

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Beberapa penelitian terdahulu sebagai dasar pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Yohanna Fabiola Pane, Firman Hasiholan, Sri Sangkawati Sachro, Pranoto S.A. (2016), dengan judul “Perencanaan Drainase Jalan Raya Semarang - Bawen Km 12+400 - Km 16+600 (Jamu Jago - Balai Pelatihan Transmigrasi dan Penyandang Cacat Jateng)”. Permasalahan banjir atau genangan sering terjadi di jalan-jalan di Indonesia, termasuk di Jalan Semarang - Bawen yang merupakan jalan nasional. Pada saat hujan, genangan terjadi di sepanjang jalan tersebut, sehingga mengganggu pengguna jalan dan menyebabkan kerusakan pada perkerasan. Genangan yang terjadi diakibatkan oleh sistem drainase yang tidak optimum karena adanya sedimentasi di inlet kerb maupun di saluran samping. Maka untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem drainase dilakukan analisis hidrologi untuk menghitung debit rencana dengan periode ulang 5 tahun sesuai dengan luas total daerah pengaliran saluran dan tipologi kota dan kemudian dibandingkan dengan debit saluran dan gorong-gorong eksisting. Hasil dari perbandingan debit rencana dan debit eksisting menunjukkan bahwa saluran samping dan gorong-gorong eksisting tidak dapat menampung debit rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran samping dan gorong-gorong. Penampang saluran samping direncanakan segiempat karena keterbatasan lahan, sedangkan gorong-gorong direncanakan lingkaran dan segi empat (*u-ditch*). Inlet kerb direncanakan 2 jenis yaitu (1) kerb berlubang dengan dimensi kerb 13/16 x 30 x 50 cm dan lubang kerb 15 x 30 cm untuk kemiringan < 6%, (2) kerb beton dengan dimensi inlet 10 x 15 untuk kemiringan 6%.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Asrul Ansar (2016), dengan judul “Uji Eksperimental Kekuatan Drainase Tipe *U-Ditch Precast*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kualitas *U-Ditch* dengan menganalisis hubungan beban dan lendutan dan juga menganalisa kapasitas

momen lentur dari beberapa produk U-Ditch dengan desain yang berbeda. Penelitian ini dilakukan terhadap U-Ditch Precast Indonesia, produk Lokal #1 dan Lokal #2, serta produk YMJ dari Jepang sebagai pembanding. Masing-masing produk memiliki desain dan dimensi yang berbeda-beda dengan berat per m' masing-masing 540.00 kg untuk produk Lokal #1, 464.40 kg untuk produk Lokal #2, dan 429.12 kg untuk produk YMJ. Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan tipe B. Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara rata-rata, kapasitas momen lentur per berat (ton) per m' dari beton Precast U-Ditch produk Lokal #1, Lokal #2 dan YMJ adalah sebesar 11.74 kN.m, 7.00 kN.m, dan 16.41 kN.m. Dibandingkan dengan U-Ditch produk YMJ, masing-masing hanya memiliki kapasitas momen lentur per berat (ton) per m' sebesar 72% untuk Lokal #1 dan 43% untuk U-Ditch Lokal #2.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty, Ibrahim Djamaluddin dan Keizo Komine (2016), dengan judul “Studi Komparasi Kapasitas Lentur U-Ditch Precast Produk Lokal Dengan Produk Jepang”. Tujuan penelitian ini adalah komparasi kapasitas lentur produk lokal dengan produk standar Jepang. Pada penelitian ini, dipilih dua jenis produk lokal dan satu produk dari Jepang sebagai pembanding. Pengujian dilakukan berdasarkan standar uji yang digunakan oleh produk Jepang. Bahan uji berupa U-ditch dimensi 800 mm x 800 mm baik untuk produk lokal maupun untuk produk Jepang. Masing-masing produk memiliki dimensi yang berbeda-beda dengan berat masing-masing 511.24kg untuk produk lokal #1, 445.28kg untuk produk lokal #2 dan 422.62kg untuk produk Jepang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas lentur produk lokal #1, lokal #2 dan Jepang adalah masing-masing 6.342 kN.m/M', 2.492 kN.m/M' dan 7.118 kN.m/M'. Dapat disimpulkan bahwa dengan standar disain dan standar produksi yang baik, maka dapat dihasilkan produk seperti halnya produk Jepang yang memiliki ratio kapasitas lentur 2.85 dengan ratio berat produk 0.95 dibandingkan dengan produk lokal (lokal #2)
4. Penelitian yang dilakukan oleh Anita Febriani (2016), dengan judul “Analisa Penentuan Standar Dimensi Dan Harga Perkiraan Sendiri Saluran Precast Di Pemerintahan Kota Surabaya”. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jenis dan tipe ukuran yang sering digunakan di wilayah

pemerintahan kota Surabaya. Dengan analisa deskriptif didapatkan hasil bahwa untuk jenis saluran U-Ditch terdapat 15 dan Top-Bottom terdapat rata-rata harga perkiraan sendiri lebih murah dibandingkan dengan harga penawaran kontraktor. Perbandingan harga perkiraan sendiri dengan harga rata-rata penawaran kontraktor untuk cover dan u-gutter yaitu 3.4% - 54.23%. Rata-rata perbandingan harga perkiraan sendiri dengan harga rata-rata penawaran kontraktor untuk Top-Bottom, yaitu -35.75%

5. Penelitian yang dilakukan oleh I Gede Andre Suputra (2016), dengan judul “Analisis Harga Satuan Pekerjaan Saluran Menggunakan Beton *Precast U-ditch* dan Buis Beton U”. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui nilai koefisien analisis harga satuan pada pemasangan saluran menggunakan beton *precast u-ditch* dan buis beton u, (2) mengetahui besarnya biaya (upah + material) pemasangan saluran menggunakan beton *precast u-ditch* dan buis beton u per m’, mengetahui waktu pemasangan saluran menggunakan beton *precast u-ditch* dan buis beton u per 50 m’. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai bahan pertimbangan dalam memilih material dalam pekerjaan saluran. Dari penelitian, diperoleh (1) hasil nilai koefisien tenaga kerja pemasangan saluran menggunakan beton *precast u-ditch* lebih kecil dari pemasangan buis beton u. (2) Biaya pemasangan (upah + material) saluran menggunakan beton *precast u-ditch* sebesar Rp. 262.891,23 per m’ dalam waktu pengerjaan 2 hari dengan mempergunakan 2 pekerja. 1 tukang batu, 1 kepala tukang batu, dan 1 mandor sedangkan untuk biaya pemasangan (upah + material) saluran menggunakan buis beton u sebesar Rp. 65.330,5 per m’ dalam waktu pengerjaan 3 hari dengan mempergunakan 2 pekerja, 2 tukang batu, 1 kepala tukang batu dan 1 mandor.
6. Penelitian yang dilakukan oleh I.G.A.H. Kusuma Dewi (2017), dengan judul “Perbandingan Efisiensi Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Drainase Antara Metode pasangan batu kali Dengan Metode Precast (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Dan Pembuatan Trotoar Di Kec. Denpasar Utara)”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan drainase jalan raya antara metode pasangan batu kali dengan metode Precast, mengetahui pada volume berapakah kedua metode tersebut memiliki biaya yang sama atau impas, menentukan metode yang lebih efisien pada volume tertentu, untuk memperoleh hasil yang lebih baik dan

