

**INTERAKSI KUALITAS FISIKO-KIMIA AIR SALURAN
IRIGASI PERTANIAN ORGANIK DAN ANORGANIK
DENGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROINVERTE-
BRATA BENTOS DI DESA SUMBER NGEPOH LAWANG**

SKRIPSI

oleh
ZIDNY FURAI DAH
0910910026



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

**INTERAKSI KUALITAS FISIKO-KIMIA AIR SALURAN
IRIGASI PERTANIAN ORGANIK DAN ANORGANIK
DENGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROINVERTE-
BRATA BENTOS DI DESA SUMBER NGEPOH LAWANG**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Biologi**

**oleh
ZIDNY FURAI DAH
0910910026**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**INTERAKSI KUALITAS FISIKO-KIMIA AIR SALURAN
IRIGASI PERTANIAN ORGANIK DAN ANORGANIK
DENGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROINVERTE-
BRATA BENTOS DI DESA SUMBER NGEPOH LAWANG**

ZIDNY FURAIDAH

0910910026

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal 16 Juli 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Biologi

Menyetujui
Pembimbing

Dr. Catur Retnaningdyah, M.Si

NIP 19680103 199103 2 002

Mengetahui
Ketua Program Studi S-1 Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Rodliyati Azrianingsih, S.Si., MAg.Sc., PhD.

NIP 19700128 199412 2 001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zidny Furaidah
NIM : 0910910026
Jurusan : Biologi
Penulis Skripsi berjudul : Interaksi Kualitas Fisiko-Kimia
Air Saluran Irigasi Pertanian Organik dan
Anorganik Dengan Struktur Komunitas
Makroinvertebrata Bentos Di Desa Sumber
Ngepoh Lawang

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, 16 Juli 2013
Yang menyatakan

Zidny Furaidah
0910910026

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



INTERAKSI KUALITAS FISIKO-KIMIA AIR SALURAN IRIGASI PERTANIAN ORGANIK DAN ANORGANIK DENGAN STRUKTUR KOMUNITAS MAKROINVERTEBRATA BENTOS DI DESA SUMBER NGEPOH LAWANG

Zidny Furaidah dan Catur Retnaningdyah
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Brawijaya, 2013

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil kualitas fisiko-kimia dan struktur komunitas makroinvertebrata bentos serta bentuk interaksi keduanya di air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang. Sampel air diambil \pm 500 ml dan makroinvertebrata bentos diambil \pm 100 individu/stasiun dengan Jaring Surber dan atau saringan pada tujuh stasiun. Parameter fisiko-kimia yang diukur meliputi pH, DO, konduktivitas, suhu, lebar saluran, kedalaman, kecerahan, kecepatan arus, TDS, TSS, nitrat, fosfat terlarut, TOM, turbiditas dan alkalinitas. Perbedaan kualitas air antar lokasi dianalisis dengan ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Tukey HSD atau Games Howell menggunakan Program SPSS 16.00. Profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos dilihat dari Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Diversitas (Hi), *Family Biotic Index* (FBI) dan *Hilsenhoff Biotic Index* (HBI). Interaksi antar variabel ditentukan dengan membuat Model Regresi Berganda. Hasil penelitian menunjukkan kualitas fisik kimia dan biologi air irigasi pertanian organik lebih baik dibandingkan pertanian anorganik. Jumlah taksa makroinvertebrata bentos pada air saluran irigasi pertanian organik lebih tinggi (16-17 taksa) dibandingkan pertanian anorganik (4-14 taksa). Pencemaran bahan organik air saluran irigasi pertanian anorganik lebih tinggi dibandingkan pertanian organik, tercermin dari Hi, FBI dan HBI. Berdasarkan Indeks Morisita, tingkat kesamaan struktur komunitas makroinvertebrata bentos air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik adalah <54 %. Terdapat interaksi antara beberapa faktor fisiko-kimia air (TDS, temperature, phosphate, TOM, nitrate, conductivity and alkalinity) dengan kelimpahan beberapa jenis makroinvertebrata bentos dominan yang ditemukan.

Kata kunci: Kualitas air irigasi, makroinvertebrata bentos, pertanian organik dan anorganik, Sumber Ngepoh.

INTERACTION BETWEEN PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF IRRIGATION WATER QUALITY AT ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING WITH BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY IN SUMBER NGEPOH VILLAGE MALANG

Zidny Furaidah and Catur Retnaningdyah
Biology Departement, Mathematic and Natural Science Faculty,
Brawijaya University, 2013

ABSTRACT

The aims of this research are to determine the profile of physico-chemical water quality, benthic macroinvertebrate community, and interaction of both in irrigation water drains at organic and conventional farming located in Sumber Ngepoh Village Lawang. The sample of water (\pm 500 ml) and benthic macroinvertebrates which collected by Surber Net (\pm 100 individual/station) was taken at seven station. Measurement of water quality included pH, DO, conductivity, temperatur, drain wide, drain depth, secchi depth, stream flow, TDS, TSS, nitrate, phosphate, TOM, turbidity and alkalinity was done at seven stations. The differences of water quality between sites were analyzed by ANOVA followed by Tukey HSD or Games Howell Test using *SPSS 16.00* Program. Benthic macroinvertebrate profile was determined by calculated the Important Value (IV), Diversity Index (Hi), Family Biotic Index (FBI) and Hilsenhoff Biotic Index (HBI). Interaction among variables was determined by Multiple Regression Models. Results of this research showed that the quality of water irrigation drains at organic farming was better than conventional farming. Number of benthic macroinvertebrates taxa in water irrigation drains at organic farming was higher (16-17 taxas) than conventional farming (4-14 taxas). Contamination of organic matter in water irrigation drains at conventional farming was higher than organic farming. It can be seen from the value of Hi, FBI and HBI. Based on Morisita's Index, the similarity of benthic macroinvertebrate community between water irrigation drains at organic and conventional farming was less than 54 %. There were interactions among some physico-chemical water quality (TDS, temperature, phosphate, TOM, nitrate, conductivity and alkalinity) with some species of benthic macroinvertebrate were found.

