

## **BOOK CHAPTER**

## Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal



# Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal

## Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal



#### Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal

Moh. Yusuf Tuloli, Barry Y. Labdul, Eko Pariyadi, Marike Mahmud, Aryati Alitu, Nur Atika Tambipi, Nurhayati Panigoro, Rawiyah Husnan, Ria Defriyanti Ali, Indriati Martha Patuti, Fadly Achmad, Nurnaningsih M. Olii, Rahmani Kadarningsih, Arif Supriyatno, Yudistira Idris, Kasmat S. Nur, Mohammad Reza Eka Prasetya, Frice L. Desei, Yuliyanti Kadir, Moh. Taufiq Hamzah, Anton Kaharu, Setiawan Koniyo, Ahmad Syawal, Arfan Utiarahman

Pertama kali diterbitkan pada Juli 2022

Oleh Ideas Publishing

Alamat: Jalan Ir. Joesoef Dalie No. 110

Kota Gorontalo

Surel: infoideaspublishing@gmail.com Anggota IKAPI No. 001/GORONTALO/14

ISBN: 978-623-234-251-4

Penyunting : Allan Tri Putra Amilie Penata Letak : Siti Khumaira Dengo Desainer Sampul : Allan Tri Putra Amilie Sumber Gambar Sampul : Allan Tri Putra Amilie

Dilarang mengutip, memperbanyak, atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku dalam bentuk apa pun, baik secara elektronis dan mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, maupun dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penerbit.

iv

## Daftar Isi

Kata Pengantar Ketua Jurusan Teknik Sipil — vii

1.	Indeks Pencemaran Air Sungai untuk Kebutuhan Air Bersih Masyarakat (Studi Kasus Kelurahan Donggala Kota Gorontalo) Eko Pariyadi, Marike Mahmud, Aryati Alitu
2.	Analisis Laju Infiltrasi pada Daerah Pesisir Kelurahan Poho Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo Nur Atika Tambipi, Barry Y. Labdul, Aryati Alitu
3.	Penanggulangan Banjir dengan Kolam Retensi (Retarding Basin) di Desa Bulota Nurhayati Panigoro, Rawiyah Husnan, Barry Y. Labdul
4.	Analisis Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Kapasitas Dukung Fondasi Telapak Bujur Sangkar di Kota Gorontalo Ria Defriyanti Ali, Indriati Martha Patuti, Fadly Achmad
5.	Analisis Kualitas Air Sungai Wudubu sebagai Sumber Air Baku dan Air Irigasi Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Air Nurnaningsih M. Olii, Marike Mahmud, Rawiyah Husnan
6.	Perbandingan Metode Rancang Campur Beton Normal Menggunakan Agregat di Gorontalo Rahmani Kadarningsih, Arif Supriyatno, Yudistira Idris, Kasmat S. Nur
7.	Analisis Perencanaan Stuktur Perkerasan Runway Bandara Djalaludin Gorontalo Menggunakan Metode FAA dan Metode LCN Mohammad Reza Eka Prasetya, Frice L. Desei, Yuliyanti Kadir.

8.	Evaluasi Perencanaan Saluran Drainase di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango Moh. Taufiq Hamzah, Anton Kaharu, Moh. Yusuf Tuloli
9.	Tinjauan Sistem Drainase sebagai Pengendali Limpasan Air Permukan (Surface Run Off) di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango Setiawan Koniyo, Moh. Yusuf Tuloli, Anton Kaharu151
10.	Analisis Kompetensi Tukang pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus pada Pekerjaan Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa) Ahmad Syawal, Arfan Utiarahman, Fadly Achmad 189

### Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Swt., yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga buku *Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal* dapat terbit. Buku ini merupakan bunga rampai (*book chapters*) hasil karya ilmiah dari tenaga pengajar dan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo dan merupakan bagian dari salah satu program kegiatan Jurusan, yaitu di bidang pendidikan. Tulisan ini merupakan gabungan dari enam konsentrasi yang ada di Jurusan Teknik Sipil, yaitu Struktur, Geoteknik, Keairan, Transportasi, Manajemen Rekayasa Konstruksi dan Lingkungan.

Besar harapan kami, dengan terbitnya buku ini dapat menambah referensi dan wawasan tentang Ketekniksipilan bagi tenaga pengajar, mahasiswa, praktisi, serta dapat digunakan sebagai rujukan oleh berbagai pihak yang berkaitan dengan bidang Teknik Sipil.

Gorontalo, Juli 2022 Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. Moh. Yusuf Tuloli, S.T., M.T.

#### Indeks Pencemaran Air Sungai untuk Kebutuhan Air Bersih Masyarakat (Studi Kasus Kelurahan Donggala Kota Gorontalo)

Eko Pariyadi Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: ekopariyadi08@ung.ac.id

Marike Mahmud Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: marikemahmud@ung.ac.id

Aryati Alitu Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: aryati\_alitu@ung.ac.id

#### **Abstrak**

Air merupakan zat yang sangat penting untuk kehidupan manusia dan juga makhluk hidup lainnya. Manusia menggunakan air untuk minum, memasak, mencuci, dan mandi. Di samping itu, air juga banyak diperlukan untuk mengairi bidang pertanian, bidang industri dan masih banyak lagi. Air sungai yang digunakan harus memenuhi standar baku mutu. Air sungai yang ada di Kelurahan Donggala memiliki permasalahan kualitas air sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap penyebab masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas air Sungai Bolango Hilir serta mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi.

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Donggala Kota Gorontalo. Pengambilan sampel dilakukan pada satu titik sumber polutan yakni Sungai Bolango. Data parameter yang telah dihasilkan kemudian dibandingkan dengan peraturan PP 22 Tahun 2001 ILampiran VI tentang standar kualitas air sungai. Pengujian in dilakukan secara *insitu* dan *eksitu*. Adapun parameter yang diuji dalam penelitian yaitu parameter fisik (Suhu, TDS, dan Kekeruhan), parameter kimia (Besi [Fe], Mangan [Mn], Kesadahan, dan pH), serta parameter mikrobiologi (*Coliform* dan E.coli). Parameter lain yang banyak terdapat di air adalah besi dan mangan. Besi dan mangan adalah logam yang berkelimpahan di bumi. Kadar besi dan mangan jika

berlebihan di dalam air akan mengakibat rasa pada air dan noda pada pakaian yang menggunakan air tersebut untuk mencuci pakaian. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh menunjukkan kadar mangan di air sumur Kota Depok 1,36 berada di atas baku mutu yang ditetapkan walaupun tidak berisiko Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa

Hasil analisis data sampel menunjukkan beberapa parameter yaitu suhu 29°C, TDS 110 mg/l, kekeruhan 7.49. Parameter besi 1.22 mg/l, Mangan 0,02 mg/l, pH 7,3 mg/l, kesadahan 242,1 mg/l, pH 7.02, Coliform 132 CFU/100 ml, dan E. Coli 0 CFU/100 ml. Hasil analisis menunjukkan kondisi kualitas air Sungai Bolango Hilir tidak memenuhi parameter yang disyaratkan seperti parameter besi dan mangan. Air Sungai Bolango Hilir dikategorikan sadah karena berada pada kisaran 150-300 mg/l CaCO3. Pada perhitungan indeks pencemaran untuk sungai diperoleh IP 2,9 yang terindikasi tercemar ringan. Berdasarkan hasil ini perlu dilakukan pengolahan untuk melakukan pengendaliannya agar air layak dikonsumsi masyarakat.

Kata Kunci: indeks pencemaran air sungai

#### A. Pendahuluan

Amanusia dan juga makhluk hidup lainnya. Manusia menggunakan air untuk minum, memasak, mencuci dan mandi. Di samping itu air juga banyak diperlukan untuk mengairi bidang pertanian, bidang industri, dan masih banyak lagi. Pencemaran air adalah masuknya zat, energi, unsur, dan komponen lainnya ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air terganggu. Kualitas air yang terganggu akan ditandai dengan perubahan bau, warna, dan rasa.

Tindakan manusia dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari secara tidak sengaja telah menambah jumlah anorganik pada perairan dan mencemari air. Misalnya, pembuangan detergen ke perairan dapat berakibat buruk

terhadap organisme yang ada di perairan. Pemupukan tanah dengan pupuk buatan, kemudian masuk ke perairan akan menyebabkan pertumbuhan tumbuhan air yang tidak terkendali yang disebut eutrofikasi atau *blooming*. Beberapa tumbuhan seperti alga, paku air, dan eceng gondok akan tumbuh subur dan menutupi permukaan perairan sehingga cahaya matahari tidak menembus sampai dasar perairan. Tumbuhan yang ada di bawah permukaan tidak dapat berfotosintesis sehingga kadar oksigen yang terlarut dalam air menjadi berkurang.

Wilayah Kelurahan Donggala yang merupakan jalur aliran dari Sungai Bolango, memiliki kondisi lingkungan yang cukup kumuh di mana hal ini dipengaruhi oleh aktivitas masyarkat itu sendiri. Salah satunya membuang sampah di sungai dan juga kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan. Untuk menunjang kebutuhan seperti mandi, cuci, dan memasak, sebagian dari mereka masih menggunakan sumber air tanah dangkal sebagai pilihan utama, tanpa menghiraukan dampak dan kualitas dari air itu sendiri. Sumber air tanah dangkal yang bersebelahan langsung dengan sungai pasti akan ikut tercemar dari air sungai itu sendiri, baik dari warna, bau, dan juga bakteri biologis yang terkandung didalamnya.

Salah satu penyebab terjadinya pencemaran sungai adalah limbah domestik yang berasal dari masyarakat. Limbah buangan masyarakat dibuang ke saluran dan bermuara ke sungai. Limbah domestik juga berasal dari masyarakat yang hidup disepanjang pesisir sungai. Parameter yang juga harus diperhatikan akibat limbah domesti adalah adanya bakteri yang terdapat di dalam air. Bakteri dapat berupa bakteri patogen maupun nonpatogen. Bakteri ini dapat menimbulkan penyakit. Bakteri e.coli diakibat oleh tinja. Adanya masyarakat buang air besar di sungai mengakibatkan tingginya e.coli yang berakibat

apabila air langsung dikonsumsi dapat mengakibatkan diare. Penelitian yang dilakukan oleh (Fathoni et al., 2016) di Sungai Segedong telah tercemar bakteri *coliform* dan tidak layak dikonsumsi sebagai air minum.

Parameter lain yang berkelimpahan di bumi adalah parameter besi dan mangan. Besi adalah salah satu dari unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselen, dan alat-alat lainnya, serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air pada konsentrasi di atas 0.31 mg/l (Achmad, 2004). Toksisitas mangan relatif tampak pada konsentrasi rendah. Tingkat kandungan mangan dalam air yang diizinkan di bawah 0,05 mg/l. Dalam kondisi aerob mangan dalam peairan terdapat dalam bentuk MnO2 dan pada dasar perairan tereduksi menjadi Mn <sup>2+</sup> atau dalam air yang kekurangan oksigen. Pemakaian air yang berasal dari dasar suatu sumber air memiliki kandungan mangan yang tinggi (Achmad, 2004).

Berdasarkan beberapa masalah di atas, maka dilakukan penelitian "Evaluasi Kualitas Air Sungai Bolango untuk Kebutuhan Air Bersih Masyarakat". Adanya penelitian ini maka masyarakat dapat mengetahui secara pasti kelayakan air yang sering mereka gunakan di kawasan tersebut, masyarakat juga akan lebih sadar dan paham akan pentingnya menjaga kebersihan di kawasan sekitar tempat tinggal.

#### B. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Sungai Bulango hilir. Pengambilan sampel di sungai bersifat *purposive sampling*. Jumlah sampel adalah 1. Penelitian masih bersifat survei awal terhadap kondisi kualitas air di sekitar masyarakat yang

posisinya berada di Kelurahan Donggala Kota Gorontalo. Jenis data dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengujian insitu, yaitu parameter suhu, TDS dan pH, parameter kimia (besi, mangan, dan kesadahan), serta parameter mikrobiologi (coliform dan e.coli) yang dilakukan di UPTD Instalasi Laboratorium Kualitas Air Gorontalo dan Laboratorium Terpadu Universitas Gadjah Mada. Analisis data dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap sampel air, kemudian dari hasil pengujian tersebut dilakukan dan dijabarkan secara deskriptif. Data hasil uji laboratorium selanjutnya dibandingkan dengan PP 22 Tahun 2021 Lampiran VI. Daftar parameter yang diuji dan nilai baku mutu tiap parameter ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1**Parameter Kualitas Air Sungai yang di Teliti

No	Parameter Yang Diuji	Satuan	Baku Mutu Air Sungai
FISIK			
1	Kekeruhan	NTU	-
2	Suhu	٥C	Dev 3
3	Zat Padat Terlarut		
KIMIA			
1	pН	-	6 - 9
2	Besi	Mg/l	0.3
3	Mangan	Mg/l	0.1
4	Kesadahan	Mg/l	-
MIKROBIOLOGI		O.	
1	Total Coliform	MPN/100	1000
		ml	
2	E.Coli	MPN/100	100
		ml	

Alat dan metode yang digunakan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2**Alat dan Metode Penelitian

Parameter	Satuan	Metode Analisis	Alat	Spesifikasi Metode Pengujian
1. Fisik				_
Suhu	٥C	Pemuaian	Termometer	SNI 06-2413-1991
Padatan Terlarut	mg/l	TDS metrik	TDS Meter	SNI 06-1136-1989

Kekeruhan				
2. Kimia	mg/l	Potensiometer	pH Meter	
рН	O.	Potensiometer	pH Meter	SNI 06-2413-1991
Kesadahan	mg/l	Titrasimetrik	Titrasi	
		Atomic		SNI 06-
Besi	mg/l	Absorption	AAS	6989.4.2004
Desi	mg/ i	Spectrophotome	71/10	
		try		
		Atomic		SNI 6989.5:2009
Mangan	mg/l	Absorption	AAS	
o .	O.	Spectrophotome		
3. Mikrobologi		try		
3. Mikiobologi			Cawan petri, tabung	ISO/IEC
			reaksi, sendok steril,	17025,2005.
			timbangan analitik,	
Coliform	MPN/	MPN	Bunsen, autoclave,	
	100 ml		incubator, pipet	
			ukur, bluetip dan	
			mikropipet.	
			Cawan petri, tabung	ISO/IEC
			reaksi, sendok steril,	17025,2005.
	MPN/		timbangan analitik,	
E.Coli	100 ml	MPN	Bunsen, autoclave,	
	100 1111		incubator, pipet	
			ukur, bluetip dan	
			mikropipet.	

Untuk menghitung Indeks Pencemaran Air digunakan acuan pada Kepmen LH 115 Thn 2003, langkah perhitungan indeks pencemaran menggunakan rumus:

Jika Lij menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yangg dicamtumkan dalam baku peruntukan air (j), dan Ci menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka Pij adalah indeks pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari Ci/Lij.

Harga Pij ini dapat ditentukan dengan cara-cara berikut.

- 1. Pilih parameter-parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas air akan membaik.
- Pilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang.
- 3. Hitung harga Ci/Lij untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan cuplikan

4. a. Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum Cim (misal untuk DO, maka Cim merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini nilai Ci/Lij hasil pengukuran digantikan oleh nilai Ci/Lij hasil perhitungan, yaitu:

(Ci/Lij)baru = 
$$\sqrt{\frac{c_{im}-c_i}{c_im-L_{ii}}}$$
 (hasil pengukuran)

b. Jika nilai baku Lij memiliki rentang

$$\frac{(C_i-Li)rata-rata}{Lij \ maksimum-L_{ijrata-rata}} \quad (1)$$

- untuk Ci < Lij rata-rata

$$\frac{(C_i-Li)rata-rata}{Lij \ maksimum-L_{iirata-rata}}$$
 (2

- c. Keraguan timbul jika dua nilai (Ci/Lij) berdekatan dengan nilai acuan 1,0 misal C1//L1j = 0,9 dan C2/L2j = 1,1 atau perbedaan yang sangat besar, misal C3/L3j = 5,0 dan C4/L4j = 10,0. Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan adalah:
  - 1) Penggunaan nilai ((Ci/Lij) hasil pengukuran) kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0
  - 2) Penggunaan nilai (Ci/Lij)baru jika nilai (Ci/Lij)hasil pengukuran lebih besar dari 1,0.
  - 3) (Ci/Lij) baru = 1,0 + P.Log (Ci/Lij)

Hasil pengukuran P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

5. Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan.

#### 6. Tentukan harga IPj

IPj = 
$$\frac{\sqrt{(C_i/L_{ji})_m^2 t(C_i/L_{ij})_R^2}}{2}$$
 (4)

Evaluasi terhadap nilai IP adalah:

 $0 \le PIj \le 1,0 \longrightarrow memenuhi baku mutu (kondisi fisik)$ 

 $1.0 < PIj \le 5.0 \rightarrow cemar ringan$ 

 $5.0 < PIj \le 10 \rightarrow cemar sedang$ 

 $PI_i > 10$   $\rightarrow$  cemar berat

#### C. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan Tabel 3 untuk air Sungai Bulango Hilir, diperoleh hasil analisis terdapat 1 parameter yang tidak memenuhi standar baku mutu yaitu Besi 1,22 mg/l. Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Sumber besi di alam adalah pyrite, hematit, magnetite, limonite, goethite dan ochre (Cole, 1988 dan Moore, 1991 dalam Efendi, 2003). Kadar besi yang berlebihan dapat mengakibatkan timbulnya warna merah juga mengakibatkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam serta memudarkan bahan celupan dan tekstil (Efendi, 2003). Untuk parameter suhu, TDS, kekeruhan, mangan, pH, kesadahan, coliform dan e.coli memenuhi standar baku mutu.

**Tabel 3**Hasil Pengujian Parameter Air Sungai

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujiana Air Sungai	Keterangan
Fisik				
1. Suhu	°C	±3	29	Memenuhi
2. TDS	Mg/L	1000	110	Memenuhi
<ol><li>Kekeruhan</li></ol>	Skala NTU	-	7.49	Memenuhi
Kimia				
4. Besi	Mg/L	0,3	1,22	Tidak Memenuhi
5. Mangan	Mg/L	0,1	0,02	Memenuhi
6. Kesadahan	Mg/L	-	242,1	Memenuhi
7. pH	Mg/L	7,0-9,0	7,02	Memenuhi
Microbiologi				
8. Coliform	CFU/100 ml	1000	132	Memenuhi
9. E.Coli	CFU/100 ml	100	0	Memenuhi

(Sumber: Pengujian laboratorium)

Kadar parameter kesadahan masih di bawah baku mutu yang ditetapkan akan tetapi kesadahan yang berkisar antara 150-300 mg/l CaCO3 masuk kategori sadah. Kesadahan yang tinggi dapat mengakibatkan kerak pada dinding peralatan rumah tangga. Dalam pemakaian yang cukup lama dapat mengakibatkan gangguan ginjal pada manusia (Conita et al., 2019).

#### Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)

Indeks pencemaran ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Hasil perhitungan menggunakan indeks pencemaran berdasarkan data rata-rata hasil uji laboratorium dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4**Perhitungan Indeks Pencemaran Air Sungai

Fisik		lx	Cx	Cx/Lx	Cx/Lx.baru
1. TDS	Mg/L	1000	110	0.11	0.11
<ol><li>Kekeruhan</li></ol>	Skala NTU	-	7.49	-	0.00
Kimia					
3. Besi	Mg/L	0.3	1.22	4.1	4.1
4. Mangan	Mg/L	0.1	0.02	0.2	0.2
5. Kesadahan	Mg/L	-	242.1	-	0.0
6. pH	Mg/L	7 - 9	7.02	1.0	1.0
Microbiologi	O.				
7. Coliform	CFU/100 ml	1000	132	0.13	0.13
8. E.Coli	CFU/100 ml	100	0	0	0
	•			Total	5.49
				Rata-Rata	0.69

Hitungan untuk pH Rumus Cx/Lx baru

Lx rata-rata = 
$$\frac{7+9}{2}$$
 = 8 = 1+ 5 Log(Cx/Lxlama)  
C<sub>3</sub>/L<sub>3</sub>x =  $\frac{(7,02-8)}{(8-9)}$  = 0.98 = 1+ 5 Log(4.1)  
Pembulatan = 0.98 = 1 = 4.06 atau 4.1  
Nilai (Ci/Li)R = 0,69  
Nilai (Ci/Li)M = 4,1  
Maka IP =  $\frac{\sqrt{(C_i/L_i)_m^2 + (C_i/L_i)_r^2}}{2}$   
=  $\sqrt{\frac{(4,1)^2 + (0.69)^2}{2}}$   
= 2,93 (Hasil akhir)

Hasil akhir perhitungan indeks pencemaran untuk sungai yakni 2.93 yang artinya kondisi air sungai dalam kondisi tercemar ringan.

Salah satu penyebab tercemarnya Sungai Bulango Hilir adalah memiliki kadar besi yang di atas baku mutu yang ditetapkan. Untuk pengendalian parameter besi agar dapat digunakan oleh masyarakat adalah dengan menggunakan saringan keramik. Penelitian yang dilakukan oleh (Febrina & Ayuna, 2014) menunjukkan bahwa saringan keramik dapat menurunkan kadar besi sebesar 93,33 sampai 96.42%.

#### D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis pembahasan dan dapat disimpulkan bahwa hasil analisis dari tiga sampel parameter fisik, kimia dan mikrobiologi yang diuji menunjukkan bahwa air Sungai Bolango di Kelurahan Donggala masih tidak memenuhi standar baku mutu. Pada perhitungan indeks pencemaran air sungai didapat nilai 2.9 (tercemar ringan) yang berarti kualitas air sungai dipengaruhi oleh kondisi sekitar. Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas air Sungai Bolango Hilir tercemar karena dipengaruhi oleh geologi dan kegiatan manusia di sepanjang sungai. Untuk dapat digunakan sebagai air baku air minum maka air sungai perlu pengolahan terlebih dahulu. Proses pengolahan air memiliki banyak jenis, tergantung zat yang tercemar pada air tersebut. Parameter mangan dapat menggunakan ion exchange menggunakan aerator atau menggunakan saringan keramik, kesadahan menggunakan kapur soda dan proses pertukaran ion, dan bakteri coliform/e.coli menggunakan klor.

#### Referensi

- [1] Achmad, R., 2004. Kimia Lingkungan. 1st ed. Jakarta: Andi Offset.
- [2] Anon., n.d. Jurnal pencemaran air. 2, pp.1-7.

- [3] Conita, N., Miratul, I., Harahap, N.A.H. & Sumantri, I., 2019. Pengurangan Kesahan Ca dan Mg Dengan Karbon Aktif Dan Pengaruhnya Terhadap Kelayakan Konsumsi Pada Air Tanah di Dusun Sambirejo, Kelurahan Talakbroto Kecamatan Simo Kabupaen Bayolali. In *Prosiding Seminar Nasional Kebumian ke -12*. Yogyakarta, 2019. EO28UNP.
- [4] Fakhrurroja, h., 2010. membuat sumur di berbagai lahan.
- [5] Fathoni, A., Khotimah, S. & Linda, R., 2016. Kepadatan Bakteri Colifofrm di Sungai Segendong Kabupaten Pontianak. *Protobiont*, 5(1), pp.20 23.
- [6] Febrina, L. & Ayuna, A., 2014. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Teknologi*, pp.35 -44.
- [7] Ginting, P., 2013. Materialisme dan alam. Ekologi mark.
- [8] Suripin, 2002. Pelestarian sumber daya air dan tanah.

#### Analisis Laju Infiltrasi pada Daerah Pesisir Kelurahan Pohe Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo

Nur Atika Tambipi Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: ikatambipi@gmail.com

Barry Y. Labdul Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: barry.labdul@ung.ac.id

Aryati Alitu Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: aryati alitu@ung.ac.id

#### Abstrak

Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi, gaya kapilaritas, dan tekstur tanah. Faktor yang memengaruhi infiltrasi di antaranya yaitu kedalaman genangan, kelembaban tanah, pemampatan oleh hujan, penyumbatan oleh butir halus, tanaman penutup, topografi, dan intensitas hujan. Infiltrasi pada daerah pesisir berperan penting dalam mengurangi intrusi air laut. Penelitian ini bertujuan mengetahui laju infiltrasi pada daerah pesisir.

Penelitian dilakukan pada daerah pesisir Kelurahan Pohe Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. Data digunakan dalam penelitian ini berupa data uji infiltrasi langsung di lapangan dengan alat Double Ring Infiltrometer. Analisi laju infiltrasi menggunakan metode Horton.

Hasil penelitian diperoleh laju infiltrasi nyata (ft) di lokasi penelitian 3,89 cm/jam atau 38,90 mm/jam tergolong pada kriteria laju infiltrasi sedang. Berdasarkan hasil laju infiltrasi yang diperoleh dapat diketahui bahwa tanah yang berada di Kelurahan Pohe memiliki tekstur pasir berlempung. Hasil ini ditentukan sesuai dengan klasifikasi tanah secara hidrologi berdasarkan tekstur tanah.

Kata Kunci: infiltrasi, double ring infiltrometer, metode horton, daerah pesisir

#### A. Pendahuluan

Kelurahan Pohe Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo Provinsi Gorontalo yang dijadikan sebagai tempat penelitian. Berdasarkan posisi geografisnya Kelurahan Pohe terletak di 0°30′22.4″ Lintang Utara (LU) dan 123°03′22.6″ Bujur Timur (BT). Lokasi ini berbatasan langsung dengan Kelurahan Tenda, Kelurahan Siendeng, Kelurahan Donggala, Kelurahan Tanjung Kramat, dan Teluk Tomini, dan memiliki luas wilayah 4,83 km². Daerah ini memiliki kondisi topografi yang berbukit dan struktur geologi tersusun dari batuan aluvium dan endapan pantai, yang berbatasan langsung dengan Teluk Tomini.

Proses infiltrasi merupakan salah satu proses penting dalam siklus hidrologi. Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapilaritas. Beberapa faktor yang memengaruhi laju infiltrasi, yaitu kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh, kelembaban tanah, pemadatan oleh hujan, penyumbatan oleh butir halus, tanaman penutup, intensitas hujan, dan sifat-sifat fisik tanah. Banyaknya air yang masuk melalui permukaan tanah persatuan waktu disebut laju infiltrasi. Nilai laju infiltrasi sangat bergantung pada kapasitas infiltrasi, yaitu kemampuan tanah untuk meloloskan air dari permukaan tanah. [1]

Tanah dapat ditembus air karena adanya celah yang tak kapilar melalui mana aliran air gravitas mengalir ke bawah menuju air, dengan mengikuti suatu jalan berhambatan paling lemah. Gaya-gaya kapilar mengalihkan air gravitas secara terus menerus ke dalam rongga-rongga pori kapilar sehingga jumlah air gravitas yang melalui horizon-horizon. Kapasitas infiltrasi adalah kemampuan tanah dalam merembeskan (menginfiltrasikan) air yang terdapat di

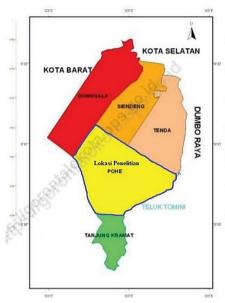
permukaan atau aliran air permukaan kebagian dalam tanah tersebut. yang dengan sendirinya dengan adanya akan perembesan itu aliran air permukaan sangat berpengaruh [2].

Laju infiltrasi merupakan parameter yang penting dalam upaya mengetahui tingkat erosi suatu lahan. Hal ini berhubungan dengan besar kecilnya aliran permukaan yang terjadi. Infiltrasi penting untuk ketersediaan air tanah bagi makhluk hidup, pengisian air bawah tanah, dan penyediaan aliran pada sungai ketika musim kemarau sehingga informasi tentang laju infiltrasi diperlukan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis laju infiltrasi pada daerah pesisir Kelurahan Pohe Kecamatan Hulonthalangi.

#### Metode Penelitian B.

#### 1. Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Kelurahan Pohe Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo Provinsi Gorontalo. Berdasarkan posisi geografisnya Kelurahan Pohe terletak di 0°30′22.4″ Lintang Utara (LU) 123°03′22.6″ Bujur Timur (BT). Lokasi ini berbatasan dengan Kelurahan Tenda, langsung Siendeng, Kelurahan Donggala, Kelurahan Tanjung Kramat, dan Teluk Tomini, dan memiliki luas wilayah 4,83 km<sup>2</sup>. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian [3]

#### 2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1**Bahan dan Alat Penelitian

Kegiatan	Bahan	Alat
Pengukuran	Air dan	Double ring infiltrometer, palu,
infiltrasi	tanah	mistar, gelas ukur, plastik, ember,
		formulir pengukuran, stopwatch,
		dan sekop.

#### 3. Metode Analisis Data

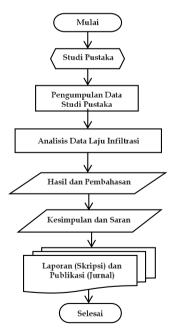
Dalam penelitian ini, pengukuran infiltrasi dilakukan menggunakan pengujian langsung di lapangan dengan alat double ring infiltrometer di beberapa titik. Untuk menganalis laju infiltrasi nyata mengunakan metode Harton.

#### 4. Tahapan Penelitian

Tahap-tahap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Persiapan dengan membaca referensi yang relevan dengan penelitian ini.
- b. Pengumpulan data, berupa data laju infiltrasi.
- c. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode Horton.
- d. Hasil dan pembahasan berupa hasil dari data-data yang telah dianalisis berupa laju infiltrasi.
- e. Kesimpulan dan saran dibuat berdasarkan hasil penelitian.
- f. Luaran dari penelitian ini dimuat dalam laporan skripsi dan jurnal yang dipublikasikan.

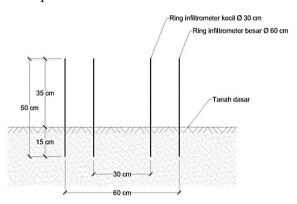
Tahapan penelitian ini dibuat secara singkat dan jelas dalam bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

#### C. Hasil dan Pembahasan

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui laju infiltrasi di lokasi penelitian. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan pada tanggal 17 Februari 2021 pada kondisi tanah belum jenuh dengan menggunakan alat double ring infiltrometer. Alat double ring infiltrometer adalah suatu cincin besi yang berdiameter luar 60 cm dan diameter dalam 30 cm dengan tinggi 50 cm. Bagian atas cincin diletakkan kayu berfungsi melindungi cincin pada saat ditekan. Dimensi double ring infiltrometer ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Double Ring Infiltrometer

Pengukuran infiltrasi di lapangan menggunakan dua titik uji untuk membandingkan kedua penurunan di lokasi penelitian. Hasil penurunan di dua titik ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil Pengukuran Infiltrasi di Lapangan

No	Titik (cm)		Penurunan Rata-rata (cm)
	1	2	
1	4,00	1,50	2,75
2	3,70	2,50	3,10
3	3,50	1,50	2,50
4	2,90	1,50	2,20
5	2,80	1,60	2,20
6	2,40	1,60	2,00

No	Titik	(cm)	Penurunan Rata-rata (cm)
	1	2	
7	2,30	1,80	2,05
8	2,20	1,00	1,60
9	2,00	1,50	1,75
10	1,70	1,50	1,60
11	6,10	2,60	4,35
12	5,20	2,40	3,80
13	4,90	2,00	3,45
14	3,70	2,20	2,95
15	3,50	2,00	2,75
16	3,20	2,80	3,00
17	2,80	2,00	2,40
18	11,80	6,00	8,90
19	8,80	5,00	6,90
20	6,70	4,80	5,75
21	2,70	3,60	3,15
22	11,00	3,60	7,30
23	8,40	5,50	6,95
24	6,60	5,50	6,05
25	4,00	4,30	4,15
26	19,20	<i>7,7</i> 0	13,45
27	10,80	7,00	8,90
28	22,70	9,50	16,10
29	30,00	11,20	20,60
30	30,00	9,30	19,65

Tabel 2 menunjukkan data hasil perhitungan laju infiltrasi pada kondisi tanah sebelum jenuh menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Laju infiltrasi ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3**Laju Infiltrasi pada Lokasi Penelitian

	Wak	tu	Waktu	Penurunan	Laju	Laju	
No	t	t	Kumulatif	(cm)	Infiltrasi	Infiltrasi	log
	(menit)	(jam)	(jam)		Awal	Tetap	(fo-fc)
					fo	fc	
					(cm/jam)	(cm/jam)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6=5/4)	(7)	(8=6-7)
1	1	0,02	0,02	2,75	165,00	3,89	2,21
2	1	0,02	0,03	3,10	93,00	3,89	1,95
3	1	0,02	0,05	2,50	50,00	3,89	1,66
4	1	0,02	0,07	2,20	33,00	3,89	1,46
5	1	0,02	0,08	2,20	26,40	3,89	1,35
6	1	0,02	0,10	2,00	20,00	3,89	1,21

7	1	0,02	0,12	2,05	17,57	3,89	1,14
8	1	0,02	0,13	1,60	12,00	3,89	0,91
9	1	0,02	0,15	1,75	11,67	3,89	0,89
10	1	0,02	0,17	1,60	9,60	3,89	0,76
11	2	0,03	0,20	4,35	21,75	3,89	1,25
12	2	0,03	0,23	3,80	16,29	3,89	1,09
13	2	0,03	0,27	3,45	12,94	3,89	0,96
14	2	0,03	0,30	2,95	9,83	3,89	0,77
15	2	0,03	0,33	2,75	8,25	3,89	0,64
16	2	0,03	0,37	3,00	8,18	3,89	0,63
17	2	0,03	0,40	2,40	6,00	3,89	0,32
18	5	0,08	0,48	8,90	18,41	3,89	1,16
19	5	0,08	0,57	6,90	12,18	3,89	0,92
20	5	0,08	0,65	5 <i>,</i> 75	8,85	3,89	0,70
21	5	0,08	0,73	3,15	4,30	3,89	-0,39
22	5	0,08	0,82	7,30	8,94	3,89	0,70
23	5	0,08	0,90	6,95	7,72	3,89	0,58
24	5	0,08	0,98	6,05	6,15	3,89	0,35
25	5	0,08	1,07	4,15	3,89	3,89	0,00
26	10	0,17	1,23	13,45	10,91	3,89	0,85
27	10	0,17	1,40	8,90	6,36	3,89	0,39
28	10	0,17	1,57	16,10	10,28	3,89	0,81
29	15	0,25	1,82	20,60	11,34	3,89	0,87
30	15	0,25	2,07	19,65	9,51	3,89	0,75

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh waktu kumulatif sebesar 0,02 jam dengan penurunan sebesar 2,75 cm, fo = 165,00 cm/jam dan fc=3,89 cm/jam, dan log (fo-fc) = 2,21.

Data yang diperoleh melalui hasil pengukuran laju infiltrasi dengan menggunakan *double ring infiltrometer* dianalisis dengan metode Horton (Persamaan 1).