menguntungkan dari aspek biaya. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan biaya pengerjaan drainase menggunakan metode pemasangan batu kali ataupun metode Precast sehingga dapat ditentukan metode pengerjaan yang lebih efisien yang dapat dipilih dan diterapkan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Berdasarkan penelitian ini, diperoleh hasil perhitungan yang menunjukkan bahwa sesuai perhitungan harga satuan pekerjaan, rencana anggaran biaya dan analisis titik impas dari pelaksanaan pekerjaan per 100 m panjang, didapatkan anggaran biaya dari metode Precast sebesar Rp. 212.610.871,93 dengan mutu K350 dan metode pemasangan batu kali sebesar Rp. 365.631.475,85 dengan mutu K250. Maka biaya metode pemasangan batu kali lebih mahal dibandingkan dengan metode Precast sebesar Rp. 153.020.603,92 per 100 m panjang, tidak ditemukan titik impas (BEP) diantara kedua metode ini.

7. Penelitian yang dilakukan oleh Rusli Cahya (2018), dengan judul “Pengaruh Orientasi Pembebanan Pada Geometri Saluran Precast U Terhadap Pola Retak”. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan precast U hasil pengujian metode eksperimental pembebanan Tipe A yang dilakukan dengan menggunakan *Static Loading Machine* dengan Tipe B yang dilakukan pembebanan menggunakan baut dengan panjang 150cm yang di berikan beban pada kedua sisinya. Hasil penelitian dengan dua tipe pembebanan tidak menunjukkan adanya perbedaan pola retak yang terjadi pada saluran U-Ditch. Retak yang terjadi berupa retak horizontal searah dengan arah pembebanan pada area dinding dan dasar saluran dengan lebar retak lebih dari 20 mm. Retak dominan terjadi pada dasar saluran dengan lebar retak lebih besar dari pada area dinding. Dengan menggunakan aplikasi Finite Element Analysis (FEA) diperoleh fakta bahwa retak dominan terjadi pada dasar saluran dan dinding.
8. Penelitian yang dilakukan oleh Benta Erfiandy dan Firti Nugraheni (2018), dengan judul “Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Saluran Irigasi Batu Kali Dengan Saluran Irigasi Beton”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui desain ulang (lebar (l), tinggi (h)) ukuran saluran sekunder irigasi menggunakan material beton, mengetahui volume pekerjaan saluran irigasi menggunakan material beton, mengetahui jumlah kebutuhan mini mixer truck, mengetahui perbandingan biaya serta efisiensi pekerjaan antara

pekerjaan saluran sekunder irigasi (*existing*) pasangan batu kali dengan pembelian beton curah siap pakai (*ready mix concrete*). Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan biaya dan efisiensi waktu antara pekerjaan irigasi yang menggunakan material beton dengan cara pembelian beton curah siap pakai (*ready mix concrete*) dari batching plant (pabrik olahan beton) dengan pekerjaan irigasi (*existing*) yang pasangan batu kali. Dari penelitian ini didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa dimensi saluran re-desain dengan beton bertulang yaitu dengan lebar ( $l$ ) = 0,5 m dan tinggi ( $h$ ) = 1 m dengan bentuk saluran persegi, volume beton sebesar  $231 \text{ m}^3$  dengan banyak mini mixer truck yang dibutuhkan sebanyak 77 buah, rencana anggaran biaya (RAB) yang didapatkan sebesar Rp 594.536.000 dengan lama pengerjaan 60 hari.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Andung Yunianta, Suripin, dan Bagus Hario Setiadji (2019), dengan judul “Design of Sustainable Road Drainage System Model”. Tujuan penelitian ini adalah mengusulkan model desain drainase jalan berdasarkan konsep sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Model ini terdiri dari saluran parit U, reservoir, sumur resapan. Bagian bawah saluran parit U dilengkapi dengan sejumlah lubang untuk membuatnya keropos. Saluran diisi dengan agregat untuk menyaring limpasan dari jalan sebelum mengalir ke reservoir di bawahnya. Air tersebut kemudian dibuang ke sumur resapan. Model ini dikembangkan berdasarkan data curah hujan dan karakteristik fisik lainnya di Kota Ambarawa, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Dimensi saluran dan kedalaman filter agregat dirancang berdasarkan volume limpasan. Hubungan antara curah hujan, volume limpasan, rasio area, dan dimensi drainase diperoleh. Konsep hasil drainase jalan berkelanjutan diperoleh dalam menangani kualitas dan kuantitas air hujan
10. Penelitian yang dilakukan oleh Ramy Edwin Falah (2019), dengan judul “Analisis Biaya Pekerjaan Drainase Berdasarkan Metode pasangan batu kali Dengan Metode *Precast U-ditch*”. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan antara metode pasangan batu kali dengan metode *Precast*, terkait biaya pelaksanaan pekerjaan drainase dan perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan drainase per meter panjang. Metode *Precast* yang digunakan yaitu beton *Precast u-ditch*. Berdasarkan hasil analisis penelitian,

diperoleh rencana anggaran biaya metode pasangan batu kali sebesar Rp1.486.581.000 dan rencana anggaran biaya metode *Precast u-ditch* sebesar Rp 1.640.814.000. Rencana anggaran biaya pekerjaan per meter metode pasangan batu kali sebesar Rp 3.912.000 dan metode *Precast u-ditch* sebesar Rp 4.318.000. Biaya pekerjaan drainase metode *Precast u-ditch* lebih mahal dibandingkan dengan metode pasangan batu kali.

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
1.	Pana, Yolkama Fabiola, Firman Haidhola, Sri Sangkawati Sachro, Pranoto S.A. (2016)	Perencanaan Drainase Jalan Raya Semarang - Bawen Km 12+400 - Km 16+600 (Jernu Jago - Balai Pelembihan Transmigrasi dan Penyandang Cacat Jaring)	menhitung debit rencana dengan periode ulang 5 tahun sesuai dengan luas total daerah pengaliran saluran dan tipologi kota dan kemudihan dibandingkan dengan debit saluran dan gorong-gorong eksisting.	Metode : perbandingan debit rencana dan debit eksisting menunjukkan Hasil : saluran samping dan gorong-gorong eksisting tidak dapat menampung debit rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran samping dan gorong-gorong.	Perencanaan Drainase Jalan	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Penutupung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Cresik)	Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 5, Nomor 1, Tahun 2016, Halaman 179 – 189
2.	Ansar, Muhammad Asrul (2016)	Uji Eksperimental Kekuatan Drainase Tipe U-Ditch Pracetak	mengidentifikasi kualitas U-Ditch dengan menganalisis hubungan beban dan lendutan dan juga menganalisa kapasitas momen lentur dari beberapa produk U-Ditch dengan desain yang berbeda	Metode : hubungan beban dan lendutan dan kapasitas momen lentur Hasil : Dibandingkan dengan U-Ditch produk YMU, masing-masing hanya memiliki kapasitas momen lentur per berat (ton) per m <sup>3</sup> sebesar 72% untuk Lokal #1 dan 43% untuk U-Ditch Lokal #2.	Menggunakan drainase Tipe U-Ditch Pracetak	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Penutupung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Cresik)	Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasamuddin Gowa 2016
3.	Rudy Djamahudin, Rita Irmawaty, Ibrahim Djamahudin dan Keizo Koizine (2016)	Studi Komparasi Kapasitas Lentur U-Ditch Pracetak Produk Lokal Dengan Produk Jepang	komparasi kapasitas lentur produk lokal dengan produk standar Jepang	Metode : komparasi kapasitas lentur produk lokal dengan produk standar Jepang Hasil : dengan standar disain dan standar produksi yang baik, maka dapat dihasilkan produk seperti halnya produk Jepang	Studi komparasi saluran drainase	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Penutupung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-Kesambenkulon	Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2016 Fakultas Teknik Unirversitas Muhammadiyah Surakarta