Key words: irrigation water quality, benthic macroinvertebrate, organic and conventional farming, Sumber Ngepoh.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil ‘Aalamiin, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Interaksi Kualitas Fisiko-Kimia Air Saluran Irigasi Pertanian Organik dan Anorganik Dengan Struktur Komunitas Makroinvertebrata Bentos Di Desa Sumber Ngepoh Lawang”. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Proyek penelitian *Staff Research Grant* dari *Indonesia Managing Higher Education for Relevancy and Efficiency* (IMHERE) 2012 Jurusan Biologi, Universitas Brawijaya melalui Dr. Catur Retnaningdyah, M.Si. dan Dr. Endang Arisoesilaningsih.
2. Bapak Suroto, bapak Sutrisno dan Kelompok Tani Sumber Makmur Desa Sumber Ngepoh atas kerjasama serta pedampingan selama penelitian.
3. Dr. Dra. Catur Retnaningdyah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang mendampingi dan mengarahkan selama penyusunan skripsi.
4. Drs. Setijono Samino, MS.D.Sc dan Dr. Endang Arisoesilaningsih selaku Dosen Penguji yang mengarahkan dan memberi saran-saran selama penyusunan skripsi
5. Bapak Arifin, Ibu Sumeta, Wildan, Kifny Mubarok, Muhammad Aminun S.Pd., Ida Royani, Washobirin dan keluarga besar Bani Ahmad atas segala dukungan baik moril maupun materiil kepada penulis selama kuliah.
6. Tim Proyek Leni Agustina, Khairunnas Ivansyah, Hamdani Dwi Prasetyo, Desi Kartikasari, S.Si., Chatarina Gradict S., S.Si., Purnomo, S.Si. dan *Crew Working Group* Biokonservasi II Jurusan Biologi Universitas Brawijaya.
7. Civitas akademik dan keluarga besar Himabio khususnya mahasiswa angkatan 2009 Jurusan Biologi Universitas Brawijaya atas sharing ilmu yang diberikan selama kuliah.
8. Teman-teman MA Al-Ishlah angkatan 2009 Sendangagung-Lamongan atas semangat yang diberikan selama kuliah.

Malang, 16 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Makroinvertebrata Bentos Perairan Lotik dan Parameter Fisiko-kimia Air yang Mempengaruhinya.....	4
2.2 Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kualitas Air Saluran Irigasi .	9
2.3 Perbedaan Sistem Pertanian Organik dan Anorganik.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Deskripsi Area Studi.....	13
3.3 Rancangan dan Variabel Penelitian	14
3.4 Teknik Pengambilan Sampel Air dan Penentuan Kualitas Fisiko-Kimia Air.....	15
3.5 Teknik Pengambilan Sampel Makroinvertebrata Bentos	21
3.6 Teknik Pengolahan dan Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Profil Kualitas Fisiko-Kimia Air Saluran Irigasi yang Melewati Pertanian Organik dan Anorganik di Desa Sumber Ngepoh Lawang	26

4.2	Profil Struktur Komunitas Makroinvertebrata Bentos di Air Saluran Irigasi yang Melewati Pertanian Organik dan Anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang ..	42
4.3	Interaksi Kualitas Fisiko-Kimia Air dengan Struktur Komunitas dan Makroinvertebrata Bentos di Saluran Irigasi Desa Sumber Ngepoh ..	49
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN.....	60



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Kelompok makroinvertebrata bentos berdasarkan cara makan	5
2	Ion-ion yang larut dalam perairan tawar	7
3	Parameter fisiko-kimia air yang diukur dalam penelitian dan metode pengukurannya.....	16
4	Kisaran pH untuk mengetahui asam-basa perairan ..	27
5	Makroinvertebrata bentos yang ditemukan di tujuh stasiun	42
6	Model Regresi Berganda antara kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentos	50
7	Hasil uji Model Regresi Berganda kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentos	61
8	Nilai Toleransi (ti) makroinvertebrata bentos untuk Hilsenhoff Biotic Index (HBI) dan Family Biotic Index (FBI)	70

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Lokasi pengambilan data di Desa Sumber Ngepoh ...	14
2	Rata-rata nilai pH air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	27
3	Rata-rata kadar Oksigen Terlarut air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	28
4	Rata-rata Kecepatan Arus air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	29
5	Rata-rata kadar <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	30
6	Rata-rata kadar <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	31
7	Rata-rata nilai Suhu air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	32
8	Rata-rata kadar Konduktivitas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	33
9	Rata-rata nilai Turbiditas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	35
10	Rata-rata konsentrasi Nitrat air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	36
11	Rata-rata konsentrasi Fosfat Terlarut air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	37
12	Rata-rata kadar Potassium Permanganat (KMnO_4) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	38
13	Rata-rata kadar <i>Total Organic Matter</i> (TOM) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	39

14	Rata-rata kadar Alkalinitas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	40
15	Profil kesamaan habitat kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi berdasarkan Indeks kesamaan Bray-Curtis (IBC)	41
16	Profil pengelompokan habitat kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi berdasarkan analisis Biplot	41
17	Kelimpahan taksa struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi	43
18	Indeks Nilai Penting (INP) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi	44
19	Nilai Indeks Diversitas (Hi) <i>Shannon Wiener</i> dari struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi	45
20	Nilai <i>Hilsenhoff Biotic Index</i> (HBI) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi	46
21	Nilai <i>Family Biotic Index</i> (FBI) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi	47
22	Profil kesamaan komunitas makroinvertebrata bentos air saluran irigasi menggunakan Indeks Morisita	48
23	Profil pengelompokan habitat makroinvertebrata bentos menggunakan analisis Biplot	49
24	Kondisi stasiun saluran air irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	60
25	Beberapa contoh makroinvertebrata bentos yang ditemukan di saluran air irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh	67