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c) \times e^{-Kt}$$
 (1)

$$log(f_t - f_c) = log(f_0 - f_c) - Kt log e$$
 (2)

$$m = -\frac{1}{K \log e} \tag{3}$$

Berdasarkan Tabel 3 (menggunakan rumus Horton) maka dapat ditransposisikan seperti perhitunganperhitungan sebagai berikut:

$$f_t - f_c = (f_0 - f_c)$$
 (4)  
 $f_{0,02} - f_c = (165,00 - 3,89) = 161,11 \text{ cm/jam}$   
 $f_{0,03} - f_c = (21,75 - 3,89) = 17,86 \text{ cm/jam}$ 

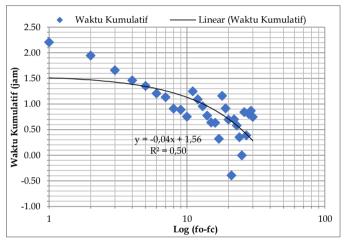
Kemudian kedua persamaan tersebut di-log-kan menjadi:

$$log (f_t - f_c) = log (f_0 - f_c) - kt log e$$

$$log (f_0,02 - f_c) = log (161,11) = 2,21$$

$$log (f_0,03 - f_c) = log (17,86) = 1,25$$
(5)

Setelah persamaan tersebut di-log-kan maka untuk mencari nilai m diperlukan hasil analisis grafik log ( $f_t - f_c$ ) terhadap waktu dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Waktu dengan Log (*fo-fc*)

Grafik *log (fo-fc)* dengan nilai regresi linear didapatkan nilai kemiringan (*m*) sebesar -0,04. Tanda negatif menunjukkan bahwa *ft* berkurang dengan bertambahnya waktu. Setelah diketahui nilai *m*, maka dapat dihitung nilai *K* dengan Persamaan sebagai berikut:

$$m = -\frac{1}{K \log e}$$

$$-0.04 = -\frac{1}{K \log e}$$

$$K \log e = -\frac{1}{-0.04}$$

$$K \log e = 23.52$$

$$K \log 2.71 = 23.52$$

$$K 0.43 = 23.52$$

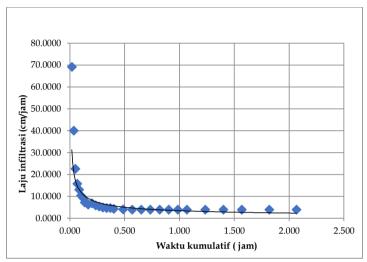
$$K = 54.18$$
(6)

#### Setelah diperoleh nilai K maka dimasukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Hasil Analisis Laju Infiltrasi pada Lokasi Penelitian

j 2	1 2 * α ⊗ · · * α ⊗ · · # " ± · μ · 2 α - · 2 α - · · · · · · · · · · · · · · · · · ·										2 ¤
-	t	t ł	· · · ·	1.0	fl ± © ¬ ·	fl ± © ¬		CC	/ " 2 © =		fl ± © ¬ :
(	me	n(ja	- 4		© 2	0			f		© .
( 1	( 2	) (3	(4)	(5)	( 6 = )5 /	(7)	(8 <del>7</del> 6	(9-7	(10)	(11=1	(12)
1	1	0,0	0,02	2,75	165,(	3,89	161,	2,2	54,18	-0 , 9	69,2
2	1						1	1,9			40,0
		0,0	0,03	3,10	93,0	3,89	89,1	1,6	54 , 1 8	-0 , 9	
3	1	0,0	0,05	2,50	50,0	3,89	46,1	1,4	54,18	-0 , 9	22,5
4	1	0,0	0,07	2,20	33,0	3,89	29,1	1,3	54,18	-0 , 9	15,6
5	1	0,0	0,08	2 ,0 2	26,4	3,89	22,5		54,18	-0 , 9	13,0
6	1	0,0	0 , 1 0	2 , 0 0	20,0	3,89	16,1	1,2	54,18	-0 , 9	10,4
7	1	0 , 0	0 , 1 2	2 , 0 5	17,5	3,89	13,6	1,1	54,18	-0 , 9	9,44
8	1	0,0	0 , 1 3	1 , 6 0	12,0	3 , 8 9	8 , 1 :	0,9	54,18	-0 , 9	7 , 1 8
9	1	0 , 0	0 , 1 5	1 , 7 5	11,6	3 , 8 9	7,71	0,8	54,18	-0 , 9	7 , 0 4
1 0	1	0,0	0 , 1 7	1 , 6 0	9,60	3,89	5,7:	0 , 7	54,18	-0 , 9	6 , 2 0
1 1	2	0,0	0 , 2 0	4,35	21,7	3,89	17,8	1 , 2	54,18	-1 , 8	6,83
1 2	2	0,0	0,23	3 , 8 0	16,2	3,89	12,4	1 , 0	54,18	-1 , 8	5,93
1 3	2	0,0	0 , 2 7	3 , 4 5	12,9	3,89	9,0:	0,9	54,18	-1 , 8	5 , 3 8
1 4	2	003	0,30	2 , 9 5	9,83	3,89	5,94	0 , 7	54,18	-1 , 8	4 , 8 7
1 5	2	0,0	0,33	2 , 7 5	8,25	3,89	4,3(	0 , 6	54,18	-1 , 8	4,61
1 6	2	0,0	0,37	3,00	8 , 1 8	3,89	4,29	0 , 6	54,18	-1 , 8	4,60
1 7	2	0,0	0,40	2,40	6,00	3,89	2,1:	0,3	54,18	-1 , 8	4,24
1 8	5	0,0	0 , 4 8	8,90	18,4	3,89	14,5	1 , 1	54,18	-4 , 5	4,05
1 9	5	0,0	0,57	6,90	12,1	3,89		0,9	54,18	-4 , 5	3,98
2 0	5	0,0	0,65	5,75	8,85	3,89	8,2!	0 , 7	54,18	-4 , 5	3,94
2 1	5	0,0	0,73	3,15	4,30	3,89	4,90	-	54,18	-4 , 5	3,90
2 2	5	0,0	0,82	7,30	8,94	3,89	0,4(		54,18	-4 , 5	3,95
2 3	5	0,0	0,90	6,95	7,72	3,89	5,0!		54,18	-4 , 5	3,93
2 4	5	0,0	0,98	6,05	6,15	3,89	3,81		54,18	-4 , 5	3,92
2 5	5	0,0	1,07	4,15	3,89	3,89	2,2(		54,18	-4 , 5	3,89
2 6	1 0	0,1	1,23	13,45	10,9	3,89	0,0(		54,18	-9 , 0	3,89
2 7	1 0	0 , 1	1,40	8,90	6,36	3,89	7,0:		54,18	-9 , 0	3,89
2 8	1 0	0,1	1,57	16,10	10,2	3,89	2 , 4 :		54,18	-9,0	3,89
2 9	1 5	0,1		20,60			6,35				3,89
					11,3	3,89	7,4!	0 , 8	54,18	-13, :	
3 0	1 5	0 , 2	2,07	19,65	9,51	3,89	5 , 6 :	0 , 7	54,18	-13, :	3,89

Tabel 4 dapat dibuat suatu grafik laju infiltrasi ft nyata terhadap waktu t untuk pengukuran di lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Laju Infiltrasi ft Metode Horton

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa laju infiltrasi maksimum terjadi pada awal pengukuran. Seiring bertambahnya waktu laju infiltrasi mulai menurun lalu konstan, pada waktu 1,82 jam dengan laju infiltrasi 3,89 cm/jam. Berdasarkan kriteria laju infiltrasi 2,0 - 6,3 termasuk pada kriteria sedang.

#### D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian, maka dapat diambil kesimpulan laju infiltrasi di Kelurahan Pohe sebesar *ft*=3,89 cm/jam atau 38,90 mm/jam, tergolong pada kriteria laju infiltrasi sedang.

#### Referensi

- [1] Chay Asdak, Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [2] Karmila, Khairunnissa, Khairun Nisak, and Nispa Khairun, "Laju Serapan Air di Kawasan Pesisir Glee Nipah Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besat," *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, pp. 34-38, 2020.
- [3] Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo, *Kecamatan Hulontalangi Dalam Angka*. Gorontalo: BPS Kota Gorontalo, 2019.

## Penanggulangan Banjir dengan Kolam Retensi (*Retarding Basin*) di Desa Bulota

Nurhayati Panigoro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Rawiyah Husnan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: rawiyah@ung.ac.id

Barry Y. Labdul Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: barry.labdul@ung.ac.id

#### **Abstrak**

Banjir merupakan salah satu fenomena alam yang menimbulkan kerugian besar. Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan akan pemukiman bertambah dan perubahan tata guna lahan. Desa Bulota merupakan salah satu desa yang rawan banjir akibat ketidakmampuan sungai menampung tingginya Dalam mengatasi hujan di wilayah tersebut. permasalahan banjir di Desa Bulota, maka direncanakan pembangunan kolam retensi. Penelitian ini dilakukan di Desa Bulota yang merupakan bagian dari DAS Bulota. Data curah hujan yang digunakan 10 Tahun terakhir dari 2010-2021. Analisis perhitungan debit banjir mengunakan metode HSS Nakayasu dan untuk analisis kolam tampungan menggunakan Berdasarakan hasil analisis metode Muskingum. dilakukan, parameter statistik yang memenuhi syarat untuk nilai *Cs, Cv,* dan *Ck* adalah Distribusi Log Person III. Pengujian kecocokan dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogrov. Berdasarkan hasil hitungan menggunakan metode HSS Nakayasu debit puncak pada kala ulang 10 tahun diperoleh debit sebesar 56,46 m<sup>3</sup>/det. Volume tampungan yang tersedia untuk pembangunan kolam retensi sebesar 30.900 m<sup>3</sup> dengan luas lahan 1 ha dan Fungsi lain dari kolam retensi adalah tempat rekreasi publik. Nilai Q<sub>banjir</sub> adalah 56,46 m<sup>3</sup>/det, sedangkan nilai Q<sub>tampungan</sub> adalah 51,360 m<sup>3</sup>/det, maka diperlukan pembangunan kolam retensi di Desa Bulota.

Kata Kunci: banjir, kolam retensi, hss nakayasu

#### A. Pendahuluan

Banjir merupakan bencana alam yang terjadi di kawasan yang dialiri oleh sungai alam atau akibat ketidakmampuan sungai menampung tingginya curah hujan. Kodoatie 2013 dalam Alia, dkk (2018) banjir juga disebabkan oleh besarnya limpasan yang tidak sebanding dengan kapasitas sungai yang ada.

Penyebab banjir dan lamanya genangan bukan hanya disebabkan oleh meluapnya air sungai, melainkan oleh kelebihan curah hujan dan fluktuasi muka air laut khususnya dataran aluvial pantai. Kelebihan air yang menggenangi suatu daerah yang biasanya kering terjadi sebagai akibat kapasitas sungai tidak mampu menampung air yang mengalir di atasnya atau berlebihnya air hujan lokal. Kelebihan air hujan lokal yang menyebabkan banjir dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu telah jenuhnya tanah di tempat tersebut dan masih tingginya ketinggian muka air di dalam alur sungai.

Kecamatan Limboto terbagi atas 14 desa dan salah satu desa yang rawan banjir adalah Desa Bulota. Pada musim penghujan sering terjadi banjir yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi dan luapan Sungai Bulota. Luas DAS Sungai Bulota sebesar 20,38 km² dan panjang sungai utama 9,48 km (Balai Wilayah Sungai Sulawesi II). Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan pengikisan daerah tepi sungai sehingga lebar sungai di desa tersebut lebarnya bertambah. Akibat melebarnya sungai tersebut lahan perkebunan masyarakat di sekitar tepi sungai sudah tidak bisa di fungsikan lagi. Kolam retensi salah satu menanggulangi banjir yang berfungsi untuk menggantikan peran lahan resapan yang beralih fungsi menjadi lahan tertutup. Fungsi lain dari kolam retensi adalah menampung air hujan langsung dan luapan sungai sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang terendah dari lahan atau tepi sungai.

#### B. Kajian Teoretis

#### 1. Analisis Hidrologi

Secara umum analisa hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik pengairan dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Proses analisis hidrologi mencakup proses pengolahan data curah hujan, koefisien pengaliran, data luas area pengaliran (catchment area), serta debit banjir rencana.

#### a. Siklus Hidrologi

siklus hidrologi merupakan proses kontinu di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%).

#### b. Curah Hujan

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis, termasuk indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan sehingga sering kali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi.

#### c. Tipe Hujan

Hujan terjadi karena udara basah yang naik ke atmosfer mengalami pendinginan sehingga terjadi proses kondensasi. Naiknya udara ke atas dapat terjadi secara sikloni, orografik, dan konvektif.

## d. Penentuan Hujan Kawasan

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu Metode Rerata Aritmatika, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isohiet.

$$p = \frac{A1p1 + A2p2 + \dots + AnPn}{A1 + A2 + \dots + An}$$
 (1)

dengan:

P: hujan rerata kawasan,

p1, p2, ..., pn: hujan pada stasiun 1,2,3 ..., n,

A1, A2, ...An: luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3..., n.

### 2. Analisis Frekuensi

Tujuan analisis frekuensi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrem yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan (Suripin, 2004). Dalam analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi:

a. Rata-rata

$$\frac{-}{\mathcal{X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \tag{2}$$

b. Simpangan baku

$$\mathbf{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - X)^2}{n}} \tag{3}$$

Dengan:

S: Deviasi standar,

Xi : Nilai varian ke i,

*X* : Nilai rata-rata varian,

*n* : Jumlah data.

Koefisien variasi

$$Cv = \frac{s}{x} \tag{4}$$

Dengan:

Cv: Koefisien Variasi,

Sd: Standar deviasi (mm),

 $\overline{X}$ : Curah hujan rata-rata (mm).

#### d. Koefisien Skewness

Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimestrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^{n} (X_i - X)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$
 (5)

## Dengan:

CS: Koefisien Skewness,Xi: Nilai varian ke i,X: Nilai rata-rata varian,

*n* : Jumlah data,

S: Simpangan Baku.

#### a. Distibusi Normal

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

$$XT = \overline{X} + KT. Sd \tag{6}$$

# Dengan:

XT : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T,

X : nilai rata-rata hitung varian,Sd : deviasi standar nilai varian,

KT: faktor frekuensi.

# b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah ke dalam bentuk logaritmik Y = log X. Jika variabel acak Y = log X terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi log normal. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan Persamaan 2.9.

$$Log XT = Log \overline{X} + KT. Sd Log Xrt$$
 (7)

## Dengan:

*Log XT*: perkiraan nilai yang terjadi dengan periode ulang T (mm),

 $Log \overline{X}$ : nilai rata-rata data curah hujan (mm),

Sd: deviasi standar nilai variat,

KT: Faktor Frekuensi.

# c. Distribusi Log Pearson III

Perhitungan curah hujan rencana menurut metode Log Person III, mempunyai langkah-langkah perumusan sebagai berikut:

 Mengubah data dalam bentuk logaritmis *X* = log *X*

2) Menghitung harga rata-rata

$$Log \mathcal{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log X_i}{n}$$
 (9)

(8)

3) Menghitung harga simpangan baku

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (\log x_{i-} \log x)^{2}}{n-1}\right]^{0.5}$$
 (10)

4) Menghitung koefisien Skewness

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^{n} (\log x_{i-} \log x)^{3}}{(n-1)(n-2)s^{3}}$$
(11)

Menghitung logaritma hujan atau banjir periode ulang T

$$Log XT = log X + K. Sd Log \overline{X}$$
 (12)

Dengan:

Log XT: perkiraan nilai yang diharapkan peroiode ulang T (mm),

Log X: harga rata-rata data curah hujan (mm),

Sd: standar deviasi,

Cs: koefisien kemencengan,

KT: nilai faktor frekuensi.

#### d. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan:

$$X = \overline{X} + Sd. K \tag{13}$$

## Dengan:

X: Harga rata-rata sampel,

 $\overline{X}$ : harga rata-rata data curah hujan (mm),

S : Standar deviasi,K : faktor frekuensi.

## e. Uji Kecocokan

Dalam analisis hidrologi dibutuhkan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah uji chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

## 1) Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai  $\chi^2$  yang dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\chi^{2} = \sum_{t=1}^{N} \frac{(Of - Ef)^{2}}{Ef} \tag{14}$$

dengan:

 $\chi^2$ : nilai Chi-Kuadrat terhitung,

Ef : frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,

Of : frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

N: jumlah sub kelompok dalam satu grup.

# 2) Uji Smirnov Kolmogrov

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov juga disebut uji kecocokan nonparametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, tetapi dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas.

# f. Distribusi Hujan

Distribusi hujan adalah berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau. Umumnya, hujan pada suatu wilayah tertentu memiliki pola distribusi hujan untuk hujan jam-jaman.

Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan dengan model pola distribusi hujan secara empiris yaitu *Alternating Block method* (ABM), *Modified Mononobe*, dan Tadashi Tanimoto. menurut Triatmodjo (2010) secara ringkas, masing-masing model dijelaskan sebagai berikut:

## Alternating Block Method (ABM)

Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat *Hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow dkk., 1998).

Dalam perencanaan, curah hujan rancangan yang ditetapkan berdasarkan anlisis perlu diubah menjadi langkung intensitas curah hujan. Lengkung tersebut diperoleh berdasarkan data curah hujan dalam rentang waktu yang pendek seperti, menit atau jam. berdasarkan data hujan harian menggunakan *Modified Mononobe*:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \tag{15}$$

Dengan:

I : intensitas hujan (mm/jam),

t: lamanya hujan (jam),

 $R_{24}$ : curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm).

Pembagian curah hujan yang terjadi selama selang waktu yang diperlukan untuk mendapatkan hidrograf banjir menggunakan hidrograf satuan sintetik, selang waktu yang diperlukan antara 5–7 jam (Sudarmin, 2017). Pembagian curah hujan dapat dihitung dengan menggunakan:

$$Rt = \frac{R24}{t} \times \left(\frac{6}{T}\right)^{2/3} \tag{16}$$

dengan:

Rt: rerata hujan dari awal sampai jam ke T (mm/jam),

 $R_{24}$ : curah hujan maksimum selama 24 jam (mm),

*T* : lamanya curah hujan (jam).

Pola distribusi hujan dtentukan berdasarkan model distribusi hipotetik yaitu menggunakan alternating block method karena tidak terdapat data pencatatan hujan otomatis atau tipikal pola distribusi hujan (Chow, 1997). Pola distribusi hujan selanjutnya dapat dihitung menggunakan:

$$R_T = T.Rt - (T - 1) \times R_{T-1}$$
 (17)

Dengan:

 $R_T$ : intensitas curah hujan untuk lama hujan T (mm/jam), Rt: rerata hujan dari awal sampai jam ke T (mm/jam),

T: lamanya curah hujan (jam),

 $R_{(T-1)}$ : rerata hujan awal sampai jam ke T-1.

Analisis curah hujan efektif dengan menganggap proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linear tidak berubah oleh waktu, Sudarmin (2017). Analisis curah hujan efektif dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.22.

$$R_n = C \times R \tag{18}$$

Dengan:

 $R_n$ : curah hujan efektif (mm/jam),

C : koefisien pengaliran,

R : curah hujan rencana (mm/jam).

# g. Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana menggunakan hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Bentuk HSS Nakayasu ditunjukkan pada Gambar 1 dan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot \frac{AR_e}{0.3T_p + T_{0.3}} \tag{19}$$

Dengan:

$$T_p = t_q + 0.8T_r \tag{20}$$

$$t_g = 0, 4 + 0,058 L (L > 15 km)$$
 (19)

$$t_g = 0,21 L^{0,7} (L < 15 km)$$
 (21)

$$T_{0,3} = \alpha t_q \tag{22}$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \tag{23}$$

 $Q_p$ : debit puncak banjir (m³/detik),

A : luas DAS (km²),

**R**<sub>e</sub>: curah hujan efektif (1 mm),

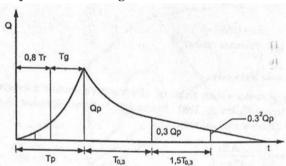
T<sub>p</sub> : waktu permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam),

 $T_{0,3}$ : waktu konsentrasi (jam),  $t_a$ : waktu konsentrasi (jam),

 $T_r$ : satuan waktu dari curah hujan (jam),  $\alpha$ : koefisien karakteristik DAS diambil 2,

L: panjang sungai utama (km).

Bentuk hidrograf satuan sintetis Nakayasu ditunjukkan pada Gambar 1 dengan berdasarkan pada persamaan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Bentuk Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu [2]

a. Pada kurva naik ( $0 < t < T_p$ )

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \tag{24}$$

b. Pada kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0, 3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \tag{25}$$

c. Pada kurva turun  $(T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1, 5T_{0,3})$ 

$$Q_t = Q_p \times 0, 3^{\left[(t-T_p) + (0.5T_{0.3})\right]/(1.5T_{0.3})}$$
 (26)

d. Pada kurva turun ( $t > T_p + T_{0,3} + 1$ ,  $5T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0, 3^{[(t-T_p)+(1.5T_{0.3})]/(2T_{0.3})}$$
(27)

#### 3. Perencanaan Hidrolika

Kecepatan Aliran

Seorang insinyur Irlandia bernama Robert Manning dalam Chow (1997) mengemukakan sebuah rumus untuk menghitung kecepatan rata-rata menggunakan rumus:

$$v_{-}^{1}R^{2/3}S^{1/2} \tag{28}$$

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{A}}{\mathbf{P}} \tag{29}$$

$$P = B + 2h (m^2 + 1)^{0.5}$$
(30)

## Dengan:

v : kecepatan rata-rata (m/detik),

R: jari-jari hidrolik (m),

S: kemiringan dasar saluran,
n: koefisien kekasaran manning,
A: luas penampang basah (m²),

P: keliling basah (m),
B: lebar dasar saluran (m),

h: tinggi muka air (m).

## C. Metode Penelitian

#### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Bulota, Kabupaten Kota Gorontalo. Kolam retensi ini direncanakan untuk mengurangi debit banjir yang terjadi di Desa Bulota. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

#### 2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah:

- a. Theodolite untuk mengukur topografi sungai.
- b. Meteran untuk mengukur panjang dan lebar sungai, serta kedalaman sungai.
- c. *Smart phone* digunakan untuk mengambil dokumentasi atau gambar lokasi penelitian.
- d. Alat tulis-menulis untuk mencatat hasil bacaan yang diperoleh dari alat yang digunakan.
- e. Laptop yang digunakan untuk mengolah data seperti *foftware Excel* dan *Autocad*.

#### 3. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan yang meliputi:

- a. Profil Sungai Bulota berupa lebar dan tinggi sungai;
- b. Kecepatan aliran sungai.

Data sekunder sekunder adalah data-data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait yang dalam hal ini yaitu Balai Wilayah Sungai Sulawesi II yang meliputi:

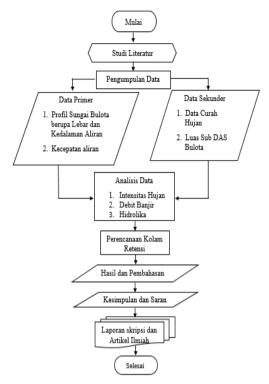
- a. Data curah hujan harian tahun 2011-2020,
- b. Luas Sub DAS Bulota.

#### 4. Metode Analisis Data

Analisis data yang dimaksud adalah menganalisis frekuensi data curah hujan menggunakan distribusi Normal, Log Normal, Log Person III, dan Gumbel. Kemudian menguji kecocokan menggunakan uji Smirnov Kolmogorov dan uji Chi-Kuadrat, serta melakukan perhitungan intensitas hujan dengan rumus Mononobe.

Tahapan penelitian penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut.

- Menentukan lokasi dengan mengumpulkan datadata yang digunakan sebagai referensi dalam menentukan tahapan untuk penelitian selanjutnya.
- Pengumpulan data berupa data curah hujan dan luas DAS Bulota yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai II.
- c. Penentuan untuk menghitung intensitas curah hujan digunakan persamaan Mononobe.
- d. Perhitungan debit banjir menggunakan metode *HSS Nakayasu*.
- e. Menghitung volume tampungan berdasarkan hidrograf banjir yang masuk ke kolam. Perencanaan kapasitas kolam berdasarkan pada perhitungan debit banjir rencana yang masuk ke kolam.
- f. Menyajikan hasil dan pembahasan serta menyimpulkan hasil penelitian.
- g. Menyajikan laporan skripsi dan artikel ilmiah. Secara ringkas tahapan penelitian ini ditunjukkan dalam bentuk bagan alir pada gambar berikut.



Gambar 3 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

## D. Hasil dan Pembahasan

Kabupaten Gorontalo meruapakan kabupaten yang berada di tengah Provinsi Gorontalo dengan letak astronomis 0° 19 00 - 1° 57 00 Lintang Utara dan 121° 23 00 - 125° 14 00 Bujur Timur. Secara geografs mempunyai luas 2.125,47 km² atau 15,55 persen dari luas Provinsi Gorontalo. Desa Bulota dengan letak posisi geografis 0° 39 29,2 N 123° 00 05,1 E (Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo, 2021). Luapan air Sungai Bulota menyebabkan pengikisan pinggir sungai dan lahan masyarakat tidak dapat difungsikan. Pembangunan kolam retensi mencegah adanya luapan sungai yang terjadi akibat curah hujan yang tinggi.

# Analisis Hidrologi

Hasil curah hujan dari kedua stasiun dirata-ratakan dengan metode Poligon Thiessen dengan nilai maksimum yang diambil adalah nilai tertinggi dari kedua stasiun. Rekapitulasi dari hasil analisis distribusi curah hujan maksimum dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1**Data Curah Hujan Harian Max

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
1	2011	31.6
2	2012	57.0
3	2013	65.1
4	2014	60.0
5	2015	70.3
6	2016	127.5
7	2017	50.1
8	2018	75.3
9	2019	43.0
10	2020	80.0

#### 1. Analisis Parameter Statistik

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *Skewness*. Analisis frekuensi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi adalah Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel. Berikut hasil perhitungan untuk menentukan parameter statistik yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2**Analisis Parameter Statistik

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
			Perhitungan	
1	Normal	$C s \approx 0$	Cs = 1.38	Tidak
		$Cs \approx 3$	Ck = 6.81	Memenuhi
2	Log	C s ≈ + 3Cw=	Cs = 1.38	Tidak
	Normal	1,25		Memenuhi
		$Ck = Cv^8 + 6Cv +$	Ck = 6.81	
		$15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$		
		= 5,91		
3	Gumbel	Cs = 1,44	Cs = 1.38	Tidak
		Ck = 5.4	Ck = 6.81	Memenuhi
4	Log Pearsor	n Tipe III Selain dari	Cs 1,38	Memenuhi
	nilai di atas	_	Ck = 6.81	

Berdasarkan penentuan pemilihan jenis distribusi hasil yang memenuhi syarat adalah distribusi Log Person Tipe III.

## 2. Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji sebaran data yang memenuhi syarat untuk data perencanaan.

**Tabel 3** Uji Kecocokan Sebaran

Probabilitas	Ef	Of	Ef-Of	$(Ef-Of)^2/Ef$
0,00 <p<0,25< td=""><td>2.5</td><td>2</td><td>0.5</td><td>0.100</td></p<0,25<>	2.5	2	0.5	0.100
0,25 <p<0,50< td=""><td>2.5</td><td>3</td><td>-0.5</td><td>0.100</td></p<0,50<>	2.5	3	-0.5	0.100
0,50 <p<0,75< td=""><td>2.5</td><td>3</td><td>-0.5</td><td>0.100</td></p<0,75<>	2.5	3	-0.5	0.100
0,75 <p<1,00< td=""><td>2.5</td><td>2</td><td>0.5</td><td>0.100</td></p<1,00<>	2.5	2	0.5	0.100
	10	10	$\chi^2$	0.400

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.9 uji Chi-Kuadrat dengan derajat kebebasan DK = 1 diperoleh dari tabel 2.8 syarat untuk uji Chi-Kuadrat yaitu  $x^2 < x^2_{\rm cr}$ , maka nilai  $x^2 = 0,400 < xcr^2 = 3,841$  sehingga jenis distribusi Log Pearson III dapat digunakan karena memenuhi syarat.

**Tabel 4**Uji Smirnov-Kolmogrov

m	Xi	P=m/m	P(x<) =	K=(Xi -	P'(x)	D=P'(x)-
		+ 1	1.P	$\overline{X}$ )Sd		P(x <)
1	127.53	0.09	0.91	2.35	0.99	0.08
2	80.05	0.18	0.82	0.54	0.71	-0.00
3	75.27	0.27	0.73	0.35	0.64	-0.09
4	70.31	0.36	0.64	0.16	0.56	-0.07
5	65.09	0.45	0.55	-0.03	0.49	-0.06
6	59.98	0.55	0.45	-0.23	0.41	-0.05
7	57.03	0.64	0.36	-0.34	0.37	0.00
8	50.12	0.73	0.27	-0.61	0.27	0.00
9	43.04	0.82	0.18	-0.88	0.19	0.01
10	31.55	0.91	0.09	-1.32	0.09	0.00
$\overline{X}$	66.00				$\Delta$ Maks	0.08
Sd	26.18				$\Delta$ kritik	0.41

Syarat uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov adalah  $\Delta$ maks < $\Delta$ kritik. Hasil uji kecocokan dari Tabel 4.10 adalah  $\Delta$ maks = 0,08 < $\Delta$ kritik = 0,41, maka metode Log Person Tipe III pada analisis distribusi frekuensi memenuhi syarat.

# 3. Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, itensitanya cenderung makin tinggi; dan makin besar periode ulangnya, makin tinggi pula intensitasnya.

**Tabel 5** Intensitas Hujan

Durasi	Kala Ualang T									
(menit)	5	10	25	50	100					
5	164.388	195.432	235.608	266.278	297.662					
10	103.558	123.114	148.423	167.744	187.515					
15	79.029	93.954	113.268	128.013	143.101					
20	65.237	77.557	93.501	105.672	118.127					
45	37.993	45.168	54.454	61.542	68.796					
45	37.993	45.168	54.454	61.542	68.796					
60	31.363	37.286	44.951	50.802	56.790					
120	19.757	23.488	28.317	32.003	35.775					

180	15.078	17.925	21.610	24.423	27.302
240	12.446	14.797	17.839	20.161	22.537
300	10.726	12.751	15.373	17.374	19.422
360	9.498	11.292	13.613	15.386	17.199

# 4. Perhitungan Debit Banjir

Pola distribusi hujan (*hyetograph*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pola distribusi hujan jam-jaman menggunakan rumus Mononobe persamaan 2.20, selang waktu yang diperlukan antara 5–7 jam. Perhitungan distrbusi hujan ditunjukkan pada Tabel 6.

$$Rt = \frac{R24}{t} \times \left(\frac{6}{T}\right)^{2/3}$$
$$= \frac{R24}{t} \times \left(\frac{6}{1}\right)^{2/3}$$
$$= 0.55R24$$

Tabel 6 Intensitas Hujan

T(jam)	R <sub>t</sub> (mm/jam)
1	$0.55 R_{24}$
2	$0.35 R_{24}$
3	$0.26~R_{24}$
4	$0.22~R_{24}$
5	$0.19~R_{24}$
6	$0.17~R_{24}$

Hujan harian maksimum diperoleh dari Tabel 4.10 dengan koefisien pengaliran 0,85 dari tabel (2.10), maka diperoleh hujan efektif pada setiap kala ulang. diperoleh hasil analisis distribusi hujan jam-jaman dengan mengalikan hasil curah hujan efektif dan pola distribusi hujan jam-jaman.

**Tabel 7**Curah Hujan Efektif

Durasi	Distribusi		Hujan Efektif (mm)							
(menit)	(%)	5	10	25	50	100				
		Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun				
		76.90	91.42	110.21	124.56	139.24				
1	55.03	42.32	50.31	60.65	68.55	76.63				
2	14.30	11.00	13.08	15.76	17.82	19.92				
3	10.03	7.72	9.17	11.06	12.50	13.97				
4	7.99	6.14	7.30	8.80	9.95	11.12				
5	6.75	5.19	6.17	7.43	8.40	9.39				
6	5.90	4.53	5.39	6.50	7.34	8.21				

## 5. Analisis Debit Banjir HSS Nakayasu

Hasil debit yang diperoleh adalah 1,619 m³/detik untuk Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu dan diubah menjadi debit untuk hidrograf banjir dengan menggunakan curah hujan jam-jaman.

**Tabel 8**Analisis Debit Banjir HSS Nakayasu

No	Keterangan	Besaran	Satuan
1	Luas DAS (A)	11.566883	Km <sup>2</sup>
2	Panjang Sungai (L)	7	Km
3	Waktu Konsentrasi Tg	0.81995104	Jam
4	Waktu Konsentrasi 0,3	1.639902086	Jam
5	Waktu Lama Hujan	0.409975522	Jam
6	Waktu Puncak T <sub>p</sub>	1.14793146	Jam
7	0,3 Tp	0.344379438	Jam
8	Debit Puncak Banjir Q1	1.619	m³/detik

# a. Analisis Kapasitas Tampung

Kapasitas debit Sungai Bulota untuk mengetahui sungai tersebut dapat menampung atau mengalirkan debit banjir yang ada.

Kondisi sungai yang ada di lokasi tersebut memiliki luas penampang basah 1,6 m², luas penampang sungai 38,477 m² dan keliling basah 40,200. Hasil pengukuran topografi sungai di lapangan menggunakan alat *Theodolite*, elevasi dasar sungai di STA 0+00 = +73,413 dan di STA 0+25 =

+73,372 dengan jarak 25 m sehingga diperoleh kemiringan dasar sungai 0,0017. Pengukuran kecepatan aliran menggunakan rumus manning pada Persamaan 2.32.

$$R = \frac{\text{luas penampang sungai}}{\text{keliling basah}}$$

$$= \frac{38.477}{40.200} = 0,957 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0.03}0,957^{2/3} \times 0,0017^{1/2}$$

$$= 1,335 \text{ m/detik}$$

Hasil pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan rumus Manning dapat diperoleh hasil debit. Untuk rumus debit yang digunakan Persamaan 2.33.

$$Q = A \times v$$
  
= 38,477 x 1,33  
= 51,360 m<sup>3</sup>/detik

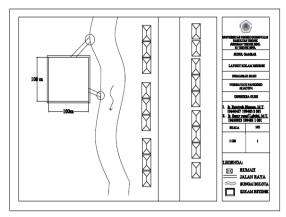
## b. Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir ini menggunakan Metode Muskingum yang penelusurannya melalui banjir sungai dengan memodelkan volume tampungan banjir dialur sungai. Untuk nilai K diperkirakan dari waktu perjalanan air di sungai, nilai K = 3,6. Nilai x dilakukan dengan kalibrasi dan x = 0,1. Interval waktu yang digunakan pada penelusuran ini  $\Delta t$  = 1 iam.

$$C_0 = \frac{\Delta t/K - 2x}{2(1-x) + (\Delta t/K)} = \frac{1/3,6 - 2(0,1)}{2(1-0,1) + (1/3,6)} = 0,037$$

$$C_1 = \frac{\Delta t/K + 2x}{2(1-x) + (\Delta t/K)} = \frac{1/3,6 + 2(0,1)}{2(1-0,1) + (1/3,6)} = 0,22$$

$$C_2 = \frac{2(1-x) - \Delta t/K}{2(1-x) + (\Delta t/K)} = \frac{2(1-0,1) - (1/3,6)}{2(1-0,1) + (1/3,6)} = 0,732$$



Gambar 4. Layout Kolam Retensi

## E. Penutup

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1. Berdasarkan hasil hitungan menggunakan metode HSS *Nakayasu* debit puncak pada kala ulang 10 tahun diperoleh debit sebesar 56,46 m³/det.
- 2. Volume tampungan yang tersedia untuk pembuatan kolam retensi sebesar 30.900 m³ yang fungsinya dapat dibuat kolam retensi dan tempat rekreasi publik.
- 3. Nilai Q<sub>banjir</sub> adalah 56,46 m³/det sedangkan debit tampungan sungai bulota sebesar 51,360 m³/det. Sungai Bulota tidak dapat menampung debit yang dihasilkan, maka diperlukan pembangunan kolam retensi untuk mereduksi banjir.

## Referensi

- [1] Alia, F., Rhaptyalyani & Ilmiaty, R. S., 2018. Perencanaan Kolam Retensi Untuk Pengendali Banjir di RSMH Kota Palembang. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, VII(1), Hal. 13-17.
- [2] Andayani, R., Djohan, B. & Arlingga, K. A., 2015. Penanganan Banjir dengan Kolam Retensi (Retarding Basin) di Kelurahan Gandus Kota Palembang. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik-UTp*, Hal. 27-33.

- [3] Astuti, D., Siswanto & Suprayogi, I., 2016. Analisis Kolam Retensi Sebagai Pengendali Banjir Genangan di Kecamatan Payung Sekaki. III(1), Hal. 1-13.
- [4] Kodoatie, R. J. & Sugiyanto, 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [5] Sudarmin, M. A., 2017. Analisis debit banjir rancangan dan kapasitas pelimpah bendungan way yori, Makassar: Universitas Hasanudin.
- [6] Triatmodjo, B., 2009. *Hidrologi Terapan*. 2 ed. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- [7] Wisler, C. O. & Brater, E. F., 1959. *Hydrology*. New York: Wiley.

# Analisis Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Kapasitas Dukung Fondasi Telapak Bujur Sangkar di Kota Gorontalo

Ria Defriyanti Ali Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: ria\_slsipil2017@mahasiswa.ung.ac.id

Indriati Martha Patuti Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: indri.m.patuti@ung.ac.id

Fadly Achmad Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: fadly@ung.ac.id

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas dukung fondasi telapak bujur sangkar dengan memperhitungkan kondisi muka air tanah. Lokasi penelitian dilakukan di Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya, Kota Gorontalo. Data yang digunakan adalah data primer berupa data tinggi muka air tanah, dan data sekunder berupa data karakteristik tanah di Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya, Kota Gorontalo. Analisis kapasitas dukung fondasi menggunakan metode Terzaghi dengan bantuan software GEO5. Nilai kapasitas dukung izin pada perhitungan manual terendah terletak di Kecamatan Kota Tengah dengan kondisi muka air tanah asli (z>B) sebesar 57,30 kN/m² dan kondisi muka air tanah rencana (dw<Df) sebesar 46,84 kN/m². Nilai kapasitas dukung izin di Kecamatan Dumbo Raya dengan kondisi muka air tanah asli (dw<Df) adalah sebesar 544,10 kN/m² dan pada kondisi MAT dengan z>B sebesar 659,06 kN/m<sup>2</sup>. Perbedaan nilai kapasitas dukung izin untuk dua kondisi pada satu kecamatan disebabkan tinggi muka air tanah vang berbeda, dimensi fondasi, dan jenis tanah.

Kata Kunci: muka air tanah, fondasi telapak, kapasitas dukung

#### A. Pendahuluan

Fondasi merupakan elemen struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah. Fondasi pada struktur bangunan berfungsi untuk meneruskan beban struktur dari atas ke lapisan tanah di bawahnya. Berdasarkan fungsi dari fondasi yang sangat penting dalam sebuah bangunan, fondasi harus didesain secara teliti agar konstruksi di atasnya dapat dipikul dan berdiri dengan kokoh.

Kota Gorontalo merupakan daerah yang saat ini semakin berkembang di Provinsi Gorontalo. Dampak dari hal tersebut yaitu terjadi penambahan gedung di Kota Gorontalo. membutuhkan gedung Pembangunan perencananaan fondasi, vaitu mendesain dimensi dan kedalaman fondasi dengan melihat jenis tanah di bawah fondasi dan letak muka air tanah agar fondasi tidak mengalami penurunan yang berlebihan. Pada umumnya, masyarakat membangun gedung sering mengabaikan kondisi di bawah fondasi sehingga dalam perencanaan fondasi dangkal perlu diketahui kondisi tanah di bawahnya. Hal ini dikarenakan kondisi tanah yang berbeda-beda. Pihak pelaksana pembangunan biasanya menganggap bahwa bentuk fondasi dan dimensi bisa dirancang tanpa harus melihat fungsi dari gedung dan besarnya beban yang bekerja.

Beberapa penelitian tentang analisis kapasitas dukung telah banyak dilakukan sebelumnya, di antaranya tentang pengaruh muka air tanah terhadap karakteristik tanah yang memengaruhi kestabilan fondasi [1], [2], dan [3]. Analisis kapasitas dukung fondasi dangkal pada tanah lunak di daerah dengan muka air tanah dangkal dilakukan oleh [4], sedangkan penelitian tentang pengaruh tinggi muka air tanah terhadap kapasitas dukung fondasi telapak pada tanah keras dilakukan oleh [5].

## B. Kajian Teoretis

### 1. Fondasi

Fondasi adalah bagian bangunan yang terletak paling bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan di dasar fondasi. Fondasi biasanya dibedakan menjadi dua bagian, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal adalah fondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti fondasi telapak, fondasi memanjang, dan fondasi rakit. Kekuatan fondasi dangkal terdapat pada luas alasnya atau luas bidang kontak terhadap lapisan tanah pendukungnya karena fondasi ini berfungsi untuk meneruskan sekaligus meratakan beban yang diterima oleh tanah [6].