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
4.	Febriani, Anita (2016)	Analisa Penentuan Standar Dimensi Dan Harga Perkiraan Sendiri Satuan Precast Di Pemerintahan Kota Surabaya	menentukan jenis dan tipe ukuran yang sering digunakan di wilayah pemerintahan kota Surabaya	Metode : perbandingan harga perkiraan sendiri dengan harga rata-rata penawaran kontraktor  Hasil : untuk jenis saluran U-Ditch terdapat 15 dan Top-Bottom terdapat rata-rata harga perkiraan sendiri lebih murah dibandingkan dengan harga penawaran kontraktor.	Analisa Penentuan Standar Dimensi	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan Penangkatan Jalan Karangasong-Kesambekuluta Kabupaten Gresik	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2016
5.	Suputra, I Gede Andre (2016)	Analisis Harga Satuan Pekerjaan Saluran Drainase Menggunakan Beton Precast U Ditch dan Buis Beton U	(1) mengetahui nilai koefisien analisis harga satuan pada pemasangan saluran drainase menggunakan beton precast u ditch dan buis beton u, (2) mengetahui besarnya biaya (upah + material) pemasangan saluran drainase menggunakan beton precast u ditch dan buis beton u per m <sup>3</sup>	Metode : koefisien analisis harga satuan  Hasil : hasil nilai koefisien tenaga kerja pemasangan saluran drainase menggunakan beton precast u ditch lebih kecil dari pemasangan buis beton u.	Menggunakan Beton Precast U Ditch	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan Penangkatan Jalan Karangasong-Kesambekuluta Kabupaten Gresik	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana 2016
6.	Dewi, I.G.A.H Kusuma (2017)	Perbandingan Efisiensi Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Drainase Antara Metode pemasangan batu kali dengan metode pracetak	mengetahui biaya pelaksanaan pekerjaan drainase jalan raya antara metode pemasangan batu kali dengan metode pracetak	Metode : metode pasangan batu kali dengan metode pracetak  Hasil : biaya metode pasangan batu kali lebih mahal dibandingkan	Perbandingan Efisiensi Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Drainase	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan (Studi Kasus	Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana 2017

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
7.	Cahya, Rusli (2018)	Metode Pracetak (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Dan Pembinaan Trotoar Di Kec. Dempasar Utara)	membandingkan precast U hasil pengujian metode eksperimental pembetanan Tipe A yang dilakukan dengan menggunakan Static Loading Machine dengan Tipe B yang dilakukan pembetanan menggunakan baut dengan panjang 150cm yang di berikan beban pada kedua sisinya	Metode : metode eksperimental. Hasil : Dengan menggunakan aplikasi Finite Element Analysis (FEA) diperoleh fakta bahwa retak dominan terjadi pada dasar saluran dan dinding	Kajian menggunakan Saluran Precast U	Peningkatan Jalan Karangandong-KesambiKulon Kabupaten Gresik)	Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Haanudin Gowra 2018
8.	Erfandy, Beta dan Furi Nugrahani (2018)	Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Saluran Irigasi Baru Kali Dengan Saluran Irigasi Beton	mengertahui desain ulang (lebar (l), tinggi (h)) ukuran saluran sekunder irigasi menggunakan material beton	Metode : Perbandingan biaya dan waktu saluran irigasi Hasil : menunjukkan bahwa dimensi saluran re-desain dengan beton bertulang yaitu dengan lebar (l) = 0,5 m dan tinggi (h) = 1 m dengan bentuk saluran persegi, volume beton sebesar 231 m <sup>3</sup> dengan banyak mini mixer truck yang dibutuhkan sebanyak 77 buah, rencana anggaran biaya (RAB) yang didapatkan sebesar Rp	perbandingan biaya dan waktu	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangon Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-KesambiKulon Kabupaten Gresik)	Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
9.	Yuniana, Anung, Suripin, dan Bagus Hario Setiadi (2019)	<i>Design of Sustainable Road Drainage System Model</i>	mengusulkan model desain drainase jalan berdasarkan konsep sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan.	594.336.000 dengan lama pengerjaan 60 hari. Metode : model desain drainase jalan Hasil : Hubungan antara curah hujan, volume limpasan, rasio area, dan dimensi drainase diperoleh. Konsep hasil drainase jalan berkelanjutan diperoleh dalam menanganai kualitas dan kuantitas air hujan	desain drainase jalan	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Gresik)	Journal of Sustainable Engineering- Proceedings Series 1(I) 2019 dot:10.353795.joseps.v1i1.5
10	Falah, Furry Edwin (2019)	Analisis Biaya Pekerjaan Drainase Berdasarkan Metode pemasangan batu kali Dengan Metode Pracetak U Ditch	membandingkan antara metode pemasangan batu kali dengan metode pracetak, terkait biaya pelaksanaan pekerjaan drainase dan perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan drainase per meter panjang	Metode : Metode pracetak dan pemasangan batu kali Hasil : Biaya pekerjaan drainase metode pracetak u ditch lebih mahal dibandingkan dengan metode pemasangan batu kali.	Metode pracetak dan pemasangan batu kali	Perbandingan Struktur Precast U-Ditch Dengan Pasangan Batu Kali Sebagai Pendukung Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Gresik)	Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia 2019

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah perbandingan struktur precast u-ditch dengan pasangan batu kali sebagai pendukung jalan (studi kasus peningkatan jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Gresik)

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Konsep Pembangunan Infrastruktur Sarana dan Prasarana

#### Pembangunan Jalan

Proyek pembangunan jalan adalah merupakan suatu rangkaian kegiatan dan kejadian yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu dan membuahkan hasil dalam suatu jangka tertentu dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia. Dalam pengertian lain, proyek pembangunan jalan adalah suatu kegiatan yang mempunyai jangka waktu tertentu dengan sumber daya tertentu pula, sistem manajemen proyek adalah bagaimana menghimpun dan mengelola masukan (*input*) yang bersumberdaya (tenaga, manusia, dana, waktu, teknologi, bahan, peralatan dan manajemen) untuk menghasilkan keluaran/hasil proyek (*output*) yang telah ditentukan untuk mencapai suatu tujuan proyek yang mendukung suatu program dalam suatu jangka waktu batas tertentu/terbatas (Siagian, 2008)

Infrastruktur jalan memang sangat penting untuk mendistribusikan barang dan jasa. Akses yang mudah dan lancar akan meningkatkan efisiensi perekonomian. Selain itu, jaringan jalan juga dapat meningkatkan konektivitas (hubungan) antar daerah. Namun dalam pembangunan jalan dibutuhkan dana yang besar. Bahkan, untuk perbaikan dan pemeliharaan jalan saja dibutuhkan dana setidaknya Rp 10 triliun per tahun. Oleh karena itu, anggaran pembangunan jalan sebaiknya terus ditingkatkan.

