungan dan Kerugian**

Sistem penilaian dengan analisis keuntungan-kerugian sangat kurang tepat, karena perbedaan nilai yang didapat oleh ide kreatif terhadap setiap kriteria sangat besar. Ide kreatif yang mempunyai kriteria biaya murah akan mendapat nilai (+3), sedangkan ide kreatif lain yang mempunyai biaya awal mahal mendapat nilai (-3). Dalam kasus ini, jumlah nilai yang didapat ide kreatif antara -10 sampai +10.

Hasil dari analisis keuntungan dan kerugian dari masing-masing ide kreatif berdasarkan urutan ranking tertinggi didapat total nilai masing-masing adalah nilai 4 untuk pipa beton tanpa tulangan, nilai 3 untuk pasangan batu kali tanpa plesteran, nilai 0 untuk pipa PVC dan pipa tanah liat.

#### **6.2 Analisis Kelayakan**

Hasil analisis tingkat kelayakan bahwa 4 urutan tertinggi adalah pipa beton tanpa tulangan (nilai 50) , pasangan batu kali tanpa plesteran (nilai 46), pipa PVC (nilai 40), dan pipa tanah liat (nilai 39). Nilai total tersebut adalah merupakan hasil penilaian saluran drainasi tersebut terhadap parameter yang ada.

pipa beton tanpa tulangan bernilai 326,1 dan pasangan batu kali tanpa plesteran bernilai 282,9. Kedua alternatif tersebut diajukan dalam tahap pengembangan dan diusulkan sebagai desain akhir.

#### 6.4 Analisis Biaya

Hasil analisis biaya awal dari kedua alternatif adalah sebagai berikut :

- pipa beton tanpa tulangan Rp 138.749.313,40
- pasangan batu kali tanpa plesteran Rp 201.265.050,90

Didapatkan  $\text{Ratio} = \frac{\text{cost}}{\text{worth}}$ , dimana :

- pipa beton tanpa tulangan, ratio 1,49 < 2
- pasangan batu kali tanpa plesteran, ratio 1,03 < 2

Pada tahap desain jika ratio > 1 maka dapat dilakukan rekayasa nilai sehingga didapatkan penghematan. Jika pada tahap konstruksi ratio < 2, maka tidak perlu dilakukan rekayasa nilai.

#### 6.5 Biaya Siklus Hidup

Pada tahap pengembangan hanya dua alternatif yang dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk perhitungan saluran drainasi dan perhitungan harga, yaitu saluran pipa beton tanpa tulangan dan pasangan batu kali tanpa plesteran. Biaya ini dihitung dengan asumsi tingkat suku bunga 12 %, tingkat inflasi 10 % dan nilai sisa 0 %.

Biaya siklus hidup pada saluran drainasi adalah terletak pada terletak pada pemeliharaan saluran drainasi, yang meliputi pembersihan saluran dari sampah dan lumpur akibat sedimentasi yang ada, tidak terdapat biaya operasional.

1. pipa beton tanpa tulangan sebagai desain utama membutuhkan biaya pemeliharaan sebesar Rp150.000,00 dan biaya selama siklus hidup sebesar Rp 2.629.500,00 (*present worth*).

Dari segi biaya operasi dan pemeliharaan serta biaya awal dari saluran drainasi terjadi penghematan biaya sebesar Rp 69.049.075,60 selama siklus hidup (PW) dan penghematan tahunan sebesar Rp 11.237.419,01. Sedangkan penghematan siklus hidup 10 tahun yang akan datang  $F_n = P ( 1+i )^n$  ;  $F_{10} =$  Rp 69.049.075,60  $( 1 + 0,12 )^{10} =$  Rp 214.455.947,70.

2. pasangan batu kali tanpa plesteran sebagai desain cadangan membutuhkan biaya pemeliharaan sebesar Rp 150.000,00 dan selama siklus hidup membutuhkan biaya Rp 2.629.500,00 (*Present worth*).

Jika ditinjau secara keseluruhan baik itu biaya operasi dan pemeliharaan serta biaya awal dari saluran drainasi, dapat menghemat biaya sebesar Rp 6.533.338,10 selama siklus hidup ( PW ) dan menghemat Rp 1.063.270,68 setiap tahun. Penghematan siklus hidup 10 tahun yang akan datang  $F_n = P ( 1 + i )^n$  ;  $F_{10} =$  Rp 6.533.338,10  $( 1 + 0,12 )^{10} =$  Rp 20.291.556,43.

Jadi pipa beton tanpa tulangan lebih hemat daripada pasangan batu kali tanpa plesteran, sehingga pipa beton tanpa tulangan diajukan sebagai desain utama dan pasangan batu kali tanpa plesteran sebagai desain cadangan.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari uraian dan pembahasan pada bab sebelumnya, dalam penerapan analisa rekayasa nilai terhadap saluran drainasi pada perumahan Merapi View Yogyakarta didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Dari analisis keuntungan dan kerugian, analisa kelayakan, dan analisa matriks didapatkan rangking alternatif-alternatif desain saluran drainasi adalah : pipa beton tanpa tulangan, pasangan batu kali tanpa plesteran, pipa PVC, dan pipa tanah liat.
2. Dari analisis biaya awal, siklus hidup, dan penghematan yang diperoleh didapatkan usulan desain utama adalah pipa beton tanpa tulangan dengan biaya awal sebesar Rp 138.749.313,40, sedangkan biaya siklus hidup sebesar Rp 139.646.044,00 dan penghematan sebesar Rp 69.049.075,60.
3. Dari analisis biaya awal, siklus hidup, dan penghematan sebagai usulan desain cadangan adalah pasangan batu kali tanpa plesteran dengan biaya awal sebesar Rp 201.265.050,90 sedangkan biaya siklus hidup sebesar Rp 202.161.781,50 dan penghematan sebesar Rp 6.533.338,10.
4. Sebagai desain utama adalah pipa beton tanpa tulangan, sedangkan sebagai desain cadangan adalah pasangan batu kali tanpa plesteran.

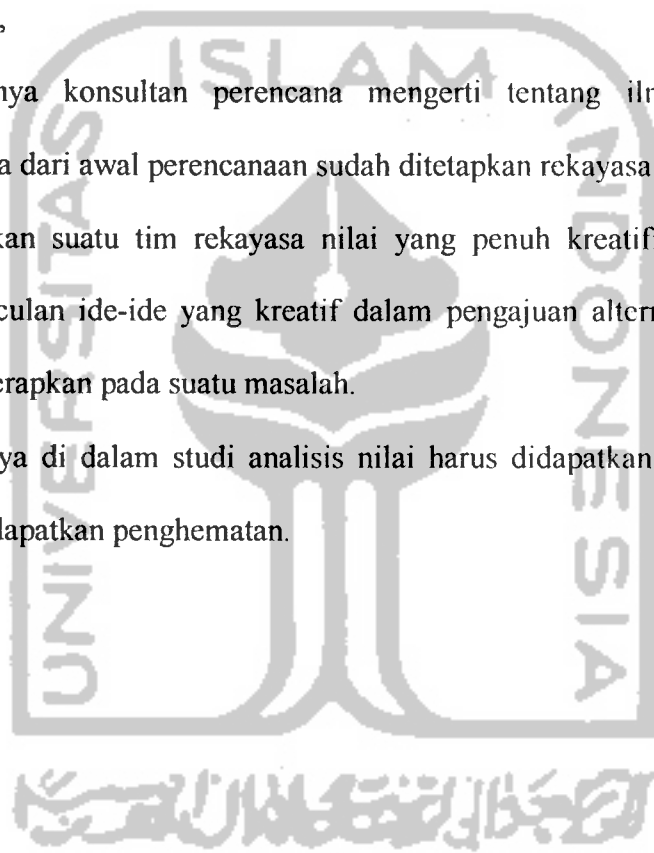


5. Pada tahap desain jika ratio  $> 1$  maka dapat dilakukan rekayasa nilai, jika pada tahap konstruksi ratio  $< 2$  tidak perlu dilakukan rekayasa nilai.

## 6.2 SARAN

Dari studi rekayasa nilai ini dapat diberikan beberapa saran antara lain :

1. sebaiknya setiap proyek melakukan rekayasa nilai pada tahapan awal proyek (tahap perencanaan / desain), sehingga akan didapat penghematan biaya yang optimal,
2. hendaknya konsultan perencana mengerti tentang ilmu rekayasa nilai, sehingga dari awal perencanaan sudah ditetapkan rekayasa nilai,
3. diperlukan suatu tim rekayasa nilai yang penuh kreatifitas, sehingga akan bermunculan ide-ide yang kreatif dalam pengajuan alternatif-alternatif yang bisa diterapkan pada suatu masalah.
4. Sebaiknya di dalam studi analisis nilai harus didapatkan ratio  $> 2$ , karena akan didapatkan penghematan.