## 2. Metode Kapasitas Dukung Tanah pada Fondasi Dangkal

Kapasitas dukung (bearing capacity) adalah kekuatan tanah atau batuan untuk menahan suatu beban yang bekerja padanya yang biasanya disalurkan melalui fondasi [7]. Faktor yang memengaruhi nilai kapasitas dukung tanah yaitu sifat-sifat dasar tanah, pengaruh air tanah, bentuk fondasi di atasnya, serta jenis konstruksi yang akan dibangun [8]. Kapasitas dukung tanah yang diharapkan untuk mendukung fondasi adalah kapasitas dukung yang mampu memikul beban struktur sehingga fondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi [9]. Besarnya kapasitas dukung tanah terhadap fondasi tergantung dari sifat-sifat tanah, kedalaman, dan dimensi fondasi. Nilai kapasitas dukung fondasi dapat dihitung berdasarkan karakteristik kuat geser tanah yang diperoleh dari hasil pengujian tanah di lapangan [10]. Untuk menghitung kapasitas dukung fondasi terdapat beberapa metode yaitu berdasarkan metode Terzaghi dan berdasarkan pengaruh muka air tanah.

## a. Analisis Kapasitas Dukung Terzaghi

Perhitungan kapasitas dukung fondasi pada metode analisis Terzaghi terdapat beberapa persamaan yang sering digunakan berdasarkan faktor bentuk adalah sebagai berikut.

• Fondasi lajur memanjang

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5\gamma BN_{\gamma}$$
(1)

• Fondasi berbentuk lingkaran

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma N_q + 0.3 \gamma B N_{\gamma}$$
(2)

• Fondasi berbentuk bujur sangkar

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma N_q + 0.4 \gamma BN_{\gamma}$$
 (3)

Fondasi berbentuk bujur sangkar

$$q_u = cN_c(1+0.3B/L) + D_f \gamma N_q + 0.4\gamma BN_{\gamma}(1-0.2B/L)$$
 (4)

## Dengan:

 $q_u$  : kapasitas dukung ultimit untuk fondasi

memanjang (kN/m²),

 $c_u$ : kohesi (kN/m²),

 $p_o = D_f \gamma$ : tekanan overburden pada dasar fondasi (kN/m²),

y : berat volume tanah yang dipertimbangkan terhadap kedudukan muka air tanah (kN/m³),

 $D_f$ : kedalaman fondasi (m),

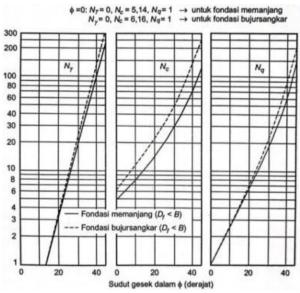
B: lebar fondasi (m),
L: panjang fondasi (m),

 $N_c N_q N_{\gamma}$ : faktor kapasitas dukung Terzaghi.

Untuk mendapatkan keamanan dari kapasitas dukung fondasi maka kapasitas dukung ultimit fondasi dibagi dengan faktor aman seperti ditunjukkan pada Persamaan 5.

$$q_a = \frac{q_u}{f_s} \tag{5}$$

Faktor kapasitas dukung tanah bergantung pada sudut gesek dalam, Nc, Nq, dan Nγ. Nilai kapasitas dukung tanah Terzaghi seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1 Nilai Kapasitas Dukung Terzaghi [6]

**Tabel 1**Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi [6]

Fakto	r Kapası	tas Duku					
$\varphi^{\circ} = \frac{\text{Keruntuhan Geser Umum}}{N_{\circ}} = \frac{N_{\circ}}{N_{\circ}}$				$\boldsymbol{\varphi}^{\circ}$	Keruntuhan Geser Umum		
φ	$N_c$	$N_q$	Nγ	φ	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma}$
0	5,70	1,0	0,00	 26	27,09	14,21	11,35
1	6,00	1,10	0,09	27	29,24	15,90	13,25
2	6,30	1,22	0,18	28	31,61	17,81	15,15
3	6,62	1,35	0,28	29	34,24	19,98	17,44
4	6,97	1,49	0,38	30	37,16	22,46	19,73
5	7,34	1,64	0,50	31	40,41	25,28	23,61
6	7,73	1,81	0,62	32	44,04	32,23	27,49
7	8,15	2,00	0,77	33	48,09	36,50	32,23
8	8,60	2,21	0,91	34	52,64	41,44	36,96
9	9,09	2,44	1,08	35	<i>57,</i> 75	47,16	42,40
10	9,61	2,69	1,25	36	63,53	53,80	51,70
11	10,16	2,98	1,48	37	70,01	61,55	62,59
12	10,76	3,29	1,70	38	<i>77,</i> 50	70,61	73,47
13	11,41	3,63	1,97	39	85,97	81,27	86,93
14	12,11	4,02	2,23	40	95,67	81,27	100,39
15	12,86	4,45	2,50	41	106,81	93,85	121,04
16	13,68	4,92	2,94	42	119,67	108,75	150,69
17	14,60	5,45	3,41	43	134,58	126,50	186,99
18	15,12	6,04	3,87	44	151,95	147,74	248,29
19	16,57	6,70	4,42	45	172,28	173,28	297,50
20	17,69	7,44	4,97	46	196,22	204,20	426,96
21	18,92	8,26	5 <i>,</i> 79	 47	224,55	241,80	574,79

22	20,27	9,19	6,61	48	258,28	287,86	742,61
23	21,75	10,23	7,60	49	298,71	344,63	947,88
24	23,36	11,40	8,58	50	347,52	415,16	1153,15
25	25,13	12,72	9,97		•		•

b. Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Kapasitas Dukung Fondasi

1)

Kondisi Muka Air Sangat Dalam (z>B) Jika muka air tanah sangat dalam dibandingkan dengan lebar fondasi atau z>B dengan z adalah jarak muka air tanah di bawah dasar fondasi (Gambar 2.2a) nilai  $\gamma$  dalam suku ke-2 dari persamaan kapasitas dukung adalah volume basah ( $\gamma_b$ ) atau volume kering ( $\gamma_d$ ). Pada suku ke-3 dipakai nilai nilai berat volume basah ( $\gamma_b$ ) atau volume kering ( $\gamma_d$ ). Untuk kondisi ini, parameter kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif (z' dan  $\varphi'$ ). Pada kondisi ini, persamaan kapasitas dukung  $\gamma_u$  menjadi:

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma_b N_q + 0.4 \gamma_d BN_\gamma$$
 (6)

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma_d N_q + 0.4 \gamma_d B N_{\gamma}$$
 (7)

2) Kondisi Muka Air Tanah Terletak di Atas atau Sama dengan Dasar Fondasi  $(d_w < D_f)$  Jika muka air tanah terletak di atas atau sama dengan dasar fondasi (Gambar 2,2b) berat volume yang dipakai dalam suku ke-3 pada persamaan kapasitas dukung harus berat volume efektif karena zona geser yang terletak di bawah fondasi sepenuhnya terendam air. Pada kondisi ini persamaan kapasitas dukung menjadi:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{w} \tag{9}$$

 $D_f$ merupakan kedalaman fondasi dan  $d_w$  merupakan kedalaman muka air tanah dari permukaan.

3) Kondisi Muka Air Tanah di Permukaan ( $d_w$ =0) Jika muka air tanah di permukaan atau  $d_w$  = 0, maka  $\gamma$  persamaan kapasitas dukung pada suku ke-2 digantikan dengan  $\gamma'$ , sedangkan  $\gamma$  pada persamaan kapasitas dukung suku ke-3 juga dipakai berat volume efektif  $\gamma'$ . Pada kondisi ini persamaan kapasitas dukung menjadi:

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma' N_q + 0.4 \gamma' \text{BN}_{\gamma}$$
 (10)

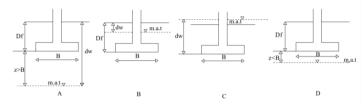
4) Kondisi Muka Air Tanah di Bawah Dasar Fondasi (z<B) Jika muka air tanah terletak pada kedalaman z di bawah dasar fondasi (z<B) (Gambar 2.2d), nilai  $\gamma$  pada persamaan kapasitas dukung suku ke-2 digantikan dengan  $\gamma_b$  bila tanahnya basah, dan  $\gamma_a$  bila tanahnya kering. Hal tersebut disebabkan karena massa tanah dalam zona geser sebagian terendam air, berat volume tanah yang diterapkan dalam persamaan kapasitas dukung suku ke-3 dapat didekati dengan berat volume tanah rata-rata ( $\gamma_{rt}$ ):

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma_b N_q + 0.4 \gamma_{rt} BN_{\gamma}$$
 (11)

$$q_u = 1.3 \text{cN}_c + D_f \gamma N_q + 0.4 \gamma BN_{\gamma}$$
 (12)

dengan:

(13)



Gambar 3. Kondisi Muka Air Tanah Fondasi Telapak [6]

Pada waktu menggunakan Persamaan 1 perlu mempertimbangkan bahwa tanah fondasi merupakan tanah yang mampu meloloskan air atau tidak. Pada tanah fondasi yang mudah meloloskan air seperti tanah granuler, setiap pembebanannya relatif tidak terjadi kelebihan tekanan air pori, maka parameter kuat geser yang digunakan harus diperoleh dari pengujian dalam kondisi drained (terdrainase) atau digunakan parameter tegangan efektif [6].

Pada tanah fondasi yang berbutir halus yang terendam air karena tanah ini tidak mudah meloloskan air, maka parameter kuat geser tanah yang digunakan pada tinjauan jangka pendek harus didasarkan pada kondisi *undrained* (tak terdrainase). Parameter kuat geser yang digunakan harus berupa parameter tegangan total dengan nilai sudut gesek dalam dan kohesi pada kondisi tak terdrainase [6].

#### 3. GEO5 Suite 2020

GEO5 (Geotechnical Engineering Software) adalah sebuah software geoteknik yang dikeluarkan oleh Fine Software. GEO5 dapat dioperasikan pada komputer berbasis Windows. GEO5 dikhususkan untuk menghitung dan menganalisis masalah-masalah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah, misalnya pekerjaan pemancangan, dinding penahan tanah, menganalisis penurunan tanah,

menganalisis stabilitas lereng, kapasitas dukung fondasi, dan lain sebagainya seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Software GEO5

#### Metode Penelitian C.

#### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada di Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya Kota Gorontalo. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

#### Alat dan Bahan 2.

Dalam melakukan penelitian diperlukan alat dan bahan sebagai bahan pendukung dalam suatu penelitian. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

#### a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu meteran, perangkat lunak *GEO5*, kamera untuk dokumentasi, laptop dan printer, dan 1 sdkkat untuk pengujian karakteristik tanah.

#### b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa tanah. Tanah yang diuji merupakan hasil bor dari beberapa kecamatan di Kota Gorontalo.

## 3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Sumber data yang digunakan yaitu sebagai berikut.

### a. Data Primer

Data primer yang didapatkan yaitu data tinggi muka air tanah berdasarkan sumur warga di sekitar lokasi penelitian.

## b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari laporan hasil praktikum mekanika tanah mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo. Data sekunder berupa data tanah dari uji tekan bebas, uji geser langsung, uji berat jenis, uji berat volume, uji kadar air, uji batas-batas atterberg, uji distribusi ukuran butiran, uji permeabilitas, dan uji konsolidasi. Untuk asumsi beban rencana digunakan data sekunder [11].

### 4. Metode Analisis Data

Pengolahan data dilakukan setelah pengumpulan data telah selesai. Analisis data pada penelitian ini diawali dengan melakukan analisis kapasitas dukung fondasi menggunakan persamaan Terzaghi dan Peck. Analisis kapasitas dukung juga dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *GEO5* sebagai pembanding.

## 5. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini diuraikan sebagai berikut

- a. Tahapan pertama yaitu dilakukan identifikasi dan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yaitu berupa analisis antara data lapangan dengan teori yang ada pada studi literatur sesuai dengan tujuan penelitian.
- b. Tahapan kedua yaitu pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini. Data yang diperlukan yaitu data tinggi muka air tanah dan data hasil pengujian tanah di laboratorium yaitu berupa hasil uji kadar air, uji berat volume tanah, uji distribusi ukuran butiran, uji batas-batas atterberg, uji berat jenis, uji tekan bebas, uji geser langsung, uji konsolidasi, dan uji permeabilitas.
- c. Tahapan ketiga yaitu analisis data. Pada tahapan ini dilakukan perencanaan dimensi fondasi dan analisis perhitungan kapasitas dukung fondasi telapak dan menggunakan *software GEO5*.
- d. Tahapan keempat yaitu membuat pembahasan dari hasil keseluruhan perhitungan analisis kapasitas dukung fondasi.
- e. Tahapan kelima yaitu membuat kesimpulan dan saran dari hasil analisis dari penelitian.

#### D. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Parameter Tanah Lokasi Penelitian

Pengujian tanah di lapangan dilakukan dengan uji handbor dan dilakukan pengujian karakteristik sampel

tanah di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo. Berikut sifat fisik dan mekanis tanah pada setiap lokasi penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2**Data Sifat Fisik dan Mekanis Sampel Tanah

No	Deskripsi	Satuan	Simbol	Dumbo	Kota
				Raya	Tengah
1.	Kedalaman sampel tanah <i>UDS</i>	m		1,2-1,7	2,0-2,5
2.	Muka Air Tanah	m	$d_w$	0,53	0,65
3.	Berat Volume Basah	kN/m³	$\gamma_b$	14,47	12,59
4.	Berat Volume Jenuh Air	kN/m³	$\gamma_{sat}$	18,85	18,19
5.	Berat Jenis	$kN/m^3$	Gs	2,65	2,58
6.	Uji Kuat Tekan Bebas				
	a. Kohesi	kN/m <sup>2</sup>	$C_{u}$	-	20,06
	b. Sudut Gesek	0	Φ	-	30,00
7.	Uji Geser Langsung				
	a. Kohesi	$kN/m^2$	$C_{u}$	0,21	-
	b. Sudut Gesek Dalam	0	Φ	16,00	-

Berdasarkan Tabel 2, jenis tanah di Kecamatan Dumbo Raya adalah tanah lempung, sedangkan di Kecamatan Kota Tengah jenis tanahnya adalah lempung kaku.

#### 2. Letak Muka Air Tanah

Kondisi muka air tanah asli didapat dari pengukuran muka air tanah di sumur pada saat musim hujan. Kondisi muka air tanah rencana ditentukan berdasarkan kondisi muka air tanah asli. Jika muka air tanah asli dalam, maka muka air tanah rencana diperoleh dari hasil pengurangan muka air tanah asli dengan 200% lebar fondasi sementara untuk kondisi muka air tanah asli yang dangkal, muka air tanah rencana diperoleh dengan penjumlahan antara muka air tanah asli dengan 200% lebar fondasi. Kondisi muka air tanah asli dan muka air tanah rencana yang didasarkan pada Gambar 3 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Letak Muka Air Tanah

No	Lokasi	Lebar Fondasi	Kedala- man	Tinggi Muka Air Tanah (m)		Keterangan	
		(m)	Fondasi (D <sub>f</sub> ) (m)	MAT Asli	MAT Rencana	MAT Asli	MAT Rencana
1	Kelurahan Dulalowo, Kota Tengah	2,00	2,00	0,65	4,65	$d_w$ $D_f$	z B
2	Kelurahan Talumolo, Dumbo Raya	1,50	1,50	0,65	3,65	$d_w$ $D_f$	z B

## 3. Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal

Analisis kapasitas dukung fondasi dilakukan berdasarkan perhitungan manual dan software. Hitungan analisis kapasitas dukung secara manual menggunakan metode Terzaghi. Analisis kapasitas dukung fondasi dihitung dengan beberapa variasi kondisi tinggi muka air tanah asli di lapangan dan tinggi muka air tanah rencana. Tinggi muka air tanah rencana disesuaikan dengan tinggi muka air tanah asli. Jika muka air tanah asli sangat dalam, maka tinggi muka air tanah rencana dianggap dangkal; sedangkan jika tinggi muka air tanah asli di lapangan dangkal, maka tinggi muka air tanah rencana dianggap sangat dalam.

Perhitungan kapasitas dukung pada Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya Kota Gorontalo didesain dengan dimensi fondasi dan kedalaman fondasi yang bervariasi yaitu disesuaikan dengan kedalaman sampel agar memenuhi persyaratan  $\frac{D_f}{B} \leq 1$ . Hasil analisis kapasitas dukung dengan kondisi muka air tanah asli di lapangan pada kecamatan-kecamatan lain ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4**Hasil Analisis Kapasitas Dukung dengan Variasi Dimensi dan Kedalaman Fondasi dalam Keadaan Muka Air Tanah Asli.

No	Lokasi	Kapasitas Dukung Ultimit ( <i>q<sub>u</sub></i> ) (kN/m <sup>2</sup> )	Kapasitas Dukung Ijin ( <i>q<sub>a</sub></i> ) (kN/m <sup>2</sup> )	Tekanan di Dasar Fondasi (q) (kN/m²)	Kontrol
1	Kelurahan Dulalowo,	1.508,97	502,99	273,70	Aman
2	Kecamatan Kota Tengah Kelurahan Talumolo, Kecamatan Dumbo Raya	1.632,29	544,10	486,58	Aman

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa fondasi dengan variasi dimensi dan kedalaman pada kondisi muka air tanah asli di dua kecamatan (Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya) menunjukkan kapasitas dukung izinnya memenuhi syarat karena tekanan yang terjadi di dasar fondasi tidak melebihi kapasitas dukung izin. Hasil kapasitas dukung yang berbeda-beda di setiap lokasi disebabkan karena karakteristik material tanah yang berbeda. Hasil analisis kapasitas dukung dengan kondisi muka air tanah rencana di Kecamatan Kota Tengah dan Dumbo Raya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5
Hasil Analisis Kapasitas Dukung dengan Variasi Dimensi
dan Kedalaman Fondasi dalam Keadaan Muka Air Tanah Rencana.

No	Lokasi	Kapasitas Dukung Ultimit ( <i>q<sub>u</sub></i> ) (kN/m <sup>2</sup> )	Kapasitas Dukung Izin ( <i>q<sub>a</sub></i> ) (kN/m <sup>2</sup> )	Tekanan di Dasar Fondasi (q) (kN/m²)	Kontrol
1	Kelurahan Dulalowo,	1.733,32	577,77	273,70	Aman
2	Kecamatan Kota Tengah Kelurahan Talumolo, Kecamatan Dumbo Raya	1.977,17	659,06	486,58	Aman

Berdasarkan Tabel 5 hasil analisis kapasitas dukung izin menunjukkan bahwa fondasi dengan muka air tanah asli di lapangan pada Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Dumbo Raya menunjukkan bahwa kapasitas dukung izinnya aman karena tekanan yang terjadi di dasar fondasi tidak melebihi kapasitas dukung izin. Hasil analisis perbedaan nilai kapasitas dukung izin pada satu kecamatan disebabkan karena tinggi muka air tanah yang berbeda sehingga parameter berat volume tanah yang digunakan parameter berat volume efektif. Pada kondisi muka air tanah yang semakin dangkal, maka semakin kecil kapasitas dukung izinnya; sedangkan semakin dalam muka air tanah, maka semakin besar kapasitas dukung izin yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan berat volume tanah yang digunakan pada persamaan kapasitas dukung suku kedua dan ketiga disesuaikan dengan letak muka air tanah.

# 4. Analisis Kapasitas Dukung Menggunakan GEO5

Hasil analisis kapasitas dukung dengan bantuan *software GEO5* seperti dijelaskan dalam Tabel 6.

**Tabel 6**Hasil Analisis Kapasitas Dukung Menggunakan *GEO5*dengan Keadaan Muka Air Tanah Asli dan Muka Air Rencana di Kota Gorontalo

No	Lokasi	Kapasitas Dukung (qa) MAT Asli (kN/m²)	Kapasitas Dukung (qa) MAT Rencana (kN/m²)
1	Kelurahan Dulalowo,	477,37	562,90
	Kecamatan Kota Tengah		
2	Kelurahan Talumolo,	459,26	555,16
	Kecamatan Dumbo Raya		

Berdasarkan hasil analisis kapasitas dukung menggunakan software GEO5 terdapat selisih nilai kapasitas dukung dan penurunan fondasi yang didesain dengan tinggi muka air tanah asli dan tinggi muka air tanah rencana. Setiap jenis tanah yang berbeda memiliki nilai kapasitas dukung dan penurunan sesuai dengan jenis tanah dan nilai kandungan yang ada pada tanah tersebut.

# E. Penutup

Nilai kapasitas dukung izin pada perhitungan manual terendah terletak di Kecamatan Kota Tengah dengan kondisi muka air tanah asli z>B sebesar 57,30 kN/m² dan kondisi muka air tanah rencana dw<Df sebesar 46,84 kN/m². Nilai kapasitas dukung izin di Kecamatan Dumbo Raya dengan kondisi muka air tanah asli *dw*<*Df* sebesar 544,10 kN/m² dan kondisi *z>B* sebesar 659,06 kN/m<sup>2</sup>. Perbedaan nilai kapasitas dukung izin pada satu kecamatan disebabkan karena tinggi muka air tanah yang berbeda sehingga membuat parameter berat volume efektif yang lebih kecil dibandingkan nilai berat volume basah. Selain itu, nilai kapasitas dukung izin dipengaruhi oleh karakteristik material tanah. Semakin dangkal muka air tanah, maka semakin kecil nilai kapasitas dukung izinnya; sedangkan semakin dalam muka air tanah, maka semakin besar nilai kapasitas dukung izin yang dihasilkan.

## Referensi

- [1] G. S. Utami dan D. A. Damayanti, "Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah di Bawah Pondasi Dangkal," Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, vol. 17, no. 2, pp. 96-103, 201
- [2] A. Asakereh dan A. Akbari, "Effect of Groundwater and Various Parameters On Bearing Capacity Of Shallow Foundation Using Finite Element Method," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. II, no. 05, pp. 39-45, 2015.
- [3] A. Das dan S. Biswas, "The Effect of Water Table on Bearing Capacity," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. III, no. 6, pp. 82-86, 2014.
- [4] I. G. N. P. Dharmayasa, "Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Lunak di Daerah dengan Muka Air Tanah Dangkal," *Paduraksa*, vol. III, no. 2, pp. 22-44, 2014.
- [5] A. Alencar, R. Galindo dan S. Melentijevic, "Influence of the Grounwater Level on the Bearing Capacity of Shallow Foundations on the Rock Mass," in *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, New York, Springer Verlag, 2021, pp. 6769-6779.

- [6] C. Hardiyatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi I, 4 ed., G. M. University, Ed., Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2020.
- [7] N. Hasanah, J. Prakoso, Z. Zakaria dan R. I. Sophian, "Daya Dukung Pondasi Dangkal dan Dalam Pada Lokasi BH01, Daerah Penyipatan, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan," *Padjadjaran Geoscience Journal*, vol. III, no. 6, pp. 489-496, 2019.
- [8] S. Trisnafiah, J. P. Basuki, Z. Zakari dan I. Sophian, "Pola Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dangkal Daerah Penyipatan, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan," *Padjadjaran Geoscience Journal*, vol. II, no. 6, pp. 508-513, 2018.
- [9] A. Muda, "Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium," *Informasi Teknik dan Niaga*, vol. XVI, no. 1, pp. 1-6, 2016.
- [10] K. R. Bela, I. W. Redana dan A. M. Hidayati, "Daya Dukung Pondasi Telapak dengan Plate Loading Test," *Spektran*, vol. VI, no. 2, pp. 152-160, 2018.
- [11] U. Suna, "Pembangunan Gedung Asrama Terpadu MAN Insan Cendekia Gorontalo," Gorontalo, 2021.

# Analisis Kualitas Air Sungai Wubudu sebagai Sumber Air Baku dan Air Irigasi Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Air

Nurnaningsih M. Olii Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: ningolii98@gmail.com

Marike Mahmud Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: marikemahmud@ung.ac.id

Rawiyah Husnan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: rawiyah@ung.ac.id

#### Abstrak

Sungai merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan makhluk hidup. Sungai sering dimanfaatkan dalam berbagai hal oleh manusia. Sungai Wubudu yang terletak di Kabupaten Gorontalo Utara mengalami sejumlah permasalahan terutama dalam tingkat pencemaran air. Permasalahan tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor lingkungan, di antaranya lokasi pembuangan sisa tambang emas. Pembuangan limbah yang berasal dari tambangtersebut dapat memengaruhi kualitas air sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air Sungai Wubudu sebagai sumber air baku dan air irigasi. Penelitian ini dilakukan di Sungai Wubudu, Kecamatan Sumalata Timur, Kabupaten Gorontalo Utara. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 titik, yaitu hulu, lokasi pertambangan, dan hilir dengan 3 kali pengulangan. Metode pencemaran air yang digunakan dalam penelitian berdasarkan pada baku mutu PP 82 Tahun2001 dan status mutu air berdasarkan PP 115 Tahun 2003. Data yang digunakan adalah data insitu berupa suhu, TDS, pH sedangkan data eksitu berupa merkuri, e.coli, dan coliform yang diuji di LPPT Universitas Gadah Mada, Laboratorium Penguji BBIHP dan UPTD Laboratorium Instalasi Laboratorium Kualitas Air. Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter TDS, suhu, pH, dan merkuri memenuhi baku mutu PP 82 Tahun 2001, baik sebagai air baku maupun air irigasi. Parameter e.coli dan coliform berdasarkan hasil analisis tidak memenuhi baku mutu PP 82 Tahun 2001

sebagai air baku sehingga memerlukan pengolahan terlebih dahulu. Status mutu air Sungai Wubudu berdasarkan hasil analisis indeks pencemaran masuk kategori tercemar ringan sebagai air baku, sedangkan sebagai air irigasi masuk kategori kondisi baik.

Kata Kunci: sungai wubudu, kualitas air, indeks pencemaran

## A. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang. Aspek penghematan dan pelestarian sumber daya air harus ditanamkan pada segenap pengguna air (Mahmud, 2014).

Sungai merupakan lingkungan perairan yang sering digunakan manusia untuk berbagai keperluan, di antaranya sebagai tempat untuk membuang hasil sampingan sehingga secara tidak langsung dapat masuk ke perairan laut. Wilayah permukaan laut merupakan zona terdepan yang bertindak sebagai penerima tekanan dari berbagai aktivitas manusia, baik aktivitas darat maupun di perairan laut, semua itu dapat memengaruhi kualitas perairan. Di Indonesia, banyak masyarakat yang hidup di bantaran sungai memanfaatkan air sungai sebagai kebutuhan hidupnya. Apalagi air sungai ini telah terganggu aktivitas manusia, khususnya dalam bidang pertambangan, maka air tersebut tidak dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang hidup di bantaran sungai (Poedjioetami, 2008).

Bergulirnya otonomi daerah telah mendorong setiap daerah melakukan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya terutama sektor pertambangan dalam pembangunan melalui objek pendapatan asli daerah (PAD). Meskipun disadari bahwa pengelolaan pertambangan selama inimelahirkan berbagai persoalan berupa kerusakan lingkungan, pencemaran sungai, matinya kelembagaan lokal, dan berlangsungnya konflik sosial. Akar pokok permasalahannya dapat dijelaskan sebagai akibat dari perbedaan dan pertentangan kepentingan atas sumber daya tersebut. Pandangan ini mengindikasikan adanya karakteristik objek dan hubungan relasional memengaruhi dan dipengaruhi oleh kepentingan, nilai, dan orientasi kelompok sehingga dapat membawa pada suatu relasipersaingan maupun kooperatif antarkelompok dalam masyarakat.

Sejumlah permasalahan yang mendasar pada Sungai Wubudu Kecamatan Sumalata Timur, Kabupaten Gorontalo Utara ditemukan, misalnya tingkat pencemaran air sungai yang mengkhawatirkan, lahan, serta rendahnya kesadaran masyarakat. "Analisis Kualitas Air Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Sungai Wubudu Kecamatan Sumalata Timur" dengan harapan dapat memberikan informasi mengenai kualitas air Sungai Wubudu berdasarkan standar air baku dan air irigasi. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara optimal dan berkelanjutan khusus untuk mengatasi pencemaran air Sungai Wubudu.

# B. Kajian Teoretis

## 1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai Analisis kualitas air sungai pernah dilakukan sebelumnya, di antaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Mardhia & Abdullah (2018) tentang analisis kualitas air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar, 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas limbah cair industri tahu tempe berdasarkan pemeriksaan parameter kunci meliputi parameter pH, suhu, TDS, TSS, BOD, COD, dan ammonia menunjukkan hasilyang melebihi baku mutu. Hal ini akan memengaruhi kualitas lingkungan perairan apabila limbahnya dibuang langsung ke sungai.

Kualitas air sungai Brangbiji berdasarkan parameter pH, suhu, TDS, TSS, BOD, COD, dan ammonia melebihi baku mutu Sungai. Penelitian yang sejenis pernah dilakukan oleh (Pradhana, dkk., 2014). Penelitian ini mengenai analisis kualitas air Sungai Bringin Kota Semarang menggunakan metode indeks pencemaran. Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan analisis denganmenggunakan metode indeks pencemaran (IP) diketahui bahwa Sungai Bringin pada kondisi sungai tanggal 10 Juli Tahun 2014 di Segmen Tiga, Segmen Lima dan Segmen Sembilan berada dalam Sungai Bringin di Segmen Satu, Segmen Dua, Segmen Empat, Segmen Lima, Segmen Anak Sungai, Segmen Tujuh, Segmen Delapan, dan Segmen Sepuluh.

Penelitian mengenai kajian kualitas air Sungai Ngringo Karang Anyar dalam upaya pengendalian pencemaran air (Yuliastuti, 2011). Metode vang digunakan untuk mengidentifikasi kualitas air dengan melakukan uji terhadap parameter-parameter pencemaran air yang dibandingkan denganbaku mutu air PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang meliputi parameter kimia (suhu dan TSS); parameter kimia (pH, DO, BOD, COD, N, P, Fe, dan Cr); dan parameter mikrobiologi (bakteri coliform total). Hasil penelitian kualitas air Sungai Ngringo berdasarkan penilaian status mutu air

dengan metode indeks pencemaran menunjukkan terjadi penurunan kualitas dari arah hulu ke arah hilir di mana pada wilayah hilir telah tercemar ringan.

## 2. Kualitas Air

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain di dalam air. Kualitas air juga merupakan istilah yang menggambarkan kesesuaian atau kecocokan air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, perikanan, pengairan/irigasi, industri, dan rekreasi. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik biologi atau uji kenampakan (bau dan warna).

Kualitas air dapat dinyatakan dengan beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam, dan sebagainya) dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri dan sebagainya). Parameter biologis, fisika, dan kimia memiliki arti secara khusus.

# a. Parameter Biologis untuk Air

Parameter biologis untuk air ditentukan baik oleh adanya mikroorganisme patogen, maupunjuga yang Mikroorganisme nonpatogen. patogen digunakan dalam penilaian biologis, sedangkan mikroorganisme nonpatogen secara relatif tidak berbahaya bagi kepentingan kesehatan. Namun, karena golongan ini sering dalam jumlah berkelebihan dapat memengaruhi rasa, bau estetis dan lain lain, timbal balik justru dapat berakibat menyulitkan pengelolahan air (water treatment). Hadirnya mikroorganisme koli sekalipun tidak

patogen dewasa ini masih tetap bertahan dapat digunakan sebagai indicator untuk mengetahui sejauh mana air telah dikontaminasi oleh bahan buangan organis, khususnya bahan bahan faecal. Dasar penggunaan indikator koli ini adalah bahwa secara karakteristik kuman ini adalah merupakan penghuni tetap dari faeces. Sebaliknya, faeces manusia adalah merupakan media penyebaran dari beberapa jenis kuman patogen, khususnya bila faeces ini berasal dari orang-orang yang disebut karier (Ryadi, 1984).

## b. Parameter Fisika untuk Air

Ditentukan oleh faktor-faktor kekeruhan, warna, bau, maupun rasa. Dari keempat indikatortersebut hanya bau saja penilaiannya ditentukan secara subjektif, dengan jalan air diencerkan secara berturut-turut sampai pengenceran berapakah ia masih tetap berbau pada larutan yang paling encer. Jumlah pengenceran itu akan merupakan angka bau dari air yang diperiksa. Umumnya penilaian "bau" maupun "rasa" sering dilakukan bersamaan sebagai indikator, di mana antara keduanya dipisahkan secara kualitatif. Bagi air minum, persyaratan fisik ditetapkan antara lain oleh faktorfaktor kekeruhan, warna, maupun bau (Ryadi, 1984).

#### c. Parameter Kimia untuk Air

Karena bahan-bahan kimia itu mudah larut dalam air, maka tercemarnya air oleh bahan- bahan kimia yang terlarut khususnya timbal balik perlu dinilai kadarnya untukmengetahui sejauh mana bahan-bahan terlarut itu mulai dapat dikatakan membahayakan eksistensi organisme maupun mengganggu bila digunakan untuk suatu keperluan

(misalnya untuk air industri/water processing) (Ryadi, 1984).

## 3. Kriteria Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk itu, agar kualitas air tetap terjaga, maka setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair yang akan dibuang keperairan umum atau sungai harus memenuhi standar baku mutu atau kriteria mutu air sungai yang akan menjadi tempat pembuangan limbah cair tersebut sehingga kerusakan air atau dapat dihindari pencemaran air sungai atau dikendalikan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas yaitu:

- a. Kelas Satu: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas Dua: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas Tiga: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Kelas Empat: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.

Untuk standar baku mutu dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Fisika			
1	TDS	mg/l	1000
2	Suhu	mg/l °C	Dev3
Kimia			
1	рН	-	6-9
2	Merkuri	mg/l	0,002
Mikrobiologi			
1	E.Coli	MPN/100 ml	1000
2	Coliform	MPN/100 ml	5000

Sumber: Baku mutu air sesuai Peraturan PemerintahRepublik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

#### 4. Pencemaran Air

Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya (Fardiaz, 1992). Keadaan normal air berbeda-beda tergantung pada faktor penentunya, yaitu kegunaan air dan asal sumber air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukkannya.

Berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang berupa gas, bahan-bahan terlarut, dan partikulat ke dalam air yang menyebabkan kualitas air tercemar sehingga mengganggu fungsi air. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah unsur pencemar (polutan), yang pada praktiknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair.

Bahan pencemar (polutan) adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik (Effendi, 2003). Polutan alamiah adalah polutan yangmemasuki suatu lingkungan (badan air) secara alami, misalnya akibat letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir, dan fenomena alam yang lain. Polutan yang memasuki suatu ekosistem secara alamiah sukar dikendalikan. Polutan antropogenik adalah polutanyang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, misalnya kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan) maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut.

Berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya, polutan air dapat dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) kelompok yaitu: (1) padatan; (2) bahan buangan yang membutuhkan oksigen (oxygen-demanding wastes); (3) mikroorganisme; (4) komponen organik sintetik; (5) nutrient tanaman; (6) minyak; (7) senyawa anorganik

dan mineral; (8) bahan radioaktif dan (9) panas. Pengelompokan tersebut bukan merupakan pengelompokan yangbaku karena suatu jenis polutan dapat dimasukkan kedalam lebih dari satu kelompok (Fardiaz, 1992).

## a. Sumber Pencemaran

Sumber pencemar air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah nondomestik. Sumber limbah domestik umumnya berasal dari daerah pemukiman penduduk dan sumberlimbah non domestik berasal dari kegiatan seperti industri, pertanian dan peternakan, perikanan, pertambahan, atau kegiatan yang bukan berasal dari wilayah pemukiman.

Berdasarkan sumbernya (Nurhayati, 2017), jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu:

- 1) Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang dari pemukiman, tempat-tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat-tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas ± 70% zat organik (terutama protein, karbohidrat, dan lemak), serta sisanya 30% zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam-garam, dan logam.
- Limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat

berasal dari air bekas pencuci, bahan pelarut ataupun air pendingin dari industri-industri tersebut. Pada umumnya, limbah cair industri lebih sulit dalam pengolahannya, hal ini disebabkan karena zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain yang bersifat toksik.

- 3) Limbah pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida, dan pupuk kimia yang berlebihan.
- 4) *Infiltration/inflow* yaitu limbah cair yangberasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan airkotor.

## b. Indeks Pencemaran

Di dalam pasal 2 Lampiran II KeputusanMenteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dijelaskan bahwa penentuan status mutu air dapat dilakukan dengan menggunakan metode STORET atau metode indeks pencemaran.

Pengelolaan kualitas air atas dasar indeks pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan, serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independen dan bermakna.

Pada model IP digunakan berbagai parameter kualitas air, maka pada penggunaannya dibutuhkan nilai rata-rata dari keseluruhan nilaiCi/Lij sebagai tolok-ukur pencemaran, tetapi nilai ini tidak akan bermakna jika salah satu nilai Ci/Lij bernilai lebih besar dari 1. Jadi, indeks ini harus mencakup nilai Ci/Lij yang maksimum.

$$PIj = \sqrt{\frac{(Ci/Ll)\frac{2}{m} + (Ci/Ll)\frac{2}{R}}{2}}$$
 (1)

Dengan:

(Ci/Lij)R: nilai,Ci/Lij rata-rata (Ci/Lij)M: nilai,Ci/Lij maksimum

## C. Metode Penelitian

## 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Sungai Wubudu, Kecamatan Sumalata Timur, Kabupaten Gorontalo Utara. Lokasi Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Google Earth **Gambar 1** Lokasi Penelitian

## 2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. water sampler;
- b. seperangkat alat dan bahan uji kualitas air;
- c. seperangkat alat pelindung diri (APD);
- d. pH meter;

- e. termometer;
- f. kamera digital.

## 3. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa pengukuran kondisi fisik, kimia, dan biologi perairan Sungai Wubudu yang diperoleh di lapangan dan sebagian dari analisis di laboratorium. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti hasil penelitian terdahulu, hasil studi pustaka, laporan, serta dokumen dari berbagai instansi yang berhubungan dengan topik yang dikaji. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

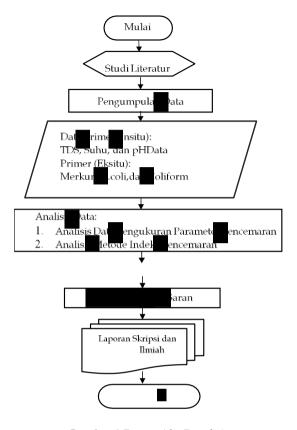
## Data Primer

Terdapat 2 cara pemgambilan data primer, yaitudengan cara insitu dan eksitu. Data insitu yaitu data yang hasilnya diperoleh langsung dari lapangan, sedangkan data eksitu data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium.