Dalam pembangunan jalan ada empat tahapan sistematis yang harus dilakukan, yaitu *Planning*, *Organizing*, *Actuating* dan *controlling*. Dalam melakukan *Planning* (Perencanaan) perlu di perhatikan beberapa faktor antara lain, waktu pelaksanaan, waktu pemesanan, waktu pemasukan material, alat, jumlah dan kualifikasi tenaga kerja, metode/teknik pelaksanaan dan sebagainya. Kemudian melaksanakan jenis-jenis pekerjaan proyek sesuai dengan rencana yang telah di tetapkan dengan selalu mengadakan *Organizing* (Pengarahan). Setelah itu dilaksanakan pula evaluasi atau koreksi-koreksi terhadap hasil pelaksanaan yang ada (*Actuating*). Terakhir adalah *Controlling* yaitu memonitoring, mengawasi dan mengendalikan pelaksanaan proyek pembangunan jalan tersebut sehingga berjalan sesuai dengan schedule yang ada dan optimal. Dengan Konsep ini peran manajer proyek konstruksi pembangunan jalan memiliki peranan besar dalam menentukan keberhasilan proyek dari aspek

waktu, biaya, mutu, keamanan dan kenyamanan yang optimal sehingga dari sisi ini dapat berkembang perusahaan yang bergerak di bidang manajemen konstruksi yang akan mengelola proyek-proyek yang diingini oleh owner secara profesional.

### **2.2.2. Pengertian Drainase**

Pada suatu proyek konstruksi, adanya pertimbangan mengenai biaya, waktu dan kualitas tidak bisa dipisahkan. Ketiga hal tersebut saling berhubungan dan saling bergantung satu dengan lainnya. Proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya, untuk mencapai suatu sasaran tertentu.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014 pengertian drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan penerima air dan atau ke bangunan resapan buatan. Dengan kata lain drainase mempunyai arti mengalirkan, membuang, atau mengalihkan air. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun kelebihan air irigasi di suatu kawasan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase ini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah genangan air dan banjir (Suripin, 2004).

#### **a) Fungsi Saluran**

Fungsi dengan adanya saluran secara umum adalah :

- a. Dapat mengeringkan daerah genangan air
- b. Dapat menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal
- c. Dapat mengendalikan erosi tanah
- d. Dapat mengendalikan kerusakan jalan dan bangunan yang ada

- e. Dapat mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir

b) Jenis – Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian:

1) Menurut sejarah terbentuknya:

a. Drainase Alamiah

Merupakan suatu sistem drainase yang meliputi semua alur aliran air secara alami, seperti sungai yang kecil dan yang besar dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

b. Drainase Buatan

Merupakan suatu sistem drainase yang dibuat dan direncanakan berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk mendapatkan debit akibat hujan dan dimensi saluran.

2) Menurut letak saluran :

a. Drainase Permukaan Tanah

Merupakan saluran yang berada di atas permukaan tanah berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b. Drainase Bawah Tanah

Merupakan saluran yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan taman.

3) Menurut Fungsi :

a. *Single Purpose*

Merupakan saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

b. *Multy Purpose*

Merupakan saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4) Menurut Konstruksi :

a. Saluran Terbuka

Merupakan sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalihkan air hujan.

b. Saluran Tertutup

Merupakan saluran air untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini baik, digunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota metropolitan.

### **1. Metode Beton *Precast U-ditch***

Metode Precast merupakan metode pelaksanaan struktur yang tidak melakukan pengecoran di tempat proyek yang akan dibangun, melainkan dilakukan di tempat pabrikasi. Komponen pembentuk struktur seperti u-ditch dan cover dicetak atau diproduksi terlebih dahulu sebelum ditempatkan, kemudian disusun dan disatukan di lapangan atau di tempat proyek (Ervianto, 2006).

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan beton Precast, sebagai berikut :

1. Metode pelaksanaan
2. Tahap pembuatan
3. Penyimpanan
4. Transportasi
5. Pemasangan

Beton Precast merupakan suatu konstruksi bangunan yang dicetak terlebih dahulu di pabrik, kemudian disusun di lapangan untuk membentuk satu kesatuan bangunan. Pada proses pembuatan komponen beton Precast ini, kualitasnya lebih terantau dengan baik.

Beton Precast ini awalnya dikembangkan di Eropa, dimulai oleh gagasan Joseph Monier ketika mengembangkan beton bertulang pada tahun 1850. Pondasi beton bertulang kemudian diperkenalkan oleh sebuah perusahaan Jerman, Wayss dan Freytag di Hamburg dan mulai digunakan tahun 1906. Tahun 1912, John E. Conzelmann menggunakan metode Precast berbentuk komponen, seperti dinding, kolom dan lantai pada beberapa bangunan bertingkat. Pada tahun 1981, metode balok beton Precast pertama kali

digunakan untuk pembangunan Casino, di Biarritz, Prancis oleh kontraktor Coignet.

Seiring dengan perkembangan jaman, produk Precast saat ini yang banyak diproduksi dan dicari yaitu *Precast u-ditch*. *U-ditch* adalah saluran air dengan berbagai macam ukuran yang dibuat dari beton dan diberi tulangan dengan bentuk penampang seperti huruf U yang biasanya dipergunakan untuk gorong - gorong. Selain itu penampang ini bisa diberi penutup yang terbuat dari beton juga. Dengan menggunakan *u-ditch* pembuatan saluran air atau gorong – gorong akan menjadi mudah termasuk dalam hal pemasangannya, dikarenakan material ini dicetak sesuai dengan ukuran yang akan dibuat. Diantara berbagai macam bentuk atau jenis gorong – gorong, material ini menjadi salah satu yang paling banyak digunakan sebab *u-ditch* mudah dalam pemasangan dan tidak terpengaruh oleh faktor cuaca.

a. Keunggulan Beton *Precast U-ditch*

Beberapa keunggulan beton *Precast U-ditch* adalah :

- 1) Pekerjaan pemasangan yang mudah
- 2) Tidak terpengaruh oleh faktor cuaca
- 3) Mutu yang bagus

b. Kelemahan Beton *Precast U-ditch*

Beberapa kelemahan beton *Precast U-ditch* adalah :

- 1) Proses pengiriman dari pabrik ke lapangan harus hati – hati agar tidak terjadi keretakan
- 2) Membutuhkan alat transportasi yang memadai
- 3) Menggunakan alat berat untuk pengerjaannya
- 4) Membutuhkan tenaga kerja yang berpengalaman untuk proses pemasangan

c. Komponen Beton *Precast U-ditch*

Pekerjaan metode Precast yang dapat dipilih pada proyek peningkatan jalan Karangandong-Kesambenkulon Kabupaten Gresik yaitu *U-ditch*. Elemen Precast menggunakan beton mutu K 350.