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Kondisi Tujuh Stasiun Saluran Air Irigasi Pertanian Organik dan Anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang	60
2	Hasil Uji Model Regresi Berganda Antara Kualitas Fisiko-Kimia Air dengan Beberapa Makroinvertebrata Bentos yang Dominan	61
3	Gambar jenis makroinvertebrata bentos yang ditemukan dalam penelitian	65
4	Nilai Toleransi Makroinvertebrata Bentos Untuk <i>Hilsenhoff Biotic Index</i> (HBI) dan <i>Family Biotic Index</i> (FBI)	70



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
ANOVA	<i>Analysis of Varians</i>
ATP	<i>Adenosine Triphosphate</i>
Ca	kalsium
CaCO ₃	kalsium karbonat
Cl	khlorida
cm	centimeter
CO ₂	karbondioksida
CO ₃ ²⁻	karbonat
DNA	<i>Deoxyribo Nucleid Acid</i>
DO	<i>Dissolved Oksigen</i> (oksigen terlarut)
dS.m ⁻¹	decisimens per meter
F	frekuensi
FBI	<i>Family Biotic Index</i>
FR	frekuensi relatif
g	gram
HBI	<i>Hilsenhoff Biotic Index</i>
HCO ₃ ⁻	bikarbonat
Hi	indeks diversitas
H ⁺	ion hidrogen
H ₂ SO ₄	asam sulfat
H ₀	hipotesa 0
H ₁	hipotesa 1
i	spesies ke-i
IBC	Indeks Bray-Curtis
INP	indeks nilai penting
K	potassium
K	kelimpahan
K _{total}	total kelimpahan
KMnO ₄	potassium permanganat
KR	kelimpahan relatif
m	meter
m.detik ⁻¹	meter per detik
meq.L ⁻¹	miliekuivalen per liter
Mg	magnesium

mg	miligram
mg.L ⁻¹	miligram per liter
ml	mililiter
mm	milimeter
MO	<i>metil orange</i>
n	jumlah spesies ke-i
N	normal
Na	sodium
NBM	Nilai Baku Mutu
nm	nanometer
NO ₃ -N	nitrat
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
pH	<i>Power Hydrogen</i> (Derajat Keasaman)
PO ₄ ⁻³	fosfat terlarut
PP	<i>fenolftalein</i>
PP. RI.	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia
RI	Republik Indonesia
R ²	koefisien determinasi
SnCl ₂	<i>Stannous Chloride</i>
SO ₄	sulfat
sumbu X	sumbu vertikal pada grafik
sumbu Y	sumbu horizontal grafik
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>
TOM	<i>Total Organic Matter</i>
TSS	<i>Total Suspended Solids</i>
Tukey-HSD	<i>Tukey-Honestly Significance Difference</i>
US\$	United State Dolar
α	alpha
%	persen
±	kurang lebih
μm	mikrometer
μS.cm ⁻¹	mikrosimens per centimeter
°C	derajat celsius
<	kurang dari
>	lebih dari
β	koefisien regresi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya, berpengaruh terhadap ketersediaan pangan sehari-hari. Produksi beras tanah air setiap tahunnya berjumlah 37 juta ton, hampir tidak cukup untuk memenuhi permintaan konsumen. Padahal diketahui Negara Indonesia adalah negara agraris yaitu negara yang sebagian besar penduduk mempunyai mata pencaharian sebagai petani (Mohindru, 2012). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2012, beras merupakan salah satu dari 10 komoditas pangan yang selalu diimpor RI. Sepanjang tahun 2012 impor beras mencapai 1,8 juta ton dengan nilai US\$ 945,6 juta (Masyarakat Ilmuwan dan Teknolog Indonesia, 2013).

Salah satu strategi dalam rangka meningkatkan produktivitas beras di tanah air serta mengurangi jumlah impor beras di Indonesia adalah dengan memperbaiki kualitas air irigasi pertanian. Menurut Asawa (2006) air adalah substansi yang paling penting dalam sistem pertanian selain tanah dan benih. Beberapa peranan air dalam mendukung sistem pertanian yaitu: menjaga kelembaban tanah dan lingkungan untuk mendukung perkecambahan biji/benih, memperbaiki proses kimia dan mikroorganisme dalam tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman, menetralkan kandungan garam tanah, membantu dalam pemupukan, dan mengurangi adanya kekeringan tanaman pada jangka pendek. Suplai utama air untuk kelembaban tanah adalah dari air hujan atau air bawah tanah. Namun hal ini tidak cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman sampai musim panen. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman diperlukan adanya suplai perairan dari sumber lain seperti air irigasi. Air irigasi ini mendukung pembentukan jaringan tanaman, proses evaporasi, dan transpirasi. Tujuannya adalah untuk mempertahankan kelembaban tanah secara optimum. Sehingga memperoleh hasil panen yang optimum.

Desa Sumber Ngepoh, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang merupakan salah satu wilayah yang melakukan cocok tanam padi (*Oryza sativa*). Di desa tersebut terdapat dua macam sistem pengelolaan pertanian padi, yaitu padi organik dan anorganik. Suplai

perairan dalam mendukung kedua pertanian tersebut langsung diperoleh dari mata air. Hal tersebut yang menjadi keunggulan sistem pertanian padi di Desa Sumber Ngepoh. Air irigasi yang melewati pertanian padi organik berasal dari mata air Towo dan gabungan dari mata air Towo dengan mata air Krabyakan. Sedangkan air irigasi yang melewati pertanian padi anorganik berasal dari mata air Damino dan mata air Waras. Adanya perbedaan dalam pengelolaan pertanian serta mata air yang berbeda diduga dapat berpengaruh terhadap kualitas air irigasi.