- a. Data Insitu
  - 1) Suhu
  - 2) TDS
  - 3) pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen
- b. Data Eksitu
  - 1) Merkuri
  - 2) E.Coli
  - 3) Coliform

# 4. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

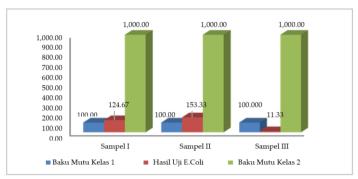


Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

## D. Hasil dan Pembahasan

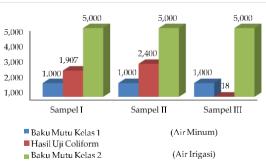
# 1. Kualitas Air Sungai Wubudu

Pengujian kualitas air Sungai Wubudu dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Pengujian kualitas air Sungai Wubudu dimaksudkan untuk mengetahui nilai karakteristik air Sungai Wubudu terhadap standar baku mutu air baku air minum maupun sebagai air irigasi. Pengujian kualitas air Sungai Wubudu didasari pada baku mutu I dan II. Hasil pengujian karakteristik air Sungai Wubudu dan baku mutu 1 dan 2 untuk parameter *e.coli* secara jelas ditunjukkan pada Gambar 3.



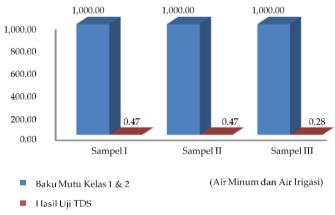
Gambar 3. Hasil Penelitian E.Coli

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan antara hasil penelitian e.coli dibandingkan dengan baku mutu kelas 1 dan kelas 2. Berdasarkan hasil ini maka nilai parameter *e.coli* memenuhi svarat untuk air irigasi, tetapi tidak memenuhi syarat sebagai air baku air minum. Hal ini dapat disebabkan oleh masvarakat yang menggunakan air sungai sebagai MCKmasyarakat. Jika air akan digunakan sebagai air baku air minum maka air harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan yang dapat dilakukan yaitu metode penyaringan pasir lambat dan sebelum diminum dimasak terlebih dahulu. Hasil pengujiankarakteristik air Sungai Wubudu dan baku mutu 1 dan 2 untuk parameter coliform secara jelas ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Penelitian Coliform

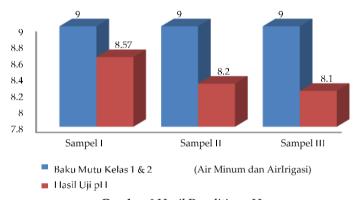
Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan antara hasil penelitian Coliform dibandingkan dengan baku mutu kelas 1 dan kelas 2. Berdasarkan hasil ini maka kualitas air Sungai Wubudu dapat digunakan sebagai air irigasi tetapi tidak memenuhi syarat sebagai air baku air minum. Hal ini dilihat dari tingginya bakteri coliform di dalam air yang berkisar antara 18-2400 MPN. Untuk dapat digunakan sebagai air baku air minum, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan untuk membunuh bakteri dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni dengan ditampung dalam sebuah kolam penampungan yang kemudian diberikan disinfeksi menggunakan clorin, kemudian air dimasak dahulu sebelum diminum. Hasil pengujian karakteristik air Sungai Wubudu dan baku mutu 1 dan 2 untuk parameter coliform secara jelas ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Penelitian TDS

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil penelitian TDS (Total Dissolved Solid) dibandingkan dengan baku mutu kelas 1 dan kelas 2. Berdasarkan parameter TDS) maka kualitas air Sungai Wubudu memenuhi syarat sebagai

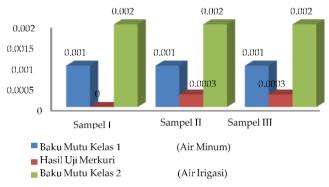
air baku air minum dan air irigasi. TDS berasal dari mineral atau pelapukan batu-batuan. Kandungan TDS (Total Dissolved Solid) biasanya disebabkan oleh adanya bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalamkeadaannormal sangat rendah sehingga tidak kelihatan secara langsung. Hasil rendah menunjukkan bahwa mineral yang dilalui air kecil. Semakin tinggi nilai TDS (Total Dissolved Solid) maka kesadahan akan meningkat. Efek TDS (Total Dissolved Solid) ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut. Hasil pengujian karakteristik air Sungai Wubudu dan baku mutu 1 dan 2 untuk parameter coliform secara jelas ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Penelitian pH

Gambar 6 menunjukkan nilai rata-rata hasil penelitian pH dibandingkan dengan baku mutu kelas 1 dan kelas 2. Berdasarkan hasil ini, maka kualitas air Sungai Wubudu memenuhi syarat baku mutu kelas 1 dan kelas 2. Nilai pH biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lainnya seperti konsentrasi CO² dalam air, suhu, konsentrasi karbonat, dan bikarbonat, serta proses dekomposisi bahan organik. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa nilai pH berada diatas batas netral (7 mg/l) yang berkisar antara 8,57-8,1 mg/l sehingga dapat disimpulkan bahwa air Sungai Wubudu dapat dikategorikan sebagai larutan basa dan dapat digunakan sebagai sumber air irigasi dan air baku. Hasil pengujian karakteristik air Sungai Wubudu dan baku mutu 1 dan 2 untuk parameter *coliform* secara jelas ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Penelitian Merkuri

Gambar 7 menunjukkan grafik hasil penelitian merkuri dibandingkan dengan baku mutu kelas 1 dan kelas 2.Konsentrasi merkuri di air Sungai Wubudu berkisar antara 0–0,0003 mg/l hasil ini berada di bawah baku mutu yang ditetapkan tidak melebihi 0,001 mg/l air minum dan 0,002 mg/l sebagai airirigasi. Rendahnya merkuri di dalam air sungai karenamerkuri mengendap di sedimen. Adanya sedimen dapat mengontrol konsentrasi logam berat pada suatu perairan sehingga merkuri yang terdapat pada air akanmengendap seiring waktu.

# 2. Indeks Pencemaran Air Sungai

Penentuan status mutu air Sungai Wubudu pada kondisi sungai tanggal 11 April tahun 2021, dilakukan dengan

Metode indeks pencemaran (IP) dan menggunakan acuan nilai parameter uji kualitas air untuk setiap *sampling*, serta nilai baku mutu air kelas II PP No. 82 Tahun 2001.

Nilai indeks pencemaran (IP) dan status mutu air Sungai Wubudu untuk setiap *sampling* pada kondisi tanggal 11 April tahun 2021 secara lebih lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2**Rekapitulasi Indeks Pencemaran Sungai Wubudu (Air mineral Baku Mutu Kelas 1)

No	Sampling	PI	Rata-Rata PI
1	1	1,45	
2	2	1,82	1,20
3	3	0,31	

Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi nilai indeks pencemaran sampel1, 2, dan 3 Sungai Wubudu berdasarkan standar baku mutu kelas 1, di mana nilai Indeks Pencemaran untuk setiap sampel secara berturutturut, yaitu 1,45; 1,82; dan 0,31, dan rata-rata indeks pencemaran yaitu sebesar 1,20 yang menunjukkan bahwa status mutu air Sungai Wubudu adalah tercemar ringan. Oleh karena itu, air sungai tidak dapat dijadikan sumber air mineral.

**Tabel 3**Rekapitulasi Indeks Pencemaran Sungai Wubudu (Air mineral Baku Mutu Kelas 2)

No	Sampling	PI	Rata-Rata PI
1	1	0,53	
2	2	0,38	0,40
3	3	0,29	

Tabel 3 menunjukkan hasil rekapitulasi nilai indeks pencemaran sampel1, 2, dan 3 Sungai Wubudu berdasarkan standar baku mutu kelas 2, di mana nilai Indeks Pencemaran untuk setiap sampel secara berturut-

turut yaitu 0,53; 0,38; dan 0,29, serta rata-rata indeks pencemaran yaitu sebesar 0,40 yang menunjukkan bahwa status mutu air Sungai Wubudu dalam kondisi baik. Artinya, air sungai tersebut dapat digunakan sebagai air irigasi.

## E. Penutup

- 1. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata TDS 0,41 mg/L, suhu 27,93 , pH 8,29, merkuri 0,0002 mg/L, e.coli 96,44 MPN/100ml, dan coliform 1441,56 MPN/100ml. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu PP 82 tahun 2001 untuk kelas 1 tidak memenuhi syarat sebagai air baku air minum, sedangkan untuk kelas 2 memenuhi syarat sebagai air irigasi.
- 2. Analisis metode Indeks Pencemaran menunjukkan nilai PI berdasarkan standar baku mutu kelas 1 adalah 1,20 (tercemar ringan) dan baku mutu kelas 2 adalah 0,40 (kondisi baik) sehingga air Sungai Wubudu tidak dapat dijadikan sebagi sumber air mineral tapi masih dapat digunakan sebagai air irigasi.

#### Referensi

- [1] Agustira, R., Lubis, K. S. dan Jamilah, 2013. *Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang AkibatPembuangan Limbah Tapioka*. Agroekoteknologi, Vol. 1 No. 3. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [2] Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [3] Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air Dan Udara*. Jakarta: Pusdik Tenaga Kesehatan Depkes.
- [4] Hasibuan, I. N., 2018. Analisis Kualitas Fisik, Kimia dan Kadar Merkuri (Hg) pada Air Sungai Matua Serta Keluhan Kesehatan pada Masyarakat Pengguna Air di Desa Sayur Matua Kecamatan Naga Juang Kabupaten Mandailing Natal Tahun 2018, Medan: Universitas SumatraUtara.
- [5] Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2003. *Pedoman Penentuan Status Mutu Air Nomor* 115. Jakarta: PT. ERM INDONESIA.
- [6] Pemerintahan Republik Indonesia, 2001. Peraturan Pemerintah

- Tentang Pengelolaan Kualitas Airdan Pengendalian Pencemaran Air, Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- [7] Pemerintahan Republik Indonesia, 2019. *Undang- Undang Republik Indonesia*. Jakarta: Republik Indonesia.
- [8] Mahmud, M.,2014. Kajian Pencemaran MerkuriTerhadap Lingkungan di Kabupaten Gorontalo Utara, Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- [9] Mardhia, D. & Abdullah, V., 2018. Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. Biologis Tropis, Vol. 18, No.2. Lombok: Universitas Mataram
- [10] Naubi, I., dkk 2016 Effectiveness of Water Quality Index for Montoring Malaysian River Water Quality, Pol. J. Environ, Vol. 25, No.1. Malaysia: Universitas Teknologi Malaysia.
- [11] Nurhayati,2017. Pengendalian Pencemaran Dalam Rangka Pengembangan Kawasan Strategis Emas Garongkong, Makassar: Universitas Hasanudin.
- [12] Poedjioetami, E., 2008. Penataan Ulang Kawasan Bantaran Sungai Dengan Menghadirkan Sentra Ekonomi Dan Rekreasi Kota. Rekayasa Perencanaan, Vol.4. No. 3. Surabaya: Universitas Surabaya.
- [13] Pradhana, A., Sutrisno, E. dan Nugraha, W. D., 2014. *Analisis Kualitas Air Sungai Bringin Kota Semarang Menggunakan Metode Indeks Pencemaran*, Semarang: Universitas Diponegoro.
- [14] Ryadi,S.,1984.Pencemaran Air Dasar-dasar dan Pokok-pokok Penanggulangannya. Surabaya:Karya Anda.
- [15] Standar nasional Indonesia., 2008. SNI 6989.58:2008 Air dan Air Limbah Bagian 58: MetodaPengambilan Contoh Air Tanah. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [16] Warlina, L., 2004. *Pencemaran, Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya*, Bandung: InstitutPertanian Bogor.
- [17] Yuliastuti, E., 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air, Semarang: Universitas Diponegoro.

# Perbandingan Metode Rancang Campur Beton Normal Menggunakan Agregat di Gorontalo

Rahmani Kadarningsih Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: rkadarningsih@ung.ac.id

Arif Supriyatno Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: arif.supriyatno@ung.ac.id

Yudistira Idris Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: yudistiraidris3798@gmail.com

Kasmat S. Nur Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: kasmatnur@ung.ac.id

#### **Abstrak**

Ketersedian agregat sebagai campuran beton baik buatan maupun alami di daerah Gorontalo cukup melimpah dan tersebar. Untuk mengetahui karakteristik agregat tersebut sebagai bahan campuran beton perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Pada penelitian ini digunakan metode rancang campur SNI 283-2002 dan SNI 7656-2012 pada kuat tekan rencana 15 MPa dan 30 MPa. Kuat tekan beton dengan menggunakan rancang campur SNI 03-2834-2000 pada beton mutu 30 MPa dan 15 MPa menggunakan *material quarry* pancuran dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan. Sedangkan dengan SNI 7656:2012 pada beton mutu 30 MPa hanya mencapai 89,2% kuat tekan rencana pada material. Namun demikian dengan menggunakan rancang campur SNI 7656-2012 pada beton mutu 15 MPa menggunakan material *quarry* Pancuran dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan.

Kata Kunci: rancang campur beton, agregat, kuat tekan, faktor air semen, gradasi

#### A. Pendahuluan

Bahan galian sirtu di Provinsi Gorontalo memiliki potensi yang cukup besar. Berdasarkan data hasil penyelidikan

Dinas Pertambangan Energi Provinsi Gorontalo dan Direktorat Sumber daya Mineral, potensi bahan galian di Provinsi Gorontalo terdiri atas potensi bahan galian mineral logam dan non logam. Bahan galian nonlogam salah satunya adalah sirtu. Pasir dan batu (sirtu) terdiri atas pasir kerikilan, agak kompak namun tidak terlalu keras. Sirtu terdiri atas sirtu darat dan sungai. Sirtu darat endapannya menunjukkan pelapisan dijumpai pada satuan batuan vulkanik, terdiri atas komponen-komponen batuan beku, terdapat di Kelurahan Leatu Utara, Kecamatan Kota Selatan. Namun, yang paling banyak digunakan adalah sirtu sungai terdapat pada daerah endapan aluvial sungai seperti Sungai Bone, Kecamatan Kabila, Sungai Bilonga, Kecamatan Tapa, Sungai Bone, Kecamatan Suwawa dan Muara Sungai Bilungala, Kecamatan Bone Pantai. Selain itu, penyebaran sirtu juga berada di Kecamatan Telaga, Batudaa, Limboto, dan Sumalata.

Penambangan sirtu sebagai bahan bangunan baik secara tradisional maupun modern memiliki potensi ekonomi yang tinggi, seiring dengan pembangunan fisik daerah. Selain digunakan untuk material perkerasan jalan dan campuran aspal, sirtu atau agregat juga digunakan sebagai bahan campuran beton. Spesifikasi agregat untuk campuran beton antara lain adalah memnuhi gradasi gabungan pada SNI 283:2002, kadar lumpur pada SNI 03-4142-1996, kandungan bahan organik pada SNI 03-2816-1992, keausan agregat SNI 2427-2008 dan tentunya dapat memenuhi kuat tekan beton yang direncanakan. Persyaratan tersebut menjadi latar belakang pentingnya penelitian tentang penggunaan agregat di Gorontalo pada campuran beton.

Nwofor dkk. (2015) membandingkan dua metode desain campuran beton; Metode Departemen Lingkungan Inggris (DOE) dan Metode Institut Beton Amerika (ACI), menggunakan agregat kasar batu pecah dan alami pada berbagai kekuatan target. total 45 kubus diproduksi. 15 kubus

beton diproduksi dengan agregat batu pecah (Granit) menggunakan metode DOE. 15 kubus lainnya diproduksi dengan agregat kasar alami (kerikil) menggunakan metode DOE, sedangkan 15 kubus beton lainnya diproduksi dengan agregat batu pecah menggunakan metode ACI. Masingmasing kubus ini diproduksi pada kekuatan campuran M20, M30 dan M50, menurut IS 456: 2000 dan diuji masing-masing pada umur yang berbeda; 7 hari, 14 hari dan 24. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat alami memberikan kekuatan tekan 28 hari yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang diperoleh dari agregat batu pecah, tetapi sebaliknya untuk M50 adalah hasil yang diperoleh dengan menggunakan agregat batu pecah memberikan kekuatan yang lebih tinggi daripada yang diperoleh dari agregat alami. Juga ditemukan bahwa dengan menggunakan metode DOE, hasil keseluruhan yang diperoleh memberikan beberapa nilai kekuatan yang rendah dan tinggi di beberapa sampel, hal yang sama juga berlaku untuk metode ACI. Rata-rata 36.2 N/mm<sup>2</sup> untuk M20, 45.6 N/mm<sup>2</sup> untuk M30 dan 67.7 N/mm<sup>2</sup> untuk M50 diperoleh pada 28 hari menggunakan metode DOE. Rata-rata 33.9 N/mm<sup>2</sup> untuk M20, 46.9 N/mm<sup>2</sup> untuk M30 dan 73.35 N/mm<sup>2</sup> untuk M50 menggunakan ACI pada 28-hari. ACI tidak membuat ketentuan untuk agregat alami dalam metode desainnya, yang menyiratkan bahwa perbandingan tidak dapat dilakukan dalam hal itu.

Ejiogu dkk. (2018) membandingkan Metode proporsi desain campuran 211-92 American Concrete Institute (metode ACI) untuk beton normal dengan metode proporsi desain Campuran DOE Inggris (metode DOE) dan metode proporsi desain campuran Standar India - IS 10262-82 (Metode IS) untuk mengevaluasi metode yang memberikan workability terbaik, efisiensi biaya, dan memenuhi kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan (TMCS) dalam waktu 28 hari curing.

Ejiogu dkk., melakukan studi banding terhadap kuat tekan vs w/c, kuat tekan vs kandungan semen, kuat tekan vs. kemampuan kerja, kuat tekan vs. rasio semen agregat, kuat tekan vs. kandungan agregat halus, kekuatan tekan vs. kandungan agregat kasar dan analisis biaya. Metode ACI dan metode IS lebih mudah untuk proporsional dibandingkan dengan metode DOE yang tidak praktis. Kuat tekan metode ACI dan metode IS memenuhi TMCS tetapi metode DOE tidak memenuhi TMCS untuk beton kelas M15, M20, M25, M30, dan M40. Metode ACI lebih hemat biaya daripada metode IS. Metode ACI lebih murah daripada metode IS dengan; 14.94%, 12.18%, 12.55%, 12.93% dan 4.10% masingmasing untuk grade beton M15, M20, M25, M30 dan M40. Metode ACI dengan demikian, direkomendasikan sebagai metode proporsi pilihan pertama untuk kelompok yang diteliti.

## B. Metode Penelitian

Agregat yang digunakan adalah pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar, dengan lokasi pengambilan yaitu pada *quarry* PT Khumaira, Desa Pancuran, Kecamatan Suwawa Selatan. Metode rancang campur yang digunakan yaitu menggunakan SNI 2834:2002 dan SNI 7656:2012. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 15 MPa dan 30 MPa. Benda uji digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm, sebanyak 9 benda uji untuk masing-masing metode, dengan rincian sebagai berikut.

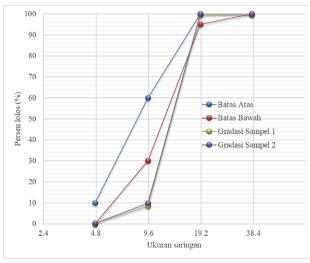
- 1. Benda uji mutu beton 15 MPa dengan metode SNI 2834;2002 (15-2000) sebanyak 3 buah.
- 2. Benda uji mutu beton 30 MPa dengan metode SNI 2834:2000 (30-2000) sebanyak 3 buah.
- 3. Benda uji mutu beton 15 MPa dengan metode SNI 7656:2012 (15-2012) sebanyak 3 buah.

4. Benda uji mutu beton 30 MPa dengan metode SNI 7656:2012 (30-2012) sebanyak 3 buah.

## C. Hasil dan Pembahasan

## 1. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

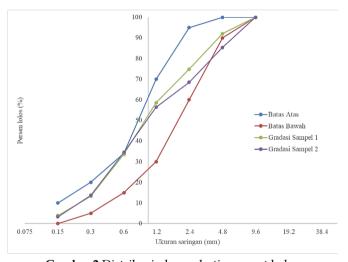
Pada material batu pecah dari *quarry* Desa Pancuran dilakukan pengujian gradasi agregat kasar dengan hasil seperti pada Gambar 1. Menurut BS (British Standard), gradasi agregat kasar maksimum 20 mm yang baik harus masuk dalam batas yang telah ditentukan., seperti pada Tabel 2. Berdasarkan British Standard, untuk saringan diameter 10 mm harus lolos dalam batas antara 25-55 persen. Hasil pengujian pada sampel 1 dan 2 memperlihatkan material batu pecah yang lolos pada saringan diameter 9,5 mm hanya sebanyak 8,44% dan 9,85% atau tertahan pada saringan tersebut sebanyak lebih dari 90%. Hal ini memperlihatkan keseragaman ukuran batu pecah *quarry* Desa Pancuran yang berakibat pada gradasi senjang yang kurang baik karena akan menyebabkan banyaknya pori pada beton.



Gambar 1 Distribusi Ukuran Butir Agregat Kasar

# 2. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan batas-batas gradasi agregat halus SNI 03-2834:1993, pasir *quarry* Desa Pancuran dan Desa Bonda Raya, Suwawa Selatan termasuk pada gradasi pasir kasar atau zona 1 (Gambar 5.3 dan Gambar 2). Meskipun proporsi yang tertahan pada saringan 4,75 mm sampel 2 pasir *quarry* Desa Pancuran sedikit lebih banyak, namun rata-rata sampel menunjukkan pasir masuk pada zona 1 atau jenis pasir kasar. Pasir kasar pada beberapa penelitian menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan pasir dengan butiran yang halus. Hal ini disebabkan memiliki karakteristik *workability* dan *pumping* yang baik serta *bleeding* yang rendah.

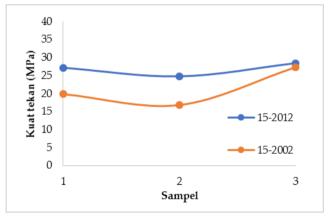


Gambar 2 Distribusi ukuran butir agregat halus

# 3. Perbandingan rancang campur SNI 03-2834-2002 dan SNI 7656:2012 pada kuat tekan beton rencana 15 MPa

Hasil pengujian beton yang menggunakan rancang campur SNI 7656:2012 menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan rancang campur SNI 2834-2002 (Gambar

3). Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan proporsi campuran beton yang digunakan pada masing-masing metode. Perbandingan jumlah semen, air, pasir dan batu pecah SNI 2834-2002 dan SNI 7656:2012 berturut-turut adalah 1: 0,57: 2,44: 2,60 dan 1: 0,47: 2,88: 1,94. Sedangkan perbandingan jumlah semen dan agregat SNI 2834-2002 dan SNI 7656:2012 berturut-turut adalah 1: 5,04 dan 1: 4,82. Perbedaan proporsi campuran tersebut dikarenakan banyak faktor, di antaranya perbedaan penentuan nilai fas, berat beton, dan jumlah agregat.



**Gambar 3** Perbandingan Kuat Tekan Beton Rancang Campur SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 pada Kuat Tekan Beton Rencana 15 MPa

Nilai fas pada SNI 2834-2002 maksimum ditentukan sebesar 0,6 untuk beton di luar ruangan. Hal ini menyebabkan jumlah semen yang lebih sedikit untuk jumlah air yang hampir sama. Nilai fas SNI 7656:2012 ditentukan sebesar 0,5 untuk struktur biasa tidak terlindung pada cuaca sedang, jumlah semen yang lebih banyak untuk jumlah air yang hampir sama.

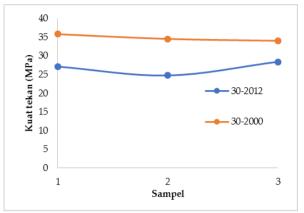
Penentuan berat beton pada SNI 2834-2002 lebih ringan dibandingkan pada SNI 7656:2012, yaitu berturutturut sebesar 2150 kg/m3 dan 2350.83 kg/m3. Beton

yang lebih berat menyebabkan jumlah agregat yang lebih banyak untuk jumlah air dan semen yang sama.

Perbandingan jumlah agregat kasar terhadap agregat halus pada SNI 7656:2012 lebih dibandingkan pada SNI 03-2834-2000 yaitu berturutturut sebesar 0,69 dan 1,1. Perbandingan agregat kasar terhadap agregat halus yang lebih kecil pada SNI 7656:2012 berpengaruh kepada kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan SNI 2834-2000.

# 4. Perbandingan Rancang Campur SNI 03-2834-2002 dan SNI 7656:2012 pada Kuat Tekan Beton Rencana 30 MPa

Hasil pengujian beton yang menggunakan rancang campur SNI 03-2834-2000 menunjukkan kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton menggunakan rancang campur SNI 7656:2012 pada quarry Pancuran (Gambar 5.7). Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan proporsi campuran beton yang digunakan pada masing-masing metode. Perbandingan jumlah semen, air, pasir, dan batu pecah SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 berturut-turut adalah 1: 0.46: 1.69: 2.08 dan 1: 0,47: 2,88: 1,94. Sedangkan perbandingan jumlah semen dan agregat SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 berturut-turut adalah 1: 3,77 dan 1: 4,82. Perbedaan proporsi campuran tersebut dikarenakan banyak faktor, di antaranya perbedaan penentuan nilai fas, berat beton dan jumlah agregat.



**Gambar 4** Perbandingan kuat tekan beton rancang campur SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 pada kuat tekan beton rencana 30 MPa

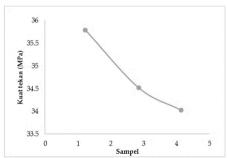
Nilai fas pada SNI 03-2834-2000 didapat sebesar 0,462 hal ini menyebabkan jumlah semen yang lebih banyak untuk jumlah air yang hampir sama. Nilai fas SNI 7656:2012 ditentukan sebesar 0,5 untuk struktur biasa tidak terlindung pada cuaca sedang, jumlah semen yang lebih sedikit untuk jumlah air yang hampir sama.

Penentuan berat beton pada SNI 03-2834-2000 lebih ringan dibandingkan pada SNI 7656:2012 yaitu berturutturut sebesar 2150 kg/m3 dan 2350.83 kg/m3. Beton yang lebih ringan menyebabkan jumlah agregat yang lebih sedikit untuk jumlah air dan semen yang sama.

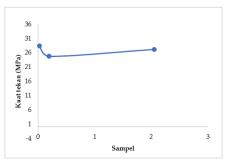
Rasio jumlah agregat kasar terhadap agregat halus pada SNI 7656:2012 lebih kecil dibandingkan pada SNI 03-2834-2000 yaitu berturut-turut sebesar 0,69 dan 1,26. Rasio agregat kasar terhadap agregat halus yang menurun pada SNI 03-2834-2000 kuat tekan rencana 30 MPa apabila dibandingkan dengan rasio agregat kasar terhadap agregat halus pada SNI 03-2834-2000 kuat tekan rencana 15 MPa *quarry* yang sama berpengaruh kepada kuat tekan beton yang meningkat.

# 5. Absorbsi Benda Uji Silinder

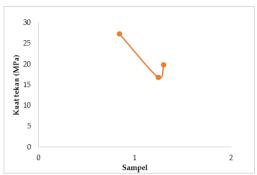
Pengujian absorpsi perlu dilakukan untuk mengetahui kerapatan beton benda uji silinder. Besarnya absorpsi menjadi indikasi adanya pori-pori yang terjadi pada proses pencampuran, pencetakan, dan pemadatan. Perhitungan absorbsi pada benda uji silinder pada mutu beton, metode rancang campur dan material *quarry* yang sama menunjukkan adanya hubungan antara kuat tekan beton dan besarnya absorpsi. Pada beberapa benda uji terlihat tinggi absorpsi mengakibatkan penurunan kuat tekan beton. Ditunjukkan pada Gambar 5 sampai dengan 7. Absorpsi disebabkan antara lain disebabkan kurang sempurnanya proses pemadatan dan karakteristik material beton.



Gambar 5 Hubungan Kuat Tekan dan Absorpsi pada Benda Uji Beton Rancang Campur SNI 2834-2002 pada Kuat Tekan Beton Rencana 30 MPa



**Gambar 6** Hubungan Kuat Tekan dan Absorpsi pada Benda Uji Beton Rancang Campur SNI 7656-2012 pada Kuat Tekan Beton Rencana 15 MPa atau 30 Mpa



Gambar 7 Hubungan Kuat Tekan dan Absorpsi pada Benda Uji Beton Rancang Campur SNI 2834-2002 pada Kuat Tekan Beton Rencana 15 MPa

# D. Penutup

- Kuat tekan beton dengan menggunakan rancang campur SNI 03-2834-2000 pada beton mutu 30 MPa dan 15 MPa menggunakan material *quarry* Pancuran dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan.
- 2. Kuat tekan beton dengan menggunakan rancang campur SNI 7656-2012 pada beton mutu 15 MPa menggunakan material *quarry* Pancuran dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan.
- 3. Kuat tekan beton dengan menggunakan rancang campur SNI 7656:2012 pada beton mutu 30 MPa hanya mencapai 89,2% kuat tekan rencana pada material Pancuran.

## Referensi

- [1] Nwofor T C, Sule S, Eme D B: Zanzoni A, A Comparative Study of the Methods of Concrete Mix Design Using Crushed and Uncrushed Coarse Aggregates. International Journal of Scientific & Engineering Research 2015;1182-1194.
- [2] Ejiogu I K, Comparative Study of Various Methods for Designing and Proportioning Normal Concrete Mixture 2018; 19 (1); 22-36.
- [3] Siregar A P N, Idha N, Suarnita I W, Pengaruh Penggunaan Gradasi Agregat Berbasis SNI 283-2002 dalam Campuran Beton terhadap Kuat Tekan dan Fracture Toughness Beton. Jurnal Teknik Sipil 2020; Vol 27(1); 71-77 DOI: 10.5614/jts.2020.27.1.8
- [4] SNI 03-1974-1990 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton, Standard Nasional Indonesia, 1990

- [5] SNI 03-2816-1992, Kotoran Organik dalam Pasir, Standard Nasional Indonesia, 1992
- [6] SNI 03-12-1996 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200 Standard Nasional Indonesia, 1996
- [7] SNI 03-2834-2002 Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal, Standard Nasional Indonesia
- [8] SNI 7656;2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa, Standard Nasional Indonesia

# Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan *Runway* Bandara Djalaluddin Gorontalo Menggunakan Metode FAA dan Metode LCN

Mohammad Reza Eka Prasetya Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: mohamadrezaekaprasetya@gmail.com

Frice L. Desei Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: fricedesei@ung.ac.id,

Yuliyanti Kadir Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: yuliyanti\_kadir@ung.ac.id

#### **Abstrak**

Runway merupakan tempat pesawat mendarat dan lepas landas, umumnya struktur perkerasan runway terdiri atas lapisan subbase, base dan surface. Data perencanaan runway sangat penting untuk dijaga agar sewaktu-waktu dibutuhkan untuk pengembangan atau rehabilitasi dapat terkontrol dengan baik. Keamanan struktur perkerasan ada pada tebal lapisan dan material yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tebal perkerasan runway bandara dan membandingkannya dengan perkerasan eksisting.

Penelitian ini dilakukan pengukuran secara langsung di sekitar area bandara Djalaluddin untuk mendapatkan data CBR tanah dasar sedalam 1 m. Alat yang digunakan untuk mencari CBR tanah dasar adalah DCP. Data lainnya yang dibutuhkan adalah data pesawat yang bersumber dari Dinas Perhubungan Udara. Data-data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode FAA secara manual dan komputerisasi dan metode LCN.

Tebal perkerasan *runway* berdasarkan hasil analisis metode FAA menggunakan cara manual adalah 80 cm, sedangkan hasil dari *software* FAARFIELD adalah 70,9 cm. Tebal perkerasan *runway* berdasarkan hasil analisis metode LCN adalah 71 cm. Deviasi tebal perkerasan metode FAA cara manual dengan lapisan eksisting adalah 29%, sedangkan FAARFIELD dengan lapisan eksisting adalah 37%. Deviasi tebal perkerasan

metode LCN dengan lapisan eksisting adalah 36,9%. Tebal perkerasan eksisting aman untuk digunakan pesawat yang beroperasi saat ini.

Kata Kunci: Perkerasan runway, FAA, FAARFIELD, LCN

### A. Pendahuluan

Bandara Djalaluddin Gorontalo sebagai bandara yang digunakan untuk menghubungkan wilayah yang sedang berkembang di kawasan timur Indonesia. Hal ini tidak lepas dari posisi strategis Gorontalo yang menghubungkan daerah bagian Sulawesi Utara dengan Sulawesi Tengah. Klasifikasi bandara ini adalah 4D dan dioperasikan oleh Departemen Perhubungan Republik Indonesia, terletak di 32 km sebelah barat dari pusat kota Gorontalo di Kelurahan Tolotio, Kecamatan Tibawa, Kabupaten Gorontalo pada koordinat 00° 38′ 14″ Lintang Utara dan 122° 50′ 57″ Bujur Timur. Bandara memiliki dua fasilitas, yaitu fasilitas udara dan fasilitas darat. Fasilitas udara merupakan faktor penting dalam suatu bandara karena di sinilah sebenarnya pergerakan aktual terjadi.

Runway merupakan tempat peralihan gerakan pesawat dari darat ke udara atau sebaliknya. Panjang runway bandara saat ini adalah 2500 m, memiliki lebar 45 m, dan tebal perkerasan 1 m. Pada tahun 2005, dilakukan perpanjangan runway yang semula 2300 m menjadi 2500 m. Saat memperpanjang runway pada tahun 2005, tebal perkerasan harus berdasarkan lapisan eksisting.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisanlapisan yang terletak di atas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya, beban pesawat terbesar yang dilayani oleh bandara ini adalah pesawat tipe Airbus A320-200 dengan berat lepas landas 72.000 kg. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan Runway Bandara Djalaluddin Gorontalo Menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration) dan Metode LCN (Load Classification Number) agar dapat membandingkan tebal perkerasan kondisi eksisting dan tebal perkerasan hasil hitungan dengan menggunakan dua metode.

# B. Kajian Teoretis

### 1. Bandara

Bandara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

### 2. Fasilitas Bandara

Sisi udara dan sisi darat pada sebuah bandara memiliki beberapa fasilitas, fasilitas bandara secara umum ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1**Fasilitas bandara

Fas	ilitas Bandara
A. Sisi Udara	B. Sisi Darat
1. Runway	1. Bangunan Terminal
2. Taxiway	2. Bangunan Operasi
3. Apron	3. Fasilitas penunjang
	bandara udara

(Sumber: Sartono, 2015)

# 3. Klasifikasi Lapangan Terbang

Kode bandara tersusun dari dua elemen, elemen pertama adalah kode huruf yang berkaitan dengan referensi panjang landas paju atau *Aerodrome Reference*  *field length* (ARFL), sedangkan elemen kedua merupakan kode huruf dari A sampai F yang berkaitan dengan lebar pesawat dan jarak antar roda-roda utama terluar. Kode referensi bandara ditunjukkan pada Tabel 2.

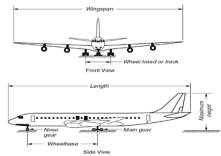
**Tabel 2** Kode Referensi Bandara

Kode Ele	emen 1	Kod	le Elemen 2	
Kode	ARFL	Kode	Lebar Sayap	Lebar Jarak Antara
Nomor		Huruf		Roda-Roda Utama
1	Kurang dari	A	Sampai dan	Sampai dan
	800 m		kurang dari 15 m	kurang dari 4,5 m
2	800 m dan	В	Sampai 15 m dan	Sampai 4,5 m dan
	kurang dari		kurang dari 24 m	kurang dari 6 m
	1.200 m			-
3	1.200 m dan	C	24 m dan kurang	6 m dan kurang
	kurang dari		dari 36 m	dari 9 m
	1.800 m			
4	1.800 m dan	D	36 m dan kurang	9 m dan kurang
	lebih		dari 52 m	dari 14 m
		E	52 m dan kurang	9 m dan kurang
			dari 65 m	dari 14 m
		F	65 m dan kurang	14 m dan kurang
-			dari 80 m	dari 16 m

(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2015).

# 4. Karakteristik Pesawat Terbang

Karakteristik pesawat terbang merupakan aspek yang signifikan dalam penentuan perencanaan dan pembangunan *runway*. Klasifikasi dan spesifikasi pesawat akan menentukan tebal perkerasan. Pesawat terbang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Elemen pada Pesawat Terbang (Horonjeff, 2010)

# 5. Landasan Pacu (Runway)

Menurut Sartono (2015), landas pacu (*runway*) adalah area persegi di permukaan bandara (*aerodrome*) yang disiapkan untuk *take off* dan landing pesawat, secara aman dan efisien dalam berbagai kondisi.

# 6. Struktur Perkerasan Runway

Menurut Hardiyatmo (2015), perkerasan lentur (flexible pavement) adalah perkerasan aspal yang umumnya terdiri atas lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar, dan perkerasan kaku (rigid pavement) adalah perkerasan yang banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara (khususnya apron). Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata akan menghasilkan jalan pesawat yang baik, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa tiap lapisan dari atas ke bawah cukup untuk menopang beban di atasnya sehingga tidak mengalami deformasi, pada umumnya susunan lapisan perkerasan landasan terdiri atas beberapa lapisan, yaitu:

- a. lapisan permukaan (surface course);
- b. lapisan pondasi atas (base course);
- c. lapisan pondasi bawah (subbase course);
- d. lapisan tanah dasar (subgrade).