## DAFTAR PUSTAKA

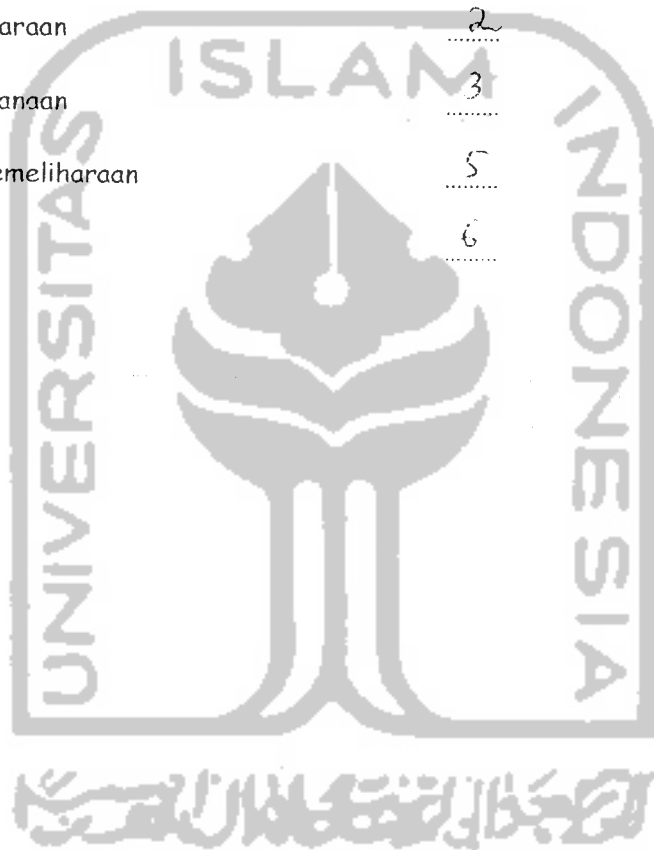
1. \_\_\_\_\_, 1988, Teknik Drainasi, Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
2. \_\_\_\_\_, 1994, Tata cara perencanaan Drainasi permukaan jalan SNI 03-2424-1994, Departemen Pekerjaan Umum, Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta
3. Alphonso J. Dell'Isola, 1975, *Value engineering in the construction industry*, A Construction Publishing Company Limited, New York
4. Anggrahini, 1997, Hidrolika Saluran Terbuka, CV. Citra Media, Surabaya
5. Chandra, S & Mitchel, Robert. H, 1988, *The Application of Value Engineering and Analysis in Design and Construction*, Jakarta
6. Hardjoso, 1987, Drainasi , Lab. P4FT UGM, Yogyakarta
7. Iman Soeharto, 1995, Manajemen Proyek, Erlangga, Jakarta
8. Larry Zimmerman P.E, Glen D Hart, 1982, *Value engineering a partical approach for owners, designers, and contractors*, Van Nostrand Reinhold Company, New York
9. O' Brien, James. J, P.E, 1976, *Value Analysis in Design and Construction*, McGraw- Hill Book Company, New York
10. Sudinarto, 1987, Manajemen Konstruksi Profesional (terjemahan), Erlangga, Jakarta

11. Tadjuddin dkk, 1995, Tugas Mata Kuliah Rekayasa Nilai pada proyek pembangunan perumahan nasional tipe D 36 Sari Jadi, Jurusan Teknik Sipil Program Pasca Sarjana ITB, Bandung
12. Tadjuddin, 1995, *Rewrite tesis* Penerapan Rekayasa Nilai pada Disain Jembatan Kampus UII Yogyakarta, Jurusan Teknik Sipil Program Pasca Sarjana ITB, Bandung



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter kriteria desain drainasi	Ranking berdasarkan urutan pentingnya
1.	Biaya awal	1
2.	Kekuatan penampang terhadap aliran	4
3.	Biaya pemeliharaan	2
4.	Waktu pelaksanaan	3
5.	Kemudahan pemeliharaan	5
6.	Estetika	6



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter kriteria desain drainasi	Pangkling Berdasarkan literatur
----	------------------------------------	---------------------------------

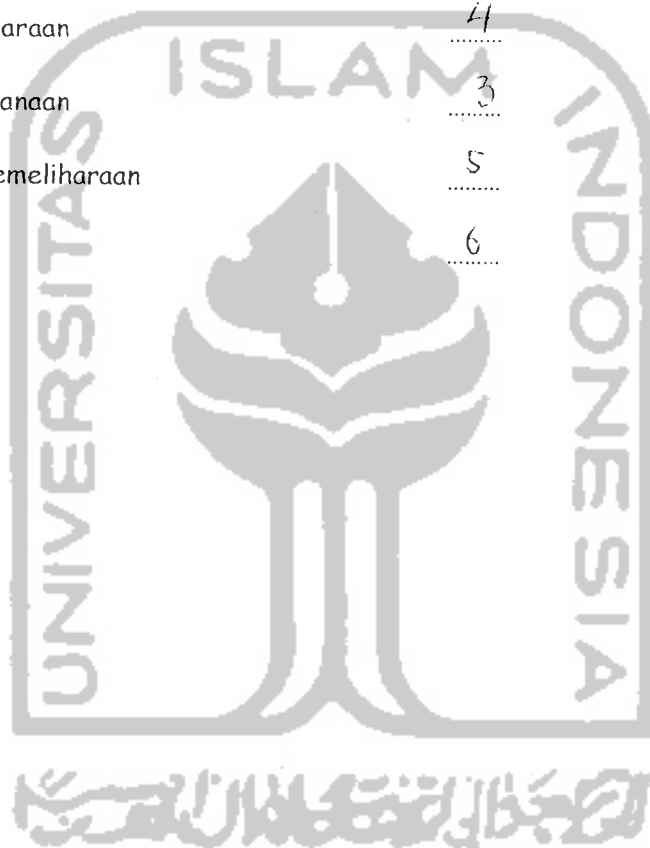
1. Biaya awal ..... 1
2. Kekuatan penampang terhadap aliran ..... 2
3. Biaya pemeliharaan ..... 3
4. Waktu pelaksanaan ..... 5
5. Kemudahan pemeliharaan ..... 4
6. Estetika ..... 6



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter Kriteria Desain Drainasi	Buruknya berdasarkan urutan parameter
----	------------------------------------	---------------------------------------

1. Biaya awal ..... 1
2. Kekuatan penampang terhadap aliran ..... 2
3. Biaya pemeliharaan ..... 4
4. Waktu pelaksanaan ..... 3
5. Kemudahan pemeliharaan ..... 5
6. Estetika ..... 6



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter kriteria desain drainase	Ranking berdasarkan urutan pentingnya
----	------------------------------------	---------------------------------------

1. Biaya awal ..... 1
2. Kekuatan penampang terhadap aliran ..... 2
3. Biaya pemeliharaan ..... 3
4. Waktu pelaksanaan ..... 5
5. Kemudahan pemeliharaan ..... 4
6. Estetika ..... 6



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :



1. Biaya awal ..... 1
2. Kekuatan penampang terhadap aliran ..... 3
3. Biaya pemeliharaan ..... 2
4. Waktu pelaksanaan ..... 6
5. Kemudahan pemeliharaan ..... 4
6. Estetika ..... 5

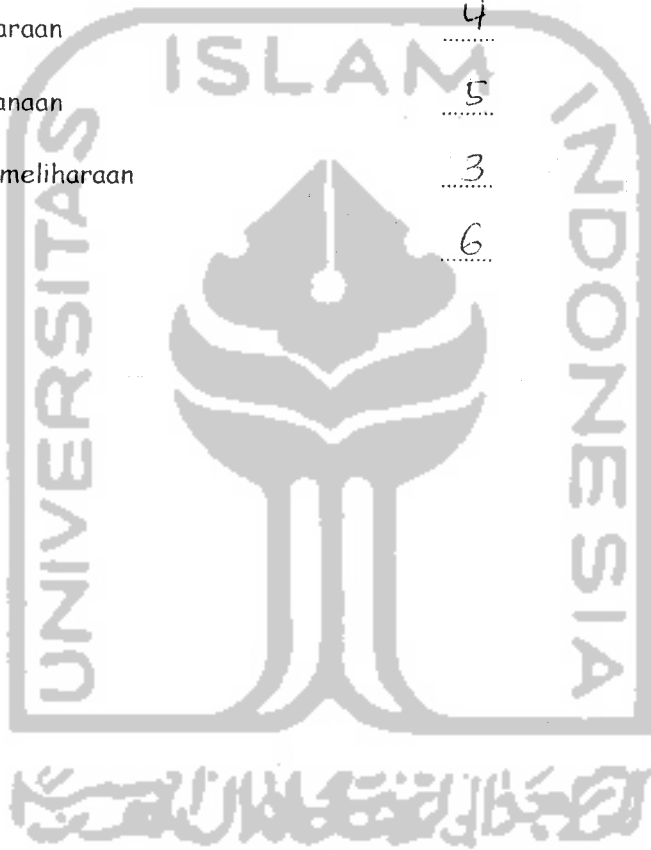




Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter kriteria desain drainasi	Ranking berdasarkan urutan pentingnya
----	------------------------------------	---------------------------------------

- |    |                                    |   |
|----|------------------------------------|---|
| 1. | Biaya awal                         | 1 |
| 2. | Kekuatan penampang terhadap aliran | 2 |
| 3. | Biaya pemeliharaan                 | 4 |
| 4. | Waktu pelaksanaan                  | 5 |
| 5. | Kemudahan pemeliharaan             | 3 |
| 6. | Estetika                           | 6 |



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :



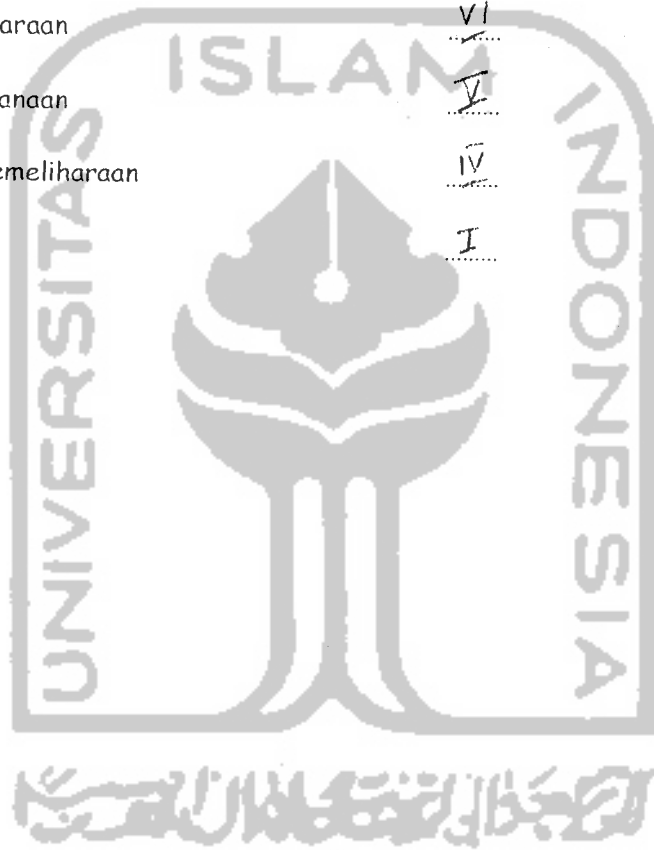
1. Biaya awal ..... 1
2. Kekuatan penampang terhadap aliran ..... 2
3. Biaya pemeliharaan ..... 4
4. Waktu pelaksanaan ..... 5
5. Kemudahan pemeliharaan ..... 3
6. Estetika ..... 6