Kualitas air irigasi dapat tercermin dari parameter fisiko-kimia air yang nilainya sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya dan selanjutnya dapat berpengaruh terhadap organisme perairan. Menurut Bauder dkk. (2011) kualitas air irigasi pertanian ditentukan oleh besarnya nilai salinitas, sodium, pH, alkalinitas, boron, sulfat, konduktivitas dan nitrogen. Carpenter dkk. (2011) menambahkan bahwa faktor fisiko-kimia air tersebut dapat berpengaruh terhadap ruang gerak maupun respirasi serta metabolisme organisme di ekosistem perairan tersebut. Perubahan kualitas suatu perairan selain dapat diketahui dari parameter fisiko-kimia, juga dapat diketahui dari perubahan struktur komunitas organisme perairan yang berperan sebagai bioindikator. Salah satu organisme perairan yang efektif digunakan sebagai bioindikator adalah makroinvertebrata bentos. Menurut Gardner (2007) makroinvertebrata bentos adalah salah satu bioindikator yang baik digunakan untuk mengindikasikan adanya perubahan kualitas air. Hal ini disebabkan karena jenisnya yang beranekaragam, mempunyai respon yang cepat terhadap perubahan lingkungan, toleran terhadap kualitas air yang buruk, mempunyai populasi yang cukup besar di ekosistem perairan, serta berperan dalam siklus nutrisi yaitu sebagai penyedia nutrisi bagi organisme perairan lain.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui permasalahan kualitas air yang meliputi faktor fisiko-kimia dan struktur komunitas makroinvertebrata bentos pada air irigasi yang melewati sistem pengelolaan pertanian anorganik serta melihat perbedaannya dengan kualitas air irigasi yang melewati pertanian organik untuk digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan sistem pertanian khususnya di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana profil kualitas fisiko-kimia air irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang ?
- b. Bagaimana profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos di perairan irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang ?
- c. Bagaimana interaksi antara kualitas fisiko-kimia air tersebut dengan struktur komunitas dan diversitas makroinvertebrata bentos ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

- a. Mendeskripsikan karakteristik kualitas fisiko-kimia air irigasi yang melewati pertanian padi organik dan anorganik di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang.
- b. Mendeskripsikan profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos di perairan irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang.
- c. Mengetahui interaksi antara kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas dan diversitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian berupa karakteristik kualitas fisiko-kimia dan biologi air di saluran irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik ini diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan untuk rekomendasi sistem pengelolaan pertanian padi yang tepat khususnya di Desa Sumber Ngepoh Kecamatan Lawang. Struktur komunitas dan diversitas makroinvertebrata bentos yang berinteraksi dengan perubahan kualitas fisiko-kimia air ini diharapkan dapat digunakan oleh petani sebagai indikator kualitas air irigasi secara tidak langsung tanpa harus melakukan pengukuran kualitas fisiko-kimia air.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makroinvertebrata Bentos Perairan Lotik dan Parameter Fisiko-kimia Air yang Mempengaruhinya

Makroinvertebrata bentos adalah organisme yang hidup di dasar perairan baik sebagian atau keseluruhan dari siklus hidupnya. Makroinvertebrata bentos merupakan sumber makanan bagi hewan vertebrata seperti ikan dan burung. Makroinvertebrata bentos termasuk hewan yang sensitif terhadap perubahan kualitas fisiko-kimia air. Jika terjadi perubahan kualitas air yang diakibatkan oleh adanya polutan yang masuk dalam air, atau perubahan kecepatan arus di bagian hilir perairan maka komunitas makroinvertebrata bentos juga berubah. Oleh karena itu kelimpahan komunitas makroinvertebrata bentos di perairan dapat digunakan untuk memprediksi perubahan kualitas air. Perbedaan profil habitat makroinvertebrata bentos akan mempengaruhi struktur komunitasnya. Salah satu contohnya di Negara Australia, makroinvertebrata bentos toleran terhadap kondisi lingkungan yang beragam. Sebagian besar fase hidup makroinvertebrata bentos ini cenderung menghindari dari kondisi ekstrim. Jenis makroinvertebrata bentos yang beranekaragam ini dapat digunakan sebagai indikator kualitas air (Water and Rivers Commission-Government of Western Australia, 2001).

Makroinvertebrata bentos adalah organisme yang mempunyai ukuran cukup besar untuk dilihat dengan mata langsung dan tidak bertulang belakang (invertebrata). Organisme yang tergolong makroinvertebrata bentos ini seperti larva atau nimfa serangga, udang, remis, siput (keong) dan cacing. Kelebihan utama makroinvertebrata bentos daripada organisme lain karena organisme tersebut sensitif terhadap polutan (Farrell-Poe, 2005). Ukuran organisme yang tergolong makroinvertebrata bentos ini berkisar antara 200-500 mm (Rosenberg & Resh, 1993 dalam Mandaville, 2002). Makroinvertebrata bentos berperan sebagai siklus nutrisi bahan organik yang berasal dari fosil-fosil organisme di perairan (detritus), dan akan dimanfaatkan oleh organisme perairan lainnya (George dkk., 2009). Umumnya organisme tersebut berada di perairan tawar mengalir (lotik). Beberapa kelebihan organisme ini

sebagai agen bioindikator adalah: dapat menggambarkan adanya perubahan habitat, jenisnya beranekaragam dengan peranan berbeda-beda, pergerakannya lambat dan menetap di dasar perairan, serta dapat menggambarkan adanya perubahan temporal karena berumur panjang (Mandaville, 2002).

Faktor yang mempengaruhi kelimpahan makroinvertebrata bentos tidak lepas dari ketersediaan makanan di habitatnya. Berdasarkan cara makannya organisme tersebut dibagi menjadi empat kelompok seperti terlihat pada Tabel 1 (Cummins, 1975 dalam Silfiana, 2009).

Tabel 1. Kelompok makroinvertebrata bentos berdasarkan cara makan (Cummins, 1975 dalam Silfiana, 2009).