### 7. Perencanaan Perkerasan Metode FAA

FAA mengeluarkan peraturan perhitungan desain landasan pacu bandara yaitu dengan cara manual dan menggunakan software FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design). FAARFIELD menerapkan prosedur layer elastic and finite element untuk merencanakan perkerasan baru pada perkerasan lentur. Karakteristik tanah dasar sangat

menentukan total perkerasan sehingga makin baik kekuatan tanah dasarnya, maka menjadikan tebal perkerasan makin kecil. Hasil dari investigasi tanah dasar ini adalah karakteristik kekuatan tanah dasar untuk digunakan dalam metode FAA yang terdiri atas nilai CBR (California Bearing Ratio) untuk perkerasan lentur. Tebal lapisan perkerasan ditentukan berdasarkan pesawat rencana, yaitu yang bebannya menghasilkan ketebalan yang paling besar, pesawat rencana tidak harus yang terberat, dalam rancangan lalulintas pesawat, perkerasan harus melayani beragam macam pesawat yang mempunyai tipe roda pendaratan berbeda-beda dan berlainan beratnya. Tekanan roda bervariasi dari 75 sampai 200 psi tergantung pada konfigurasi roda pendaratan dan berat total pesawat. Pengaruh dari semua jenis model lalu lintas harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan equivalent annual dari pesawat-pesawat tersebut. Rumus konversinya adalah:

$$Log R1 = log R2 \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2}$$
 (1)

# Dengan:

R1 : *equivalent annual departure* pesawat rencana, R2 : *annual departure* pesawat-pesawat campuran

dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana,

W1: beban roda dari pesawat rencana (lbs),

W2 : beban roda dari pesawat yang ingin di korversi (lbs).

Tipe roda pendaratan juga berlainan bagi tiap-tiap jenis pesawat maka perlu dikonvesikan, faktor konversi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Faktor Konversi

Konversi Dari	Ke	Faktor
		Pengali
Single Wheel	Dual Wheel	0,8
Single Wheel	Dual Tandem	0,5
Dual Wheel	Dual Tandem	0,6
Double Dual Tandem	Dual Tandem	1
Dual Tandem	Single Wheel	2
Dual Tandem	Dual Wheel	1,7
Dual Wheel	Single Wheel	1,3
Double Dual Tandem	Dual Wheel	1,7

(Sumber: Basuki, 2008)

Menentukan tebal lapisan perkerasan diperlukan nilai CBR dari material tanah dasar, nilai CBR pondasi bawah, berat total lepas landas pesawat rencana dan jumlah keberangkatan tahunan dari pesawat rencana beserta pesawat-pesawat yang sudah dikonversikan.

#### Perencanaan Perkerasan Metode LCN 8.

LCN Metode merupakan metode perencanaan perkerasan dan evaluasi, serta formulasi dari Air Ministry Directorat General of Work, British Aviation yang saat ini sudah diakui ICAO dalam Aerodrome Manual. Dalam prosedurnya, kapasitas daya dukung perkerasan dinyatakan dalam angka LCN. Adapun langkah-langkah menentukan tebal perkerasan yaitu sebagai berikut.

- a. Menentukan Gear Loads.
- b. Menentukan Kontak Area Ban.
- c. Menentukan Nilai RF.
- d. Menentukan Nilai ESWL.
- e. Menentukan Nilai LCG.
- f. Menentukan LCN Runway.
- g. Menentukan Tebal Perkerasan.

### C. Metode Penelitian

### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kelurahan Tolotio, Kecamatan Tibawa, Kabupaten Gorontalo, dengan posisi geografis pada koordinat 000 38′ 14″ Lintang Utara dan 122° 50′ 57″ Bujur Timur. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi Penelitian Sumber: *Google Earth*, 2019

### 2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian berupa:

- a. Laptop dengan perangkat lunak *Autocad* 2019, *FAARFIELD*, *Microsoft Office* dan *Google Earth*.
- b. Alat tulis menulis.
- Kalkulator ilmiah.
- d. Alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer)

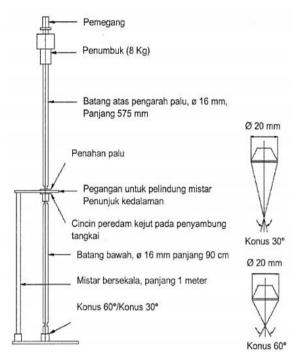
### 3. Sumber Data

Adapun data-data yang ingin diperoleh yaitu:

a. Data Primer

Data primer pada penelitian ini yaitu data CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar/tanah asli. Pengujian CBR tanah asli dilakukan di sekeliling bandara dan alat yang digunakan adalah DCP. Pengujian diambil 5 titik, dan setiap titik terdapat 2

pengujian yang jaraknya 20 cm. Alat DCP ditunjukkan pada Gambar 3.



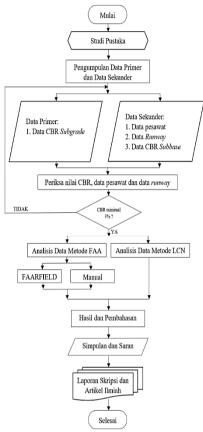
Gambar 3. Alat DCP

### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh atau dikumpulkan melalui sumber lain berupa bukubuku, brosur, dan artikel yang didapat dari website yang berkaitan dengan penelitian atau data yang berasal dari instansi terkait. Data yang dibutuhkan adalah:

- 1) Data pesawat.
- 2) Data runway.

# 4. Tahapan Penelitian



Gambar 4 Diagram alir

### D. Hasil dan Pembahasan

# 1. Tipe dan Karakteristik Pesawat

Tipe dan karakteristik pesawat yang akan digunakan dalam perencanaan yaitu pesawat yang menggunakan bandara eksisting. Tipe dan karakteristik pesawat pada bandara Djalaluddin Gorontalo ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Tipe dan Karakteristik Pesawat

Jenis	Ref		Ka	rakteristik	Pesawat Uo	dara	
Pesawat	Code	Arfl (m)	Lebar sayap (m)	Omgws (m)	Panjang (m)	Mtow (kg)	Tp (Kpa)
B-737-300	4C	1.940	28,9	6,4	33,4	61.230	1.344
B-737-500	4C	1.830	28,9	5,2	31	60.560	-
B-737-800	4C	2.256	34,3	6,4	39,5	70.535	1.470
B-737-900	4C	2.240	34,3	7	42,1	66.000	1.470
A-320-200	4C	2.090	34,1	8,7	37,6	72.000	1.360
ATR-72-500	3C	1.220	27	4,1	27,2	22.500	-
CRJ-1000	4C	1.996	26,2	-	39,1	40.842	1.060
DHC-6	1B	659	19,8	4,1	15,7	5.670	220

(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2015).

#### 2. Annual Departure

Masing-masing pesawat terbang memiliki jumlah kedatangan dan keberangkatan tersendiri sesuai dengan jadwal dan rute penerbangan. Annual departure ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Annual departure

Jenis	20	)15	20	016	20	)17		
Pesawat	Arrive	Depart	Arrive	Depart	Arrive	Depart	Arrive	Depart
B-737-300	39	39	75	75	-	-	16	16
B-737-500	281	281	254	254	258	258	109	109
B-737-800	1.247	1.247	1.455	1.455	1.122	1.122	806	806
B-737-900	-	-	-	-	212	212	140	140
A-320-200	18	18	181	181	315	315	544	544
ATR-72-	677	677	680	680	878	878	774	774
500								
CRJ-1000	_	-	-	-	297	297	-	-
DHC-6	159	159	81	81	-	_	-	-
Total	2.421	2.421	2.726	2.726	3.082	3.082	2.389	2.389

(Sumber: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2015).

#### 3. Penentuan Nilai CBR

Nilai CBR tanah dasar (subgrade) didapat dari pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan alat DCP. Nilai CBR subgrade pada kedalaman 1 m di sekitar bandara Djalaluddin Gorontalo, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

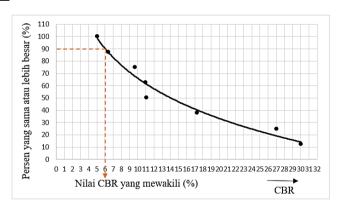
**Tabel 6** Nilai CBR

Titik	CBR 1 (%)	CBR 2 (%)	Keterangan
1	-	-	DCP tidak sampai 1 m
2	6,38	5,05	-
3	30,05	27,01	-
4	9,68	17,26	-
5	11,09	10,96	-

CBR lapangan yang didapat harus dicari CBR yang mewakili. CBR yang mewakili ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 5.

**Tabel 7**Susunan Nilai CBR

CBR (%)	Jumlah yang Sama	Persen (%) yang Sama
	atau Lebih Besar	atau Lebih Besar
5,05	8	8/8 x 100% = 100%
6,38	7	$7/8 \times 100\% = 87.5\%$
9,68	6	$6/8 \times 100\% = 75\%$
10,96	5	$5/8 \times 100\% = 62.5\%$
11,06	4	$4/8 \times 100\% = 50\%$
17,26	3	$3/8 \times 100\% = 37,5\%$
27,01	2	$2/8 \times 100\% = 25\%$
30,05	1	1/8 x 100% = 12,5%



Gambar 5 Nilai CBR yang Mewakili

Berdasarkan Gambar 5, maka CBR *subgrade* yang digunakan adalah CBR dengan nilai 6%. CBR *base* dan *subbase* didapatkan dari Dinas Perhubungan Udara Provinsi Gorontalo sebesar 80% dan 25%.

### 4. Perencanaan Perkerasan Metode FAA

- a. Analisis Cara Manual
  - 1) Menentukan Pesawat Rencana

Perhitungan pesawat rencana dilakukan untuk mengetahui jenis pesawat yang memberikan kontribusi beban yang signifikan sehingga menghasilkan ketebalan yang paling besar.

Perhitungan pesawat rencana untuk jenis Boeing 737-300 adalah:

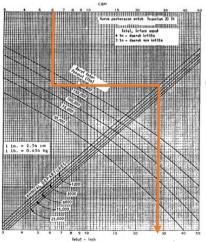
CBR Subgrad : 6%. CBR Subbase : 25%.

Berat Kotor : 134.990 lbs.

Annual Departure: 0 (diambil nilai minimum

1.200)

Perhitungan tebal perkerasan yang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6** Grafik Perhitungan Pesawat Rencana untuk Jenis B-737-300 *Dual Wheel* (Basuki, 2008)

Berdasarkan Gambar 6. nilai tebal perkerasan total adalah 27,5 inch atau 69,9 cm. Lakukan hal yang sama untuk pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan perkerasan terbesar yaitu pada pesawat AirBus 320-200 dengan ketebalan perkerasan 77,5 cm. Pesawat rencana yang dipilih adalah AirBus 320-200. Setelah pesawat rencana ditentukan, maka selanjutnya menghitung equivalent annual departure pesawat atau untuk masing-masing pesawat terbang. Perhitungan equivalent annual departure ditunjukkan pada Tabel 8. Tabel 8 menunjukkan proses dan urutan perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan metode FAA. Pada kolom jenis pesawat didapatkan dari hasil rekapitulasi pesawat dengan berat terbesar dan jumlah frekuensi perjalanan terbanyak.

Angka pada kolom jumlah ban, MTOW (*Maximum Take Off Weight*), dan konfigurasi roda utama didapat dari peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara tahun 2015. Nilai R1 didapatkan dari persamaan 2.1. Contoh perhitungannya adalah:

```
a) Jenis Pesawat = B-737-900
```

- b) Konfigurasi roda utama = Dual Wheel
- c) MTOW = 145.505 lbs
- d) Jumlah Ban Utama = 4
- e) Annual Departure = 212
- f) Faktor Konversi = 1
- g) W2 =  $145.505 \times 0.95 \times 0.25 = 34.557$  lbs
- h) R2 =  $212 \times 1 = 212$
- i) W1 = 37.699 lbs
- j) Log R2 = Log (212) = 2.33
- k) Log R1 = Log R2  $(\frac{W^2}{W^1})^{1/2}$  = 2,23
- 1) R1 =  $10^{2,23} = 170,13$

Tabel 8 Equivalent Annual Departure

Jenis Pesawat	Konfigurasi	MTOW	Annual	Jumlah	Faktor	W2 (lbs)	<b>R</b> 2	W1 (lbs)	Log	Log R1	R1
	Roda Utama	(Lbs)	Depart	Ban	Konversi				<b>K</b> 2,	)	
B-737-300	Dual Wheel	134.900		4	1	32.039	,	37.699	0	0	1
B-737-500	Dual Wheel	133.510	258	4	1	31.709	258	37.699	2,41	2,21	162,28
B-737-800	Dual Wheel	155.500	1122	4	1	36.931	1122	37.699	3,05	3,02	1044,17
B-737-900	Dual Wheel	145.505	212	4	1	34.557	212	37.699	2,33	2,23	170,13
A-320-200	Dual Wheel	158.733	315	4	1	37.699	315	37.699	2,5	2,5	316,23
ATR-72-500	Dual Wheel	49.605	878	4	1	11.781	878	37.699	2,94	1,64	44,01
CRJ-1000	Dual Wheel	90.041	297	4	1	21.385	297	37.699	2,47	1,86	72,50
DHC-6	Single Wheel	12,500	1	2	8.0	5.938	,	37.699	0	0	1
				Total R1							1811

# 2) Perhitungan Tebal Perkerasan

Uraian menghitung tebal perkerasan metode FAA berdasarkan pesawat rencana A-320-200 adalah:

CBR Subgrade = 6%. CBR Subbase = 25%.

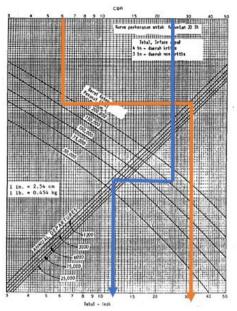
Berat Kotor = 158.733 lbs.

Equivalent Annual Departure = 1811

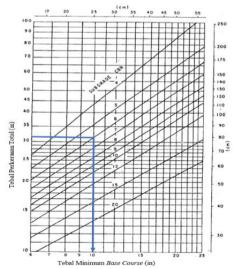
Perhitungan total tebal perkerasan yang ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, didapatkan:

- a) Total perkerasan adalah 31,5 inch atau 80 cm (——).
- b) Tebal *subbasse* adalah 31,5-11,5 ( $\longrightarrow$ ) = 20 inch atau 50,8 cm.
- c) Tebal *surface* adalah 4 inch atau 10,2 cm.
- d) Tebal *base course* adalah 11,5-4 = 7,5 inch atau 19 cm.

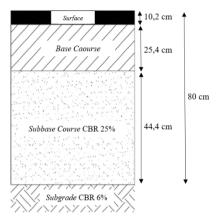
Ketebalan base course harus dicek ketebalan minimumnya. Perhitungan ketebalan minimum base course menggunakan Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8, maka tebal minimum base course adalah 10 inch. Selisih tebal base course antara perhitungan dan grafik adalah 2,5 inch tidak ditambahkan pada tebal perkerasan tetapi diambil dari tebal subbase, maka tebal subbase adalah 17,5 inch atau 44,4 cm. Tebal total perkerasan akan ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 7** Grafik Perhitungan Pesawat Rencana untuk Jenis A-320- 200 *Dual Wheel* (Basuki, 2008)



**Gambar 8** Grafik Tebal *Base Course* Minimum (Basuki, 2008)



Gambar 9 Tebal Lapisan Perkerasan Runway Metode FAA

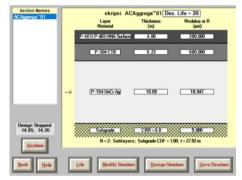
- b. Analisis Menggunakan FAARFIELD
   Adapun langkah-langkah desain perkerasan menggunakan FAARFIELD adalah:
  - Pilih dan klik structure yang ada pada kolom data input, akan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Awal FAARFIELD

- 3) *Input* nilai CBR tanah dasar.
- 4) Pilih data struktur perkerasan berdasarkan material.
- 5) Pilih tipe pesawat pada menu *Airplane. Input* tipe pesawat yang dilayani bandara, MTOW, dan keberangkatan tahunan. Keberangkatan tahunan

- 2017 dipilih karena lalulintas pesawat pada tahun ini lebih besar dari tahun-tahun lainnya.
- Tahap selanjutnya, pilih dan klik design structure. 6) Lapisan perkerasan akan muncul dan tebalnya akan tersedia.
- 7) Lapisan perkerasan yang muncul tidak sesuai standar struktur. Oleh karena itu, lapisan base harus diganti oleh lapisan base yang terstabilisasi. Lapisan perkerasan metode **FAA** dengan menggunakan software FAARFIELD ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Lapisan Perkerasan Metode FAA Menggunakan FAARFIELD

Berdasarkan Gambar 11. tebal lapisan perkerasan total adalah 27,92 inch atau 70,9 cm. Tebal lapis permukaan adalah 4 inch atau 10,2 cm, tebal lapis base course adalah 5,23 inch atau 13,2 cm, dan tebal lapis subbase course adalah 18,69 inch atau 47,5 cm.

#### 5. Perencanaan Perkerasan Metode LCN

a. Perhitungan Nilai ESWL

Adapun perhitungan ESWL untuk pesawat Airbus 320-200 adalah:

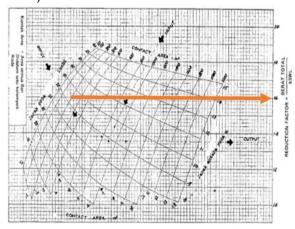
1) Menghitung Nilai Gear Loads

Gear loads = 
$$95\% x \frac{MTOW}{Jumlah Roda Pendaratan}$$
  
=  $95\% \frac{158.733}{4} = 37.699 \text{ lbs}$ 

2) Menentukan Kontak Area Ban

Kontak Area Ban = 
$$\frac{Gear \ loads}{Tekanan \ roda} = \frac{37.699}{197,25}$$
$$= 191,1 \ inch^{2}$$

3) Menentukan Nilai RF (*Reduction Factor*) Jarak roda pesawat Airbus 320-200 adalah 36,5 inch. Grafik untuk menentukan nilai RF ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Grafik reduction factor

Berdasarkan Gambar 14, nilai RF dari pesawat A-320-200 adalah 1,6.

4) Menentukan Nilai ESWL

$$ESWL = \frac{Gear\ Loads}{Rf} = \frac{37.699}{1,6} = 23.562\ lbs$$

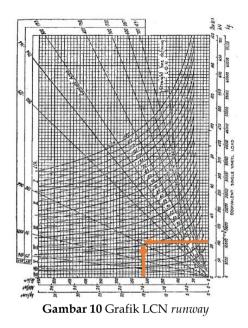
Perhitungan ESWL masing-masing pesawat ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Perhitungan ESWL

Jenis Pesawat	Konfigurasi Rođa Utama	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	Tekanan Roda (Psi)	Gear Loads (lbs)	Kontak Area Ban (inch²)	Jarak Bersih Antar Rođa (inch)	RF	ESWL (lbs)
B-737-300	Dua1 Wheel	134.900	4	194,93	3 2.039	164,36	30.5	1,52	21.078
B-737-500	Dua1 Whee1	133.510	4	193	31.709	164,3	30.5	1,52	20.861
B-737-800	Dual Wheel	155.500	4	213,2	36.931	173,22	34	1,56	23.674
B-737-900	Dua1 Wheel	145.505	4	213,2	34.557	162,09	34	1,57	22.011
A-320-200	Dua1 Whee1	158.733	4	197,25	37.699	191,1	35,5	1,6	23.562
ATR-72- 500	Dual Wheel	49.605	4	95	11.781	124	20,47	1,36	8.663
CRJ-1000	Dual Wheel	90.041	4	153,74	21.385	139,1	25	1,44	14.851
DHC-6	Single Wheel	12.500	2	31,9	5.938	186,14	0	1	5.938

#### b. Penentuan Nilai LCN Runway

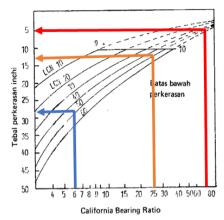
LCN adalah suatu sistem pengklasifikasian tebal perkerasan lentur runway berdasarkan nomor. Nomor-nomor yang ada merupakan representasi dari karakteristik perkerasan. Semakin kecil LCN, maka semakin rendah kapasitas perkerasan tersebut dalam mengakomodasi kebutuhan pesawat berbadan lebar (wide body aircraft). Sebaliknya, semakin besar nilai LCN, maka besar kapasitas perkerasan tersebut dalam mengakomodasi kebutuhan pesawat berbadan lebar (wide body aircraft). Grafik untuk menentukan nilai LCN runway ditunjukkan pada Gambar 10.



Berdasarkan Gambar 10, diperoleh LCN sebesar 32,5. Nilai ESWL yang di *input* adalah pesawat B-737-800 karena memiliki nilai terbesar yaitu 23.674 lbs dan tekanan ban sebesar 213,2 Psi. Nilai LCN harus dikalikan dengan angka keamanan 1,5 sehingga nilai LCN *runway* akhir adalah 48,75.

# c. Penentuan Tebal Perkerasan Runway

Penentuan tebal perkerasan digunakan terpilih. Nilai LCN yang didapat dikorelasikan dengan nilai CBR lapangan yang tersedia, kemudian memplotkannya ke dalam kurva. Tebal perkerasan masing-masing lapisan berbeda-beda tergantung nilai CBR. Nilai CBR tanah dasar didapatkan dari pengujian lapangan sebesar 6% dan nilai CBR subbase dan base didapat dari Dinas Perhubungan Udara Gorontalo sebesar 25% dan 80%. Perhitungan tebal lapisan perkerasan LCN ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Kurva perkerasan lentur

Berdasarkan Gambar 11, dapat disimpulkan bahwa:

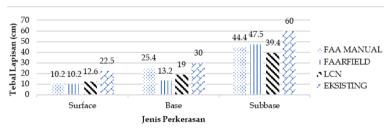
- Nilai perkerasan total adalah 28 inch atau 71 cm 1) **(→**).
- Tebal subbase dengan nilai LCN 48,75 dan CBR 2) 25% adalah:
  - 28 inch-12,5 inch (——) = 15,5 inch atau 39,4 cm
- Tebal base dengan nilai LCN 58,75 dan CBR 3) 80% adalah:
  - 12,5 inch-5 inch (→→) = 7,5 inch atau 19 cm
- 4) Tebal surface adalah; 71 cm - 39.4 cm - 19 cm = 12.6 cm

#### 6. Perbandingan Tebal Perkerasan Runway

Perbandingan tebal perkerasan dilakukan agar mengetahui perbedaan antara perencanaan menggunakan metode FAA dan metode LCN. Perbandingan tebal perkerasan ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 12.

**Tabel 10**Perbandingan Tebal Perkerasan

Lapis Perkerasan	Tebal Perkerasan		Tebal Perkerasan Hasil Perhitungan dengan CBR <i>subgrade</i> 6%					
	Eksisting		FAA	LCN				
	(cm)	Manual	FAARFIELD	Manual (cm)				
		(cm)	(cm)	, ,				
Surface	22,5	10,2	10,2	12,6				
Base	30	25,4	13,2	19				
Subbase	60	44,4	47,5	39,4				
Total	112,5	80	70,9	71				
Persentase	e terhadap	29%	37%	36,9%				
Lapisan	Eksisting							



Gambar 12 Perbandingan Tebal Lapisan Perkerasan Runway

# E. Penutup

Adapun simpulan dari hasil penelitian ini adalah:

- 1. Tebal total perkerasan berdasarkan desain perencanaan menggunakan metode FAA adalah 80 cm menggunakan cara manual, di mana tebal *subbase* 44,4 cm, tebal *base* 25,4 cm, dan tebal *surface* 10,2 cm. Tebal total perkerasan berdasarkan desain perencanaan menggunakan *software* FAARFIELD adalah 70, 9 cm, di mana tebal *subbase* 47,5 cm, tebal *base* 13,2 cm, dan tebal *surface* 10,2 cm.
- 2. Tebal total perkerasan berdasarkan desain perencanaan menggunakan metode LCN adalah 71 cm, di mana tebal *subbase* 39,4 cm, tebal *base* 19 cm, dan tebal *surface* 12,6 cm.
- 3. Tebal perkerasan eksisting sebesar 112,5 cm, sedangkan tebal perkerasan berdasarkan hitungan metode FAA adalah sebesar 80 cm dan 70,9 cm serta tebal perkerasan

menggunakan metode LCN adalah sebesar 71 cm. Deviasi tebal perkerasan metode FAA cara manual dengan lapisan eksisting adalah 29%, sedangkan FAARFIELD dengan lapisan eksisting adalah 37%. Deviasi tebal perkerasan metode LCN dengan lapisan eksisting adalah 36,9%.

### Referensi

- [1] Basuki, H. 2008. Merancang, Merencana Lapangan Terbang. Bandung: PT. Alumni.
- [2] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2015. Peraturan Nomor KP 39 Tahun 2015. Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil- Bagian 139 Volume 1 Bandara. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [3] Google Inc. 2019. *Google Earth*. https://earth.google.com/web/. 19 Oktober 2019 (18:56).
- [4] Hardiyatmo, H.C. 2015. Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah, Yogyakarta: UGM Press
- [5] Horonjeff, R., F. Mckelvey, W. Sproule, dan S. Young. 2010. Planning & Design of Airports. US: The McGraw-Hill Companies.
- [6] Sartono, W., Dewanti, dan T. Rahman. 2015. *Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway, dan Apron.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

# Evaluasi Perencanaan Saluran Drainase di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango

Moh. Taufiq Hamzah Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Anton Kaharu Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: anton.kaharu@ung.ac.id

Moh. Yusuf Tuloli Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: mohammad.tuloli@ung.ac.id

### **Abstrak**

Fokus penelitian terhadap evaluasi perencanaan saluran drainase di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango ini bertujuan untuk (1) mengevaluasi kondisi eksisting fisik dan nonfisik wilayah, (2) mengevaluasi kondisi eksisting fisik saluran drainase, dan (3) menyusun arahan penerapan perbaikan dalam meningkatkan kapasitas dan fungsi drainase eksisting. Pendekatan deskriptif kualitatif dengan analisis skoring digunakan untuk menjelaskan eksisting fisik wilayah, nonfisik eksisting wilayah, dan eksisting fisik saluran drainase di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango. Pendekatan analytical hierarchy process (AHP) digunakan untuk menyusun arahan prioritas dalam meningkatkan kapasitas dan fungsi drainase eksisting di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango. Berdasarkan karakteristik objek, metode penelitian ini menggunakan metode survei, berdasarkan karakteristik populasi, metode proporsional sampling digunakan pada fisik wilayah, nonfisik wilayah dan fisik saluran drainase eksisting, dan berdasarkan keterkaitan dengan analisis, metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif dan kualitatif. Berdasrkan hasil penelitian diperoleh petunjuk bahwa (1) kondisi fisik wilayah penelitian, termasuk dalam klasifikasi sangat sesuai dalam perencanaan saluran drainase, sedangkan kondisi nonfisik eksisting wilayah, termasuk klasifikasi cukup sesuai dalam perencanaan saluran drainase, (2) kondisi eksisting fisik saluran drainase masuk dalam klasifikasi tidak sesuai dengan

perencanaan saluran drainase karena termasuk dalam kategori buruk, (3) arahan untuk meningkatkan kapasitas dan fungsi drainase eksisting, dapat diterapkan melalui 3 (tiga) program alternativ unggulan, yaitu dengan melakukan: (a) program pembangunan bangunan pengendali, sebagai prioritas utama karena memiliki bobot tertinggi yaitu 3,11; (b) program pembangunan, berbaikan, dan pemeliharaan menyeluruh terhadap lingkungan fisik wilayah dan fisik saluran drainase, sebagai prioritas kedua karena memiliki bobot tertinggi kedua yaitu 3,04; dan (c) program kerja sama, partisipasi antara masyarakat dan lembaga pemerintah terkait, sebagai prioritas ketiga karena memiliki urutan ketiga yaitu 3,02.

Keyword: drainase, evaluasi, perencanaan

### A. Pendahuluan

Kabupaten Bone Bolango dalam kurun waktu 15 tahun terakhir, atau sejak berdiri menjadi kabupaten baru di Provinsi Gorontalo, telah mengalami perkembangan wilayah yang sangat pesat terutama di wilayah-wilayah kecamatan dan desa. Perkembangan wilayah ini tidak mungkin dicegah sejalan dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk. Akibatnya, permasalahan lingkungan semakin lama akan semakin parah dan telah mengakibatkan bencana bagi penduduk di wilayah tersebut, terutama yang berpenduduk sangat padat.

Salah satu masalah berat yang dihadapi oleh pemerintah daerah dan masyarakat Bone Bolango adalah banjir bandang dan genangan. Setiap musim hujan tiba, wilayah-wilayah yang rawan banjir di Kabupaten Bone Bolango selalu menjadi korban bencana banjir. Bahkan kejadian banjir bandang yang terjadi sepanjang tahun 2020 di DAS (daerah aliran sungai) Bolango-Bone semakin meluas, tidak hanya pada bagian hilir, tetapi juga pada bagian hulunya. Meluapnya air sungai yang terjadi bisa mencapai beberapa kali dalam setiap musim hujan dan bahkan setiap

banjir yang terjadi, ada yang berdurasi lebih dari 3 sampai dengan 7 hari lamanya.

Pada saat musim hujan tiba, curah hujan rata-rata per hari di Kabupaten Bone Bolango dan sekitarnya akan meningkat tajam, bahkan berdasarkan pantauan pada Pos Curah Hujan ARR/MRG DAS Bone Pangi tercatat curah hujan setinggi 61,7 mm, durasi 4 jam dengan klasifikasi hujan lebat. Pada Pos CH ARR/MRG DAS Sogitia Permata curah hujan tercatat setinggi 57,2 mm durasi 10 jam dengan klasifikasi hujan sedang, dan pada Pada Pos CH ARR/MRG DAS Bone Alale tercatat hujan setinggi 22,2 mm durasi 5 jam dengan klasifikasi hujan ringan (BWS Sulawesi II, 2020) sehingga bencana banjir pada bulan Juni dan bulan September 2020 waktu itu mengakibatkan banjir besar berdurasi lebih dari tiga hari. Akibatnya, kerugian yang sangat besar harus ditanggung oleh seluruh komponen, baik masyarakat, sektor swasta, maupun pemerintah daerah.

Umumnya, bencana banjir di Indonesia, khususnya di Kabupaten Bone Bolango adalah bencana yang paling besar menimbulkan kerugian bila dibandingkan dengan bencanabencana alam yang lain. Melihat bencana banjir yang semakin tahun semakin meningkat, berbagai pihak telah tergerak kembali untuk turut berperan dalam mengatasi permasalahan ini. Pemda Kabupaten Bone Bolango melalui BWS Sulawesi II Gorontalo, telah membangun proyek pekerjaan penanganan darurat bencana banjir di sungai bone, bendung alale, Kabupaten Bone Bolango, serta penjadwalan kembali program-program utama yang berkaitan penanggulangan banjir, misalnya normalisasi Sungai Bone, hingga perbaikan saluran Bendung Alale pada tahun 2020 (BWS Sulawesi II Gorontalo, 2020).

Secara umum, terjadinya banjir disebabkan oleh kemungkinan tujuh faktor, yaitu (1) pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan, (2) tidak adanya pola hidup bersih dimasyarakat, (3) tidak adanya perencanaan pemeliharaan sistem saluran drainase yang baik dan benar, adanya konsistensi pemangku kepentingan (stakeholder) terhadap RTRW, (5) tidak adanya upaya konservasi faktor penyeimbang lingkungan air, (6) terjadinya penurunan permukaan tanah dan (7) curah hujan yang sangat tinggi (Kaharu, 2006). Untuk itu, perlu perhatian yang lebih terhadap risiko bahaya banjir yang mengarah kepada faktor kesalahan manusia dalam mengeksploitasi wilayah dan lingkuan alam ini. Dalam penelitian, peneliti memfokuskan pada penyebab banjir dikarenakan sistem saluran drainasenya, dengan mengambil iudul "Evaluasi Perencanaan Drainase di Desa Bulotalangi, Kecamatan Bulango Timur, Kabupaten Bone Bolango".

# B. Kajian Teoretis

# 1. Evaluasi Perencanaan dan Pengertiannya

Evaluasi terhadap perencanaan saluran drainase merupakan aspek penting dalam hal menentukan kegiatan pembangunan, perbaikan, dan pemeliharaan drainase. Untuk melakukan penilaian perencanaan drainase tersebut, perlu dikaji dan disusun secara sistematis pada aspek lingkungan, ekonomi, fiskal, dan implikasi infrastruktur pada guna lahan dan rencana pengembangan. Secara teori, evaluasi perencanaan dapat dimaknai sebagai perbandingan kuantitatif ataupun kualitatif dari alternatif-alternatif rencana pada hasil yang aktual atau potensial dari tujuan dan sasaran yang dipilih (Kaiser dkk., dalam Kaharu, 2014). Menurut teori yang dikembangkan oleh Patton dkk. (dalam Kaharu, 2014), evaluasi perencanaan bisa dimaknai sebagai analisis kebijakan yang dapat dilakukan sebelum dan setelah kebijakan diimplementasikan. Analisis perencanaan (kebijakan) secara deskriptif

terkait dengan analisis historis perencanaan yang telah ada dan evaluasi perencanaan baru. Istilah evaluasi perencanaan secara deskriptif yaitu analisis kebijakan *expost, post-hoc,* atau analisis kebijakan *retrospective* (Kaharu, 2014). Selanjutnya, istilah tersebut dibagi menjadi dua, yaitu *retrospective* dan *evaluatif*, di mana analisis kebijakan *retrospective* mendeskripsikan dan menginterpretasikan kebijakan yang telah ada, sedangkan analisis kebijakan *evaluatif* terkait dengan evaluasi program apakah program tersebut sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (Patton dkk., dalam Kaharu, 2014).

# 2. Pengertian Drainase

Drainase berasal dari kata kerja "to drain" yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun di bawah permukaan tanah (Risnawati, 2013). Secara garis besar, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan tidak terganggu dan dapat dioptimalkan dengan baik. Saluran drainase dapat berfungsi dalam mengontrol kualitas air tanah yang baik. Jadi, drainase juga tidak hanya menyangkut tentang air permukaan, tetapi juga air tanah.

Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian menurut (Kodoatie dan Rustam, 2005). Adapun bangunan dari sistem drainase itu sendiri pada

umumnya terdiri atas saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving water*). Secara fungsional, sulit memisahkan secara jelas sistem drainase dan pengendalian banjir, tetapi secara praktis dapat mengatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke sungai.

# 3. Sistem Jaringan Drainase

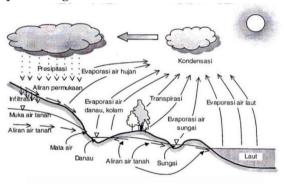
Sistem jaringan drainase terbagi menjadi 2 (dua) bagian yang terdiri atas sistem jaringan drainase makro dan sistem jaringan drainase mikro (Suripin, 2004).

- a. Sistem Jaringan Drainase Makro
  Sistem drainase makro adalah saluran yang
  menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah
  tangkapan air hujan. Pada umumnya, sistem
  drainase makro ini disebut juga sebagai sistem
  saluran pembuangan utama (*major system*) atau
  drainase primer. Sistem jaringan ini menampung
  aliran yang berskala besar dan luas, seperti saluran
  drainase primer, kanal-kanal, atau sungai.
- b. Sistem Jaringan Drainase Mikro
  Sistem drainase mikro adalah sistem saluran dan
  bangunan pelengkap drainase yang menampung
  dan mengalirkan air dari 12 daerah tangkapan
  hujan. Secara keseluruhan, yang termasuk dalam
  sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang
  sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar
  bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota,
  dan lain sebagainya, di mana debit air yang dapat
  ditampungnya tidak terlalu besar.

# 4. Jenis-Jenis Drainase

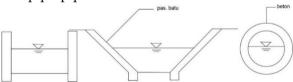
Adapun jenis drainase itu sendiri dapat dikelompokan menurut sejarahnya, letak bangunannya, kosntruksinya, serta sistem buangannya (Hadi Hardjaja, 2009 dalam Risnawati, 2013).

- a. Drainase Menurut Sejarah
  - 1) Drainase alamiah (*natural drainage*) merupakan drainase yang terbentuk secara alami, saluran drainase ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lama kelamaan akan membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



**Gambar 1** Drainase Alamiah (*natural drainage*)

2) Drainase buatan merupakan drainase yang dibuat dengan bantuan manusia dan memiliki maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa.



Gambar 2 Drainase Buatan

- b. Drainase Menurut Letak Bangunannya
  - 1) Drainase permukaan tanah (*surface drainage*) merupakan saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis aliran saluran terbuka (*open channel flow*).
  - 2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*) merupakan saluran drainase yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media bawah tanah (pipapipa) dikarenakan adanya bangunan atau jalan yang berada dipermukaan tanah.

## c. Drainase Menurut Konstruksinya

- Saluran terbuka merupakan saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air nonhujan yang tidak membahayakan kesehatan atau menganggu lingkungan.
- Saluran Tertutup merupakan saluran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor biasanya untuk saluran yang terletak di tengah kota.
- d. Drainase Menurut Sistem Buangannya (Fungsinya)
  - 1) Sistem terpisah (separate system), yaitu sistem jaringan terpisah, di mana air buangan disalurkan tersendiri dalam jaringan roil tertutup, sedangkan limpasan air hujan disalurkan tersendiri dalam saluraan drainase khusus untuk air yang tidak tercemar. Pada sistem ini, air kotor dan air hujan dilayani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah.

- 2) Sistem tercampur (combined system), yaitu jaringan tercampur di mana air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama yang harus tertutup. Pemilihan sistem ini didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain:
  - a) Debit masing-masing buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan.
  - b) Kuantitas air buangan dan air hujan tidak jauh berbeda.
  - c) Fluktuasi curah hujan dari tahun ke tahun relatif kecil.

Keuntungan penggunaan sistem tercampur (combined system) antara lain:

- a) Hanya diperlukan sat sistem penyaluran air sehingga dalam pemilihannya lebih ekonomis.
- b) Terjadi pengenceran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menjadi menurun.

Kerugian dari sistem tercampur (*combined* system) antara lain diperlukan areal yang luas untuk menempatkan instalasi tambahan utuk penanggulangan di saat-saat tertentu.