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter kriteria desain drainasi	Bobotnya berdasarkan urutan pentingnya
----	------------------------------------	--

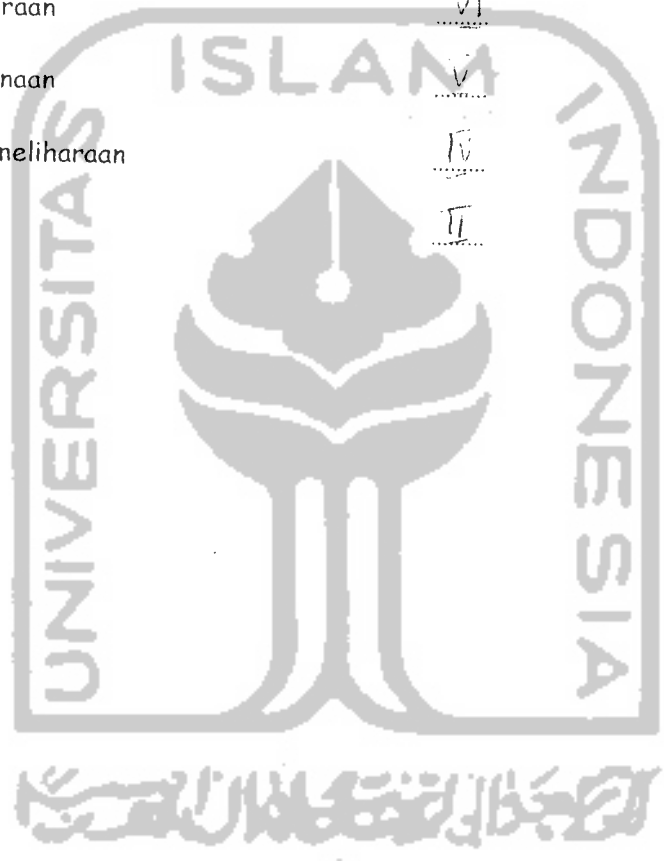
- |    |                                    |     |
|----|------------------------------------|-----|
| 1. | Biaya awal                         | III |
| 2. | Kekuatan penampang terhadap aliran | II  |
| 3. | Biaya pemeliharaan                 | VI  |
| 4. | Waktu pelaksanaan                  | V   |
| 5. | Kemudahan pemeliharaan             | IV  |
| 6. | Estetika                           | I   |



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

No	Parameter desain drainase domestik	Ranking berdasarkan prioritas
----	------------------------------------	-------------------------------

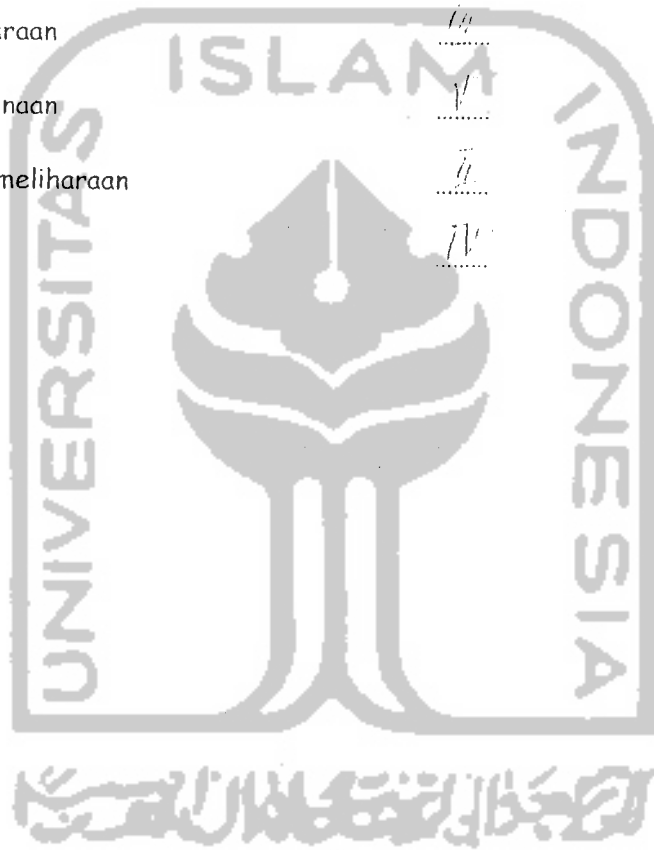
1. Biaya awal i
2. Kekuatan penampang terhadap aliran iii
3. Biaya pemeliharaan vi
4. Waktu pelaksanaan v
5. Kemudahan pemeliharaan iv
6. Estetika ii



Parameter kriteria desain DRAINASI PERUMAHAN :

Parameter kriteria desain drainase	Ranking
------------------------------------	---------

1. Biaya awal VI
2. Kekuatan penampang terhadap aliran I
3. Biaya pemeliharaan III
4. Waktu pelaksanaan V
5. Kemudahan pemeliharaan II
6. Estetika IV



PERHITUNGAN PARAMETER KRITERIA DESAIN DRAINASI  
PERUMAHAN

Parameter ke →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Biaya awal	1	1	1	1	1	1	1	3	1	6
Kekuatan penampang	4	2	2	2	3	2	2	2	3	1
Biaya pemeliharaan	2	3	4	3	2	4	4	6	6	3
Waktu pelaksanaan	3	5	3	5	6	5	5	5	5	5
Kemudahan pemeliharaan	5	4	5	4	4	3	3	4	4	2
Estetika	6	6	6	6	5	6	6	1	2	4

Nilai rangking : 1=6; 2=5; 3=4

Parameter ke →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
Biaya awal	6	6	6	6	6	6	6	4	6	1	53
Kekuatan penampang	3	5	5	5	4	5	5	5	4	6	47
Biaya pemeliharaan	5	4	3	4	5	3	3	1	1	4	33
Waktu pelaksanaan	4	2	4	2	1	2	2	2	2	2	23
Kemudahan pemeliharaan	2	3	2	3	3	4	4	3	3	5	32
Estetika	1	1	1	1	2	1	1	6	5	3	22

**PENILAIAN TERHADAP KRITERIA**  
**PADA ANALISA KELAYAKAN**

**1. Penggunaan teknologi**

Pada pipa beton tanpa tulangan teknologi yang digunakan sangat sederhana, sehingga diberikan nilai 9, sedangkan pada pasangan batu kali tanpa plesteran cukup sederhana sehingga diberikan nilai 8. Pada pipa pvc teknologi yang digunakan cukup rumit dibandingkan dua alternatif sebelumnya sehingga diberikan nilai 7. Pada pipa tanah liat teknologi yang digunakan jarang diterapkan sehingga diberikan nilai 6.

**2. Biaya pengembangan**

Pada pipa beton tanpa tulangan biaya pengembangan dan perancangan kembali struktur lebih murah sehingga diberikan nilai 8. Pada pasangan batu kali tanpa plesteran dan pipa tanah liat biaya pengembangan dan perancangan agak mahal sehingga diberikan nilai 7. Pipa pvc biaya pengembangan dan perancangan mahal karena bahan yang sudah digunakan kemungkinan kecil digunakan kembali sehingga diberikan nilai 6.

**3. Kemungkinan diterapkan**

Pipa beton tanpa tulangan dan pasangan batu kali tanpa plesteran kemungkinan diterapkan sangat besar disamping bahannya kuat menahan aliran sehingga diberikan nilai 8. Pipa PVC kemungkinan diterapkan sangat kecil, karena dimensi

bahannya jarang ada di pasaran sehingga diberikan nilai 7. Pipa tanah liat karena bahannya mudah pecah diberikan nilai 6.

#### **4. Waktu pelaksanaan**

Pada pipa beton tanpa tulangan karena waktu pelaksanaan cepat diberikan nilai 9. Pasangan batu kali tanpa plesteran karena menggunakan campuran semen sehingga menunggu keringnya pasangan maka waktu pelaksanaan agak lama, sehingga diberikan nilai 8. Pada pipa PVC dan pipa tanah liat, karena pemasangan sambungan agak rumit maka waktu pelaksanaan lama sehingga diberikan nilai 7.

#### **5. Keuntungan biaya potensial**

Pada pipa beton tanpa tulangan biaya bahan murah maka diberikan nilai 8. Pasangan batu kali tanpa plesteran karena membutuhkan biaya perawatan diberikan nilai 7. Pada pipa PVC dan pipa tanah liat karena biaya perawatan mahal dan bahan yang mudah rusak diberikan nilai 6.

#### **6. Sarana alat kerja**

Pada pipa beton tanpa tulangan dan pasangan batu kali tanpa plesteran tidak membutuhkan sarana alat kerja yang spesifik maka diberikan nilai 8. Untuk pada pipa pvc dan pipa tanah liat karena pemasangannya agak rumit maka diberikan nilai 7.