Type Cara Makan	Makroinvertebrata Bentos
<i>Grazer</i> (herbivora)	Coleoptera (Elmidae dan Psephenidae), Ephemeroptera (Heptageniidae), Molusca (Physidae, Planorbiidae, Sphaeriidae dan Unionidae) dan Tricoptera (Gossosomatidae dan Phrygareidae).
<i>Shredders</i> (detritivora pada substrat kasar)	Diptera (Tipulidae), Plecoptera (Nemouridae, Peltoperlidae dan Pteronarcidae) dan Tricoptera (Limnephilidae).
<i>Collectors</i> (<i>filter feeder</i> dan <i>deposit feeder</i>)	Diptera (Chironomidae dan Simuliidae), Ephemeroptera (Baetidae dan Heptageniidae), Tricoptera (Hydrophysidae) dan Oligochaeta
Predator (karnivora)	Megaloptera, Plecoptera (Perlidae) dan Odonata (Gomphidae dan Petalaridae).

Perubahan struktur komunitas makroinvertebrata bentos dapat terjadi karena adanya perbedaan siklus hidup dan habitat pada masing-masing jenis makroinvertebrata bentos (Slavevska dkk., 2010). Selain itu Stirn (1981) dalam Silfiana (2009) menambahkan bahwa struktur makroinvertebrata bentos juga dipengaruhi faktor abiotik seperti suhu, pH, turbiditas, tipe substrat, kecepatan arus, kedalaman dan interaksi organisme lainnya. Organisme yang masuk dalam makroinvertebrata bentos meliputi ordo Bivalvia, Coleoptera, Crustacea, Diptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Hemiptera,

Hirudinea, Megaloptera, Mollusca, Neuroptera, Odonata, Oligochaeta, Plecoptera, Polychaeta, Trichoptera dan Turbellaria (Mandaville, 2002).

Suhu merupakan aspek penting pada habitat organisme perairan karena organisme perairan hanya mampu hidup pada rentang suhu tertentu. Jika suhu pada perairan melebihi baku mutu air maka organisme perairan akan rentan terhadap penyakit (Farrell-Poe, 2005). Makroinvertebrata bentos termasuk organisme ektotermik, sehingga suhu dapat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan, siklus hidup, perilaku dan morfologinya (Allan, 1995 dalam Maldonado, 2010). Perubahan iklim dapat merubah rata-rata suhu. Hal ini selanjutnya dapat mengakibatkan eutrofikasi sehingga terjadi *blooming* alga (Verweij dkk., 2010).

Derajat Keasaman (pH) adalah parameter untuk mengukur aktivitas ion hidrogen (H^+) yang larut dalam air. pH tersebut digunakan untuk mengetahui kualitas asam basa perairan. Nilai pH berkisar antara 0 (asam) sampai 14 (basa) dengan 7 sebagai pH netral. Setiap organisme perairan beradaptasi pada pH yang spesifik, dan kisaran pH yang umumnya digunakan untuk perairan sungai berkisar antara 6,5-8. Organisme perairan tawar mampu bertahan hidup pada kisaran pH antara 4,5-9. Faktor utama yang dapat mempengaruhi nilai pH air irigasi adalah penggunaan pupuk pada aktivitas pertanian yang secara intensif digunakan oleh petani. Dampak dari perubahan nilai pH tersebut dapat menyebabkan terjadinya *blooming* alga sehingga dapat mencemari ekosistem perairan. Nilai pH yang cukup rendah juga dapat mengancam kehidupan organisme perairan, dan salah satu dampaknya mengganggu fungsi fisiologi organisme perairan karena dapat mengurangi aktivitas enzim. Penurunan nilai pH terjadi ketika oksigen dan air bereaksi dengan sulfida dan membentuk asam, dan ketika asam larut secara alami maka konsentrasi kandungan logam dalam perairan akan meningkat (Farrell-Poe, 2005).

Turbiditas adalah parameter untuk mengukur tingkat kejernihan air atau kemampuan cahaya untuk menembus air. Jumlah partikel-partikel yang terlarut maupun tersuspensi dalam air juga dapat tercermin dari nilai turbiditas (Farrell-Poe, 2005). Turbiditas disebabkan oleh partikel organik (misal: detritus atau alga dalam perairan), partikel anorganik (lumpur dan kalsium karbonat). Turbiditas pada mata air umumnya mengandung materi organik

maupun anorganik. Hal tersebut disebabkan oleh curah hujan tinggi, banjir, limpasan air, longsor, erosi tepi sungai, *blooming* alga, aktivitas manusia, hewan, perahu yang mengapung di air dan polusi air hujan dari perkotaan. Kandungan bahan organik yang berasal dari faktor geografi juga dapat mempengaruhi turbiditas air tanah. Partikel organik maupun anorganik pada perairan ini akan mempengaruhi kapasitas air, bau, rasa, melindungi mikroorganisme dari desinfektan dan meningkatkan kadar klorin akibat masuknya desinfektan dalam air. Begitu juga kandungan partikel yang tinggi (misal: logam berat) akan berpengaruh terhadap turbiditas yang selanjutnya dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan (Manitoba Water Stewardship and Manitoba Health, 2011).

Total Suspended Solids (TSS) adalah partikel-partikel pasir, endapan lumpur, tanah liat dan material-material organik yang ikut terbawa aliran air. TSS biasanya diukur dalam satuan miligram per liter ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan permasalahan bagi kelangsungan hidup organisme perairan, yaitu dapat mengurangi penglihatannya terutama bagi organisme yang bergerak aktif mencari mangsanya (ikan) dan dapat menyumbat insang pada organisme makroinvertebrata bentos (Farrell-Poe, 2005).