3) Sistem kombinasi (pscudo separate system), merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan di mana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengencer. Kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interseptor. Beberapa faktor yang digunakan dalam pemillihan sistem ini adalah:

- Perbedaan yang besar antara kuantitas air buangan yang akan disalurkan melalui jaringan penyalur air buangan dan kuantitas curah hujan pada daerah pelayanan.
- b) Umumnya, di dalam kota dilalui sungaisungai di mana air hujan secepatnya dibuang ke dalam sungai-sungai tersebut.
- Periode musim kemarau dan musim hujan yang lama dan fluktuasi air hujan yang tidak tetap.

## 5. Fungsi Drainase

Drainase memiliki banyak fungsi antara lain sebagai berikut.

- Mengeringkan suatu wilayah (khusunya daerah permukiman yang padat) dari genangan air dan banjir.
- Memperkecil risiko penyakit yang berdampak pada kesehatan agar lingkungan sekitar bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
- c. Mengoptimalkan tata guna lahan, serta memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya yang berada di sekitar sluran drainase.

# 6. Model Pola Jaringan Drainase

Model Pola Jaringan Drainase terbagi menjadi 6 (enam) pola jaringan sebagai berikut:

- a. Model Siku
  - Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.
- Model Pararel
   Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang

cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaiakan diri.

### c. Model Grid Iron

Untuk daerah di mana sungainya terletak di pinggir kota sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.

## d. Model Alamiah

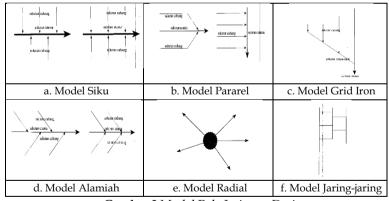
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada alamiah lebih besar.

### e. Model Radial

Pada daerah berikut sehingga pola saluran memencar ke segala arah.

## f. Model Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



Gambar 3 Model Pola Jaringan Drainase

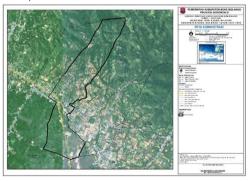
### C. Metode Penelitian

Metodologi penelitian adalah sekumpulan prosedur, peraturan, dan suatu analisis teoretis tentang suatu metode, ataupun cara atau ilmu-ilmu yang dipakai untuk menemukan kebenaran menggunakan penelusuran dengan tata cara tertentu, tergantung dari realitas apa yang dikaji. Metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Maksud dari cara ilmiah adalah bahwa kegiatan penelitian bersandar pada ciriciri keilmuan, yakni rasional, sistematis, dan empiris. Sedangkan penelitian merupakan sebuah usaha sistematis serta terorganisir dalam menyelidiki suatu masalah tertentu yang membutuhkan jawaban.

Dalam metodologi penelitian ini dilakukan peninjauan langsung dil okasi penelitian dengan mengumpulkan semua data yang diperlukan untuk menghitung bentuk serta hasil dari perencanaan saluran drainase tersebut dan juga dampak kesehatan yang diberikan oleh saluran drainase yang sudah ada (eksisting).

#### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian Evaluasi Perencanaan Saluran Drainase adalah di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Jangka waktu penelitian ini direncanakan selama 150 hari (5 bulan).



Gambar 4 Lokasi Penelitan

#### 2. Alat dan Bahan Penelitian

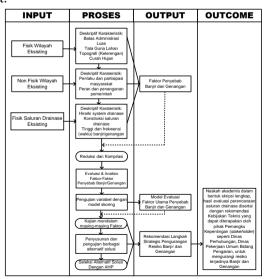
Alat dan bahan yang dipergunakan dalam usulan penelitian ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 1** Uraian Alat dan Bahan Penelitian

De	skripsi Alat dan Bahan	Fungsi
A.	Alat	
1.	1 . 1 1 0 ;	Programer dan analisis data
2.	Kamera digital	Dokumentasi hasil survei
3.	ATM dan ATK	Alat tulis
B.	Bahan	
1.	Lembar survei	Pengumpul data survei

## 3. Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan dan sasaran penelitian tersebut, maka perlu dirumuskan suatu formulasi metodologi dan pendekatan penelitian yang ditekankan pada pedoman kebutuhan saluran drainase. Mengacu kepada arahan dalam tujuan penelitian yang telah diuraikan sebelumnya, maka tahapan kerja penelitian yang dikembangkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 5 Bagan Alir Tahapan Penelitian

## 4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi dilakukan melalui observasi/pengamatan langsung situasi dan kondisi yang terjadi dalam wilayah penelitian. Jenis data dalam penelitian dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

- Data primer, yaitu data yang diperoleh dari sumber asli atau sumber pertama atau melalui observasi langsung di lapangan.
- b. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti untuk digunakan dalam melengkapi kebutuhan data penelitian. Data ini dilakukan melalui kunjungan instansional.

Data-data yang dibutuhkan dalam kegiatan tersebut atara lain dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 2**Daftar Kebutuhan dan Sumber Data Penelitian

Data yang	Vai	riabel	Jenis	Sumber Data
Diperlukan			Data	
Kependudukan,	1.	Jumlah dan Kepadatan	Sekunder	Survei
Ekonomi, Sosial		Penduduk		Instansional
	2.	PDRB		
	3.	Tingkat pendidikan		
Fisik Wilayah	4.	Batas administrasi	Primer &	Survei
Eksisting	5.	Luas wilayah penelitian	Sekunder	Lapangan
	6.	Tata guna lahan		(observasi) &
	7.	Topografi (kelerengan)		Instansional
	8.	Curah hujan		
Nonfisik	9.	Perilaku dan partisipasi	Primer &	Survei
Wilayah		masyarakat	Sekunder	Lapangan
Eksisting	10.	Peran dan Penangan		(observasi) &
		Pemerintah		Instansional
Fisik Saluran	11.	Hierarkie Sistem	Primer &	Survei
Drainase		Drainase	Sekunder	Lapangan
Eksisting	12.	Konstruksi Saluran		(observasi) &
		Drainase		Instansional
	13.	Tinggi, Lama, Luas &		
		Frekwensi Terjadinya		
		Banjir/Genangan		

## 5. Metode Pengolahan dan Analisis Data

## a. Metode Pengolahan Data

Data primer dan sekunder yang diperoleh dari hasil pengumpulan data, diolah menggunakan beberapa alat bantu berupa *software* pendukung *excel* untuk data analitik, seperti tabulasi sederhana dan grafik untuk data ekonomi, sosial, sedangkan *software* pendukung *arcview gis* untuk data spasial, seperti pemetaan saluran drainase.

#### b. Metode Analisis Data

Metode analisis data menggunakan analisis kuantitatif dan kualitatif. Metode analisis kuantitatif dan kualitatif ini digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian sesuai dengan rumusan masalah penelitian, yaitu sebagai beriku.

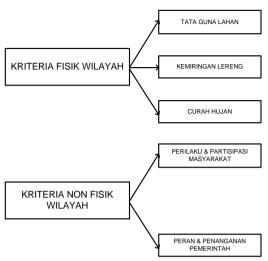
Kondisi Fisik dan Nonfisik Wilayah Eksisting Rumusan penelitian pertama ini mengunakan deskriptif kualitatif dan analisis skoring. Analisis deskriptif kualitatif difokuskan terhadap identifikasi kondisi eksisting tata guna lahan, topografi (kelerengan), curah hujan, perilaku dan partisipasi masyarakat, serta peran dan penanganan pemerintah terhadap kapasitas dan fungsi saluran drainase wilayah kajian. Penelitian merupakan penelitian nonmatematis dengan proses menghasilkan data-data dari hasil temuan berupa pengamatan, observasi, survei maupun wawancara, terhadap Dinas PUPR dan Kantor Desa Bulotalangi Kecamatan Bolango Timur Kabupaten Bone Bolango, dan studi-studi terdahulu sebagai bahan dalam evaluasi pengelolaan dan operasional saluran drainase. Sedangkan analisis skoring difokuskan pada penilaian varibel fisik dan nonfisik kawasan sebagai bahan evaluasi terhadap kesesuaian saluran drainase di lokasi penelitian. Standar yang digunakan dalam analisis *skoring* adalah sebagai berikut.

**Tabel 3**Daftar Kisaran Nilai dan Bobot

No	Kelas	Nilai	Nilai akhir	Bobot
	Kriteria	Skor		
1	I	5	Sangat Baik	Pengaruh sangat tinggi
2	II	4	Baik	Pengaruh tinggi
3	III	3	Cukup Baik	Pengaruh sedang
4	IV	2	Rendah	Pengaruh rendah
5	V	1	Sangat Rendah	Pengaruh sangat rendah

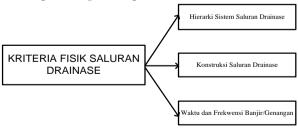
Sumber: Kaharu, 2014

Berdasarkan standar pada sistem pengskoran (pengharkatan) ini, maka dilakukan juga "pembobotan" pada masingmasing parameter. Pembobotan ini didasarkan pada seberapa jauh pengaruh atau tingkat kepentingan untuk pemanfaatan fisik dan nonfisik wilayah dalam perencanaan saluran drainase. Sebagaimana pada nilai, bobot juga menunjukkan kisaran angka dari 1 sampai 5, di mana semakin tinggi bobot, berarti semakin tinggi pula tingkat kepentingannya terhadap penggunaan fisik dan nonfisik wilayah dalam perencanaan saluran drainase, atau semakin tinggi kisarannya akan menunjukkan semakin besar pengaruh atau tingkat kepentingan dalam menunjang kemampuan fisik dan nonfisik wilayah dalam perencanaan saluran drainase. Tahapan analisis data dengan menggunakan metode skoring ditampilkan gambar 6.



Gambar 6 Tahapan Analisis Rumusan Penelitian Pertama

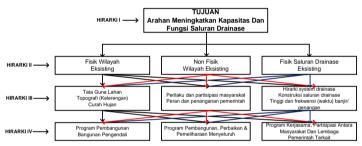
Kondisi Fisik Saluran Drainase Eksisting 2) Rumusan penelitian kedua ini, mengunakan analisis yang sama dengan analisis yang ada dirumusan pertama penelitian, yaitu analisis deskriptif kualitatif dan analisis skoring. Analisis deskriptif kualitatif dan analisis skoring ini difokuskan terhadap hierarkie system saluran drainase, konstruksi saluran drainase serta waktu dan frekwensi kejadian banjir/genangan di wilayah kajian. Tahapan analisis data dengan menggunakan metode skoring ditampilkan gambar 7.



Gambar 7 Tahapan Analisis Rumusan Penelitian Kedua

3) Arahan dalam Meningkatkan Kapasitas dan Fungsi Saluran Drainase

Rumusan penelitian ini menggunakan analytical hierarchy process (AHP). Analytical hierarchy process difokuskan pada beberapa analisis hasil dan pembahasan rumusan dan penelitian pertama kedua di kemudian dijadikan sebagai standar kriteria (parameter kriteria), di mana secara hierarkie digambarkan kedalam bentuk bagan hierarki seperti ditunjukkan pada gambar 8 berikut ini:



**Gambar 8** Hierarkie Parameter Analisis Arahan Meningkatkan Kapasitas Dan Fungsi Saluran Drainase

Berdasarkan pada gambar 8 uraian dari fungsi-fungsi hierarki tersebut adalah sebagai berikut.

- a) Hierarki I (hierarkie utama) adalah menjelaskan tujuan/fokus/goal yang akan dicapai atau penyelesaian persoalan/ masalah yang dikaji.
- b) Hierarki II (hierarkie kedua) adalah kriteria utama, menjelaskan kriteria apa saja yang harus dipenuhi oleh semua alternatif (penyelesaian) agar layak untuk menjadi pilihan yang paling ideal.

- c) Hierarki III (hierarkie ke 3) merupakan subkriteria, yaitu menjelaskan rincian kriteria utama yang harus dipenuhi oleh semua alternatif (penyelesaian) agar layak untuk menjadi pilihan yang paling ideal.
- d) Hierarki IV (hierarkie ke 4) merupakan alternatif atau pilihan prioritas penyelesaian masalah untuk meningkatkan kapasitas dan fungsi saluran drainase dalam upaya penanggulangan bahaya banjir/genangan di Desa Bulotalangi.

### D. Hasil dan Pembahasan

## Kondisi Fisik dan Nonfisik Eksisting Wilayah Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur, Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan hasil evaluasi perencanaan saluran drainase dengan menggunakan analisis skoring di Desa Bulotalangi Kecamatan Bulango Timur, Kabupaten Bone Bolango, ditemukan bahwa karakteristik fisik wilayah dan nonfisik wilayahnya adalah sebagai berikut.

## a. Fisik Wilayah

Secara fisik, wilayah di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 34,5%, kategori baik (kelas II) 34,54%, kategori cukup baik (kelas III) 24,97%, kategori buruk (kelas IV) 1,75%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 4,24%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan fisik wilayah di daerah tersebut masih sangat sesuai perencanaan saluran drainase.

# b. Nonfisik Wilayah

Secara nonfisik, wilayah di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 0%, kategori baik (kelas II) 38,10%, kategori cukup baik (kelas III) 42,8%, kategori buruk (kelas IV) 19,05%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 0%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan nonfisik wilayah di daerah tersebut belum cukup sesuai perencanaan saluran drainase.

Berdasarkan hasil-hasil analisis tersebut di atas, kondisi eksisting fisik wilayah penelitian baik ditinjau dari aspek tata-tata guna lahan, aspek kemiringan lereng dan aspek curah hujan masih masih cukup memadai kapasitasnya dalam menanggulangi terjadinya banjir dan genangan, sedangkan berdasarkan kondisi nonfisik wilayah, baik ditinjau dari aspek perilaku dan peran masyarakat, serta peran pemerintah setempat dalam penanganan dan pemeliharaan saluran drainase belum sesuai dalam perencanaan saluran drainase.

# 2. Kondisi Fisik Saluran Drainase Eksisting Desa Bulotalangi, Kecamatan Bulango Timur, Kabupaten Bone Bolango

Secara fisik saluran drainase eksisting, di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 0%, kategori baik (kelas II) 25%, kategori cukup baik (kelas III) 0%, kategori buruk (kelas IV) 75%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 0%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan fisik saluran drainase eksisting di daerah tersebut tidak cukup sesuai perencanaan saluran drainase.

Ringkasan hasil evaluasi perencanaan saluran drainase di daerah penelitian ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Ringkasan Pasil Evaluasi Perencanaan Saluran Drainase Penelitian

ON	Indikator Evalusi dan Varibel	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk	Jumlah	Hasil Evaluasi
1	FISIK WILAYAH	34,50%	34,54%	24,97%	1,75%	4,24%	100,00%	Sangat Sesuai
2	NON FISIK WILAYAH	%00'0	38,10%	42,86%	19,05%	%00'0	100,00%	Cukup Sesuai
3	FISIK SALURAN DRAINASE	%00'0	25,00%	0,00%	75,00%	%00'0	100,00%	Tidak sesuai

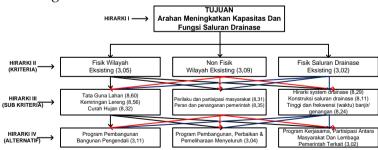
Kondisi eksisting fisik saluran drainase wilayah penelitian, secara umum tidak berfungsi secara baik dan benar, disebabkan oleh karena adanya sedimentasi dan buangan air limbah yang sangat tinggi sehingga menyebabkan drainase mengalami kedangkalan dan juga sistem drainase yang tidak memadai.

Secara hierarki, saluran drainase eksisting terdiri atas 7 (tujuh) saluran, masing-masing, 4 (empat) saluran berfungsi secara sekunder, dan 3 (tiga) saluran berfungsi secara tersier. Konstruksi fisik saluran drainase eksisting terbuat dari pasangan batu kali, dengan sistem terbuka.

Waktu genangan yang sering terjadi pada lokasi penelitian sesuai dengan data wawancara dan data sekunder, diperoleh pada kisaran 12–24 jam perhari.

# 3. Arahan dalam Meningkatkan Kapasitas dan Fungsi Saluran Drainase Desa Bulotalangi, Kecamatan Bulango Timur, Kabupaten Bone Bolango

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan AHP, secara keseluruhan untuk memperoleh arahan dalam meningkatkan kapasitas dan fungsi saluran drainase, dapat ditampilkan dalam gambar bagan AHP hasil, sebagai berikut.



Gambar 9 Arahan Hasil Analisis AHP

Arahan meningkatkan kapasitas dan fungsi saluran drainase eksisting di daerah Desa Bolatalangi berdasarkan teknik AHP didapatkan bahwa alternatif program pembangunan bangunan pengendali dengan bobot 3,11 merupakan bobot paling tinggi dibandingkan alternatif lainnya, yaitu program pembangunan, perbaikan dan pemeliharaan menyeluruh (3,04), serta program kerja sama, partisipasi antara masyarakat dan lembaga pemerintah (3,02).

Program pembangunan bangunan pengendali dapat dipilih sebagai alternatif yang akan disimulasikan dalam skenario arahan peningkatkan kapasitas dan fungsi saluran drainase eksisting di daerah Desa Bolotalangi karena merupakan urutan prioritas yang utama dibanding 2 (dua) alternatif lainnya.

## E. Penutup

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan sesuai dengan pertanyaan penelitian ini, maka dapatlah ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Secara fisik, wilayah di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 34,5%, kategori baik (kelas II) 34,54%, kategori cukup baik (kelas III) 24,97%, kategori buruk (kelas IV) 1,75%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 4,24%. Dilain pihak secara nonfisik, wilayah di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 0%, kategori baik (kelas II) 38,10%, kategori cukup baik (kelas III) 42,8%, kategori buruk (kelas IV) 19,05%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 0%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan nonfisik wilayah di daerah tersebut belum cukup sesuai perencanaan saluran drainase. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan fisik wilayah di daerah tersebut masih sangat sesuai dengan perencanaan saluran drainase.

- 2. Secara fisik saluran drainase eksisting, di Desa Bulotalangi mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 0%, kategori baik (kelas II) 25%, kategori cukup baik (kelas III) 0%, kategori buruk (kelas IV) 75%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 0%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan fisik saluran drainase eksisting di daerah tersebut tidak cukup sesuai perencanaan saluran drainase.
- 3. Berdasarkan hasil penilaian kondisi fisik dan nonfisik wilayah, serta kondisi fisik sistem drainase eksisting, diperoleh arahan untuk meningkatkan kapasitas dan fungsi drainase, melalui 3 (tiga) program alternatif, yaitu; (1) program pembangunan bangunan pengendali, sebagai prioritas utama karena memiliki bobot tertinggi yaitu 3,11 (2) program pembangunan, berbaikan, dan pemeliharaan menyeluruh terhadap lingkungan fisik wilayah dan fisik saluran drainase, sebagai prioritas kedua karena memiliki bobot tertinggi kedua yaitu 3,04, dan (3) program kerja sama, partisipasi antara masyarakat dan lembaga pemerintah terkait, sebagai prioritas ketiga karena memiliki urutan ketiga yaitu 3,02.

#### Referensi

- [1] Adi Irawan, Bagus dan Dwijtahja, Albertus, 2006. *Tugas Akhir* "Perencanaan Embung Cakaran Kabupaten Blora" (tidak dipubilkasikan)
- [2] Ditjen Pengairan, 1985. Perihal Rumus-Rumus Untuk Merencanakan Irigasi. Jakarta.
- [3] Edisono, Sutarto, dkk, 1997. Drainase Perkotaan. Gunadarma. Jakarta
- [4] Hardihardjaja dkk., 1997. Bangunan Air. Gunadarma, Yogyakarta.
- [5] M. Das, Braja, 1998. Mekanika Tanah. Erlangga, Jakarta
- [6] Maizir, 2017. Evaluasi Kegagalan Pembangunan Drainase Dalam. Jurnal Teknik Sipil ITP. Vol. 4 No. 2, 2017
- [7] Kaharu, Anton, 2006. Laporan Akhir Penyusunan Perencanaan Outlet Plan dan DED Air Limbah Bidang Drainase Kabupaten Boalemo tahun 2006, PUPR Kabupaten Boalemo

- Kaharu, Anton, 2014, "Pengembangan Jaringan Jalan Berdasarkan [8] Daya Dukung Wilayah Di Provinsi Gorontalo". Disertasi. Universitas Gaiah Mada, Yogyakarta.
- [9] Kodoatie, R. J. dan Sjarief, Rustam, 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Andi, Yogyakarta.
- [10] Kodoatie, R. J. dan Sugiyanto, 2000. Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan. Andi, Yogyakarta.
- [11] Lubis, F., 2016. "Analisa Frekuensi Curah Hujan Terhadap Kemampuan Drainase Permukiman Di Kecamatan Kandis". Jurnal Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Vol. 2 No. 1, April 2016
- [12] Loebis, Joesron, 1984. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Iakarta.
- [13] Novrianti. 2017. Pengaruh Drainase Terhadap Lingkungan Jalan Mendawai dan sekitar Pasar Kahayan. Media Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 2 No.1, 2017
- [14] Nurdiyanto, I. A. dan Primawan, B. A., 2020. "Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)". Jurnal Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [15] Pemerintah Indonesia. 2016. Undang-Undang Nomor 14 tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman. Lembaran RI. Tahun 2016, No. 101. Sekretariat Negara. Jakarta
- [16] Purnomo, Catur dan Sugito, Eko, 2008. Tugas Akhir "Perencanaan Embung Paras Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah" dipublikasikan)
- [17] Risnawati. 2016. Perencanaan Dan Desain Saluran Drainase Kawasan Perumahan Mulawarman Residence Kota Samarinda Pada Segmen II. Jurnal Teknik Sipil UNTAG Samarinda, Vol. 53 No. 9, 2013
- [18] Soemarto, C.D., 1999. Hidrologi Teknik (cetakan kedua). Erlangga,
- [19] Subarkah, Imam, 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Idea Dharma, Bandung.
- [20] Suripin, 2004. "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan". Yogyakarta: Andi
- [21] Soewarno, 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Nova, Bandung.
- [22] Soedibyo, 1993. Teknik Bendungan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [23] Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku, 1993. Bendungan Type Urugan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [24] Sosrodarsono, Suyono, 1989. Bendungan Type Urugan. Pradnya Paramita, Jakarta.

# Tinjauan Sistem Drainase sebagai Pengendali Limpasan Air Permukan (Surface Run Off) di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango

Setiawan Konivo Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

Moh. Yusuf Tuloli Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: mohammad.tuloli@ung.ac.id

Anton Kaharu Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: anton.kaharu@ung.ac.id

#### Abstrak

Penelitian yang berfokus pada tinjauan sistem drainase sebagai pengendali air ke permukan di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango ini bertujuan untuk (1) mengetahui kondisi penggunaan lahan eksisting, mengetahui kondisi fisik saluran drainase eksisting, menganalisis kondisi perubahan debit air limpasan setelah terjadi perubahan penggunaan lahan dan kondisi fisik sistem saluran drainase eksisting, dan (4) menyusun pengendalian air limpasan ke permukaan yang dapat diterapkan di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango. Pendekatan studi kasus, evaluasi eksisting, dan statistik deskriptif. Berdasarkan karakteristik obiek, metode penelitian ini menggunakan metode survei, berdasarkan karakteristik populasi, metode proporsional sampling digunakan pada kejadian perubahan debit air limpasan eksisting setelah terjadi perubahan penggunaan lahan, dan berdasarkan keterkaitan dengan analisis, metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif dan kualitatif, berbasis analisis (a) hidrologi, (b) hidrolika, (c) kontrol kapasitas saluran eksisting, dan (d) penyusunan rencana sistem pengendalian drainase (layout drainase rencana). Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) kondisi penggunaan lahan eksisting saat ini pada wilayah penelitian ini telah mengalami berberapa perubahan yang signifikan selama periodic 10 tahun terakhir antara tahun 20102020, perubahan tersebut adalah berupa alih fungsi lahan non terbangun menjadi kawasan terbangun sebesar 80%, (2) kondisi drainase saat ini belum terjadi perubahan secara signifikan baik secara system maupun secara fisik, fakta menjukan bahwa drainase saat ini 60% masih besrsifat alamiah, dan hanya 40% merupakan hasil rekayasa drainase, (3) perubahan tata guna lahan, kondisi sistem dan fisik drainase sangat berpengaruh terhadap skala debit banjir/genangan, (4) sistem pengendalian air limpasan ke permukaan yang dapat diterapkan pada daerah penelitian, yaitu melalui 2 (dua) pendekatan, yaitu (a) pertama pendekatan teknis, melalui penerapan rain harvesting, sumur resapan dan biopori, (b) yang kedua pendekatan non teknis, melalui pelibatan stakeholder dan masyarakat dalam meperbaiki penggunaan lahan dan penyediaan infrastruktur penunjang pengendali.

Kata kunci: air, drainase, limpasan, pengendali, permukaan, sistem

## A. Pendahuluan

Banjir ataupun genangan, menjadi masalah yang umum terjadi di beberapa kota dan kabupaten di Indonesia. Masalah banjir dan genangan ini tak hanya terjadi satu atau dua kali, tetapi terjadi secara berulang-ulang terutama selama musim hujan tiba sehingga masalah banjir/genangan ini telah menjadi permasalahan yang sulit untuk diselesaikan. Jika dirunut ke belakang, akar permasalahan banjir di perkotaan maupun di perdesaan berawal dari pertambahan jumlah penduduk yang sangat cepat yaitu 1,28% (Bone Bolango dalam Angka, 2021) di atas rata-rata pertumbuhan nasional yang hanya mencapai 1,25% pada tahun 2020 (BPS RI, 2021), akibat urbanisasi baik migrasi musiman maupun permanen.

Pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang cepat dapat menyebabkan perubahan "tata guna lahan", seperti lahan-lahan yang pada awalnya berupa lahan terbuka berubah menjadi areal atau kawasan terbangun, seperti permukiman, perkantoraan, pertokoan, pasar, dan fasilitas publik lainnya. Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut mengakibatkan meningkatnya aliran air ke permukaan langsung, sekaligus menurunnya air yang meresap ke dalam tanah. Akibat selanjutnya adalah ketidak-seimbangan distribusi air pada musim hujan dan musim kemarau, debit banjir meningkat, dan ancaman kekeringan.

Bone Bolango merupakan Kabupaten terbesar ke 2 (dua) di Provinsi Gorontalo dengan luas wilayah mencapai 17,63% dari luas provinsi yang mengalami perkembangan yang cukup pesat. RTRW Kabupaten Bone Bolango Tahun 2011-2031, Kabupaten Bone Bolango memiliki permasalahan dalam alih fungsi lahan yang terjadi secara cepat dan tidak sesuai dengan fungsi yang ditetapkan. Banyak terjadi alih fungsi ruang/lahan secara illegal, misalnya pada kejadian (1) alih fungsi lahan seluas 14.000 hektar di areal Taman Nasional Bogani Nani Wartabone menjadi tempat untuk kegiatan tambang emas, (2) alih fungsi lahan sawah dan hutan menjadi kawasan terbangun, dan (3) alih fungsi lahan di bantaran sungai menjadi kawasan permukiman, yang sebenarnya berpotensi dikembangkan sebagai jalur hijau atau RTH.

Berkembangnya suatu kawasan perkotaan maupun di perdesaan, selalu akan diikuti dengan berkurangnya daerah resapan air hujan. Kondisi ini akan meningkatkan volume air ke permukaan yang masuk ke dalam saluran drainase. Akibatnya, akumulasi air hujan membesar dan menyebabkan terlampauinya kapasitas sistem drainase yang ada, selanjutnya menimbulkan banjir/genangan (Suhardjono, 2015).

Penanganan banjir maupun genangan dengan upaya menormalisasi saluran drainase, normalisasi sungai, atau pelebaran saluran drainase tidak lagi ampuh karena hanya dapat mengatasi masalah drainase dalam jangka pendek. Berdasarkan dari hasil pengamatan awal saluran drainase Kabupaten Bone Bolango tahun 2021, bahwa ada beberapa wilayah terutama pada jalan-jalan lokal dan lingkungan, memiliki permasalahan genangan yang disebabkan oleh saluran drainase yang berada di bawah permukaan jalan dan salurannya diberi penutup jeruji besi, inlet-inlet yang tersedia sudah mulai banyak sampah dan kurang memadai sebagai tempat masuknya air yang mengalir. Selain itu, saluran yang berdimensi kecil dan banyak sampah juga menjadi penyebab terjadinya genangan. Jalan raya yang cenderung cekung juga menjadi penyebab genangan terjadi saat hujan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dibutuhkan upaya untuk meminimalisir genangan dan banjir yang terjadi pada beberapa titik di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango ini, ketika hujan terjadi yang efektif dan efisien. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan cara penerapan konsep drainase berkelanjutan, yaitu penanganan sistem drainase dengan memperhatikan kondisi dan daya dukung lingkungan serta memiliki prinsip meresapkan air sebanyak-banyaknya ke dalam tanah. Konsep dasar pengembangan drainase berkelanjutan ini adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan.

# B. Kajian Teoretis

1. Sistem Drainase sebagai Pengendali Limpasan Air Permukaan (Surface Run off) Limpasan Air Permukaan (Surface Run off) dan Pengertiannya

Limpasan air permukaan (*surface run off*) atau biasa disebut "air larian" adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan (Asdak, 2010). Menurut Kodoatie (2012), bagian yang penting dari *surface run off* yang erat

kaitannya dengan rancang bangunan pengendali *surface* run off adalah besarnya debit puncak (*peak flow*) dan waktu tercapainya debit puncak, volume, dan penyebaran *surface run off*.

Air hujan yang jatuh ke permukaann tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karena itu mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, lalu air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran air permukaan itu disebut limpasan permukaan (surface run off) atau air larian. Sebelum air dapat mengalir di atas permukaan tanah, curah hujan terlebih dahulu harus memenuhi keperluan air untuk evaporasi, intersepsi, infiltrasi, dan berbagai bentuk cekungan tanah (surface detentions) dan bentuk penampungan air lainnya.

Limpasan air permukaan (surface run off) atau air larian akan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Ada bagian limpasan air permukaan atau air larian yang berlangsung agak cepat untuk selanjutnya membentuk aliran debit. Bagian air aliran lain karena melewati cekungan-cekungan permukaan tanah sehingga memerlukan beberapa hari atau bahkan beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi aliran debit. Dengan demikian, kondisi aliran air permukaan yang berbeda Akan menentukan bentuk dan besaran hidrograf aliran (bentuk hubungan grafis antara debit dan waktu) suatu daerah aliran sungai.

a. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Limpasan Air Permukaan (Surface Run off)

Aliran sungai itu tergantung dari berbagai faktor secara bersamaan. Faktor-faktor ini dibagi menjadi 2 (dua) kelompok, yakni (a) elemen-elemen meteorologi yang diwakili oleh curah hujan dan (b) elemen-elemen daerah pengaliran yang menyatakan sifat-sifat fisik daerah pengaliran (Sosrodarsono & Takeda, 1993).

- 1) Elemen-Elemen Meteorologi
  - a) Jenis Presipitasi

Pengaruhnya terhadap limpasan sangat berbeda, yang tergantung pada jenis presipitasinya yakni hujan atau salju. Jika hujan maka pengaruhnya adalah langsung dan hidrograf itu hanya dipengaruhi intensitas curah hujan dan besarnya curah hujan.

b) Intensitas Curah Hujan

Pengaruh intensitas curah hujan pada limpasan permukaan tergantung dari kapasitas infiltrasi, jika infiltrasi curah hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka besarnya limpasan permukaan Akan segera meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas curah hujan. Akan tetapi, besarnya peningkatan limpasan itu tidak sebanding dengan peningkatan curah hujan lebih, yang disebabkan oleh efek penggenangan di permukaan tanah.

# c) Lamanya Curah Hujan

Disetiap daerah aliran terdapat suatu lamanya curah hujan yang kritis. Jika lamanya curah hujan itu lebih panjang, maka lamanya limpasan permukaan itu juga menjadi lebih panjang. Lamanya curah hujan juga mengakibatkan penurunan kapasitas infiltrasi. Untuk curah hujan yang jangka waktunya panjang, limpasan permukaannya akan menjadi lebih besar meskipun intensitasnya adalah relatif sedang.

# d) Distribusi Curah Hujan dalam Daerah Pengaliran

Iika kondisi-kondisi seperti topografi, tanah dan lain-lain di seluruh daerah pengaliran itu sama dan apabila jumlah curah hujan juga itu sama, maka curah hujan yang distribusinya merata akan mengakibatkan debit puncak minimum. Banjir di daerah pengaliran yang besar kadang-kadang terjadi oleh curah hujan lebat yang distribusinya merata, dan sering kali terjadi oleh curah hujan biasa yang mencakup daerah yang luas meskipun intensitasnya kecil. Sebaliknya, di daerah pengaliran yang kecil, debit puncak maksimum dapat terjadi oleh curah hujan lebat dengan daerah hujan yang sempit. Mengingat limpasan yang diakbitkan oleh curah hujan itu sangat dipengaruhi oleh distribusi curah hujan, maka untuk skala penunjuk faktor ini digunakan koefisien distribusinya. Distribusi koefisien adalah harga curah hujan maksimum dibagi harga curah hujan rata-rata di daerah pengaliran itu. Jadi, curah hujan yang jumlahnya tetap mempunyai debit puncak yang lebih besar yang sesuai dengan koefisien distribusinya yang bertambah besar.

- e) Arah Pergerakan Curah Hujan Umumnya pusat curah hujan itu bergerak. Jadi suatu curah hujan lebat bergerak sepanjang sistem aliran sungai akan sangat memengaruhi debit puncak dan lamanya limpasan permukaan.
- f) Curah Hujan Terdahulu dan Kelembaban Tanah

Jika kadar kelembaban lapisan teratas tanah itu tinggi, maka akan mudah terjadi banjir karena kapasitas infiltrasi yang kecil. Demikian pula jika kelembaban tanah itu meningkat dan mencapai kapasitas lapangan, maka air infiltrasi akan mencapai permukaan air tanah dan memperbesar aliran air tanah. Selama perioda pengurangan kelembaban tanah oleh evaportranspirasi dan lain-lain, suatu curah hujan yang lebat tidak akan mengakibatkan kenaikan permukaan air karena air hujan yang menginfiltrasi itu tertahan sebagai kelembaban tanah. Sebaliknya, kelembaban tanah itu sudah meningkat karena curah hujan terdahulu yang cukup besar, maka kadang-kadang curah hujan dengan intensitas yang kecil mengakibatkan kenaikan permukaan air

- yang besar dan kadang-kadang dapat mengakibatkan banjir.
- g) Kondisi-Kondisi Meteorologi yang Lain Seperti telah dikemukakan di atas, dari elemen-elemen meteorologi, curah hujan mempunyai pengaruh yang terbesar pada limpasan. Secara tidak langsung, suhu, kecepatan angin, kelembaban relatif, tekanan udara rata-rata, curah hujan tahunan dan seterusnya yang berhubungan satu dengan yang lain juga mengkontrol iklim di daerah itu dan memengaruhi limpasan.

## 2) Elemen Daerah Pengaliran

- Kondisi Penggunaan Lahan (Land Use) Hidrograf sebuah sungai adalah sangat dipengaruhi oleh kondisi penggunaan tanah dalam daerah pengaliran itu. Daerah hutan yang ditutupi tumbuh-tumbuhan yang lebat adalah sulit mengadakan limpasan permukaan karena kapasitas infiltrasinya yang besar. Jika daerah hutan ini dijadikan daerah pembangunan dan dikosongkan (hutannya ditebang), maka kapasitas infiltrasi akan turun karena pemampatan permukaan tanah. Air hujan akan mudah berkumpul ke sungai-sungai dengan kecepatan yang tinggi yang akhirnya dapat mengakibatkan banjir yang belum pernah dialami terdahulu.
- b) Daerah Pengaliran
  Jika semua faktor-faktor termasuk besarnya curah hujan, intensitas curah hujan
  dan lain-lain itu tetap, maka limpasan itu
  (yang dinyatakan dengan dalamnya air

rata-rata) selalu sama. dan tidak tergantung dari luas daerah pengaliran. Berdasarkan asumsi ini, mengingatkan aliran per satuan itu tetap, maka hidrograf itu adalah sebanding dengan luas daerah pengaliran itu. Akan tetapi, sebenernya makin besar daerah pengaliran itu, makin lama limpasan itu mencapai tempat titik pengukuran. Jadi, panjang dasar hidrograf debit banjir itu menjadi lebih besar dan debit puncaknya berkurang. Salah satu sebab dari pengurangan debit puncak ialah hubungan antara intensitas curah hujan maksimum yang berbanding balik dengan luas daerah hujan itu. Berdasarkan asumsi tersebut di atas, curah hujan itu dianggap merata. Akan tetapi, mengingat intensitas curah hujan maksimum yang kejadiannya diperkirakan terjadi dalam frekuensi yang tetap menjadi lebih kecil sebanding dengan daerah pengaliran yang lebih besar, maka ada pemikiran bahwa puncak banjir akan menjadi lebih kecil. Seperti dikemukakan di atas, debit banjir yang diharapkan per satuan daerah pengaliran itu adalah berbanding balik dengan daerah pengaliran, jika karakteristik-karakteristik yang lain itu sama. Akan tetapi, kali ini adalah aneh karena luas daerah tidak menghasilkan peristiwa yang disebut di atas ini. Namun, jika faktor-faktor lain yang berbeda, maka akan terjadi perbedaan besar dalam debit banjir.

# c) Kondisi Topografi dalam Daerah Pengaliran

Corak, elevasi, gardien, arah, dan lain-lain daerah pengaliran mempunyai pengaruh terhadap sungai dan hidrologi daerah pengaliran itu. Corak daerah pengaliran adalah faktor bentuk, yakni perbandingan panjang sungai utama terhadap lebar rata-rata daerah pengaliran yang sama, maka hujan lebat yang merata akan berkurang dengan perbandingan yang sama sehingga sulit akan terjadi banjir. Elevesi daerah pengaliran dan evelasi rata-rata mempunyai hubungan yang penting terhadap suhu dan curah hujan. Demikian pula gardiennya mempunyai hubungan dengan infiltrasi, limpasan permukaan, kelembaban dan pengikisan air tanah. Gardien daerah pengaliran adalah salah satu faktor penting yang memengaruhi waktu mengalirnya aliran permukaan, waktu konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung terhadap debit banjir. Arah daerah pengaliran itu mempunyai pengaruh terhadap kehilangan evaporasi transpirasi karena memengaruhi kapasitas panas yang diterima matahari.