Cara perhitungan analisis pembobotan kriteria parameter dan uji data

### Menghitung Matriks I

Matriks perbandingan berpasangan

Matriks I

Vektor prioritas

	A	B	C	D	E	F		
A	1	2	2	3	4	5	2,493	0,346
B	1/2	1	2	2	3	4	1,698	0,235
C	1/2	1/2	1	2	2	3	1,201	0,167
D	1/3	1/2	1/2	1	2	2	0,831	0,115
E	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2	0,588	0,082
F	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1	0,401	0,055
							$\Sigma = 7,212$	$\Sigma = 1,00$

Perhitungan untuk memperoleh matriks I :

$$2,493 = \sqrt[6]{(1 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5)}$$

$$0,831 = \sqrt[6]{(1/3 \times 1/2 \times 1/2 \times 1 \times 2 \times 2)}$$

$$1,698 = \sqrt[6]{(1/2 \times 1 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4)}$$

$$0,588 = \sqrt[6]{(1/4 \times 1/3 \times 1/2 \times 1/2 \times 1 \times 2)}$$

$$1,201 = \sqrt[6]{(1/2 \times 1/2 \times 1 \times 2 \times 2 \times 3)}$$

$$0,401 = \sqrt[6]{(1/5 \times 1/4 \times 1/3 \times 1/2 \times 1/2 \times 1)}$$

Perhitungan untuk memperoleh vektor prioritas :

$$0,346 = \frac{2,493}{7,212}$$

$$0,235 = \frac{1,698}{7,212}$$

$$0,167 = \frac{1,201}{7,212}$$

$$0,115 = \frac{0,831}{7,212}$$

$$0,082 = \frac{0,588}{7,212}$$

$$0,055 = \frac{0,401}{7,212}$$

## Menghitung Matriks II

Matriks perbandingan berpasangan

Vektor prioritas

Matriks II

	A	B	C	D	E	F			
A	1	2	2	3	4	5		0,346	2,098
B	1/2	1	2	2	3	4		0,235	1,438
C	1/2	1/2	1	2	2	3	X	0,167	1,017
D	1/3	1/2	1/2	1	2	2		0,115	0,704
E	1/4	1/3	1/2	1/2	1	2		0,082	0,497
F	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1		0,055	0,337

### Perhitungan untuk memperoleh matriks II :

$$2,098 = (1 \times 0,346) + (2 \times 0,235) + (2 \times 0,167) + (3 \times 0,115) + (4 \times 0,082) + (5 \times 0,055)$$

$$1,438 = (1/2 \times 0,346) + (1 \times 0,235) + (2 \times 0,167) + (2 \times 0,115) + (3 \times 0,082) + (4 \times 0,055)$$

$$1,017 = (1/2 \times 0,346) + (1/2 \times 0,235) + (1 \times 0,167) + (2 \times 0,115) + (2 \times 0,082) + (3 \times 0,055)$$

$$0,704 = (1/3 \times 0,346) + (1/2 \times 0,235) + (1/2 \times 0,167) + (1 \times 0,115) + (2 \times 0,082) + (3 \times 0,055)$$

$$0,497 = (1/4 \times 0,346) + (1/3 \times 0,235) + (1/2 \times 0,167) + (1/2 \times 0,115) + (1 \times 0,082) + (2 \times 0,055)$$

$$0,337 = (1/5 \times 0,346) + (1/4 \times 0,235) + (1/3 \times 0,167) + (1/2 \times 0,115) + (1/2 \times 0,082) + (1 \times 0,055)$$

### Matrik nilai prioritas

Matriks II

Vektor prioritas

2,098	:	0,346	=	6,064
1,433		0,235		6,098
1,017		0,167		6,090
0,704		0,115		6,122
0,497		0,082		6,061
0,337		0,055		6,127

$$\Sigma = 36,562$$



## Standar Nasional Indonesia

SNI 03-3224-1994

Standar ini mengenai perencanaan drainasi permukaan jalan yang mencakup persyaratan, kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan, kemiringan saluran, jenis bahu, tipe selokan samping, jalan dan gorong-gorong.

- **Persyaratan-persyaratan umum :**

1. Perencanaan drainasi harus sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainasi sebagai penampung, pembagi dan pembuang air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna
2. Pemilihan dimensi dan fasilitas drainasi harus mempertimbangkan faktor ekonomi
3. Perencanaan drainasi harus dipertimbangkan segi kemudahan dan nilai ekonomis terhadap pemeliharaan sistem drainasi tersebut
4. Perencanaan drainasi harus dibuat sebagai bagian sistem drainasi yang lebih besar
5. Perencanaan drainasi ini tidak termasuk untuk sistem drainasi areal, tetapi harus diperhatikan dalam perencanaan terutama untuk tempat air keluar

- **Kemiringan melintang perkerasan**

1. Pada daerah jalan yang datar dan lurus

- a. Kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan melandai ke arah selokan samping jalan
- b. Besarnya kemiringan bahu jalan diambil 2 % lebih besar dari pada kemiringan jalan
- c. Kemiringan melintang normal pada perkerasan jalan dapat dilihat seperti tercantum pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Kemiringan melintang drainasi

Material	Kemiringan melintang
Aspal beton	2 % - 3 %
Material padat	4 % - 6 %
Kerikil	3 % - 6%
Tanah	4 % - 6 %

2. Pada daerah jalan yang lurus pada tanjakan / turunan
  - a. Perlu mempertimbangkan besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan, agar aliran air secepatnya bisa mengalir ke selokan samping
  - b. Untuk menentukan kemiringan perkerasan jalan gunakan nilai-nilai maksimum tabel di atas
3. Pada daerah tikungan
  - a. Harus mempertimbangkan kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horisontal jalan
  - b. Kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai ke sisi dalam tikungan

c. Besarnya kemiringan daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum kebutuhan kemiringan normal pada tabel di atas

- **Kemiringan saluran samping jalan**

1. Bahan bangunan saluran samping jalan ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang akan melewati saluran samping jalan

Tabel 2. Kecepatan izin saluran

Jenis bahan saluran	Kemiringan izin (m/det)
Pasir	0,45
Lanau aluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung padar	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu besar, pasangan batu, beton	1,50

2. Kemiringan saluran samping arah memanjang ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Kemiringan saluran

Jenis material	Kemiringan saluran
Tanah asli	0 – 5 %
Kerikil	5 – 7,5 %
Pasangan batu, beton	7,5 %

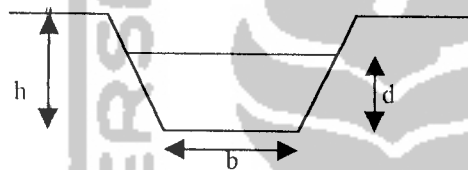
3. Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan bagi saluran samping jalan yang panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar seperti ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4. Kemiringan saluran samping dan jarak pematah arus

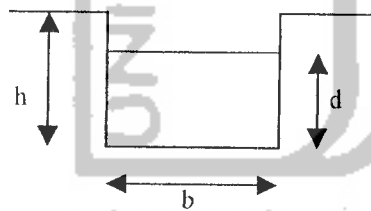
Kemiringan selokan samping	Jarak antar pematah arus
6 %	16 m
7 %	10 m
8 %	8 m
9 %	7 m
10 %	6 m

4. Luas penampang minimum saluran samping adalah  $0,50 \text{ m}^2$
5. Tipe dan jenis saluran samping dibuat berdasarkan kondisi tanah dasar, kedudukan muka air tanah dan kecepatan abrasi air. Tipe saluran samping air dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

- a. Bentuk penampang saluran trapesium



- b. Bentuk penampang saluran segiempat

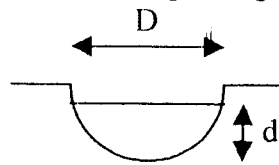


Keterangan : d = ketinggian muka air

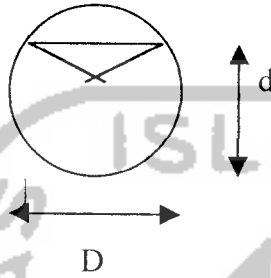
h = ketinggian saluran

b = lebar saluran

c. Bentuk setengah lingkaran



d. Bentuk bundar



Keterangan :  $d$  = ketinggian muka air

$D$  = diameter pipa

- **Gorong-gorong dan pembuang air**

1. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari saluran samping dan membuangnya ke saluran drainasi semula
2. Dibuat harus cukup besar untuk melewati debit air maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
3. Dibuat dengan tipe permanen, dengan bagian-bagian yang terdiri dari :
  - a. pipa air kanal utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke hilir
  - b. tembok kepala yang menopang ujung dan leher jalan; tembok penahan yang dipasang bersudut dengan tembok kepala, untuk menahan bahu dan kemiringan jalan



- c. apron dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur; bentuk gorong-gorong tergantung pada tempat yang ada dan tingginya timbunan
- d. bak penampung yang diperlukan pada kondisi :
  - pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi
  - pertemuan dari dua arah aliran

4. Perencanaan teknik gorong-gorong

- a. kemiringan gorong-gorong : 0,5 – 2 % dengan mempertimbangkan faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air keluar dan masuk
- b. jarak gorong pada daerah datar maksimum 100 m, sedangkan pada daerah pegunungan < 100 m
- c. bentuk, dimensi dan material membuat gorong-gorong dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5 Bentuk, dimensi dan material saluran

Bentuk	Dimensi	Material
Lingkaran	> 80 cm	Metal, beton, besi cor
Segiempat	> 70 cm	Beton bertulang

• **Faktor yang menentukan debit aliran**

1. Intensitas curah hujan

- a. data curah hujan maksimum dalam setahun ( mm/hari )
- b. periode ulang untuk tiap 5 tahun
- c. lamanya waktu curah hujan diambil 4 jam

lamanya waktu hujan berdasarkan hujan efektif sebesar 90 % dari jumlah hujan selama 24 jam, yang dapat diambil berdasarkan asumsi perencanaan sendiri, umumnya antara 3 – 5 jam.

- d. Rumus menghitung intensitas dengan analisa frekuensi :

$$X_t = X + \frac{S_x}{S_n} (Y_t - Y_n)$$

Keterangan :

$X_t$  = curah hujan untuk periode ulang

$X$  = curah hujan rata-rata dari data hujan kumulatif yang ada

$S_x$  = standar deviasi

$S_n$  = standar deviasi yang merupakan fungsi dari  $n$  ( tabel )

$Y_t$  = variasi yang merupakan fungsi periode ulang ( tabel )

$Y_n$  = nilai yang merupakan fungsi dari  $n$  ( tabel )

Intensitas hujan dihitung berdasarkan rumus :

$$I = 90 \% X_t / 4$$

- e. Kurva basis untuk menentukan intensitas hujan rencana

Intensitas hujan yang didapat pada kurva basis yang sudah ada dan perpotongan dengan curah hujan 240 menit ( 4 jam ). Tarik kurva baru yang memiliki kelengkungan yang sama dengan kurva basis.