Tabel 2. Ion-ion yang larut dalam perairan tawar (Provin & Pitt, 2002)

Nama Ion	Sumber Ion
Kalsium (Ca)	batu-batuan, batu gamping/kapur, gips, garam dan tanah
Karbonat (CO_3^{2-})	batu gamping/kapur, dolomit, karbondioksida (CO_2) atmosfer
Khlorida (Cl)	mineral-mineral terlarut yang berasal dari air garam, air laut, pupuk dan limbah industri
Magnesium (Mg)	batu-batuan dolomit, garam dan tanah
Potassium (K)	batu-batuan, pupuk, garam dan tanah
Sodium (Na)	batu-batuan, garam dan tanah
Sulfat (SO_4)	batu-batuan, campuran tanah dengan gips, ion sulfida dan komponen sulfur lainnya

Total Dissolved Solids (TDS) adalah jumlah ion (kation dan anion) yang larut dalam air (Tabel 2), yang diukur dalam satuan

miligram per liter (mg.L^{-1}). Ion-ion tersebut seperti potassium (K), sodium (Na), klorida (Cl), karbonat (CO_3^{2-}), sulfat (SO_4), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). TDS merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengestimasi kelayakan air irigasi dan air minum. Nilai TDS yang tinggi dapat meningkatkan kadar garam yang tinggi di perairan sehingga rasanya menjadi asin. Air tanah tentu mengandung nilai TDS lebih tinggi dibandingkan air permukaan, karena ion-ion yang berasal dari tanah atau bebatuan perairan akan bercampur dengan air sehingga kandungannya lebih tinggi (Farrell-Poe, 2005).

Konduktivitas adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan perairan dalam menghantarkan listrik, yang diukur dalam satuan mikrosimen per sentimeter ($\mu\text{S.cm}^{-1}$). Ion-ion yang berpengaruh terhadap nilai konduktivitas adalah sodium (Na), potassium (K) dan klorida (Cl). Nilai konduktivitas juga dapat digunakan untuk mengetahui jumlah garam terlarut di perairan, dan mengestimasi jumlah TDS di perairan (Farrell-Poe, 2005). Menurut Provin & Pitt (2002) konduktivitas dapat digunakan sebagai indikator kandungan garam secara alami yang dipengaruhi oleh penggunaan pupuk maupun kandungan bahan organik. Selain itu hasil pelapukan batu-batuan dan sejenis lainnya dalam jumlah kecil juga berpengaruh terhadap nilai konduktivitas. Faktor iklim juga berpengaruh terhadap kandungan garam dalam perairan yang dapat menyebabkan nilai konduktivitas berubah.

Alkalinitas adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kapasitas penyangga (*buffer*), atau untuk mengetahui kapasitas larutan dalam menetralkan asam. Larutan yang diukur tersebut seperti karbonat (misal: kalsium karbonat) dan bikarbonat (misal: kalsium, magnesium dan sodium bikarbonat). Selain itu ammonia, borak, fosfat dan silika juga larutan yang diukur dalam alkalinitas namun dalam jumlah kecil. Alkalinitas dapat diukur dalam satuan ekuivalen (meq.L^{-1}) atau konsentrasi ppm (mg.L^{-1}) dari total karbonat (sebagai CaCO_3), bikarbonat (HCO_3^-) atau kesadahan ($\text{Ca}+\text{Mg}$) (Lopez dkk., 2010).

Nitrogen dan fosfor adalah dua nutrisi yang digunakan dalam pertumbuhan organisme. Tingginya kandungan nutrisi dalam perairan dapat menimbulkan *blooming* alga di perairan. Akibat *blooming* alga ini menyebabkan perubahan bau dan rasa di perairan. Pembusukan alga tersebut dapat mengurangi oksigen terlarut (DO) di

perairan. Kandungan nutrisi ini dapat diukur dalam satuan miligram per liter (mg.L^{-1}) dengan nitrogen dalam bentuk nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan fosfor dalam bentuk fosfat terlarut (PO_4^{3-}). Mekanisme perubahan nitrogen menjadi nitrat dan fosfor menjadi fosfat dapat terjadi melalui proses kimia maupun biologi. Nitrogen dan fosfor berasal dari tanah, detritus, pupuk dan limbah domestik atau peternakan (Farrell-Poe, 2005). Menurut Furaidah dkk. (2012) nitrogen dimanfaatkan oleh organisme dalam bentuk ammonium, nitrat serta bentuk organik lainnya. Nitrogen merupakan penyusun materi genetik makhluk hidup dan penyusun protein. Organisme memanfaatkan nitrogen dalam bentuk nitrat untuk proses sintesis protein dalam tubuhnya. Sedangkan fosfat dapat membentuk ATP yang merupakan sumber energi utama bagi makhluk hidup dan terlibat dalam reaksi enzimatik serta transpor seluler. Selain itu, fosfat juga merupakan senyawa pembentuk *backbone* DNA pada makhluk hidup. Menurut Retnaningdyah dkk. (2010) rasio penyerapan nutrisi oleh organisme antara fosfor dan nitrogen yaitu 1:16 dengan fosfor sebagai unsur pembatas.

Oksigen terlarut (DO) adalah kandungan oksigen dalam perairan yang dimanfaatkan organisme untuk kelangsungan hidupnya. DO dipengaruhi oleh faktor suhu dan ketinggian. DO diperuntukkan bagi organisme perairan dalam siklus nutrisi bahan organik yang berasal dari fosil-fosil di perairan (detritus). DO berasal dari proses fotosintesis serta interaksi antara udara dengan kecepatan arus air (Farrell-Poe, 2005). Secara umum kandungan oksigen yang rendah di perairan dapat mengurangi ketahanan hidup organisme perairan. Namun beberapa spesies seperti larva Diptera dan Oligochaeta toleran terhadap kandungan oksigen yang rendah (Williams & Felmate, 1992 dalam Maldonado, 2010). Kandungan oksigen <50 % pada ekosistem perairan tersebut menandakan adanya bahan organik tinggi yang berasal dari limbah domestik maupun pertanian (Water Quality Baseline-Mara River, 2007 dalam Maldonado, 2010).