# d) Jenis Tanah

Mengingat bentuk butir-butir tanah, coraknya, dan cara mengendapnya adalah faktor-faktor yang menentukan kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan itu sangat dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran itu, juga bahan-bahan kolodial merupakan faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas infiltrasi karena bahanbahan ini mengembang dan menyusut sesuai dengan variasi kadar kelembaban tanah.

# e) Faktor-Faktor Lain yang Memberikan Pengaruh

Di samping hal-hal yang dikemukakan di atas, maka faktor-faktor penting lain yang memengaruhi limpasan adalah karakteristik jaringan sungai-sungai, adanya daerah pengaliran yang tidak langsung, drainase buatan dan lain-lain. Untuk mempelajari puncak banjir, debit air rendah, debit rata-rata dan lain-lain, diperlukan penyelidikan yang cukup dan perkiraan faktor-faktor yang memengaruhinya.

# 3) Koefisien Limpasan Air Permukaa (Surface Run off)

Koefisien limpasan air permukaan atau sering disingkat C adalah bilangan besarnya curah hujan. Misalnya, C untuk hutan adalah 0,10, artinya 10% dari total curah hujan akan menjadi limpasan air permukaan. Secara matematis, koefisien limpasan air permukaan dapat dijabarkan sebagai berikut:

- C = limpasan air permukaan (mm)/curah hujan (mm)
- C = Koefisien limpasan air permukaan

Angka koefisien limpasan air permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS telah mengalami gangguan (fisik). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi limpasan air permukaan. Hal ini kurang menguntungkan dari segi pencagaran sumber daya air karena besarnya air yang akan menjadi air tanah berkurang. Kerugian lainnya adalah dengan semakin besarnya jumlah air hujan yang menjadi limpasan air permukaan, maka ancaman terjadinya erosi dan banjir menjadi lebih besar. Angka C berkisar antara 0 hingga 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama infiltrasi. Sedangkan angka C=1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai limpasan air permukaan. Di lapangan, angka koefisien limpasan air permukaan biasanya lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1.

Berikut ini adalah cara perhitungan sederhana untuk menentukan besarnya koefisien limpasan air permukaan.

- a) Hitung curah hujan rata-rata disuatu DAS pada tahun tertentu (t), misalnya P = mm/tahun.
- b) Ubah satuan curah hujan tersebut menjadi m/tahun yaitu dengan mengalikan bilangan 1/1000 sehingga curah hujan tersebut menjadi P/1000 m/tahun.
- c) Hitung jumlah air yang mengalir melalui outlet sungai yang bersangkutan pada

tahun "t" tersebut dengan cara seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1**Perhitungan Jumlah Air Melalui Outlet

Bulan	Debit Rata-Rata Q (m³/dt)	Jumlah hari (d)	Total debit dx86400xQ (m³)
Januari	$Q_1$	31 hari	$31x86400xQ_1$
Februari	$Q_2$	28 hari	$28x86400xQ_{2}$
	•••		•••
Desember	$Q_{12}$	31 hari	$31x86400xQ_{12}$

Total debit setahun =  $\sum_{n=1}^{12} d_n x 86400 x Q_n(m^3)$ 

- d) Hitung volume total curah hujan di DAS tersebut dengan cara mengalikannya terhadap luas area DAS (A), yaitu: Volume P = P/1000 x A, P = curah hujan (mm/tahun), dan A = luas DAS (m²).
- e) Koefisien limpasan air permukaan (C) kemudian dapat dihitung, yaitu:

$$C = \sum_{n=1}^{12} d_n x 86400 x Q_n / P / 1000 x(A)$$

C = koefisien limpasan air permukaan

Q = debit rata-rata bulanan ( $m^3/dt$ ), d = jumlah hari, P = curah hujan rata-rata setahun di DAS yang bersangkutan (mm/th), A = luas DAS ( $m^2$ ).

Dalam bentuk tabulasi, prakiraan besarnya koefisien limpasan air permukaan (C) dan aliran mantap (dependable flow) dari suatu DAS ditentukan. Dalam perhitungan angka C, data yang diperlukan adalah curah hujan rata-rata DAS, luas daerah tangkapan air dan volume debit aliran sungai dari DAS yang menjadi kajian. Selanjutnya untuk dapat memperkirakan besarnya aliran mantap di daerah aliran sungai yang bersangkutan diperlu-

kan angka tetapan untuk aliran mantap di tempat tersebut (Asdak, 2010, hlm. 157–160).

# 4) Prakiraan Limpasan Air Permukaan *Surface Run off*)

Metoda prakiraan limpasan air permukaan telah banyak dikenal umumnya mengabaikan beberapa faktor tertentu dan menggantinya dengan asumsi yang bersifat memudahkan proses perhitungan. Metoda prakiraan besarnya limpasan air permukaan yang akan dikemukakan berikut ini terutama berlaku untuk suatu wilayah sub-DAS kecil (kurang dari beberapa ratus hektar) dengan komponen tata guna lahan utama adalah pertanian.

Untuk memperkirakan besarnya limpasan air permukaan puncak (peak run off Qp), metode rasional (U.S Soil Conservation Service, 1973, dalam Asdak, 2010, hlm. 160) adalah salah satu teknik yang diangap memadai. Metoda ini relatif mudah menggunakannya karena metoda ini lebih diperuntukan pemakaiannya pada DAS dengan ukuran kecil, kurang dari 300 ha (Goldman dkk., 1986, dalam Asdak, 2010, hlm. 160), maka untuk ukuran DAS yang lebih besar perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub-DAS dan kemudian metoda rasional tersebut diaplikasikan pada masing-masing sub-DAS.

Kelemahan metoda ini yaitu tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan terhadap limpasan air permukaan dalam bentuk unit hidrograf. Metoda ini hanya menunjukkan besarnya limpasan air permukaan puncak (Qp) dan debit rata-rata (Qave). Namun demikian, metoda ini terbukti paling praktis dalam memperkirakan besarnya Qp dan Qave untuk merancang bangunan pencegahan banjir, erosi, dan sedimentasi.

Persamaan matematik metoda rasional untuk memprakirakan besarnya limpasan air permukaan adalah:

 $O = 0.0028 \, Ci \, A$ 

Q = limpasan air permukaan (debit) puncak (m³/dt),

C = koefisien limpasan air permukaan,

i = intensitas hujan (mm/jam), dan

A = luas wilayah DAS (ha).

Intensitas hujan terbesar ditentukan dengan memprakirakan waktu konsentrasi Tc (time of concentration) untuk DAS bersangkutan dan menghitung intensitas hujan maksimum untuk periode ulang (return period) tertentu dan untuk lama waktu hujan sama dengan Tc. Sebagai contoh, bila Tc = 1 jam, intensitas hujan terbesar yang harus digunakan adalah curah hujan 1 jam.

koefisien limpasan (run Angka coefficient) C merupakan bilangan perbandingan laju debit puncak dengan intensitas hujan merupakan bilangan tanpa satuan. Prakiraan besar kecilnya angka C untuk berbagai macam vegetasi di wilayah DAS menunjukkan bahwa angka koefisien tersebut ditentukan oleh laju infiltrasi, keadaan penutupan tanah, dan intensitas hujan. Prakiraan angka koefisien C dapat dilihat di tabel 2 untuk tanah kelompok B (keterangan lebih lanjut pengelompokan tanah berdasarkan karakteristik hidrologi dapat dilihat pada Tabel 2).

Tabel 2 Angka Koefisien Limpasan Air Permukaan C untuk DAS dengan Tanah Kelompok B

Keadaan Hidrologi &	ŀ	Klasifikasi		
Penutupan Tanah	untuk I			
	25	100	200	_
	mm/jam	mm/jam	mm/jam	
Tanaman dalam baris	0,63	0,65	0,66	Buruk
Tanaman dalam baris	0,47	0,56	0,56	Baik
Tanaman padi padian	0,38	0,38	0,38	Buruk
Tanaman padi padian	0,18	0,18	0,21	Baik
Tanaman rumput	0,29	0,36	0,36	Baik
rotasi				
Tanaman rumput tetap	0,02	0,17	0,17	Baik
Tanah berhutan	0,02	0,10	0,10	Baik

Sumber: (Horn dan Schwab, 1963 dalam Asdak, 2010:162)

koefisien C pada Angka tabel merupakan hasil pengamatan di beberapa DAS di daerah beriklim sedang, dan mungkin tidak terlalu tepat untuk daerah tropis, namun demikian, apabila koefisien C setempat tidak tersedia, nilai C pada tabel 2 memadai untuk dipakai sebagai pengganti dan angka koefisien limpasan air permukaan ini dapat dikonversi ke kelompok tanah dengan karakteristik hidrologi yang berbeda dengan menggunakan tabel 3.

**Tabel 3**Faktor-Faktor Konversi Kelompok Tanah dalam Suatu DAS (Horn dan Schwab, 1963 dalam Asdak, 2010, hlm. 162)

Keadaan Hidrologi	Faktor Konvesi C			Klasifikasi
& Penutupan Tanah	untuk Tanah KLP B			
	Kelompok	Kelompok	Kelompok	
	A	В	C	
Tanaman dalam baris	0,89	1,09	1,12	Buruk
Tanaman dalam baris	0,86	1,09	1,14	Baik
Tanaman padi padian	0,86	1,11	1,16	Buruk
Tanaman padi padian	0,84	1,11	1,16	Baik
Tanaman rumput rota	0,81	1,13	1,18	Baik
Tanaman rumput	0,64	1,21	1,31	Baik
tetap				
Tanah berhutan	0,45	1,27	1,40	Baik

Sedangkan untuk mengetahui kemiringan sub-DAS yaitu dengan rumus:  $\frac{S}{L}x100\%$  di mana S = Beda ketinggian, L = Panjang Maksimum SRO.

Menurut Asdak (2010, hlm. 166), waktu konsentrasi Tc (time of concentration) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (outlet). Hal ini terjadi ketika tanah sepanjang kedua titik tersebut telah jenuh dan semua cekungan bumi lainnya telah terisi oleh air hujan. Diasumsikan bahwa bila lama waktu hujan sama dengan Tc berarti seluruh bagian DAS tersebut telah ikut berperan untuk terjadinya aliran air yang sampai ke titik pengamatan.

Salah satu teknik untuk menghitung Tc yang paling umum dilakukan adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam Asdak (2010, hlm. 167):

 $Tc = 0.0195L^{0.77}S-0.385$ 

Tc = waktu konsentrasi (menit),

- L = panjang maksimum aliran (meter),
- S = beda ketinggian antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada DAS dibagi panjang maksimum aliran.

Untuk pembuatan bangunan pencegah banjir, debit limpasan air permukaan puncak dipilih berdasarkan keadaan (Op) harus setempat. Bila ukuran saluran bangunan pengendali untuk intensitas hujan dengan lama waktu hujan lebih kecil dari Tc, ukuran saluran tersebut akan terlalu besar. Hal ini karena hujan yang berlangsung lebih pendek dari Tc, tidak semua air hujan di DAS tersebut sampai ke lokasi pengamatan. Untuk waktu periode berulang berapapun, makin pendek lama waktu hujan (5 atau 10 menit), makin besar jumlah intensitas hujan dibandingkan hujan dengan waktu yang lebih lama (30 menit atau 1 jam). Sebaliknya, saluran yang dirancang untuk Qp berdasarkan lama waktu hujan lebih besar dari Tc, ukuran saluran tersebut akan terlalu kecil.

Untuk menghitung Qp diperlukan intensitas hujan dengan waktu periode ulang tertentu dan lama waktu hujan sama dengan Tc. Waktu konsentrasi terdiri atas dua bagian:

- a) Waktu yang diperlukan limpasan air permukaan sampai ke saluran atau sungai terdekat; dan
- b) Waktu yang diperlukan aliran air sungai ke lokasi pengamatan.

Waktu yang diperlukan limpasan air permukaan untuk mencapai lokasi pengamatan

adalah fungsi dari panjang jarak yang akan ditempuh, kemiringan lereng rata-rata, dan angka koefisien limpasan air permukaan C pada metoda rasional. Untuk menentukan waktu perjalanan aliran air permukaan, dapat menggunakan nomograf waktu aliran air (nomograph of overland flow time) yang dikeluarkan oleh U.S. Soil Conservation Service (1972) dalam Asdak (2010, hlm. 168).

Volume Limpasan Air Permukaan Dalam memperkirakan besarny

besarnya limpasan air permukaan total dari suatu DAS, menggunakan metoda yang dikembangkan oleh U.S. Soil Conservation Service atau Metoda SCS. Dengan mengetahui besarnya volume limpasan air permukaan total dalam waktu tertentu, maka dapat direncanakan bangunan pengendali banjir dan bangunan-bangunan lain yang berkaitan dengan pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air. Metoda ini berlaku terutama untuk luas DAS lebih kecil dari 13 km² dengan rata-rata kemiringan lahan kurang dari 30%. Metoda SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan bilangan kurva limpasan air permukaan CN (runoff curve number) yang menunjukkan potensi limpasan air permukaan untuk curah hujan tertentu (Asdak, 2010, hlm. 182).

**Tabel 4**Bilangan Kurva Limpasan Air Permukaan (CN) untuk Kondisi Awal II

Kelompok	Keterangan	Laju	Klasifikasi
Tanah	reterangan	Infiltrasi	Tadimasi
A	Potensi air larian paling kecil, termasuk tanah pasir dalam dengan unsure debu dan liat	8-12	Tinggi
В	Potensi air larian kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Tekstur halus sampai sedang	4-8	Sedang
С	Potensi air larian sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. Tekstur sedang sampai halus	1-4	Rendah
D	Potensi air larian tinggi, kebanyakan tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah.	0-1	Sangat Rendah

Sumber: U.S. SCS (1972) dalam Asdak (2010, hlm. 184)

## Keterangan:

Nilai CN pada Tabel 4 hanya berlaku untuk keadaan kelembaban awal II, yaitu nilai rata-rata untuk banjir tahunan.

# 6) Pengukuran Debit

Pengukuran debit aliran yang paling sederhana dapat dilakukan dengan metoda apung (floating method). Caranya dengan menempatkan benda yang tidak dapat tenggelam di permukaan aliran sungai untuk jarak tertentu dan mencatat waktu yang diperlukan oleh benda apung tersebut bergerak dari satu titik pengamatan ke titik pengamatan lain yang telah ditentukan. Benda apung yang dapat digunakan dalam pengukuran ini pada dasarnya adalah benda apa saja sepanjang dapat terapung dalam aliran sungai. Pemilihan tempat pengukuran sebaiknya pada bagian sungai yang relatif lurus dengan tidak banyak arus tidak beraturan. Jarak antara dua titik pengamatan yang

diperlukan ditentukan sekurang-kurangnya yang memberikan waktu perjalanan selama 20 detik. Pengukuran dilakukan beberapa kali sehingga dapat diperoleh angka kecepatan aliran rata-rata yang memadai. Besarnya kecepatan permukaan aliran sungai (Vperm dalam m/dt) adalah:

### $V_{perm} = L/t$

L = jarak antara dua titik pengamatan (m) T = waktu perjalanan benda apung (debit)

debit Besarnya dihitung dengan menggunakan persamaan. Karena kecepatan aliran yang diperoleh bukan kecepatan aliran rata-rata, tetapi kecepatan aliran maksimum dalam sungai, maka harus dikalikan dengan angka tetap 0.75 (keadaan dasar sungai kasar) atau 0.85 (keadaan dasar sungai lebih halus) untuk memperoleh angka rata-rata kecepatan aliran. Cara terakhir ini kurang teliti. Namun demikian, besarnya debit seharusnya sekitar 20–25% dari angka prakiraan debit tersebut di atas (Hewlett, 1982, dalam Asdak, 2010, hlm. 194).

Pengukuran dengan cara ini biasanya dilakukan di tempat yang tidak tersedia alat pengukur debit standar dan umumnya pada keadaan berlangsung debit banjir. Pengukuran debit sungai memerlukan penentuan lokasi alat ukur yang memadai untuk mendapatkan kecepatan aliran sungai rata-rata yang tepat. Jumlah lokasi alat ukur perlu dibatasi agar waktu yang diperlukan masih dalam jangkauan, terutama bila perubahan tinggi

muka air berlangsung dengan cepat. Sebagai ketentuan umum, jumlah lokasi alat ukur seharusnya bertambah dengan pertambahan dengan pertambahan lebar permukaan sungai. Kecepatan aliran biasanya diukur dengan menggunakan alat ukur *current meter* (alat ukur kecepatan aliran yang berbentuk *propeller*).

berbentuk propeller dihubungkan dengan kotak pencatat (alat monitor yang akan mencatat jumlah putaran selama propeller tersebut berada dalam air), kemudian dimasukkan ke dalam sungai yang akan diukur kecepatan alirannya. Bagian ekor alat tersebut menyerupai sirip dan akan berputar karena gerakan aliran air sungai. Tiap putaran ekor tersebut akan tercatat oleh alat monitor dan kecepetan aliran sungai akan ditentukan oleh jumlah putaran per detik untuk kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan matematik yang khusus disediakan unuk alat tersebut untuk lama pengukuran tertentu. Pengukuran biasanya dilakukan dengan membagi kedalaman sungai menjadi beberapa bagian dengan lebar permukaan yang berbeda. Kecepatan aliran sungai pada setiap bagian diukur sesuai dengan kedalaman, misalnya pada kedalaman 0.6 atau kedalaman rata-rata antara 0.2 dan 0.8. Bagian kedalaman yang dipilih untuk dasar perhitungan disesuaikan dengan ketepatan perhitunganyang diinginkan. Selanjutnya, apabila kecepatan aliran sudah diketahui besarnya debit dapat dihitung berdasarkan persamaan Bernoulli (abad 18) atau sering juga

dikenal sebagai the continuity equation. Pada persamaan ini nilai Q diperoleh dari perkalian antara kecepatan aliran V (m/dt) dan luas penampang melintang A (m2) atau secara matematis:

### Q = A.V

Hal yang agak memerlukan perhatian adalah menentukan angka kecepatan aliran sungai rata-rata. Lebar sungai, kedalaman, kemiringan dan geseran tepi dan dasar sungai adalah faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan. Geseran tepi dan dasar sungai akan menurunkan kecepatan aliran terbesar pada bagian tengah dan terkecil pada bagian dasar sungai. Faktor penting lainnya yang perlu diketahui adalah jari-jari hidrolik (hydraulic radius) "r" (Asdak, 2010, hlm. 195).

### 2. Hakikat Banjir

Pada saluran drainase, banjir merupakan suatu keadaan di mana aliran air tidak tertampung oleh saluran yang ada sehingga menggenangi daratan yang biasanya kering. Banjir dan bencana akibat banjir dapat terjadi karena faktor alamiah maupun perlakuan masyarakat terhadap alam dan lingkungannya (Ramli, 2003, hlm. 38).

Banjir adalah peristiwa terjadinya genangan di daratan banjir sebagai akibat terjadinya limpasan air dari sungai, disebabkan oleh debit aliran yang melebihi kapasitasnya. Selain limpasan sungai, genangan banjir dapat terjadi karena potensi hujan dan kondisi setempat di mana genangan terjadi (Syarif, 2008, dalam Ramadhoan, 2011, hlm. 7).

Dalam istilah teknis, banjir adalah aliran sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampungan sungai dan dengan demikian aliran air sungai tersebut akan melewati tebing sungai dan menggenangi daerah sekitarnya (Asdak, 1995, dalam Ramadhoan, 2011, hlm. 7), yang diakibatkan oleh: (1) perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai (DAS); (2) pembuangan sampah; (3) erosi dan sedimentasi; (4) kawasan kumuh sepanjang jalur drainase; (5) perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat; (6) curah hujan yang tinggi; (7) pengaruh fisiografi/geofisik sungai; (8) kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai; (9) pengaruh air pasang; (10) penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang surut air laut); (11) drainase lahan; (12) bendung dan bangunan air; dan (13) kerusakan bangunan pengendali banjir.

Banyak sekali permasalahan banjir di Indonesia yang perlu dikaji secara mendalam. Sedikitnya, ada lima faktor penting penyebab banjir di Indonesia (Maryono, 2005, hlm. 6–10), yaitu:

- a. Faktor hujan;
- b. Faktor hancurnya retensi daerah aliran sungai (DAS);
- c. Faktor kesalahan perencanaan pembangunan alur sungai;
- d. Faktor pendangkalan sungai;
- e. Faktor kesalahan tata wilayah dan pembangunan sarana-prasarana.

### 3. Sistem dan Pengertian Drainase

Sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004). Sistem drainase adalah sebuah sistem yang dibangun untuk mengalirkan air hujan yang berlebih di permukaan tanah dan mengontrol kualitas air tanah yang baik. Sedangkan Drainase berasal dari kata kerja "to drain" yang artinya mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi (istilah) yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun di bawah permukaan tanah (Risnawati, 2013).

Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian (Kodoatie dan Rustam, 2005). Adapun bangunan dari sistem drainase itu sendiri pada umumnya terdiri atas saluran penerima (interceptor drain), saluran pengumpul (collector drain), saluran pembawa (conveyor drain), saluran induk (main drain), dan badan air penerima (receiving water). Secara fungsional, sulit memisahkan secara jelas sistem drainase dan pengendalian banjir, tetapi secara praktis dapat mengatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke sungai.

Sistem pembuangan air hujan di Kabupaten Bone Bolango khususnya di Desa Pancuran, Kecamatan Suwawa Selatan diidentifikasi masih menyatu dengan sistem pembuangan rumah tangga (limbah) dan masih didominasi dengan bentuk drainase yang berupa saluran tanah pada beberapa lokasi kawasan permukiman serta menjadi wadah pembuangan sampah penduduk yang mengakibatkan aliran air hujan, serta limbah cair menjadi terhambat.

### 4. Konsep dan Prinsip Dasar Penetapan Sistem Drainase

Konsep utama untuk manangani masalah drainase kota adalah mengusahakan agar air secepatnya dialirkan ke bagian hilir menuju pembuangan terdekat. Prinsip dasar yang digunakan dalam penetapan sistem jaringan drainase adalah dengan menentukan daerah tinggi kemudian daerah pembuangan. Arah aliran mengikuti kemiringan dengan melihat kondisi daerah yang akan dilalui saluran tersebut.

Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian. Adapun fungsi drainase menurut Kodoatie (2005) adalah sebagai berikut.

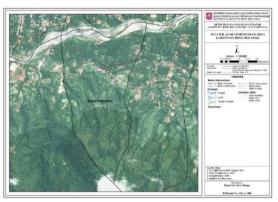
- Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat dari permukiman) dari genangan air, erosi, dan banjir.
- Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil risiko kesehatan lingkungan bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
- c. Kegunaan tanah permukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
- d. Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakankerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

### C. Metode Penelitian

### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Jangka waktu penelitian ini direncanakan selama 90 hari (3 bulan) setelah usulan penelitian ini diterima.

Lokasi Desa Pancuran sebagai wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Desa Pancuran Sebagai Wilayah Penelitan

### 2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang pergunakan dalam usulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 5**Uraian Alat dan Bahan Penelitian

Deskripsi Alat dan Bahan	Fungsi
1. Alat	
a. Komputer/laptop dengan	Programer dan Analisis
software ms. excel, arcview gi	s, Data
Google Earth, dan lain-lain	
b. Kamera digital	Dokumentasi hasil survei
c. ATM dan ATK	Alat tulis
2. Bahan	
- Lembar Survei	Pengumpul data survei

### 3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data informasi dilakukan melalui observasi/pengamatan langsung situasi dan kondisi yang terjadi dalam wilayah penelitian. Jenis data dalam penelitian dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut.

- a. Data primer, yaitu data yang diperoleh dari sumber asli atau sumber pertama atau melalui observasi langsung di lapangan.
- b. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti untuk digunakan dalam melengkapi kebutuhan data penelitian. Data ini dilakukan melalui kunjungan instansional.

Data-data yang dibutuhkan dalam kegiatan tersebut atara lain dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6**Daftar Kebutuhan dan Sumber Data Penelitian

Data yang	V	ariabel	Jenis Data	Sumber Data
diperlukan				
Kependudukan,	1.	Jumlah dan Kepadatan	Sekunder	Survei
Ekonomi, Sosial		Penduduk		Instansional
Eksisting	2.	PDRB		
	3.	Tingkat Pendidikan		
Fisik Wilayah	4.	Batas Wilayah	Primer &	Survei
Eksisting		Administrasi	Sekunder	Lapangan
	5.	Luas wilayah penelitian		(observasi) &
	6.	Tata guna lahan		Instansional
	7.	Topografi (kelerengan)		
	8.	Curah hujan		
Fisik Saluran	9.	Hierarkie Sistem Drainase	Primer &	Survei
Drainase Eksisting	10.	Konstruksi Saluran	Sekunder	Lapangan
		Drainase		(observasi) &
	11.	Tinggi, Lama, Luas &		Instansional
		Frekwensi Terjadinya		
		Banjir/Genangan		
Perubahan Debit	12.	Hujan rerata daerah	Primer &	Survei
Limpasan (Run off)	13.	Periode Ulang	Sekunder	Lapangan
	14.	Uji Outlier		(observasi) &
				Instansional

### 4. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Penelitian ini merupakan suatu studi kasus yang berisikan tinjauan yang didasarkan pada kondisi nyata/ aktual serta melalui pengamatan langsung/observasi lapangan yang disertai analisis berdasarkan metodemetode yang diuraikan sebagai berikut:

- a. Analisis kondisi eksisting yaitu sebagai berikut.
  - 1) Analisis kondisi penggunaan lahan eksisting.
  - 2) Analisis kondisi fisik sistem saluran drainase eksisting, meliputi (a) analisis hierarki sistem drainase, (b) analisis konstruksi fisik drainase, (c) analisis kapasitas saluran drainase (tinggi, lama, luas & frekwensi terjadinya banjir/genangan), dan (d) analisis bangunan pendukungnya.
  - 3) Analisis kondisi perubahan debit air limpasan eksisting setelah terjadi perubahan penggunaan lahan dan kondisi fisik sistem saluran drainase eksisting.
- Analisis sistem pengendalian air limpasan ke permukaan yang dapat diterapkan.
   Metode analisis data yang dibutuhkan dalam kegiatan tersebut atara lain dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7**Daftar Pengolahan dan Analisis Data Penelitian

Data Analisis	Variabel	Metode Analisis	Sumber Data
Analisis	1. Jumlah dan Kepadatan	Deskriptif	Survei
Kependudukan,	Penduduk	Kuantatif	Instansional
Ekonomi, Sosial	2. PDRB		
Eksisting	<ol><li>Tingkat Pendidikan</li></ol>		
Analisis Fisik	4. Batas Administrasi	Deskriptif	Survei
Wilayah	wilayah penelitian	Kuantatif	Lapangan
Penelitian	5. Luas wilayah penelitian		(observasi) &
Eksisting	6. Tata guna lahan		Instansional
	7. Topografi (kelerengan)		
	8. Curah hujan		
Analisis Fisik	9. Hierarkie Sistem	Analisis	Survei
Saluran	Drainase	Hidrologi	Lapangan
Drainase	10. Konstruksi Saluran	&	(observasi) &
Eksisting	Drainase	Hidrolika	Instansional
	11. Tinggi, Lama, Luas &		
	Frekwensi Terjadinya		
	Banjir/Genangan		

Data Analisis	Variabel	Metode Analisis	Sumber Data
Analisis	12. Hujan rerata daerah	Analisis	Survei
Perubahan	13. Periode Ulang	Hidrologi	Lapangan
Debit Limpasan	14. Uji Outlier	&	(observasi) &
(Run off)	-	Hidrolika	Instansional

### D. Hasil dan Pembahasan

### 1. Kondisi dan Karakteristik Fisik Wilayah Penelitian

Kabupaten Bone Bolango merupakan kabupaten yang berada paling timur di Provinsi Gorontalo. Secara astronomis, Kabupaten Bone Bolango terletak antara 0°18′ 21.6″- 0° 48′ 21.96″ Lintang Utara, dan 123° 2′ 11.76″-123°33′ 15.48″ Bujur Timur. Berdasarkan letak administrasi, Kabupaten Bone Bolango memiliki batasbatas sebagai berikut.

- a. Utara berbatasan langsung dengan Kabupaten Gorontalo Utara.
- b. Selatan berbatasan langsung Teluk Tomini.
- c. Barat berbatasan langsung dengan Kabupaten Gorontalo.
- d. Timur berbatasan langsung dengan Provinsi Sulawesi Utara.

Wilayah Kabupaten Bone Bolango memiliki luas wilayah sebesar 1.915,44 km². Kabupaten Bone Bolango terdiri atas 18 Kecamatan, 160 desa, dan 5 kelurahan. Kecamatan yang memiliki wilayah terluas adalah Kecamatan Pinogu, yaitu sebesar 496,00 Km² (25,89%), sedangkan kecamatan yang memiliki wilayah luasan terkecil adalah Kecamatan Bulango Selatan, yaitu sebesar 5,62 Km² (0,29%), sedangan Kecamatan Suwawa Selatan yang diambil sebagai sampel wilayah penelitian merupakan luas wilayah terkecil ke dua setelah Kecamatan Bulango Selatan, yaitu seluas 11,91 Km² (0,62%). Distribusi luas wilayah terbesar sampai dengan

terkecil, berdasarkan kecamatan di Kabupaten Bone Bolango, dapat ditampilkan dalam Tabel 8 berikut ini.

**Tabel 8**Luas Kabupaten Bone Bolango Berdasarkan Kecamatan

No	Kecamatan	Ibukota	Jumlah Desa/Kelurahan	Luas Wilayah (KM²)	Persentase (%)
1	Pinogu	Pinogu	5	496,00	25,89%
2	Bulango Ulu	Mongiilo	6	373,06	19,48%
3	Suwawa Timur	Dumbayabulan	9	266,13	13,89%
4	Bone	Taludaa	14	152,02	7,94%
5	Bonepantai	Bilungala	13	104,37	5,45%
6	Bulawa	Kaidundu	9	87,82	4,58%
7	Kabila Bone	Huangobotu	9	67,85	3,54%
8	Bone Raya	Mopiya	10	65,30	3,41%
9	Bulango Utara	Boidu	9	60,50	3,16%
10	Suwawa Selatan	Molintogupo	8	57,02	2,98%
11	Suwawa Tengah	Duano	6	45,36	2,37%
12	Tilongkabila	Bongoime	14	39,42	2,06%
13	Botupingge	Timbuolo Timur	9	31,20	1,63%
14	Suwawa	Boludawa	10	25,78	1,35%
15	Tapa	Talulobutu	7	13,44	0,70%
16	Kabila	Olohuta	12	12,63	0,66%
17*	Bulango Timur	Bulotalangi	5	11,91	0,62%
18	Bulango Selatan	Tinelo Ayula	10	5,62	0,29%
	Jumlah		165,00	1915,43	100,00%

Sumber: Kabupaten Bone Bolango dalam Angka, 2021

### 2. Kondisi Penggunaan Lahan Eksisting Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango

Penggunaan lahan mempunyai pengaruh terhadap besarnya limpasan air permukaan (*surface run off*), yang dapat diketahui dari besarnya nilai koefisien limpasan. Rencana pengembangan penggunaan lahan Kabupaten Bone Bolango umumnya dan Desa Pancuran umumnya pada tahun 2030 sesuai arahan RTRW Provinsi dan Kabupaten, mengakibatkan peningkatan nilai koefisien limpasan (C) dibandingkan dengan penggunaan lahan pada tahun 2021. Koefisien limpasan (C) untuk skala Kabupaten dengan luas daerah 2523,90 Ha pada tahun 2021 adalah 0.47 meningkat menjadi 0.50 pada tahun 2030.

<sup>\* =</sup> Wilayah penelitian

### 3. Kondisi Fisik Sistem Saluran Drainase Eksisting Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango

Secara fisik, saluran drainase eksisting di Desa Pancuran mempunyai kategori sangat baik (kelas I) sebesar 0%, kategori baik (kelas II) 20%, kategori cukup baik (kelas III) 0%, kategori buruk (kelas IV) 80%, dan kategori sangat buruk (kelas V) hanya 0%. Berdasarkan temuan data tersebut, secara keseluruhan fisik saluran drainase eksisting di daerah tersebut tidak belum cukup sesuai perencanaan saluran drainase.

### 4. Kondisi Perubahan Debit Air Limpasan Eksisting setelah Terjadi Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango

Peningkatan koefisien limpasan akibat perubahan tata guna lahan berbanding lurus dengan peningkatan debit limpasan yang terjadi di Desa Pancuran. Debit limpasan pada tahun 2010 untuk periode ulang 5 tahun adalah 46 m3/s dan meningkat menjadi 48.81 m3/s pada tahun 2030. Intensitas hujan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sama sampai tahun 2030 dan belum memperhitungkan perubahan iklim global sehingga debit limpasan pada tahun 2030 akan lebih besar dari perhitungan di atas bila perubahan iklim global mengalami peningkatan.

# 5. Sistem Pengendalian Air Limpasan ke Permukaan yang Dapat Diterapkan di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango Berdasarkan hasil analisis kondisi wilayah dan saluran drainase eksiting, sistem pengendalian dapat diterapkan untuk mengurangi potensi genangan di Desa Pancuran sehingga fungsi dan kegiatan kawasan tersebut sebagai kawasan permukiman di pusat Kecamatan Suwawa

Selatan bisa berjalan lebih efektif dan efisien, dilakukan dengan penerapan rain harvesting, sumur resapan, dan biopori.

- a. Rain harvesting yang bisa direncanakan memiliki minimal ukuran bak 2 x 2 x 1,3 m dengan ukuran volume 4,8 m³ atau 0,0025 m³/det. Rain harvesting ini bisa direncanakan pada setiap rumah pada catchment area masing-masing saluran yang terindikasi terjadi genangan dengan total bangunan 105 unit. Rain harvesting mampu mereduksi air limpasan sebesar 1,21 m³/det atau 13,5% dari total debit yang melimpas.
- b. Sumur resapan yang dapat direncanakan memiliki diameter sumur 1,5 m dengan debit total yang masuk sebesar 7,45 m³/det. Kebutuhan sumur resapan Desa Pancuran adalah sebanyak 105 buah dengan rata-rata waktu resap per sumur 1,2 jam atau 3,90 detik dan kedalaman 3,5 m. Total debit yang dapat direduksi oleh sumur resapan adalah sebesar 3,507 m³/det atau sebesar 32,65% dari total debit yang melimpas, sedangkan debit sisa limpasan atap yang tidak dapat dikendalikan oleh *rain harvesting* dan sumur resapan sebesar 2,35 m³/det, masuk ke dalam saluran drainase.
- c. Biopori dapat juga direncanakan, yang berfungsi dalam mereduksi air yang melimpas pada ruang terbuka berupa pekarangan rumah atau ruang terbuka hijau (RTH). Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, jumlah biopori yang dibutuhkan adalah sebanyak 155.200 buah dengan debit limpasan yang dikendalikan sebesar 6,5 m³/det., atau sebesar 40% dari total debit yang melimpas.

### E. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian Evaluasi Perencanaan Saluran Drainase di Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Kabupaten Bone Bolango menunjukkan bahwa:

- 1. Kondisi penggunaan lahan eksisting saat ini pada wilayah penelitian ini telah mengalami berberapa perubahan yang signifikan selama periodik sepuluh tahun terakhir antara tahun 2010–2020, perubahan tersebut terjadi dari arah alih fungsi lahan nonterbangun menjadi kawasan terbangun sebesar 80%.
- Kondisi drainase saat ini belum terjadi perubahan secara signifikan baik secara system maupun secara fisik, fakta menunjukkan bahwa drainase saat ini 60% masih besrsifat alamiah, dan hanya 40% merupakan hasil rekayasa drainase.
- 3. Perubahan tata guna lahan, kondisi sistem dan fisik drainase sangat berpengaruh terhadap skala debit banjir/genangan.
- 4. Sistem pengendalian air limpasan ke permukaan yang dapat diterapkan pada daerah penelitian yaitu melalui 2 (dua) pendekatan, yaitu pertama pendekatan teknis, melalui penerapan rain harvesting, sumur resapan, dan biopori; yang kedua pendekatan non teknis, melalui pelibatan stakeholder dan masyarakat dalam meperbaiki penggunaan lahan dan penyediaan infrastruktur dalam mengurangi potensi limpasan air ke permukaan.