- f. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh suatu titik hujan dari saat jatuh ke daerah aliran ( inlet ) sampai waktu pengaliran pada saluran sebelum mencapai saluran akhir ( outlet ).

$$T_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = ( 2/3 \cdot 3,28 \cdot L_o \cdot nd \sqrt{S} )^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60 V}$$

Keterangan :

$T_c$  = waktu konsentrasi

$t_1$  = waktu inlet ( menit )

$t_2$  = waktu aliran ( menit )

$L_o$  = jarak dari titi terjauh ke saluran ( meter )

$L$  = panjang saluran rencana ( meter )

$nd$  = koefisien hambatan

$S$  = kemiringan daerah pengaliran

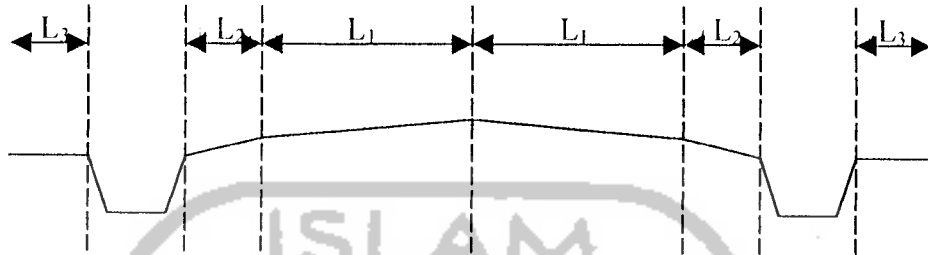
$V$  = kecepatan air rata-rata di saluran ( meter/detik )

Tabel 6. Variasi nilai nd

Kondisi lapisan permukaan	Nd
Semen, aspal, beton	0,013
Permukaan licin, beton	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,100
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,600
Tanah gundul, rumput tipis	0,200
Hutan rimbum	0,800

## 2. Luas daerah pengaliran

Dihitung dari as jalan sampai ke bahu jalan dan ditambah jarak tertentu di seberang saluran jalan ( maksimal diambil jarak 100 m ).



Keterangan :

$L_1$  = dari as jalan sampai bagian perkerasan

$L_2$  = dari tepi jalan sampai perkerasan bahu jalan

$L_3$  = dari tepi saluran sampai daerah terjauh yang mengalir ke saluran  
( maksimum 100 m )

## 3. Harga koefisien pengaliran ( C )

Tabel 7. Harga koefisien pengaliran

Bahan jalan	Koefisien	Bahu jalan	Koefisien	Daerah luar	koefisien
Aspal	0,7 - 0,95	Tanah halus	0,4 - 0,65	Daerah padat	0,4 - 0,6
Beton	0,7 - 0,95	Tanah kasar	0,1 - 0,75	Daerah sedang	0,4 - 0,6
Kerikil	0,4 - 0,7	Batu keras	0,7 - 0,85	Taman	0,2 - 0,4
Tanah	0,4 - 0,7	Batu lunak	0,6 - 0,75	Bukit	0,7 - 0,8

Setelah semua faktor di atas diketahui maka debit saluran yang direncanakan dapat ditentukan dengan rumus :

$$Q = C.I.A/3,6$$

Keterangan :

Q = debit rencana

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan maksimum

A = luas daerah pengaliran ( daerah tangkapan )

- **Penampang basah saluran**

Penampang basah saluran terdiri dari berbagai macam bentuk tetapi dalam peraturan hanya diambil penampang basah yang umum dipakai dan diambil ukurannya yang ekonomis, yaitu :

- a. bentuk trapesium
- b. bentuk segiempat
- c. bentuk setengah lingkaran
- d. bentuk lingkaran untuk gorong-gorong

Ukuran penampang basah ekonomis diambil berdasarkan penampang basah yang terbaik.

- **Tinggi jagaan saluran samping**

Tinggi jagaan saluran samping untuk semua bentuk saluran ditentukan berdasarkan rumus :  $W = \sqrt{0,5 \cdot d}$

Keterangan : W = tinggi jagaan

d = diameter gorong-gorong

- **Kemiringan saluran dan gorong-gorong**

Untuk menghitung kemiringan saluran samping dan gorong-gorong pembuang air digunakan rumus yaitu :

$$i = \{V \cdot n / R^{2/3}\}^2 \text{ dan } R = F/p$$

Keterangan :  $V$  = kecepatan aliran

$n$  = koefisien Manning

$F$  = luas penampang basah

$p$  = keliling basah

$i$  = kemiringan saluran yang diijinkan

- **Kemiringan tanah**

Kemiringan tanah di tempat dibuatnya fasilitas saluran gorong-gorong ditentukan dari pengukuran di lapangan.



## COST MODEL PEKERJAAN SALURAN KAWASAN TOTAL & OUTLET

No.	Jenis pekerjaan	Satuan	Volume	Harga satuan	Sub jumlah	Bobot %
1.	Bouplank	m'	6.924,6	4.463,20	30.905.919,3	6,95
2.	Braben	m <sup>2</sup>	3.122,8	1.750,00	5.464.900,00	1,23
3.	Buis beton Ø 20 X 100	m'	1.190,24	8.221,50	9.785.558,16	2,20
4.	Buis beton Ø 100	m'	64,50	41.678,25	2.688.247,13	0,60
5.	Buis beton Ø 30	m'	184,00	11.608,60	2.135.982,40	0,48
6.	Buis beton Ø 40	m'	578,00	11.978,60	6.923.630,08	1,56
7.	Buis beton Ø 50	m'	1.887,6	13.491,50	25.466.555,4	5,73
8.	Buis beton Ø 60	m'	3.413,4	16.387,08	55.935.658,8	12,58
9.	Buis beton Ø 80	m'	919,80	27.464,44	25.261.791,9	5,68
10.	Bak kontrol bulat tutup baja Ø 60 cm	Unit	76,00	127.250,00	9.671.000,00	2,17
11.	Bak kontrol kotak (beton bertulang)	Unit	106,00	147.250,00	15.608.500,00	3,51
12.	Cor beton	m <sup>3</sup>	59,15	202.853,3	11.998.774,4	2,70
13.	Galian pondasi jalan	m <sup>3</sup>	121,30	2.850,50	345.765,65	0,08
14.	Galian tanah keras	m <sup>3</sup>	9.515,7	2.750,50	26.172.987,8	5,88
15.	Galian tanah padas	m <sup>3</sup>	20,17	3.250,75	65.567,63	0,01
16.	Grill tiap 8 m'	Unit	459,00	72.337,04	33.202.701,3	7,46
17.	Kotak inlet	Bh	625,00	4.000,00	2.500.000,00	0,56
18.	Pas. Batu bata	m <sup>3</sup>	347,48	60.107,00	20.855.980,3	4,70
19.	Pas. Pipa PVC Ø 4 "	Ttk	2.750,0	1.750,25	4.813.187,50	1,08
20.	Pembersihan lubang saluran	m'	6.924,6	925,75	6.410.457,71	1,44
21.	Pasir urug	m <sup>3</sup>	593,42	6.965,00	4.133.170,30	0,93
22.	Pas. Batu kali	m <sup>3</sup>	1.593,5	58.935,00	93.323.572,5	20,98
23.	Peresapan	Unit	218,00	5.175,00	1.128.150,00	0,25
24.	Plesteran	m <sup>2</sup>	3.120,4	4.215,23	13.153.414,4	2,96
25.	Rabat beton /floor out let	m <sup>2</sup>	123,50	1.750,00	216.125,00	0,05
26.	Rollag batu bata	m <sup>3</sup>	962,14	16.294,50	15.677.590,2	3,52
27.	Spesi sambungan buis beton	m'	4.119,33	1.810,15	7.456.605,20	1,68
28.	Sponengan	m'	1.288,7	2.085,75	2.688.072,89	0,94
29.	Tebang pohon bsr	Btg	5,00	7.500	37.500,00	0,01

30.	Tebang pohon kcl	Btg	10,00	3.500,00	35.000,00	0,01
31.	Tutup besi cor	Unit	73,00	70.000,00	5.110.000,00	1,15
32.	Urug tnh kembali	m <sup>3</sup>	4.933,1	643,88	3.176.324,43	0,71
33.	Urugan tanah	m <sup>3</sup>	1.210,5	2.000,00	2.421.000,00	0,54
<b>Jumlah</b>					<b>444.799.691</b>	<b>100,</b>
					<b>,55</b>	<b>00</b>





**AP. PRESTASI MINGGUAN PROGRESS PEKERJAAN** Pekerjaan : Fasilitas Umum Swakelola  
**ROYEK : PEMBANGUNAN PERUMAHAN DESONA MERAP** Pek. dimulai : 23 November 1994  
**OKASI : JABAN-NGEBEL GEDE, NGAGLIK, SLEMAN, S/D Minggu ke** : 205  
**YOGYAKARTA** Tanggal : 23 Nov 94 s/d 21 Nov 96