1) Komponen Tutup

Komponen tutup didesain sebagai penutup *u-ditch* yang dipasang dibagian atas

## 2) Komponen U-ditch

Komponen u-ditch merupakan produk beton Precast untuk kepentingan saluran

Selain komponen utama tersebut, dalam pelaksanaan metode *Precast u-ditch* terdapat urutan pekerjaan yang perlu diperhatikan, sebagai berikut :

### 1) Pengukuran

Tahapan pertama ini bertujuan untuk memperoleh ukuran awal, dengan mempersiapkan gambar rencana dan peninjauan di lapangan. Pengukuran meliputi panjang saluran yang akan dikerjakan dan pengukuran elevasi. Elevasi yang tertulis pada gambar akan diterapkan di lapangan dengan memasang tanda dari kayu (patok) untuk penanda elevasi tersebut

### 2) Galian Tanah

Setelah tanda dari kayu (patok) ditempatkan sesuai gambar rencana, pekerjaan galian dapat dimulai dengan bantuan alat berat seperti: jack hammer, excavator atau dapat dilakukan dengan cara manual. Elevasi galian akan dipantau berdasarkan elevasi yang sudah ditandai dengan patok.

### 3) Lantai Kerja

Pada umumnya, pekerjaan lantai kerja bertujuan untuk meratakan tanah pada dasar saluran. Lantai kerja yang rata dapat mempermudah pemasangan saluran *Precast u-ditch*. Permukaan lantai kerja dibuat rata dan dipantau elevasinya berdasarkan patok yang sudah terpasang. Lantai kerja mempunyai ketebalan sebesar 5 cm, dengan mutu beton K100.

### 4) Pemasangan Beton *Precast U-ditch*

Proses pemasangan beton *Precast u-ditch* menggunakan alat berat excavator. Pemasangan dilakukan setelah proses cor lantai kerja berumur 1 hari.

### 5) Pengurugan Area

Setelah beton *Precast u-ditch* terpasang, maka proses selanjutnya adalah pengurugan kembali galian. Pengurugan kembali bertujuan agar tidak terjadi pergeseran pada *Precast u-ditch* yang telah terpasang. Pengurugan dapat dilakukan pada sisi kanan dan kiri beton *Precast u-ditch*.

## 2. Metode Pasangan Batu Kali

### a. Keunggulan pasangan batu kali

Beberapa keunggulan pasangan batu kali adalah :

- 1) Bahan batu kali lebih mudah didapat, sehingga harganya murah
- 2) Tidak menggunakan alat berat untuk pengerjaannya
- 3) Tenaga kerja yang tidak harus berpengalaman untuk proses pemasangan

### b. Kelemahan pasangan batu kali

Beberapa kelemahan pasangan batu kali adalah :

- 1) Terpengaruh oleh faktor cuaca
- 2) Membutuhkan lahan atau area yang lebih luas
- 3) Saluran pasangan batu kali akan membutuhkan lahan atau area yang lebih luas, karena umumnya tebal saluran pasangan batu kali minimal 30 cm
- 4) Memerlukan waktu yang lebih lama dalam proses pengerjaan karena semua harus dilakukan dengan manual

### 2.2.3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah menafsirkan probabilitas suatu kejadian yang akan datang berdasarkan data hidrologi yang diperoleh pada pencatat yang telah lampau. Hasil analisis hidrologi adalah besarnya debit air yang harus ditampung oleh saluran samping. Selanjutnya atas dasar debit yang diperoleh maka dimensi saluran samping dapat direncanakan berdasarkan analisa/ perhitungan hidrolika.

#### 1. Parameter Curah Hujan

Menurut Sri Harto (1993), analisis frekuensi adalah suatu analisa data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu.

Curah Hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan datar bila tidak terjadi evaporasi, *runoff*, dan infiltrasi.

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk memprediksi besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan curah hujan rencana:

- a. Metode Normal
- b. Metode Log Normal
- c. Metode Gumbel
- d. Metode Distribusi Log person III

Menurut Triatmodjo (2008), dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, yang dapat dilihat pada Persamaan berikut:

- 1) Menentukan nilai rata-rata ( $X_r$ )

$$x_r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

$x_i$  : curah hujan maksimum (mm/tahun)

$n$  : jumlah data

$x_r$  : curah hujan rata-rata (mm/tahun)

- 2) Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_r)^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

- 3) Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - x_r)^3}{(n - 1)(n - 1)Sd^3} \quad (2.3)$$

- 4) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - x_r)^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sd^4} \quad (2.4)$$

## 2. Distribusi Curah Hujan

Distribusi yang dapat digunakan ada persyaratannya, berikut ini persyaratan yang digunakan:

- a. Distribusi Normal

Distribusi Normal atau Kurva Normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$x_t = x + K_T S \quad (2.5)$$

$$K_T = \frac{x_t - x_r}{S} \quad (2.6)$$

dimana:

$x$  = curah hujan maksimum

$x_t$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$x_r$  = curah hujan rata – rata

$S$  = standar deviasi

$K_T$  = faktor frekuensi

Tabel 2.2. Faktor Frekuensi k Distribusi Normal

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	$K_T$
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber : Soewarno, 1995

### b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi Log Normal data  $x$  diubah kedalam bentuk logaritmik  $y = \log x$ . Jika variabel acak  $y = \log x$  terdistribusi secara normal, maka  $x$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana.

$$y_t = y + K_T S \quad (2.7)$$

dengan:

$y_t$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang

T-tahunan

S = standar deviasi

$K_T$  = faktor frekuensi

Tabel 2.3. Faktor Frekuensi k Distribusi Log Normal 2 Parameter

Koef. Variasi (CV)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,1000	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1500	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7716
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4000	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7202	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,3930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,3663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2928	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

Sumber : Soewarno, 1995

### c. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan Persamaan berikut:

$$x_t = x_r + K_T S \quad (2.8)$$

dimana:

$x_t$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$x_r$  = curah hujan rata – rata

S = standar deviasi

$K_T$  = faktor frekuensi

Tabel 2.4. Hubungan Periode Ulang (T) dengan Reduksi Variat dari Variabel (Y)

T	Y
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.5. Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata ( $Y_n$ ) dengan Jumlah Data (n)

n	$Y_n$	n	$Y_n$	n	$Y_n$	N	$Y_n$
10	0,4952	34	0,5396	58	0,5515	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5035	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5439	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563	-	-
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565	-	-
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567	-	-
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569	-	-
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570	-	-

Sumber : Soewarno, 1995

#### d. Distribusi Log person III

Distribusi Log Pearson Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak  $n$  tahun diubah dalam bentuk logaritma.

Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan:

1. Ubah data ke bentuk logaritmik

$$y_i = \log x_i \quad (2.9)$$

3. Hitung nilai rata-rata ( $Y_r$ )

$$y_r = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2.10)$$

$y_i$  : curah hujan maksimum logaritmik

$n$  : jumlah data

3. Standar Deviasi ( $S$ )

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_r)^2}{n - 1}} \quad (2.11)$$

4. Koefisien Kemencengan ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (y_i - y_r)^3}{(n - 1)(n - 1)S^3} \quad (2.12)$$

5. Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (y_i - y_r)^4}{(n - 1)(n - 1)(n - 3)S^4} \quad (2.13)$$

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan Persamaan berikut:

$$y_t = y_r + K_T S \quad (2.14)$$

dimana:

$y_t$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  
T-tahunan

$y_r$  = curah hujan rata – rata

S = standar deviasi

$K_T$  = faktor frekuensi

Tabel 2.6. Nilai k Distribusi Pearson Type III dan Log Pearson Type III untuk Koefisien Kemencengan CS

Koef. Kemencengan (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,330
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,995	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130

Koef.Kemencengan (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Soewarno, 1995

### 3. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua jenis uji kesesuaian, yaitu *Chi Square*. Pada tes ini yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan.

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu. Metode *Chi Square* ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Penggambaran distribusi curah hujan dilakukan untuk setiap metode distribusi.
- Penggambaran distribusi ini dilakukan untuk mengetahui beda antara frekuensi yang diharapkan (E) dengan frekuensi terbaca. Sebelum penggambaran, dihitung peluang (P) masing-masing curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$P = \frac{m}{n + 1} \quad (2.15)$$

dimana:

P : Peluang terjadinya curah hujan tertentu

m : Nomor ranking curah hujan

n : Jumlah data

Setelah *plotting* data selesai maka dibuat garis yang memotong daerah rata-rata titik tersebut, nilai titik-titik merupakan nilai frekuensi yang terbaca (O), dan nilai pada garis adalah frekuensi yang diharapkan (E)

- Menentukan parameter uji *Chi Square* hasil *plotting* data dengan rumus :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.16)$$

dimana :

$\chi^2$  : Harga *Chi Square*

k : Jumlah data

O : Frekuensi yang dibaca pada kelas yang sama

E : frekuensi yang diharapkan

Tabel 2.7. Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi Square*

dk	derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401

Sumber : Soewarno, 1995

#### 4. Hujan Rancangan

Dari analisis frekuensi didapat hujan rancangan dengan persamaan:

$$R_T = R_r + K_T S \quad (2.17)$$

dimana:

$R_T$  = hujan rancangan (mm)

$R_r$  = curah hujan rata – rata

S = standar deviasi

$K_T$  = faktor frekuensi

## 5. Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan intensitas hujan (I) dapat menggunakan curah hujan maksimum dari rumus Mononobe sebagai berikut.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (2.18)$$

dimana :

$I_t$  = intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

$t_c$  = waktu konsentrasi

$R_{24}$  = hujan rancangan (mm)

## 6. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi – depresi kecil terpenuhi (Suripin, 2004). kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam buku Triatmodjo (2008), yang dapat ditulis pada persamaan:

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1.000 \times S_0} \right)^{0,385} \quad (2.19)$$

dimana:

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang lintasan aliran di saluran (km)

$S_0$  = Kemiringan saluran

Kemiringan saluran ( $S_0$ ) diperoleh dari data elevasi pada peta kontur ataupun pengukuran di lapangan dengan theodolit dan jarak horizontal didapatkan dari hasil observasi.

$$S_0 = \frac{\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir}}{L} \quad (2.20)$$

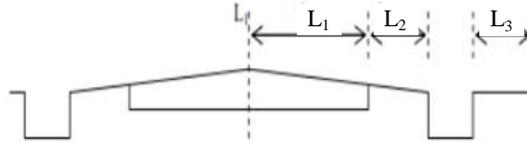
dimana :

$L$  = Panjang lintasan aliran di saluran (km)

$S_0$  = Kemiringan saluran

## 7. Koefisien Pengaliran

Berdasarkan tata cara perencanaan drainase SNI-03-3424-1994, luas daerah pengaliran batas-batasnya tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya ditetapkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Daerah pengaliran  
Sumber: DPU, 1986

Keterangan:

L : batas daerah pengaliran ( $L_1+L_2+L_3$ )

$L_1$  : ditetapkan dari as jalan sampai tepi perkerasan

$L_2$  : ditetapkan dari tepi perkerasan sampai tepi bahu

$L_3$  : tergantung dari keadaan setempat, maksimum 100

Rumus untuk menghitung koefisien aliran adalah:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (2.21)$$

dimana:

C = koefisien pengaliran gabungan

$C_i$  = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

$A_i$  = luas daerah pengaliran yang di perhitungkan

Berikut merupakan tabel penentuan Koefisien Pengaliran (C):

Tabel 2.8. Koefisien Aliran C

No	Tipe Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3	Bahu jalan:	
	Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
4	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
6	Daerah industri	0,60 – 0,90
7	Pemukiman padat	0,40 – 0,60
8	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60

No	Tipe Daerah Aliran	Koefisien Pengaliran (C)
9	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
10	Persawahan	0,40 – 0,60
11	Perbukitan	0,70 – 0,80
12	Pegunungan	0,75 – 0,90

Sumber : Triatmodjo (2008)

## 8. Debit Rancangan Dengan Metode Rasional

Pemakaian metode rasional sangat sederhana, dan sering digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut:

$$Q_p = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (2.22)$$

dimana:

$Q_p$  = debit puncak yang merupakan Q rancangan ( $m^3/s$ )

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah ( $km^2$ )

C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan

## 9. Perencanaan Penampang

Perencanaan dimensi saluran harus di usahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Dalam perencanaan ini direncanakan penampang berbentuk persegi.

### 2.2.4. Rencana Anggaran Biaya Proyek

Salah satu tahap penting dalam rangka pelaksanaan suatu konstruksi adalah perhitungan atau perkiraan biaya yang diperlukan untuk pembangunannya. Besar biaya ini menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik bangunan, guna memilih cara atau alternative pembangunan yang paling efisien. Selain unsur-unsur harga bahan, upah tenaga, peralatan dan metoda pelaksanaan yang akan menetapkan besar biaya pembangunan, maka jangka waktu pelaksanaan juga akan sangat berpengaruh. Bahkan pada proyek-proyek besar ditentukan pula

oleh kerjasama antara para pelaku (*teamwork*) yang terlibat dalam pembangunan, seperti pemilik bangunan (*owner*), perencana, pengawas, dan pelaksana atau kontraktor. Pengelolaan pelaksanaan sedemikian pada akhirnya ini berkembang merupakan obyek bahasa tersendiri dalam disiplin manajemen konstruksi (*construction management*).

Dalam kegiatan proyek konstruksi dikenal beberapa tahap dan merupakan suatu urutan kegiatan-kegiatan yang berulang, yang biasa disebut siklus proyek. Dalam hal ini perhitungan rencana biaya pembangunan, yang lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB), adalah termasuk bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Seperti diketahui perencanaan memegang peranan penting dalam siklus proyek, karena keberhasilan proyek akan sangat ditentukan oleh kualitas dari perencanaan. Terjadinya perubahan-perubahan dalam pelaksanaan akibat perencanaan kurang mantap, selain menambah panjang waktu pelaksanaan juga menyebabkan pemborosan. Dalam perencanaan pula ditetapkan besar kecilnya tujuan dan sasaran dari proyek. RAB merupakan istilah dan singkatan yang populer dan sudah lama digunakan di Indonesia. Ada beberapa istilah yang dipakai untuk itu, antara lain : rencana biaya konstruksi, taksiran biaya, estimasi biaya, atau dalam bahasa asing *begrooting* (bahasa Belanda) dan *construction cost estimate* dalam bahasa Inggris.