### Referensi

- [1] Adi Irawan, Bagus dan Dwijtahja, Albertus, 2006. *Tugas Akhir* "Perencanaan Embung Cakaran Kabupaten Blora" (tidak dipubilkasikan)
- [2] Ditjen Pengairan, 1985. Perihal Rumus-Rumus Untuk Merencanakan Irigasi. Jakarta.
- [3] Edisono, Sutarto, dkk, 1997. Drainase Perkotaan. Gunadarma. Jakarta

- [4] Hardihardjaja dkk., 1997. Bangunan Air. Gunadarma, Yogyakarta.
- [5] M. Das, Braja, 1998. Mekanika Tanah. Erlangga, Jakarta
- [6] Maizir, 2017. Evaluasi Kegagalan Pembangunan Drainase Dalam. Jurnal Teknik Sipil ITP. Vol. 4 No. 2, 2017
- [7] Kaharu, Anton, 2006. *Laporan Akhir* Penyusunan Perencanaan Outlet Plan dan DED Air Limbah Bidang Drainase Kabupaten Boalemo tahun 2006, PUPR Kabupaten Boalemo
- [8] Kaharu, Anton, 2014, "Pengembangan Jaringan Jalan Berdasarkan Daya Dukung Wilayah Di Provinsi Gorontalo". *Disertasi*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [9] Kodoatie, R. J. dan Sjarief, Rustam, 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Andi, Yogyakarta.
- [10] Kodoatie, R. J. dan Sugiyanto, 2000. Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan. Andi, Yogyakarta.
- [11] Lubis, F., 2016. "Analisa Frekuensi Curah Hujan Terhadap Kemampuan Drainase Permukiman Di Kecamatan Kandis". *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning*, Vol. 2 No. 1, April 2016
- [12] Loebis, Joesron, 1984. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [13] Novrianti. 2017. Pengaruh Drainase Terhadap Lingkungan Jalan Mendawai dan sekitar Pasar Kahayan. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol. 2 No.1, 2017
- [14] Nurdiyanto, I. A. dan Primawan, B. A., 2020. "Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma*. Yogyakarta.
- [15] Pemerintah Indonesia. 2016. Undang- Undang Nomor 14 tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman. Lembaran RI. Tahun 2016, No. 101. Sekretariat Negara. Jakarta
- [16] Purnomo, Catur dan Sugito, Eko, 2008. *Tugas Akhir* "Perencanaan Embung Paras Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah" (tdak dipublikasikan)
- [17] Risnawati. 2016. Perencanaan Dan Desain Saluran Drainase Kawasan Perumahan Mulawarman Residence Kota Samarinda Pada Segmen II. Jurnal Teknik Sipil UNTAG Samarinda, Vol. 53 No. 9, 2013
- [18] Soemarto, C.D., 1999. Hidrologi Teknik (cetakan kedua). Erlangga, Jakarta.
- [19] Subarkah, Imam, 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Idea Dharma, Bandung.
- [20] Suripin, 2004. "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan". Yogyakarta: Andi

- [21] Soewarno, 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Nova, Bandung.
- [22] Soedibyo, 1993. Teknik Bendungan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [23] Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku, 1993. Bendungan Type Urugan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [24] Sosrodarsono, Suyono, 1989. Bendungan Type Urugan. Pradnya Paramita, Jakarta

### Analisis Kompetensi Tukang pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus pada Pekerjaan Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa)

Ahmad Svawal Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Arfan Utiarahman Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: arfanutiarahman@ung.ac.id

Fadly Achmad Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo Pos-el: fadly@ung.ac.id

### Abstrak

Pekerja konstruksi yang paling terdepan dan bersentuhan langsung dengan pekerjaan provek konstruksi adalah tenaga tukang (construction craff). Sehingga kompetensi tukang akan memberikan efek langsung pada proses dan hasil pekerjaan konstruksi. Sebab itu peneliti melakukan penelitian tentang kompetensi tukang pada proyek konstruksi dengan tujuan untuk menganalisis produktivitas tukang, menganalisis kompetensi tukang dan menganalisis kesesuaian tingkat pendidikan terhadap kompetensi tukang. Penelitian dilakukan pada pekerjaan Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Pendekatan yang digunakan adalah kualitatif jenis deskriptif. Pengumpulan data dengan cara wawancara melakukan untuk mengetahui tingakat pengetahuan tukang dan observasi langsung untuk melihat pelaksanaan pekerjaan. Peneliti kemudian melakukan reduksi data sesuai dengan data yang dibutuhkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tukang batu bata dan tukang plester bekerja dengan waktu efektif 360 menit dalam satu hari kerja dengan hasil 13 m<sup>2</sup> dan 22 m<sup>2</sup>, kompetensi tukang batu bata dan tukang plester masih kurang pada aspek pengetahuan dan pelaksanaan, tukang batu bata memiliki kemampuan jenjang 1 dan tukang plester belum masuk dalam kategori penyenjangan

kerja, tetapi di lapangan kedua tukang memiliki jabatan kerja setara dengan jenjang 2.

Kata Kunci: Kontruksi, Tukang, kompetensi

### A. Pendahuluan

Konstruksi adalah sektor di mana penggunaan tenaga kerja cukup intensif (George, dkk., 2000), khususnya di negara berkembang (Koehn, dkk., 1996) dan *output* konstruksi sangat bergantung pada kinerja tenaga kerja. Sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kompetensi menjadi salah satu faktor penting untuk memperoleh pelaksanaan yang aman dan berkualitas.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2017, sebanyak 5,6 juta tenaga kerja kontruksi hanya berstatus pendidikan sekolah dasar (SD) dan sekolah lanjut tingkat pertama (SLTP) atau sekolah menengah pertama (SMP). Rendahnya tingkat pendidikan tenaga kerja kontruksi mengindikasikan bahwa SDM untuk pekerja kontuksi masih tergolong rendah sehingga akan berakibat pada tingkat kompetensi yang dimiliki oleh setiap tenaga kerja kontruksi dan kualitas pekerjaannya.

Pemerintah dalam upaya mendorong peningkatan SDM tenaga kerja, membuat suatau kerangka kualifikasi nasional Indonesia (KKNI) dan standar kompetensi kerja nasional (SKKNI)

Pekerja kontruksi yang paling terdepan dalam pelaksanaan proyek kontruksi adalah tukang (construction craff). Sebagai salah satu bagian penting dalam proyek kontruksi yang bersentuhan lansung dengan pekerjaan, maka kinerja tukang akan memberikan kontribusi besar terhadap proses dan hasil pekerjaan. Kualitas pekerjaan ditentukan oleh tingkat kompetensi yang dimiliki oleh pekerja karena itu

penguasaan aspek-aspek dalam kompetensi yang sesuai bidang kerja sangat diperlukan.

Penguasaan aspek penegetahuan akan memberikan dampak kepada ciri dan karakter seseorang dan jika di sejajarkan dengan keterampilan yang di miliki akan menghasilkan output berupa tindakan terampil dan sikap kerja yang baik. Dengan demikian, tukang yang merupakan bagian dari pelaksana konstruksi sudah seharusnya menguasai dan mengimplementasikan standar kompetensi sesuai bidang dan jabatan kerjanya. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "Analisis Kompetensi Tukang pada Proyek Kontruksi".

### B. Kajian Teoretis

### 1. Penelitian Terdahulu

- Muhammad Aulia Ridwan (2020) melakukan penelitian tentang Analisis Kompetensi Tukang Plester di Kota Palu. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui penerapan standar kompetensi tukang plester berdasarkan standar kompetensi kerja nasional Indonesia (SKKNI) terhadap proyek bangunan gedung di Kota Palu.
- Maulana, R. Arthur, Darvanti (2019) melakukan penelitian tentang Kualitas Kompetensi Tukang Aci dan Plesteran Berdasarkan KKNI dengan tujuan untuk mengidentifikasi kualitas kompetensi tukang aci dan tukang plester.

### 2. **Analisis**

Analisis adalah serangkaian perbuatan meneliti, mengurai, membedakan, memilih sesuatu untuk digolongkan serta dikelompokkan berdasarkan keterkaitan serta penafsiran makna dari setiap kriteria (Gunawan, 2009), sedangkan menurut Komaruddin (2001) analisis adalah kegiatan berpikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen sehingga dapat mengenal tandatanda komponen, hubungannya satu sama lain, dan fungsi masing-masing dalam satu keseluruhan yang terpadu.

### a. Kompetensi

Menurut Robbin (2007) kompetensi adalah kemampuan (ability) atau kapasitas seseorang untuk mengerjakan berbagai tugas dalam suatu pekerjaan, di mana kemampuan ini ditentukan oleh dua faktor yaitu kemampuan intelektual dan kemampuan fisik. Menurut Sedarmayanti (2008), kompetensi adalah karakteristik mendasar yang dimiliki sesorang yang berpengaruh lansung terhadap atau dapat memprediksikan kinerja yang sangat baik. Menurut McClelland (1973), kompetensi bukanlah sebuah hal yang dimiliki secara mutlak oleh setiap orang dari sejak ia dilahirkan. Namun, kompetensi merupakan hal yang harus dipelajari oleh setiap orang dengan kurun waktu yang tidak menentu.

### b. Tenaga Kerja Konstruksi

Menurut UU No. 13 Tahun 2003 Ketenagakerjaan, tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan menghasilkan barang dan atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun masyarakat. Sehingga tenaga kerja kontruksi adalah orang yang terlibat atau melakukan aktivitas pembangunan proyek kontruksi. Tenaga kerja kontruksi yang paling bawah adalah tukang (construction craff). Tenaga tukang adalah tenaga kerja yang bertugas dalam pekerjaan fisik bangunan di lapangan. Tukang dituntut untuk memiliki suatu keahlian tertentu dalam pekerjaannya di lapangan. Dalam

pelaksanaan proyek konstruksi, tenaga tukang dikelompokkan menjadi beberapa bagian seperti, tukang batu, tukang kayu, tukang besi/beton dan tukang baja. Tentunya para tukang tersebut memiliki peran dan tugas masing-masing di lapangan sesuai bagiannya.

### 3. Kualifikasi KKNI

Kerangka kualifikasi nasional (KKNI) adalah kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan antara bidang pendidikan dan bidang pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor.

KKNI terdiri atas 9 (sembilan) jenjang kualifikasi, dimulai dari jenjang 1 (satu) sebagai jenjang terendah sampai dengan jenjang 9 (sembilan) sebagai jenjang tertinggi. Penyetaraan capaian pembelajaran yang dihasilkan melalui Pendidikan dengan jenjang kualifikasi pada KKNI.

### a. Proyek Kontrusi

Dipohusodo (1996, hlm. 2) menyatakan bahwa suatu proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan penting tertentu, serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan.

### b. Jenis-Jenis Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua kelompok jenis bangunan, (Wulfram I. Ervianto, 2002) yaitu bangunan gedung, meliputi rumah, kantor, pabrik dan bangunan sipil, meliputi jalan, jembatan, bendungan, dan insfrastruktur lainnya.

### C. Metode Penelitian

### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada pekerjaan Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Penelitian melakukan wawancara pada saat tukang istirahat kerja atau waktu-waktu lain yang tidak mengganggu proses pekerjaan dan observasi saat pelaksanaan pekerjaan.

### 2. Fokus Penelitian

Fokus penelitian digunakan sebagai dasar dalam pengumpulan data sehingga tidak terjadi bias terhadap data yang diambil. Untuk menyamakan pemahaman dan cara pandang terhadap penulisan karya ilmiah ini, maka penulis akan memberikan penjelasan mengenai maksud dan fokus penelitian terhadap penelitian karya ilmiah ini yaitu pengetahuan, kemampuan kerja, dan sikap kerja.

### 3. Populasi dan Sampel Penelitian

Pemilihan sampel tukang menggunakan teknik *purposive* random sampling. Ali (1993) menyatakan teknik penyampelan ini didasarkan pada suatu pertimbangan

tertentu yang dibuat oleh peneliti sendiri, berdasarkan karakteristik, dan sifat populasi yang sudah diketahui, maka sampel yang akan digunakan adalah tukang batu bata dan tukang plester pada pekerjaan pembangunan gedung balai nikah dan manasik haji KUA Kecamatan Duhiadaa. Besarnya sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berjumlah 1 orang untuk masingmasing jabatan kerja dan bidang kerja tukang.

### 4. Metode Pengumpulan Data

Lofland menyatakan bahwa sumber data utama dalam penelitian kualitatif ialah kata-kata dan tindakan, selebihnya adalah data tambahan seperti dokumen dan lain-lain (Moleong, 2007). Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua sumber data yaitu. Data primer dan sekunder.

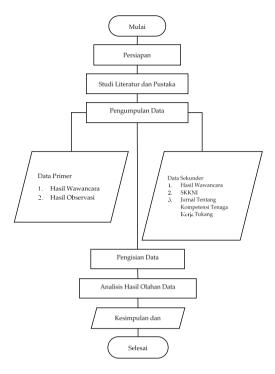
Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber atau dapat disebut sebagai data utama. data primer diperoleh dari wawancara dan observasi. Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan dari jurnal, dokumen, observasi, foto, data, serta penelitian terdahulu yang relevan.

### 5. Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif, yaitu menggambarkan segala sesuatu yang berkaitan dengan semua kegiatan dalam proses pembelajaran untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

### 6. Rencana Penelitian

Peneliti melakukan penelitian dengan jenis deskriptif dan metode kualitatif. Secara ringkas tahap penelitian ini digambarkan dalam bagan alir seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir

### D. Hasil dan Pembahasan

### 1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Studi kasus dilakukan pada pekerjaan Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa. Terletak di Kecamatan Duhiadaa, Kabupaten Pohuwato, Provinsi Gorontalo. Kontraktor pelaksana adalah CV Duta Arifat dan konsultan pengawas adalah CV Sketsa Kresindo. Waktu pelaksanaan 120 hari kalender kerja, dengan nilai kontrak Rp911.911.000,00 (sembilan ratus sebelas juta sembilan ratus sebelas ribu rupiah). Pemilik pekerjaan adalah Kementrian Agama RI.

### 2. Deskripsi Hasil Penelitian

- a. Pengetahuan Tukang
  - 1) Umum

Tukang batu bata mengenyam pendidikan formal sampai dengan sekolah menengah pertama (SMP). Tukang belum pernah mengikuti kegiatan dalam bentuk pelatihan atau sosialisasi yang berkaitan dengan kontruksi bangunan dikarenakan tukang belum memerlukan sertifikat kompetensi atau pelatihan. Tukang memperoleh pengetahuan dan kemampuan kerja dari orang tuanya yang juga seorang tukang dan belajar secara outodidak dilokasi pekerjaan.

Tukang melaksankan pekerjaan berdasarkan gambar kerja, BOQ (bill of quantity) dan intruksi kontraktor pelaksana. Gambar kerja diperoleh dari pelaksana kontraktor, yang berguna untuk menentukan dimensi dan bentuk pekerjaan pasang bata. Cara mengidentifikasi gambar kerja pasang bata dengan melihat bentuk gambar dua garis yang ditengahnya memiliki arsiran atau membaca langsung keterangan pada gambar.

Tukang mengenyam pendidikan formal sampai di sekolah dasar (SD). Tukang belum pernah mengikuti kegiatan dalam bentuk pelatihan atau sosialisasi yang berkaitan dengan kontruksi bangunan karena belum mendapatkan informasi terkait sertifikat kompetensi maupun kegiatan pelatihan tukang.

Pengetahuan diperoleh dari lapangan secara autodidak di lapangan. Tukang melaksanakan kerja berdasarkan gambar kerja dan intruksi kontraktor pelaksana. Gambar kerja diperoleh dari kontraktor pelaksana, untuk mengidentifikasi gambar kerja plester, tukang melihat gambar kerja dinding, dan keterangannya.

### 2) Metode Pelaksanaan

### a) Tukang Batu Bata

Pelakasanaan pekerjaan dimulai dengan memastikan ketersediaan material. Material yang dibutuhkan untuk pekerjaan pasangan bata adalah batu bata, semen, pasir, dan air. Indikator batu bata yang bagus adalah keras, tidak memilik retakan dan memiliki warna seragam. Untuk pasir, tidak mengandung bahan-bahan organik seperti tanah dan daun atau rumput.

Peralatan yang di perlukan adalah skop, arco, kawat ram, molen, palu, gergaji, sendok semen, dan benang nilon. Cara merawat peralatan adalah selalu dibersihkan sebelum dan sesudah pekerjaan.

Tempat penyimpanan adalah yang tidak dapat dijangkau oleh air. Area kerja ditentukan berdasarkan gambar kerja. Persiapan pada area kerja adalah pembuatan jalur marking dan pemasangan benang lot sebagai acuan pasangan bata. Area kerja harus dalam keadaan bersih.

Pembuatan campuran mortar berdasarkan BOQ (bill of quantity). Dalam penyusunan pasangan bata, perlu diperhatikan kelurusan dan kerataan pasangan bata dan sesuai dengan jalur marking serta benang acuan. Jarak antara batu bata harus seragam dan tebal mortar harus rata. Tingkat kekentalan campuran mortar harus selalu diperhatikan; ketika campuran mortar sudah mulai kering, maka harus ditambahkan air.

Batu bata yang digunakan adalah bata yang sudah disiram air karena batu bata yang dipasang dalam keadaan kering dapat menyerap air campuran mortar.

### b) Tukang Plester

Pelakasanaan pekerjaan dimulai dengan memastikan ketersediaan material. Material yang dibutuhkan adalah pasir, semen, dan air. Pasir yang baik untuk plester adalah yang memiliki warna putih dan memiliki tekstur halus. Selain itu, pasir tidak boleh memiliki campuran bahan organik. Penyimpanan material harus dalam keadaan kering.

Perlatan yang dibutuhkan adalah *arco*, sekop, cangkul, ayakan, molen, palu, gergaji, benang lot, roskam, sendok semen, jedar, dan ember. Peralatan yang digunakan harus dalam kondisi yang baik. dengan perlakuan pembersihan dilakukan saat sebelum melaksanakan pekerjaan maupun setelah selesai pekerjaan.

Area kerja plester ditentukan berdasarkan gambar kerja dan arahan pengawas kontraktor. Area kerja harus bersih. Persiapan yang dilakukan pada area kerja adalah pemasangan benang acuan. Untuk campuran mortar berdasarkan BOQ (bill of quantity) dan arahan dari pengawas kontraktor.

Sebelum melaksanakan pekerjaan plester, dinding disiram dengan air agar air campuran mortar tidak diserap oleh dinding. Pada tahap pelaksanaan plester, campuran mortar harus selalu dalam keadaan kental. Jenis finishing yang dikerjakan berdasarkan gambar kerja dan intruksi pengawas kontraktor.

### c) K3

Tukang batu bata menjelaskan bahwa K3 adalah peraturan tentang keselamatan kerja yang berisi tentang aturan alat pelindung diri (APD) berupa sepatu, topi, rompi, kaus tangan, dan alat pelindung kerja (APK), seperti memasang rambu dan pagar pembatas area pekerjaan. Potensi kecelakaan kerja pada bidang kerja bata adalah tertimpah benda atau jatuh dari ketinggian.

Dalam pelaksanaan kerja, tukang hanya menggunkan APD berupa rompi, hal tersebut dilakukan karena alasan kenyamanan kerja. Untuk mengantisipasi kecelakaan kerja, tukang cukup bekerja dengan hati-hati.

Tukang plester menjelaskan bahwa K3 adalah peraturan tentang keamanan kerja yang berisi tentang aturan penggunaan alat pelindung diri (APD). Potensi kecelakaan kerja pada bidang kerja plester adalah jatuh, menginjak benda tajam dan tertimpah benda dari atas. Dalam pelaksanaan kerja, tukang hanya menggunkan APD berupa sepatu safety, hal tersebut dilakukan untuk memperlancar pekerjaan dan lebih nyaman saat bekerja. Untuk mengantisipasi kecelakaan kerja, tukang bekerja dengan hati-hati dan tetap menjaga fokus.

### b. Pelaksanaan Pekerjaan Tukang

### 1) Metode Pelaksanaan

Tukang batu bata melaksanakan penyiapkan material dan peralatan, menyiapkan tata letak area pekerjaan, membuat mortar untuk pekerjaan pasangan bata, melaksanakan pekerjaan struktur dinding bata.

Tukang plester melakukan persiapan pekerjaan plester, memasang patok/profil penyangga permukaan, melaksanakan pencampuran adukan plester, melaksanakan pekerjaan plesteran, melaksanakan pekerjaan *finishing* plesteran.

### 2) Produktivitas Kerja

Tukang mulai bekerja pada pukul 08.00 WITA. Sebelum memulai kerja, tukang menerima intruksi dari kontraktor pelaksana terkait jenis pekerjaan dan target kerja. Pelaksanaan pekerjaan pasangan bata di mulai pukul 08.30 WITA dan berhenti untuk istirahat pada pukul 12.00 WITA. Pekerjaan kembali mulai dilaksanakan pada pukul 13.00 WITA dan selesai pada pukul 17.00 WITA. Dalam satu hari pekerjaan tukang batu bata menyelesaikan 13 m² pasangan bata dan tukang plester menyelesaikan 22 m² bidang plester.

### 3. Pembahasan

Kompetensi yaitu suatu ungkapan kualitas sumber daya manusia (SDM) yang terbentuk dengan menyatunya tiga aspek kompetensi yang terdiri atas aspek pengetahuan (domain kognitif atau *knowledge*), aspek kemampuan (domain psikomotorik atau *skill*) dan aspek sikap kerja (domain afektif atau *attitude/ability*). Kompetensi adalah kemampuan seseorang dalam melaksanakan suatu aktivitas merujuk pada beberapa karakteristik, baik yang

bersifat dasar, pengetahuan, keterampilan, maupun perilaku dengan tingkat kemampuan yang dapat berubah ubah, tergantung sejauh mana pengetahuan, keterampilan, maupun perilaku tersebut diasah.

### a. Pengetahuan Tukang

Mubarak (2011), pengetahuan merupakan segala sesuatu yang diketahui berdasarkan pengalaman manusia itu sendiri dan pengetahuan akan bertambah sesuai dengan proses pengalaman yang dialaminya. Pengetahuan bisa diperoleh melaui jalur pendidikan maupun pengalaman lansung. Pembelajaran dan pelatihan bisa dengan jalur formal, nonformal, maupun informal.

### 1) Pendidikan

Tenaga terampil seperti tukang seharusnya memiliki kompetensi setara dengan kebutuhan industri saat ini. SDM yang telanjur menjadi tukang pun sudah seharusnya mendapatkan jaminan kompetensi yang sesuai.

Tukang batu bata dan tukang plester yang bekerja pada pembangunan gedung balai nikah dan manasik haji KUA Kecamatan Duhiadaa mengenyam pendidikan formal sampai dengan SMP dan SD yang berarti tukang batu bata setara dengan jenjang 1 dan tukang plester belum masuk kategori jenjang dalam KKNI. Jenjang 1 yang merupakan lulusan SMP seharusnya hanya bisa menjabat sebagai pembantu, tetapi di lapangan tukang batu bata sudah memegang jabatan setara jenjang 2.

Untuk tukang plester yang lulusan SD seharusnya belum memiliki kemampuan kerja tetapi di lapangan juga sudah melaksanakan tugas kerja setara jenjang 2. Kemampuan kerja tukang

diperoleh melalui jalur pengalaman atau belajar mandiri.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan peneliti, tukang batu bata dan tukang plester bisa menjelaskan berbagai hal faktual terkait bidang kerjanya, mulai dari material, peralatan sampai dengan pelaksanaan kerja.

Berdasarkan hasil wawancara, tukang batu bata dan tukang plester yang bekerja pada Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Duhiadaa belum memiliki sertifikat kompetensi.

### 2) Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan, setiap tahapan yang dilakukan membutuhkan pengetahuan yang benar agar hasil pekerjaan sesuai dengan perencanaan dan standar spesifikasi. Berdasarkan SKKNI standar pengetahuan yang harus dimiliki tukang dalam pelaksanaan kerja adalah pengetahuan tentang gambar kerja, material yang dibutuhkan, penyimpanan material, peralatan yang dibutuhkan, pemeliharaan peralatan, dan mampu menghitung kebutuhan material.

Tukang bisa mengidentifikasi gambar kerja. mulai dari bentuk serta dimensinya. Tukang memahami material-material yang akan digunakan dan cara mengidentifikasi material yang bagus serta cara penyimpanan yang baik. Tukang juga menyebutkan jenis-jenis peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan kera serta perawatannya. Untuk mengitung kebutuhan material, tukang melakukan perhitungan faktual berdasarkan pengalaman yang diperoleh.

Hitungan disesuaikan dengan dimensi pekerjaan dan spesifikasi perencanaan.

### 3) K3

Keselamatan dan kesehatan kerja kontruksi (K3 kontruksi) adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja pada pekerjaan kontruksi. Dengan demikian, setiap orang yang bekerja pada pekerjaan konstruksi harus memiliki pengetahuan tentang K3 sebagai upaya awal pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Tenaga kerja tukang yang memiliki peran besar di lapangan dan paling rentan terhadap kecelakaan dan sakit akibat kerja juga harus memiliki pengetahuan K3 sehingga mampu melakukan pencegahan-pencegahan.

Dalam SKKNI, tukang harus memiliki pengetahuan tentang K3 seperti memahami peraturan K3 dan memahami bahaya dan risiko kerja pada bidang kerjanya. Berdasarkan hasil wawancara, tukang bisa menjelaskan apa itu K3 dan mampu mengidentifikasi jenis-jenis kecelakaan kerja pada bidang kerjanya.

**Tabel 1** Identifikasi Kompetensi Aspek Pengetahuan

No	-	Tingkat Pendidikan	Sertifikat Kompetensi	Bahan	Peralatan	К3	Gambar Kerja
1.	Tukang Batu Bata	SMP	-	<b>√</b>	<b>√</b>	=	<b>√</b>
2.	Tukang Plester	SD	-	✓	✓	-	✓

### b. Kemampuan Kerja

Kemampuan (ability) merupakan kapasitas seorang individu untuk melakukan beragam tugas dalam suatu pekerjaan (Robbins dan Judge 2008). Indikator kemampuan kerja yang peneliti gunakan adalah metode pelaksanaan pekerjaan dan produktivitas kerja tukang. Metode adalah cara teratur yang digunakan untuk melaksanakan suatu pekerjaan.

Indikator kemampuan kerja tukang yang baik adalah jika hasil pekerjaan yang dilakukan bisa sesuai dengan gambar kerja dan spesifikasi teknis. Hal demikian bisa tercapai jika pekerjaan pasangan bata dilakukan dengan metode yang teratur dan runut. SKKNI membagi menjadi beberapa unit kompetensi pelaksanaan pekerjaan pasang bata, mulai dari menyiapakan material dan peralatan, menyiapkan area pekerjaan, membuat mortar, sampai melaksanakan pekerjaan struktur dinding bata. Kesesuaian tahap pelaksanaan yang di lakukan oleh tukang dan SKKNI merupakan indikator kemampuan kerja yang baik. Metode kerja yang dilakukan tukang bisa diklasifikasikan berdasarkan standar sehingga dalam aspek metode pelaksanaan sudah sesuai.

Produktivitas adalah tingkat efisiensi dalam memproduksi barang atau jasa. Pengukuran produktivitas tukang menggunakan pengukuran tingkat LUR (*labor utility rate*).

Produktivitas kerja adalah ukuran perbandingan kualitas dan kuantitas dari seorang tenaga kerja dalam satuan waktu untuk mencapai hasil atau prestasi kerja secara efektif dan efisien dengan sumber daya yang digunakan. Metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur produktivitas

adalah dengan pengukuran tingkat LUR (*labor utility rate*) di mana pengamatan kepada setiap pekerja dan pengukurannya dilakukan berdasarkan volume pekerjaan yang dihasilkan masing-masing kelompok kerja (Nurhadi, 2015).

$$Faktor\ Utilitas\ pekerja = \frac{waktu\ bekerja\ efektif + \frac{1}{4}waktu\ bekerja\ kontribusi\ x\ 100\%}{Pengamatan\ total} \quad (1)$$

$$Pengamatan\ total = waktu\ efektif + waktu\ kontribusi\ +$$

$$waktu\ tidak\ efektif \qquad (2)$$

Pengukuran produktivitas tidak bisa dilakukan secara akurat sehingga pengukuran produktivitas dilakukan dengan cara pendekatan melalui pengamatan, maka pengukuran untuk mendapatkan hasil dalam m²/jam dapat dihitung:

Hasil kerja dalam 
$$m^2/jam = \frac{Hasil \, kerka \, total \, (m^2)}{Waktu \, Efektif \, (jam)}$$
 (3)

### Keterangan waktu:

- 1) Efektif adalah waktu tukang bekerja menyusun bata secara efektif tanpa henti.
- Kontributif adalah waktu saat tukang membaca gambar, menerima instruksi kerja, angkat peralatan yang berhubungan dengan pekerjaan, diskusi pekerjaan, menunggu sambil tidak bekerja.
- Tidak efektif adalah meninggalkan zona kerja saat jam kerja, ke toilet, duduk merokok, mengobrol tidak berhubungan dengan pekerjaan.

Pengamatan di lakukan pada pembangunan gedung balai nikah dan manasik haji KUA Kecamatan Duhiadaa, saat pekerjaan berlansung.

Tabel 2

Pengamatan Pekerjaan Tukang Batu Bata

Nama Tukang	Kondisi Kerja	Efektif (menit)	Kontributi f (menit)	Tidak efektif (menit)	Hasil kerja (m²)	Hasil kerja/ jam (m²)	Faktor LUR
Ariando Husain	Dengan 1 orang pembantu	360	50	90	13	2,17	68,98

Faktor Utilitas pekerja = 
$$\frac{360 + \frac{1}{4}50 \times 100\%}{540}$$
 = 68,98

**Tabel 3**Pengamatan Pekerjaan Tukang Plester

Nama Tukang	Kondisi Kerja	Efektif (menit)	Kontributif (menit)	Tidak efektif (menit)	Hasil kerja (m²)	Hasil kerja/jam (m²)	Faktor LUR
Jibran Tamu	Dengan 1 orang pembantu	360	50	90	22	3,67	68,98

Faktor Utilitas pekerja = 
$$\frac{360 + \frac{1}{4}50 \times 100\%}{540}$$
 = 68,98

Dari hasil pengamatan dan perhitungan peneliti, maka tukang pasang bata dapat menyelesaikan pekerjaan pasang bata seluas 13 m² dalam satu hari dan tukang plester dapat menyelesaikan 22 m² dalam satu hari. Produktivitas tersebut, bisa meninggkat dengan cara peningkatan waktu kerja efektif.

**Tabel 4** Identifikasi Kompetensi Aspek Kemampuan Kerja

No	Jabatan Kerja	Metode Pelaksanaan	Produktivitas Kerja
1	Tukang Batu Bata	✓	✓
2	Tukang Plester	✓	✓

### c. Sikap Kerja

Menururt Kenneth (2011) sikap kerja merupakan sikap seorang terhadap pekerjaannya yang mencerminkan pengalaman yang menyenangkan dan tidak menyenangkan dalam pekerjaannya serta harapan-harapannya terhadap pengalaman masa

depan. Secara sederhana, sikap kerja dapat diartikan sebagai perilaku yang professional dalam menerapkan segala bentuk pengetahuan yang di milikinya untuk bekerja secara efektif dan efisien sehingga indikator sikap kerja yang peneliti gunakan adalah penggunaan alat pelindung diri (APD), penggunaan alat, penggunaan material, komunikasi di lapangan, dan kerja sama.

Dari hasil pengamatan, tukang yang hanya menggunakan APD yang minim. Tukang batu bata, hanya menggunakan rompi. Sedangkan tukang plester menggunakan sepatu. Sikap kerja merupakan aspek yang paling menunjang dalam pelaksanaan pekerjaan. Memiliki sikap kerja yang baik berarti menjamin pelaksanaan yang baik pula. Sikap-sikap seperti penggunaan APD yang bertujuan untuk melindungi diri, juga akan berefek pada palaksanaan pekerjaan. Kecelakaan-kecelakaan kerja di lapangan tidak semua dapat diprediksi, bahkan hal-hal kecil akan mengandung bahaya yang tidak kecil. Seperti tertimapah benda, menginjang benda tajam atau jatuh dari ketinggian. Penggunaan APD yang baik, akan meminimalisasi cedera yang terjadi apabila terjadi kecelakaan kerja. Misalnya jika menggunakan helm safety, ketika tertimpah benda, maka kepala akan baik-baik saja. Akan tetapi, ketika tidak menggunakan helm safety, maka kepala akan mengalama cedera yang juga akan berefek pada kurangnya tenaga kerja dan pekerjaan terhambat.

Tukang pasang bata dan tukang plester memulai pekerjaan dengan memastikan ketersedian dan kondisi peralatan. Setelah selesai bekerja peralatan dibersihkan. Selalu memperhatikan kondisi alat dan merawat alat akam membuat pekerjaan lancar. Kerusakan alat akan menghambat pelaksanaan pekerjaan dan alat yang pada kondisi yang tidak baik juga akan membuat hasil pekerjaan tidak sesuai keinginan. Tukang terbilang hemat menggunakan material, pada pelaksanaan pasang bata dan plester, menggunakan papan kayu di bawah sisi area kerja sehingga material mortar yang jatuh masih dalam kondisi yang baik dan bisa digunakan kembali.

Komunikasi yang baik di lokasi pekerjaan harus selalu baik. hal tersebut akan menjadikan suasana kerja menjadi nyaman, selain itu intuksi kerja akan lebih mudah dipahami oleh tukang yang akan berefek pada profesionalitas kerja masing-masing orang pada bidang kerjanya. Komunikasi yang baik juga akan melahirkan kerja sama yang baik sehingga pekerjaan akan lebih efektif dan efisien.

**Tabel 5** Identifikasi Kompetensi Aspek Sikap Kerja

	1	1	1 ,		
No	Jabatan Kerja	Komunikasi	Penerapan	Perawatan	Efisiensi
			K3	Peralatan	Penggunaan
					Material
1	Tukang Batu Bata	✓	✓	✓	✓
2	Tukang Plester	$\checkmark$	✓	✓	$\checkmark$

### E. Penutup

- Tukang batu bata menyelesaikan 13 m² pasang bata dalam satu hari kerja dengan waktu efektif kerja 360 menit. Tukang plester menyelesaikan 22 m² bidang plester dalam satu hari kerja dengan waktu efektif kerja 360 menit.
- 2. Kompetensi tukang batu bata dan tukang plester masih sangat kurang pada aspek pengetahuan K3 dan penerapan K3.

3. Berdasarka KKNI, tukang batu bata yang menempuh pendidikan formal sampai SMP yang berarti memiliki kemampuan level 1, tetapi mengerjakan jabatan kerja sejajar level 2. Tukang plester yang menempuh pendidikan formal sampai SD yang berarti belum memenuhi stadar kerja, tetapi di lapangan pengetahuan, kemampuan serta tanggung jawabnya setara dengan level 2. Tukang memperoleh kualifikasinya melalui jalur pengalaman atau belajar mandiri

### Referensi

- [1] Adi, R., 2010. Metodologi Penelitian Sosial dan Hukum. Jakarta: Granit
- [2] Busro, M., 2018. *Teori-Teori Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Prenademia Groub.
- [3] Dipohusodo, I., 1996. *Manajemen Proyek dan Kontruksi*. Yogyakarta: Kanisius. [4] Ervianto, W. L., 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: ANDI.
- [5] George, F. J., Mohammad, S. C. & Marco, J. L., 2000. Contruction Productivity: A Survey of Industry Practices. *AACE Transactions*.
- [6] Gunawan, I., 2013. METODE PENELITIAN KUALITATIF.: Teori dan Praktik. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- [7] Gunawan, W., 2009. Etika Penulisan Karya Ilmiah. Bandung: Akatiga.
- [8] Hasibuan, M. S., 2005. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Revisi ed. Jakarta: Bumi Aksara.
- [9] Husen, A., 2009. Manajemen Proyek. Yogyakarta: ANDI.
- [10] Indonesia, M. K. R., 2016. Keputusan Mentri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 307 Tahun 2016 Tentang Penetapan Standar Kerja Nasional Indonesia Kategori Kontruksi Golongan Pokok Kontruksi Khusus Pada Jabatan Kerja Tukang Plester Bangunan Gedung. Jakarta, Mentri Ketenagakerjaan Republik Indonesia.
- [11] Indonesia, M. K. R., 2016. Keputusan Mentri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 316 Tahun 2016 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Kontruksi Golongan Pokok Kontruksi Khusus Pada Jabatan Kerja Tukang Pasang Bata. Jakarta, Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia.
- [12] Indonesia, P. R., 1999. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Jasa Kontruksi*. Jakarta, Sekertaris Negara Republik Indonesia.

- [13] Indonesia, P. R., 2002. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung*. Jakarta, Sekertaris Negara Republik Indonesia.
- [14] Indonesia, P. R., 2012. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia.*Jakarta, Presiden Republik Indonesia.
- [15] Ismail, R. & Zainal Syahida, 2010. Impact of Workers Competence on Their Performance in the Malaysian private service selector. *Jurnal Busines and Economic Horozons*, 2(2).
- [16] Jergeas, G. F., Chishty, M. S. & Leitner, M. J., 2000. Contruction Productivity A Survey of Industri Practices. AACE International Transaction.
- [17] Kendall, K. E. & Kendal, J. E., 2011. Manajemen Sumber Daya Manusia. New Jersey: Pearson Education Inc.
- [18] Koehn, Enno & Ganapathiraju, 1996. Productivity of Construction in Developing Areas. *AACE Transactions*.
- [19] Komaruddin, 2001. Ensiklopedia Manajemen. 5 ed. Jakarta: Bumi Aksara
- [20] Kumar, A., Karthick, K. & Arumugam, K., 2011. Properties of Biodegradable. Polymers and Degradatin for Sustainable Development. *International Journal*.
- [21] Miles, M. B. & Huberman, M., 2010. An Expanded Sourcebook: Qualitative Data Analysis. London: Sage Publications. [22] Moleong, L. J., 2016. Metodologi Penelitian Kualitatif. Bandung: PT Remaja Rosdakarya. [23] Mulyadi, 2016. Sistem Akuntansi. Jakarta Selatan: Salemba Empat.
- [24] Nurhadi, Z. F., 2015. Teori-teori Komunikasi (Teori Komunikasi. Dalam Perspektif Penelitian Kualitatif). Indonesia: Ghalia.
- [25] Robbins, S. P., 2007. *Perilaku Organisasi*. 10 ed. Jakarta: PT Macanan Jaya Cemerlang. [26] Sugiono, 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [27] Sugiono, 2013. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta. [28] Sugiono, 2016. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- [29] Sugiyono, 2014. *Memahami Penelitian Kualitatif.* Bandung: Alfabeta
- [30] Sunuharjo, B. S., 2003. *Analisis Kinerja Organisasi*. Bandung: PT. Rineka Cipta. [31] Wiradi, G., 2009. *Etika Penulisan Karya Ilmiah*. Bandung: Akatiga.

### BOOK CHAPTER

## Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal

alam buku ini, berisi bunga rampai dari tulisantulisan bidang ketekniksipilan dan bertemakan
Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal, serta terdiri atas
sepuluh judul tulisan. Tema utama ini terbagi atas tiga
subtema. Subtema pertama berkaitan dengan air, di
antaranya tentang kualitas air, laju infiltrasi,
penanggulangan banjir, perencanaan dan tinjauan
sistem drainase, serta pengaruh muka air tanah
terhadap kapasitas daya dukung pondasi. Dua tema
selanjutnya adalah tentang campuran beton
menggunakan agregat lokal, serta kompetensi tukang di
Gorontalo. Dengan berbagai tema dalam tulisan ini,
diharapkan dapat menjadi masukan dan rujukan dalam
perencanaan infrastruktur yang andal dengan
memperhatikan kearifan lokal di Provinsi Gorontalo.