2.2 Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kualitas Air Saluran Irigasi

Kualitas air irigasi pertanian juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan meliputi tipe substrat, kecepatan arus, vegetasi sekitar perairan (vegetasi riparian), ketinggian, garis lintang dan penggunaan

lahan (sebagai acuan parameter fisiko-kimia air terhadap pencemaran ekosistem) (Giller & Malmqvist, 1998 dalam Maldonado, 2010).

Macam-macam tipe substrat perairan tawar yaitu batu, kerikil, pasir dan lumpur. Tipe substrat berlumpur/tanah liat (diameter 0,001-0,062 mm), pasir (diameter 0,062-2,0 mm) dan kerikil (diameter 2,0-256 mm) (United States Geological Survey, 1998 dalam Thompson dkk., 2007). Substrat berlumpur/tanah liat berperan untuk menyimpan, memindahkan, mengubah bentuk dan menyediakan unsur-unsur organik (misal: karbon, nitrogen, fosfor dan sulfur). Tipe substrat pasir berperan dalam transport habitat, dan tipe substrat batu-batuan besar atau batu karang berfungsi untuk melindungi organisme dari predator (Thompson dkk., 2007).

Kecepatan arus adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air atau pergerakan air pada jarak tertentu. Kecepatan arus ini dapat mempengaruhi kualitas fisiko-kimia air di antaranya oksigen terlarut (Farrell-Poe, 2005). Kecepatan arus berperan dalam menentukan ukuran partikel, komposisi dan stabilitas. Kecepatan arus berpengaruh tinggi terhadap lingkungan, perilaku dan morfologi makroinvertebrata bentos (Allan, 1995 dalam Maldonado, 2010).

Makroinvertebrata bentos dapat melangsungkan hidupnya di tempat yang beranekaragam seperti di sedimen, lapisan bawah batu-batuan, kayu-kayu yang tenggelam dalam air dan sampah dedaunan. Vegetasi di sekitar perairan (vegetasi riparian) termasuk faktor penting untuk mendukung habitat makroinvertebrata bentos, penetrasi cahaya dan suhu di perairan. Naungan vegetasi pepohonan atau semak-semak di sekitar perairan dapat mengurangi suhu yang ekstrim. Vegetasi riparian juga berperan melindungi tepi saluran dari erosi, membantu mengendalikan aliran air, serta menyaring nutrisi. Batang, ranting dan daun vegetasi riparian jatuh dan masuk kedalam air dapat digunakan sebagai habitat bagi organisme perairan. Sampah-sampah daun merupakan bagian penting dalam rantai makanan bagi makroinvertebrata bentos, bakteri dan fungi melalui proses pembusukan. Perairan lotik (mengalir) seperti sungai yang terdapat batu-batuan besar dan naungan yang tinggi, pengaruh terhadap vegetasi sangat tinggi, karena vegetasi riparian sebagai suplai makanan (Water and Rivers Commission-Government of Western Australia, 2001). Vegetasi riparian dibagi menjadi lima kelas berdasarkan luas penutupan tanaman (kanopi) yaitu: 1) tidak ada kanopi, 2) jarang (<10 %), 3) sedang (10-40 %), 4) tinggi (40-75

%) dan 5) sangat tinggi (>75 %) (Ode, 2007). Tinggi rendahnya kerapatan vegetasi riparian berpengaruh terhadap nilai suhu. Semakin tinggi kerapatan vegetasi riparian maka nilai suhu semakin rendah (Sovell dkk., 2000).

Kecerahan adalah faktor yang berhubungan dengan tingkat penetrasi cahaya di perairan. Kecerahan dipengaruhi oleh faktor cuaca, kecerahan di musim kemarau lebih tinggi dibandingkan musim hujan. Tidak terdapat hubungan antara kecerahan dengan tipe substrat perairan. Sedangkan kedalaman merupakan faktor yang berkaitan dengan sedimen tanah. Semakin tinggi kedalaman dapat disebabkan oleh penurunan sedimen tanah akibat musim hujan. Kedalaman juga berhubungan erat dengan parameter suhu dan DO. Semakin tinggi kedalaman perairan maka nilai suhu dan DO semakin tinggi (Babalola & Agbebi, 2013). Nilai kecerahan yang rendah berpengaruh terhadap penurunan suhu. Nilai kecerahan ini berpengaruh terhadap kenyamanan hidup bagi biota perairan. Untuk mengukur kecerahan ini dapat digunakan alat *Secchi Disk* (Farrell-Poe, 2005).

2.3 Perbedaan Sistem Pertanian Organik dan Anorganik

Pertanian organik adalah sistem manajemen pertanian yang mengutamakan aspek kesehatan ekosistem meliputi biodiversitas, siklus agen biologi dan aspek daur nutrisi di dalam tanah. Hal tersebut bertujuan untuk menekan praktek pertanian yang memasukkan bahan kimia sintetik kedalam ekosistem (pertanian anorganik). Sistem pertanian organik dirancang untuk: (1) meningkatkan diversitas spesies dalam ekosistem (2) meningkatkan aktivitas organisme tanah (3) mengembalikan kesuburan tanah (4) mendaur tumbuhan dan hewan yang sudah membusuk kemudian dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi (5) mengandalkan sumber daya alam lokal dalam manajemen sistem pertanian dan (6) mengutamakan kesehatan tanah, air dan udara untuk meminimalisir pencemaran seperti yang terjadi pada sistem pertanian anorganik (Food Agricultural Organisation & World Health Organisation, 1992 dalam Muller, 2009). Sumber hara pada sistem pertanian padi organik berasal dari pupuk organik seperti kompos, pupuk kandang, atau sisa tanaman (jerami) yang ditanam ke tanah. Pupuk organik berperan dalam mengembalikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Selain itu juga menghindarkan sebanyak mungkin penggunaan

pestisida/insektisida maupun pupuk kimia sintetis serta bahan agrokimia lainnya.