Dalam kegiatan perencanaan ini tercakup pula penyiapan dokumen kelengkapan untuk pelelangan atau biasa disebut dokumen tender. Dokumen tersebut terdiri atas gambar-gambar desain, peraturan-peraturan dan persyaratan pelaksanaan pekerjaan, yang di Indonesia dikenal dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), dan semua tercakup sebagai suatu spesifikasi (*specification*), merupakan petunjuk dan syarat pelaksanaan (dahulu populer dengan sebutan *bestek en voorwaarden* atau disingkat bestek). Selanjutnya dilaksanakan proses penetapan pelaksana pekerjaan, yang umumnya dilakukan melalui suatu pelelangan atau tender. Dengan pelelangan dapat memilih kontraktor-kontraktor yang baik dan bonafid serta biaya pembangunan yang terendah. Cara pelelangan umumnya dipandang sebagai yang paling tepat dan obyektif atau *fair* dalam menentukan kontraktor pelaksana. Walaupun dengan alasan-alasan tertentu tidak menutup kemungkinan pemberian pekerjaan secara langsung atau penunjukan, yakni yang dikenal juga sebagai penetapan/penunjukan di bawah tangan.

## 1. Lingkup dan Peranan Biaya Konstruksi

RAB merupakan perkiraan atau estimasi, ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai ancer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek.

Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan, serta sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan kontraktor dan pajak.

Biasanya biaya *overhead*, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasar persentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*).

Menurut Smith (1995) tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;
- c. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasar suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline design*);

- d. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan *approved estimate* berdasar desain pekerjaan definitif sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang
- f. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan (*bill of quantities*) serta pengeluaran lainnya;
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

## 2. Dasar dan Peraturan

Besar biaya proyek dapat diperkirakan atau diperhitungkan melalui beberapa cara atau metode. Menurut Iman Soeharto (1995) metode estimasi biaya yang sering dipakai pada proyek adalah :

- 1) Metode parametrik, dengan pendekatan matematik mencoba mencari hubungan antara biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu (volume, luas, berat, panjang, dsb);
- 2) Metode indeks, menggunakan daftar indeks dan informasi harga proyek terdahulu; indeks harga adalah angka perbandingan antara harga pada tahun tertentu terhadap harga pada tahun yang digunakan sebagai dasar;
- 3) Metode analisis unsur-unsur, lingkup pekerjaan diuraikan menjadi unsur-unsur menu-rut fungsinya; membandingkan berbagai material bangunan untuk memperoleh kualitas perkiraan biaya dan tiap unsur, kemudian dapat dipilih estimasi biaya paling efektif;
- 4) Metode faktor, memakai asumsi terdapat korelasi atau faktor antara peralatan dengan komponen-komponen terkait; biaya komponen dihitung dengan cam menggunakan faktor perkalian terhadap peralatan;
- 5) Metode *quantity take-off*, disini estimasi biaya dilakukan dengan mengukur/menghikuantitas komponen-komponen proyek (dari gambar dan spesifikasi), kemudian memben beban jam-orang serta beban biayanya;

- 6) Metode harga satuan (*unit price*), dilakukan jika kuantitas komponen-komponen proyek belum dapat diperoleh secara pasti atau gambar detail belum siap; biaya dihitung berdasar harga satuan setiap jenis komponen (misalnya setiap  $m^3$ ,  $m^2$ , m, helai, butir, dan lain-lain).

Dalam perhitungan RAB pekerjaan sipil selama ini di Indonesia masih banyak menggunakan analisis pekerjaan, mengikuti cara lama sejak masa kolonial, yakni Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Werken*) yang berlaku mulai tahun 1921. Merupakan cara perhitungan tergolong metode *quantity take-off* yang berlaku bagi lingkungan instansi pekerjaan umum pada masa itu. Pemberlakuan analisis tersebut dewasa ini dilaksanakan dengan beberapa penyesuaian dan tambahan sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan. Prinsip perhitungan mendasarkan pada nilai harga satuan pekerjaan, yakni biaya atau ongkos (mencakup upah dan material) yang dikeluarkan guna menyelesaikan satu unit jenis pekerjaan tertentu (misalnya per  $m^3$ ,  $m^2$  atau  $m^1$ ). Dimana rencana biaya adalah total hasil kali tiap harga satuan dengan jumlah volume tiap jenis pekerjaan yang ada.

Ketentuan-ketentuan dan peraturan tentang pelepasan, syarat pelaksanaan dan hubungan kerja antara pemilik bangunan dan kontraktor pelaksana di Indonesia juga masih banyak berpedoman pada peraturan atau standar lama yang populer dan dikenal sebagai AV-1941, singkatan dari *Algemene Voorwarden voor de uitvoering van Openbare Werken*) yang diterbitkan tahun 1941. Berbagai penyesuaian, perubahan dan tambahan, termasuk akhir-akhir ini dengan adanya SII (Standar Industri Indonesia) dan SNI (Standarisasi Nasional Indonesia) yang menerbitkan SNI 19.9000-1992 berdasar ISO 9000, serta berbagai standar lainnya (PBI-1971, PKKI-1961, PUBBI-1982, dsb) sampai Undang-undang No. 18 tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi. Seperti diketahui dewasa ini Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) telah mengupayakan standarisasi tentang Metode, Spesifikasi, Pedoman dan Manual (NSPM) berbagai jenis pekerjaan sipil sebagai produk SNI.

### **3. Langkah-langkah Persiapan**

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan upaya persiapan (Peurifoy dan Oberlender, 1989) agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah persiapan itu mencakup hal-hal berikut.

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangkan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya;
- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek;
- c. Harga material yang akan digunakan;
- d. Harga tenaga (pekerja dan tukang)
- e. Harga peralatan kerja (beli atau sewa)
- f. Daftar harga (penawaran) dan leveransir atau *suppliers*;
- g. Daftar harga satuan pekerjaan dari penawaran pars kontraktor di daerah itu;
- h. Perkiraan besar pajak, jaminan, asuransi, *overhead*, dan keuntungan;
- i. Biaya tak terduga dan pembulatan.

Pada hakekatnya penguasaan seluk-beluk proyek dan lingkungannya secara komprehensif akan sangat mendukung perhitungan RAB yang tepat dan realistic. Perlu dipahami pula bahwa setiap proyek mempunyai hal-hal yang spesifik dan tidak mungkin sama dengan proyek lain walaupun dan proyek yang sejenis.