No	Jenis Pekerjaan	Volume Pek.	Satuan	Harga Satuan	Sub Jumlah	Bobot %	Prest. Budget	Prest. Fisik	Volume Fisik	Prest. Vol
PEMINDAHAN SALURAN TEPI JALAN RAYA DAN MAIN ENTRANCE Swakelola : Start tgl. 3 Februari 95 s/d tgl. 18 Mei 1995										
<i>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</i>										
1	Bouplank	267,50	m'	4.463,20	1.193.906,00	5,88	4,28	5,876	194,80	100,00
2	Galian pondasi	258,99	m3	2.575,50	667.028,75	3,28	2,74	3,283	215,86	100,00
3	Urug kembali	46,52	m3	643,88	29.953,30	0,15	0,12	0,147	36,50	100,00
4	Urug pasir bawah pondasi tebal 10 cm	25,56	m3	6.965,00	178.025,40	0,88	0,86	0,876	25,00	100,00
<i>PEKERJAAN PASANGAN</i>										
1	Pas. pondasi batu kali 1:4	220,00	m3	58.935,00	12.965.700,00	63,32	28,68	63,815	98,88	100,00
2	Cor beton	8,91	m3	201.828,03	1.798.287,75	8,85	15,15	8,851	15,25	100,00
<i>PEKERJAAN PLESTERAN</i>										
1	Plesteran 1 : 3	377,42	m2	4.215,23	1.590.912,11	7,83	9,40	7,830	453,06	100,00
2	Sponengan	670,00	m'	2.085,75	1.397.452,50	6,88	6,77	6,878	659,20	100,00
3	Breben	283,55	m2	1.750,00	496.212,50	2,44	0,65	2,442	75,85	100,00
Jumlah					20.317.478,30	100,00	68,64	100,00		
PEKERJAAN DRAINASE KAWASAN Swakelola Start tgl. 20 Maret 1995 s/d tgl.										
<i>PEK. SAL. KAWASAN TOTAL &amp; OUTLET</i>										
1	Bouplank	6.924,61	m'	4.463,20	30.905.919,35	6,95	6,98	6,948	6.954,61	100,00
2	Breben	3.122,80	m2	1.750,00	5.464.900,00	1,23	0,96	1,229	2.428,92	100,00
3	Buis beton ø 20 x100	1.190,24	m'	8.221,50	9.785.558,16	2,20				
4	Buis beton ø 100	64,50	m'	41.678,25	2.688.247,13	0,60	0,60	0,604	64,50	100,00
5	Buis beton ø 30	184,00	m'	11.608,60	2.135.982,40	0,48	0,03	0,480	10,00	100,00
6	Buis beton ø 40	578,00	m'	11.978,60	6.923.630,80	1,56	2,05	1,557	761,00	100,00
7	Buis beton ø 50	1.987,60	m'	13.491,50	25.466.555,40	5,73	5,29	5,725	1.743,50	100,00
8	Buis beton ø 60	3.413,40	m'	16.387,08	55.935.658,87	12,58	7,92	12,575	1.904,75	100,00
9	Buis beton ø 80	919,80	m'	27.464,44	25.261.791,91	5,68	3,54	5,679	574,00	100,00
10	Bak Kontrol Bulat Tutup Baja ø 60 cm	76,00	unit	127.250,00	9.671.000,00	2,17	3,00	2,174	105,00	100,00
11	Bak Kontrol Kotak (beton bertulang)	106,00	unit	147.250,00	15.608.500,00	3,51	7,32	3,509	221,00	100,00
12	Cor beton	59,15	m3	202.853,33	11.998.774,47	2,70	2,57	2,574	56,45	95,44
13	Galian pondasi jalan	121,30	m3	2.850,50	345.765,65	0,08	0,08	0,078	121,30	100,00
14	Galian tanah keras	9.515,72	m3	2.750,50	26.172.987,86	5,88	1,06	5,884	1.713,26	100,00
15	Galian Tanah padas	20,17	m3	3.250,75	65.567,63	0,01	0,01	0,015	20,17	100,00
16	Grill tiap 8 m'	459,00	unit	72.337,04	33.202.701,36	7,46	8,23	7,465	506,00	100,00
17	Kotak Inlet	625,00	bh	4.000,00	2.500.000,00	0,56	0,54	0,543	604,00	96,64
18	Pas baru bara	347,48	m3	60.107,00	20.885.980,36	4,70	2,20	4,602	162,79	98,00
19	Pas Pipa PVC ø 4"	2.750,00	ttk	1.750,25	4.813.187,50	1,08	0,49	1,082	1.250,00	100,00
20	Pas. Batu kali	1.583,50	m3	58.935,00	93.323.572,50	20,98	19,73	20,561	1.489,04	98,00
21	Pasir urug	593,42	m3	6.965,00	4.133.170,30	0,93	0,58	0,929	369,60	100,00
22	Pembersihan lubang saluran	6.924,61	m'	925,75	6.410.457,71	1,44	0,83	1,412	4.005,50	98,00
23	Feresapan	218,00	unit	5.175,00	1.128.150,00	0,25	0,19	0,254	163,00	100,00
24	Plesteran	3.120,45	m2	4.215,23	13.153.414,45	2,96	1,83	2,913	1.931,83	98,50
25	Rabat beton / Floor out let	123,50	m2	1.750,00	216.125,00	0,05	0,01	0,049	23,50	98,50
26	Rollag baru beta	962,14	m3	16.294,50	15.677.589,23	3,52	1,56	3,472	426,28	98,50
27	Spesi Sambungan buis beton	4.119,33	m'	1.810,15	7.456.695,20	1,68	0,94	1,651	2.319,58	98,50
28	Sponengan	1.388,78	m'	2.085,75	2.688.072,89	0,60	0,30	0,595	631,80	98,50
29	Tebang pohon besar	5,00	btg	7.500,00	37.500,00	0,01	0,00	0,008	2,00	100,00
30	Tebang pohon kecil	10,00	btg	3.500,00	35.000,00	0,01	0,01	0,009	7,00	100,00
31	Tutup besi cor	73,00	unit	70.000,00	5.110.000,00	1,15	1,15	1,149	73,00	100,00
32	Urug tanah kembali	4.933,10	m3	643,88	3.176.324,43	0,71	0,68	0,682	4.708,96	95,46
33	Urugan tanah	1.210,50	m3	2.000,00	2.421.000,00	0,54	0,56	0,544	1.234,86	100,00
Jumlah					444.799.691,55	100,00	80,34	96,95		

## PERHITUNGAN BIAYA DISAIN SALURAN PASANGAN BATU KALI PLESTERAN

### 1. SALURAN PRIMER

a. Pasangan batu kali	$= (90 \times 90) \text{ cm} \times 510 \text{ m} \times \text{Rp}58.935,00$ $= \text{Rp } 24.346.048,5$
b. Plesteran	$= (90 \times 90) \text{ cm} \times 510 \text{ m} \times \text{Rp } 4.215,23$ $= \text{Rp } 1.741.311,513$
c. Bouplank	$= 510 \text{ m} \times \text{Rp } 4.463,23$ $= \text{Rp } 2.276.232,00$
d. Breben	$= 3.122,8 \text{ m} \times \text{Rp}1.750,00$ $= \text{Rp } 5.464.900,00$
e. Rabat beton	$= 20 \text{ cm} \times 510 \text{ m} \times \text{Rp } 1.750,00$ $= \text{Rp } 178.500,00$
f. Sponengan	$= 2 \times (510 \text{ m} \times 20 \text{ cm} \times \text{Rp } 2085,75)$ $= \text{Rp } 425.493,00$
g. Pasangan pipa PVC $\varnothing$ 4"	$= 2.750 \text{ m} \times \text{Rp } 1.750,25$ $= \text{Rp } 4.813.187,50$
h. rollag batu bata	$= \frac{962,14}{(510 \text{ m} \times 0,05 \times 0,9)} \times \text{Rp}16.294,00$ $= \text{Rp } 683.119,4$

**TOTAL BIAYA = Rp 39.928.791,91**

## 2. SALURAN SEKUNDER

### 2.1 Saluran Sekunder Terbuka

- a. Pasangan batu kali = ( 60x 60 ) cm x 336 m x Rp 58.935,00  
= Rp 7.128.777,60
- b. Plesteran = ( 60 x 60 ) cm x 336 m x Rp 4.215,23  
= Rp 509.874,22
- c. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )  
= 3 bh x Rp 147.250,00  
= Rp 441.750,00  
menggunakan buis beton ø 50 = 3 x 50 cm x Rp 13.491,00  
= Rp 20.237,25
- d. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu bata )  
= 1 bh x Rp 147.250,00  
= Rp 147.250,00  
menggunakan buis beton ø 50 = 1 bh x 50 cm x Rp 13.491,50  
= Rp 6.745,75
- e. Spesi sambungan buis beton = 4 bh x 24,6 m x Rp 1.810,15  
= Rp 178.118,76
- f. Rabat beton = 20 cm x 336 m x Rp 1.750,00  
= Rp 117.600,00

g. Rollag batu bata =  $\frac{962,14 \text{ m}^3}{(924 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})} \times \text{Rp } 16.294,50$

= Rp 1.555.316,49

h. Sponengan =  $2 \times 336 \text{ m} \times 20 \text{ cm} \times \text{Rp } 2.085,75$

= Rp 280.324,80

i. Bouplank =  $336 \times \text{Rp } 4.463,23$

= Rp 1.999.645,28

**SUB TOTAL BIAYA = Rp 12.385.640,15**

## 2.2 Saluran Sekunder Tertutup

a. Pasangan batu kali =  $(40 \times 50) \text{ cm} \times 924 \text{ m} \times \text{Rp } 58.395,00$

= Rp 10.891.188,00

b. Plesteran =  $(40 \times 50) \text{ cm} \times 924 \text{ m} \times \text{Rp } 4.215,23$

= Rp 778.974,50

c. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/beton bahan batu kali )

=  $15 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$

= Rp 2.208.750,00

menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  =  $15 \text{ bh} \times 50 \text{ cm} \times \text{Rp } 11.608,00$

= Rp 87.064,5

d. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali )

=  $26 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$

$$= \text{Rp } 3.828.500,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  = 26 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 11.608,60

$$= \text{Rp } 150.911,8$$

e. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )

$$= 7 \text{ bh} \times \text{Rp} 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 1.030.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  = 7 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 11.608,60

$$= \text{Rp } 40.630,1$$

f. Spesi sambungan buis beton = 48 bh  $\times$  24,6 m  $\times$  Rp 1.810,15

$$= \text{Rp } 2.137.425,12$$

g. Rabat beton = 20 cm  $\times$  924 m  $\times$  Rp 1.750,00

$$= \text{Rp } 323.400,00$$

h. rollag batu bata =  $\frac{962,14 \text{ m}^3}{(924 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})} \times \text{Rp } 16.294,50$

$$= \text{Rp } 848.354,45$$

i. cor beton =  $\frac{924 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}}{59,15 \text{ m}^3} \times \text{Rp } 202.853,30$

$$= \text{Rp } 253.506,6$$

j. Tutup cor beton = 33 bh  $\times$  Rp 70.000,00

$$= \text{Rp } 2.310.000,00$$

k. Buplank = 924 m  $\times$  Rp 4.463,23

= Rp 4.124.024,52

**SUB TOTAL BIAYA = Rp 29.013.179,49**

**TOTAL BIAYA SEKUNDER = Rp 41.398.819,64**

### 3. SALURAN TERSIER

a. Pasangan batu kali = ( 35 x 45 ) cm x 4.524 m x Rp 58.935,00

= Rp 41.992.955,55

b. Plesteran = ( 35 x 45 ) cm x 4.524 m x Rp 4.215,23

= Rp 3.003.477,83

c. Grill = 459 bh x Rp 72.337,04

= Rp 33.202.701,04

d. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )

= 23 bh x Rp 147.250,00

= Rp 3.386.750,00

menggunakan buis beton ø 20 = 23 bh x 50 cm x Rp 8.227,00

= Rp 94.541,00

e. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu bata )

= 50 x Rp 147.250,00

= Rp 7.362.500,00

menggunakan buis beton ø 20 = 50 bh x 50 cm x Rp 8.221,00

= Rp 205.525,00

f. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )

$$= 31 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 4.564.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20  $= 31 \text{ bh} \times 50 \text{ cm} \times \text{Rp } 8.221,00$

$$= \text{Rp } 127.425,50$$

g. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali )

$$= 11 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 1.619.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20  $= 11 \text{ bh} \times 50 \text{ cm} \times \text{Rp } 8.221,00$

$$= \text{Rp } 45.215,50$$

h. Spesi sambungan buis beton  $= 115 \text{ bh} \times 24,6 \text{ m} \times \text{Rp } 1.810,15$

$$= \text{Rp } 5.120.914,35$$

i. Rollag batu bata  $= \frac{962,14 \text{ m}^3}{4.524 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}} \times \text{Rp } 16.294,50$

$$= \text{Rp } 198.024,38$$

j. Rabat beton  $= 20 \text{ cm} \times 4.524 \text{ m} \times \text{Rp } 1.750,00$

$$= \text{Rp } 1.583.400,00$$

k. Kotak inlet  $= 625 \times \text{Rp } 4.000,00$

$$= \text{Rp } 2.500.000,00$$

l. cor beton  $= \frac{4.524 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}}{59,15 \text{ m}^3} \times \text{Rp } 202.853,30$

$$= \text{Rp } 1.241.194,69$$

j. Bouplank = 4.5424 m x Rp 20.191.652,52

= Rp 20.191.652,52

**TOTAL BIAYA = Rp 126.470.777,4**

**TOTAL BIAYA TIGA SALURAN = Rp 207.798.389,00**





## PERHITUNGAN BIAYA DISAIN SALURAN PASANGAN BATU KALI TANPA PLESTERAN

### 1. SALURAN PRIMER

a. Pasangan batu kali	= ( 90 x 90 ) cm x 510 m x Rp58.935,00
	= Rp 24.346.048,5
b. Bouplank	= 510 m x Rp 4.463,23
	= Rp 2.276.232,00
c. Breben	= 3.122,8 x Rp 1.750,00
	= Rp 5.464.900,00
d. Rabat beton	= 20 cm x 510 m x Rp 1.750,00
	= Rp 178.500,00
f. Sponengan	= 2 x ( 510 m x 20 cm x Rp2085,75 )
	= Rp 425.493,00
g. Pasangan pipa PVC ø 4"	= 2.750 m x Rp 1.750,25
	= Rp 4.813.187,50
h. Rollag batu bata	= $\frac{962,14}{( 510 \text{ m} \times 0,05 \times 0,9 )}$ x Rp 16.294,5
	= Rp 683.119,4

**TOTAL BIAYA = Rp 38.187.480,4**

## 2. SALURAN SEKUNDER

### 2.1 Saluran Sekunder Terbuka

- a. Pasangan batu kali = ( 60x 60 ) cm x 336 m x Rp 58.935,00  
= Rp 7.128.777,6
- b. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )  
= 3 bh x Rp 147.250,00  
= Rp 441.750,00
- menggunakan buis beton ø 50 = 3 x 50 cm x Rp 13.491,00  
= Rp 20.237,25
- c. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu bata )  
= 1 bh x Rp 147.250,00  
= Rp 147.250,00
- menggunakan buis beton ø 50 = 1 bh x 50 cm x Rp 13.491,50  
= Rp 6.745,75
- d. Spesi sambungan buis beton = 4 bh x 24,6 m x Rp 1.810,15  
= Rp 178.118,76
- e. Rabat beton = 20 cm x 336 m x Rp 1.750,00  
= Rp 117.600,00

f. Rollag batu bata =  $\frac{962,14 \text{ m}^3}{(336 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})} \times \text{Rp } 16.294,40$

= Rp 1.555.316,49

g. Sponengan =  $2 \times 336 \text{ m} \times 20 \text{ cm} \times \text{Rp } 2.085,75$

= Rp 280.324,80

h. Bouplank =  $336 \text{ m} \times \text{Rp } 4.463,23$

= Rp 1.499.645,28

**TOTAL BIAYA = Rp 11.375.765,93**

## 2.2 Saluran Sekunder Tertutup

a. Pasangan batu kali =  $(40 \times 50) \text{ cm} \times 924 \text{ m} \times \text{Rp } 58.395,00$

= Rp 10.891.188,00

b. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/beton bahan batu kali )

=  $15 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$

= Rp 2.208.750,00

menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  =  $15 \text{ bh} \times 50 \text{ cm} \times \text{Rp } 11.608,00$

= Rp 87.064,5

c. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali )

=  $26 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$

= Rp 3.828.500,00

- menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  = 26 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 11.608,60  
= Rp 150.911,8
- e. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )  
= 7 bh  $\times$  Rp 147.250,00  
= Rp 1.030.750,00
- menggunakan buis beton  $\varnothing 30$  = 7 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 11.608,60  
= Rp 40.630,1
- f. Spesi sambungan buis beton = 48 bh  $\times$  24,6 m  $\times$  Rp 1.810,15  
= Rp 2.137.425,12
- g. Rabat beton = 20 cm  $\times$  924 m  $\times$  Rp 1.750,00  
= Rp 323.400,00
- h. rollag batu bata =  $\frac{962,14 \text{ m}^3}{(924 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})} \times \text{Rp } 16.294,50$   
= Rp 848.354,45
- i. cor beton =  $\frac{(924 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})}{59,15 \text{ m}^3} \times \text{Rp } 202.853,30$   
= Rp 253.506,6
- j. Tutup cor beton = 33 bh  $\times$  Rp 70.000,00  
= Rp 2.310.000,00
- k. Bouplank = 924 m  $\times$  Rp 4.463,23  
= Rp 2.137.425,12

**SUB TOTAL BIAYA = Rp 28.234.504,99**

**TOTAL BIAYA SEKUNDER = Rp 39.610.270,92**

### 3. SALURAN TERSIER

a. Pasangan batu kali = ( 35 x45 ) cm x 4.524 m x Rp 58.935,00

= Rp 41.992.955,55

b. Grill = 459 bh x Rp 72.337,04

= Rp 33.202.701,04

c. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )

= 23 bh x Rp 147.250,00

= Rp 3.386.750,00

menggunakan buis beton ø 20 = 23 bh x 50 cm x Rp 8.227,00

= Rp 94.541,00

d. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu bata )

= 50 x Rp147.250,00

= Rp 7.362.500,00

menggunakan buis beton ø 20 = 50 bh x 50 cm x Rp 8.221,00

= Rp 205.825,00

e. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )

$$= 31 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 4.564.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 = 31 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 127.425,50$$

f. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali )

$$= 11 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 1.619.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 = 11 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 45.215,50$$

g. Spesi sambungan buis beton = 115 bh  $\times$  24,6 m  $\times$  Rp1.810,15

$$= \text{Rp } 5.120.914,35$$

$$= \text{Rp } 198.024,38$$

i. Rabat beton = 20 cm  $\times$  4.524 m  $\times$  Rp 1.750,00

$$= \text{Rp } 1.583.400,00$$

j. Kotak inlet = 625  $\times$  Rp 4.000,00

$$= \text{Rp } 2.500.000,00$$

$$\text{k. cor beton} = \frac{(4.524 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})}{59,15 \text{ m}^3} \times \text{Rp}202.853,3$$

$$= \text{Rp } 1.241.194,69$$

$$\text{l. bouplank} = 4.524 \times \text{Rp } 4.463,23$$

$$= \text{Rp } 20.191.652,52$$

$$\text{TOTAL BIAYA} = \text{Rp } 123.467.299,6$$

$$\text{TOTAL BIAYA TIGA SALURAN} = \text{Rp } 201.265.050,9$$



# PERHITUNGAN BIAYA DISAIN SALURAN PIPA BETON TANPA TULANGAN

## 1. SALURAN PRIMER

a. Pipa beton tanpa tulangan  $\varnothing$  80 cm

$$= 510 \text{ m} \times \text{Rp } 7.250,00$$

$$= \text{Rp } 3.697.500,00$$

b. Spesi sambungan pipa beton = 510 m  $\times$  Rp 1.810,15

$$= \text{Rp } 923.176,50$$

c. Bouplank

$$= 510 \text{ m} \times \text{Rp } 4.463,23$$

$$= \text{Rp } 2.276.232,00$$

d. Rabat beton

$$= 20 \text{ cm} \times 510 \text{ m} \times \text{Rp } 1.750,00$$

$$= \text{Rp } 178.500,00$$

**TOTAL BIAYA = Rp 7.075.408,50**





## 2. SALURAN SEKUNDER

a. Pipa beton tanpa tulangan Ø 60 cm

$$= 1.260 \text{ m} \times \text{Rp } 4.500,00$$

$$= \text{Rp } 5.670.000,00$$

b. Spesi sambungan pipa beton

$$= 1.260 \text{ m} \times \text{Rp } 1.810,15$$

$$= \text{Rp } 2.281.230,00$$

c. Bouplank

$$= 1.260 \text{ m} \times \text{Rp } 4.463,23$$

$$= \text{Rp } 5.623.669,80$$

d. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )

$$= 18 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 2.650.500,00$$

menggunakan buis beton Ø 60 cm = 18 bh x 50 cm x Rp 16.387,08

$$= \text{Rp } 147.483,72$$

e. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu bata )

$$= 1 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 147.250,00$$

menggunakan buis beton Ø 60 cm = 1 bh x 50 cm x Rp 16.387,08

$$= \text{Rp } 8.193,54$$

f. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali )

$$= 26 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 3.828.500,00$$

menggunakan buis beton Ø 60 cm = 26 bh x 50 cm x Rp 16.387,08  
= Rp 213.032,04

g. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )

= 7 bh x Rp 147.250,00  
= Rp 1.030.750,00

menggunakan buis beton Ø 60cm = 7 bh x 50 cm x Rp 18.387,08  
= Rp 64.354,78

h. Spesi sambungan buis beton = 52 bh x 24,6 m x Rp 1810,15  
= Rp 2.315.543,88

i. Rabat beton = 20 cm x 1.260 m x Rp 1.750,00  
= Rp 441.000,00

j. Cor beton =  $\frac{1.260 \text{ m} \times 20 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}}{59,15 \text{ m}}$  x Rp 202.853,30  
= Rp 604.958,95

k. Tutup besi cor = 52 bh x Rp 70.000,00  
= Rp 3.640.000,00

**TOTAL BIAYA = Rp 28.666.466,71**

### 3. SALURAN TERSIER

a. Pipa beton tanpa tulangan  $\varnothing$  20 cm

$$= 4.524 \text{ m} \times \text{Rp } 3.000,00$$

$$= \text{Rp } 13.572.000,00$$

b. Spesi sambungan pipa beton

$$= 4.524 \text{ m} \times \text{Rp } 1.810,15$$

$$= \text{Rp } 8.189.118,6$$

c. TKK ( Bak kontrol tutup kotak/ beton bahan batu kali )

$$= 23 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 3.386.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 cm = 23 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 94.541,00$$

d. TKB ( Bak kontrol tutup kotak/beton bahan batu bata )

$$= 50 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 7.362.500,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 cm = 50 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 205.525,00$$

e. TBB ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu bata )

$$= 31 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 4.564.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 cm = 31 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 127.425,50$$

f. TBL ( Bak kontrol tutup bulat plat baja bahan batu kali 0

$$= 11 \text{ bh} \times \text{Rp } 147.250,00$$

$$= \text{Rp } 1.619.750,00$$

menggunakan buis beton  $\varnothing$  20 cm = 11 bh  $\times$  50 cm  $\times$  Rp 8.221,00

$$= \text{Rp } 45.215,50$$

g. Spesi sambungan buis beton = 115 bh  $\times$  24,6 m  $\times$  Rp 1.810,00

$$= \text{Rp } 5.120.914,00$$

h. Rabat beton

$$= 20 \text{ cm} \times 4.524 \text{ m} \times \text{Rp } 1.750,00$$

$$= \text{Rp } 1.583.400,00$$

i. Kotak inlet

$$= 625 \times \text{Rp } 4.000,00$$

$$= \text{Rp } 2.500.000,00$$

j. Cor beton

$$= \frac{4.524 \text{ m} \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}}{59,15 \text{ cm}} \times 202.853,30$$

k. Bouplank

$$= 4.524 \text{ m} \times \text{Rp } 4.403,23$$

$$= \text{Rp } 20.191.652,52$$

l. Grill

$$= 459 \times \text{Rp } 72.337,04$$

$$= \text{Rp } 33.202.701,04$$

**TOTAL BIAYA**

$$= \text{Rp } 103.007.438,20$$

**TOTAL BIAYA TIGA SALURAN**

$$= \text{Rp } 138.749.313,40$$

## PERHITUNGAN DRAINASI PERUMAHAN “MERAPI VIEW”

### Data lapangan untuk saluran primer :

Luas daerah yang harus didrainasi = 12 ha

Koefisien run off = 0,65

Curah hujan yang diperhitungkan = 200 l/detik/ha

Intensitas hujan ( dari tabel ) = 0,8

Koefisien manning ( n ) = 0,011

Kemiringan daerah aliran ( m ) = 0,003

Data-data yang lain diambil berdasarkan kondisi serta situasi setempat.

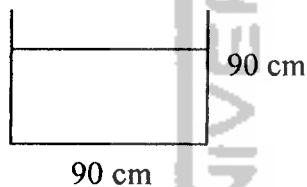
Debit aliran yang dibutuhkan :

$$Q = O \alpha \beta q_t$$

$$= 12 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 200 = 1.248 \text{ l/dt} = 1,248 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menghitung kecepatan alir :

Diambil bentuk penampang saluran empat persegi panjang



$$A = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \cdot 0,9 + 0,9 = 2,7 \text{ m}$$

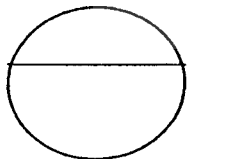
$$R = 0,81 / 2,7 = 0,33 \text{ m}$$

$$i = 0,003$$

$$V = 1 / 0,011 \cdot 0,33^{0,66} \cdot 0,003^{0,5} = 2,249 \text{ m/dt}$$

$$Q = A \cdot V = 0,81 \cdot 2,249 = 1,822 \text{ m}^3/\text{dt} > 1,248 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$

Untuk pipa beton tanpa tulangan :



$$D = 80 \text{ cm}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 0,4^2 = 1,0048 \text{ m}^2$$

$$Q = A \cdot V = 2,249 \cdot 1,0048$$

$$= 2,259 \text{ m}^3/\text{dt} > 1,248 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$

**Data lapangan untuk saluran sekunder :**

Luas daerah yang harus didrainasi = 3 ha

Koefisien run off = 0,65

Curah hujan yang diperhitungkan = 200 l/detik/ha

Intensitas hujan ( dari tabel ) = 0,8

Koefisien manning ( n ) = 0,011

Kemiringan daerah aliran ( m ) = 0,003

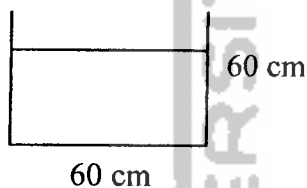
Data-data yang lain diambil berdasarkan kondisi serta situasi setempat.

Debit aliran yang dibutuhkan :

$$Q = O \alpha \beta q_t$$
$$= 3 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 200 = 312 \text{ l/dt} = 0,312 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menghitung kecepatan alir :

Diambil bentuk penampang saluran empat persegi panjang



$$A = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \cdot 0,6 + 0,6 = 1,8 \text{ m}$$

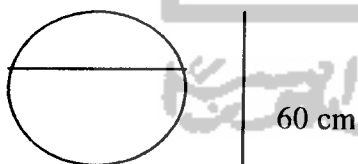
$$R = 0,36 / 1,8 = 0,2 \text{ m}$$

$$i = 0,003$$

$$V = 1 / 0,011 \cdot 0,2^{0,66} \cdot 0,003^{0,5} = 1,72 \text{ m/dt}$$

$$Q = A \cdot V = 0,36 \cdot 1,72 = 0,6192 \text{ m}^3/\text{dt} > 0,312 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$

Untuk pipa beton tanpa tulangan :



$$D = 60 \text{ cm}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 0,3^2 = 0,5652 \text{ m}^2$$

$$Q = A \cdot V = 0,5652 \cdot 1,72$$

$$= 0,972 \text{ m}^3/\text{dt} > 0,312 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$

**Data lapangan untuk saluran tersier :**

Luas daerah yang harus didrainasi = 0,1 ha

Koefisien run off = 0,65

Curah hujan yang diperhitungkan = 200 l/detik/ha

Intensitas hujan ( dari tabel ) = 0,8

Koefisien manning ( n ) = 0,011

Kemiringan daerah aliran ( m ) = 0,003

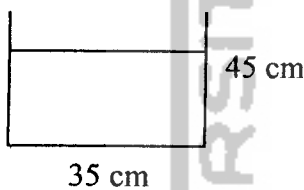
Data-data yang lain diambil berdasarkan kondisi serta situasi setempat.

Debit aliran yang dibutuhkan :

$$Q = O \alpha \beta q_i$$
$$= 0,1 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 200 = 10,4 \text{ l/dt} = 0,0104 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menghitung kecepatan alir :

Diambil bentuk penampang saluran empat persegi panjang



$$A = 0,45 \cdot 0,35 = 0,1575 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \cdot 0,45 + 0,35 = 1,25 \text{ m}$$

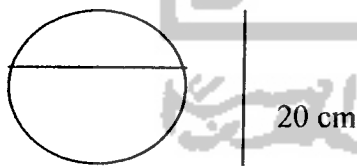
$$R = 0,1575 / 1,25 = 0,126 \text{ m}$$

$$i = 0,003$$

$$V = 1 / 0,011 \cdot 0,126^{0,66} \cdot 0,003^{0,5} = 0,126 \text{ m/dt}$$

$$Q = A \cdot V = 0,1575 \cdot 0,126 = 0,0198 \text{ m}^3/\text{dt} > 0,0104 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$

Untuk pipa beton tanpa tulangan :



$$D = 20 \text{ cm}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 0,1^2 = 0,0628 \text{ m}^2$$

$$Q = A \cdot V = 0,0628 \cdot 0,126$$

$$= 0,0792 \text{ m}^3/\text{dt} > 0,0104 \text{ m}^3/\text{dt} \dots \text{ok!}$$