Peranan pengamatan atau survai lapangan sangat penting sebagai pelengkap perhitungan biaya berdasar gambar desain agar diperoleh rencana biaya yang akurat. Petunjuk pengamatan lapangan (*area investigation guidelines*) menurut Barrie dan Paulson (1992) akan mencakup :

- a. *Site Description* (data lapangan), seperti : tanaman/tumbuhan, permukaan tanah, drainase, kedalaman *top soil* atau lapisan humus, bangunan dan sarana lain yang ada, dsb;
- b. *Utility Serving Site* (fasilitas tersedia lapangan), seperti: listrik, gas, air, jalan raya, jalan kabupaten/kampung, dsb;
- c. *Building Department* (data gedung), seperti: hubungan, telepon, lisensi, jasa-jasa
- d. *Labor Unions* (serikat sekerja), mencakup: keanggotaan, ketenagakerjaan dan peraturan terkait, aturan pengupahan, dsb;
- e. *Recommended Contractors* (kontraktor ter-rekomendasi), merupakan daftar kontraktor umum, khusus, supplier/leveransir, guna pertimbangan lebih lanjut;
- f. *Materials and Methods* (material dan metode), daftar harga material lokal/setempat, seperti: batu bata, pasir, beton cetak, kayu, bambu, dsb;

- g. *Equipment Rental* (persewaan alat), berupa daftar harga sewa peralatan kerja setempat;
- h. *Climatological Data* (data klimatologi), terdiri atas: temperatur maksimum/minimum, curah hujan, bulan-bulan hujan, dsb;
- i. *Other Projects* (proyek lain), kunjungan pada proyek berdekatan untuk mendapat: produktivitas kerja, metode pelaksanaan, subkontraktor, material setempat, keamanan dsb;
- j. *General Appraisal* (taksiran umum), memuat kesimpulan kunjungan lapangan serta rekomendasi.

#### **4. Dasar Perhitungan**

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh basil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar *bestek*). Telah disinggung di muka bahwa unsur biaya konstruksi mencakup harga-harga bahan, upah tenaga, dan peralatan yang digunakan. Dan semua unsur biaya ditentukan harga satuan tiap jenis pekerjaan, dan untuk ini dapat digunakan analisis BOW yang sudah dikenal sejak masa penjajahan Belanda (ketetapan Direktur BOW tanggal 28 Pebruari 1921 Nomor 5372 A). Secara umum prosedur perhitungan RAB disusun atas dasar lima unsur harga berikut:

- a. Bahan-bahan atau material bangunan:  
Dihitung kuantitas (volume, ukuran, berat, tipe, dsb) masing-masing jenis bahan yang digunakan. Juga harga tiap jenis bahan itu sampai di lokasi pekerjaan (termasuk ongkos angkutan), bahkan kadang-kadang mencakup biaya pemeriksaan kualitas dan pengadaan gudang/tempat penyimpanan.
- b. Upah tenaga kerja:  
Dihitung jam kerja yang dibutuhkan dan jumlah biaya/upah. Biasanya digunakan berdasar harian atau per hari sebagai unit waktu, serta volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam unit waktu tersebut. Sebagai unit waktu dapat pula atas dasar tiap jam. Perlu diketahui bahwa kemampuan tiap tenaga kerja tidak sama tergantung ketrampilan dan pengalaman, demikian juga besar upahnya.
- c. Peralatan  
Dihitung banyak dan jenis tiap peralatan yang diperlukan serta

harga/biayanya (beli atau sewa). Biaya peralatan termasuk ongkos angkut/mobilisasi, upah operator mesin, biaya bahan bakar dan sebagainya. Kemampuan peralatan per satuan waktu perlu diketahui.

d. *Overhead*

Biasa dikategorikan sebagai biaya tak terduga atau biaya tak langsung, dan dibagi menjadi dua golongan, yakni pertama yang bersifat umum, serta kedua yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan. *Overhead* umum misalnya sewa kantor, peralatan kantor, listrik, telepon, perjalanan, asuransi/jamsostek, termasuk gaji/upah karyawan kantor yang terlibat kegiatan proyek. Sedangkan *overhead* lapangan merupakan biaya yang tak dapat dibebankan pada harga bahan-bahan, upah pekerja dan peralatan, seperti telepon di proyek, pengamanan, biaya perizinan, dan sebagainya. Biaya *overhead* keseluruhan ditetapkan berdasar pengalaman, biasanya sekitar 12 sampai 30% dari jumlah harga bahan, upah dan peralatan.

e. Keuntungan dan pajak

Besar keuntungan tergantung pada besar-kecilnya proyek dan besarnya risiko serta tingkat kesulitan pekerjaan. Biasanya keuntungan berkisar antara 8 sampai 15% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antara 10 sampai 18%.

Selain kemampuan membaca dan menafsirkan gambar-gambar desain, maka seorang penyusun RAB atau *estimator* harus menguasai lapangan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Tanpa bekal kemampuan tersebut tidak mungkin diperoleh hasil RAB yang teliti dan ekonomis seperti diharapkan.

## 5. Perhitungan Volume

Penetapan besar kuantitas atau volume tiap jenis pekerjaan dari konstruksi bangunan merupakan kunci ketelitian dan ketepatan sebuah RAB. Yang dimaksud jenis pekerjaan adalah semua kategori pekerjaan (dari huruf A sampai W) yang terdapat dalam analisis BOW, misalnya pekerjaan tanah (galian dan timbunan), lempengan dan pagar, jalan, pekerjaan bambu (termasuk konstruksi Bari bahan-bahan dalam negeri), pancang dan tiang bersekrup, pekerjaan kayu, menembok dan konstruksi batu, penutup atap, dan sebagainya.

Perhitungan volume dilakukan atas dasar gambar detail dari *bestek* yang tersedia, termasuk perubahan dan tambahan yang diberikan pada saat pemberian penjelasan atau *aanwijzing* sebelum pelelangan.

## 6. Perhitungan Bunga dan Nilai Uang

Nilai uang pada saat sekarang lebih berharga dari pada nilai uang yang sama pada saat yang akan datang, (Pujawan, 1995). Besarnya nilai uang pada masa sekarang sama dengan besarnya nilai uang yang sama ditambah bunga selama jangka waktu tertentu. Bunga merupakan biaya modal. Besar kecilnya jumlah bunga yang merupakan beban terhadap peminjam (*debitor*) sangat tergantung terhadap waktu, jumlah pinjaman, dan tingkat bunga yang berlaku.

Rumus-rumus bunga fundamental yang menyatakan hubungan antara P, F dan A dalam bentuk  $i$  dan  $n$  adalah sebagai berikut (Pujawan, 1995):

### Perhitungan suku bunga sederhana (*simple interest*)

$$I = P \cdot i \cdot n \quad (2.23)$$

$$F = P + I = (1 + i \cdot n) \cdot P \quad (2.24)$$

### Perhitungan suku bunga berbunga (*compound interest*)

Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui P :

$$F = P (1 + i)^n \quad (2.25)$$

$$F = P (F/P, i\%, n) \quad (2.26)$$

Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui A :

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (2.27)$$

$$F = A (F/A, i\%, n) \quad (2.28)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui F :

$$P = F (P/F, i\%, n) \quad (2.29)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui A :

$$P = A (P/A, i\%, n) \quad (2.30)$$

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2.31)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui F

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (2.32)$$

$$A = F (A/F, i\%, n) \quad (2.33)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui P :

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.34)$$

$$A = P( A / P, i\% ,n ) \quad (2.35)$$