Manajemen serangga, penyakit tanaman dan nematoda dalam sistem pertanian organik bergantung pada keseimbangan ekosistem. Kebanyakan hama serangga memiliki musuh alami untuk menjaga keseimbangan populasi. Musuh alami meliputi serangga predator (serangga yang memakan hama serangga baik sebagian maupun keseluruhan bagian individunya), parasit (serangga yang menggunakan serangga lain untuk menghasilkan keturunannya, dengan tujuan membunuh hama serangga), dan patogen (penyakit yang dapat mematikan atau menurunkan laju pertumbuhan hama serangga) (Delate, 2003).

Sistem pertanian anorganik adalah sistem manajemen pertanian dengan menggunakan pupuk maupun pestisida kimia sintetis (Letourneau & Van, 2006 dalam Letourneau & Bothwell, 2008). Penggunaan pupuk kimia sintetis dalam pertanian anorganik akan berdampak pada kualitas air irigasi seperti tingginya kadar ammonium, nitrat, fosfat terlarut, alkalinitas, dan *Total Organic Matter* (TOM). Salah satu pupuk sintetis yang biasa digunakan oleh petani adalah urea. Urea digunakan sebagai sumber nitrogen dalam mendukung kesuburan hasil pertanian. Namun pupuk urea ini dapat mempengaruhi kadar ammonium yang dapat menyebabkan pencemaran air. Urea memasuki air permukaan serta air tanah melalui pencucian dan limpasan permukaan dari lahan pertanian (Divya & Belagali, 2012). Selain mempengaruhi kadar ammonium, adanya pupuk kimia sintetis juga berdampak pada peningkatan kadar nitrat di perairan. Karena pupuk tersebut tidak dapat diserap sepenuhnya sehingga mengganggu air permukaan maupun air tanah. Pupuk tersebut dikonversi menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi oleh mikroorganisme di dalam tanah. Karena tidak dapat diserap dengan baik maka mengakibatkan nilai nitrat tinggi (Savci, 2012).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan bulan Januari-Juni 2013. Pengamatan kualitas fisiko-kimia air dan struktur komunitas makroinvertebrata bentos dilakukan di saluran irigasi pertanian Desa Sumber Ngepoh, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang yang dimulai daerah hulu yaitu saluran irigasi yang dekat dengan mata air. Saluran irigasi yang diamati adalah yang melewati aktivitas pertanian padi organik yang berasal dari mata air Towo dan gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan, serta yang melewati aktivitas pertanian padi anorganik yang berasal dari mata air Damino dan mata air Waras. Beberapa parameter kimia air, identifikasi dan penghitungan makroinvertebrata bentos dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Diversitas Hewan serta Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Deskripsi Area Studi

Desa Sumber Ngepoh adalah salah satu desa yang ada di Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Menurut Putri (2012) secara geografis Lawang terletak di pegunungan dan dikelilingi Gunung Arjuna dan Gunung Semeru, serta diapit oleh Kota Singosari dan Kota Pandaan.

Desa Sumber Ngepoh ini memiliki sistem pertanian padi organik dan anorganik. Berkembangnya sistem pertanian yang ada di desa ini juga didukung dengan adanya perairan/saluran irigasi dari berbagai mata air. Beberapa mata air yang digunakan untuk irigasi pertanian seperti mata air Towo, gabungan mata air Towo dan mata air Krabyakan, mata air Damino dan mata air Waras. Menurut Putri (2012) kondisi tanah di sistem pertanian tersebut tekstur tanahnya tergolong liat, hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengukuran bahan organik tanah sebesar 3,5 %. Selain itu iklim di Kecamatan Lawang memiliki suhu berkisar antara 23-24 °C, sedangkan intensitas cahaya rata-rata tertinggi pada bulan Februari sekitar 54 %. Rata-rata curah hujan tertinggi di Kecamatan Lawang terjadi bulan Desember

sebesar 20,3 mm dan jumlah hari hujan merata dari awal tanam hingga akhir tanam.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data di Desa Sumber Ngepoh
Keterangan: ● = stasiun air irigasi pertanian anorganik; ● = stasiun air irigasi pertanian organik

3.3 Rancangan dan Variabel Penelitian

Jenis penelitian ini adalah *Ex Post Facto*, yaitu suatu metode untuk memilih suatu fenomena *causal effect* yang telah nyata terjadi di lapangan (fenomena alami) sehingga peneliti tidak perlu memberikan perlakuan kembali tetapi tinggal melihat efeknya pada variabel terikat (Kusriningrum, 2008). Dasar pendekatan sistemik penelitian adalah hubungan kausal tuntas (*causal finalis*) dari obyek yang dinilai yaitu kualitas fisiko-kimia air irigasi terhadap struktur komunitas makroinvertebrata bentos yang terdapat di lokasi sampling. Rancangan untuk penentuan lokasi sampling digunakan *search sampling*. Lokasi penelitian ditentukan berdasarkan sistem pertanian yang digunakan di sekitar saluran irigasi (organik dan

anorganik). Berdasarkan studi pendahuluan ditetapkan empat lokasi sampling terpilih (*selected sampling*). Empat lokasi tersebut berasal dari saluran irigasi pertanian padi organik yang bersumber dari: (1) mata air Towo (2) gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan; dan saluran irigasi pertanian padi anorganik yang bersumber dari: (3) mata air Damino dan (4) mata air Waras. Sebagai variabel terikat dalam penelitian ini adalah struktur komunitas dan diversitas makroinvertebrata bentos serta parameter fisiko-kimia air, sedangkan sebagai variabel bebas adalah saluran irigasi sawah padi organik dan anorganik. Komponen substrat dasar perairan adalah faktor kondisional dari terjadinya keterkaitan hubungan antara kedua variabel tersebut.

Pengambilan sampel pada masing-masing lokasi tersebut dilakukan di dua stasiun yang berbeda, mulai dari hulu yaitu saluran irigasi yang dekat dengan mata air sampai daerah hilir yang masih melakukan sistem pertanian yang sama. Pengambilan sampel di masing-masing stasiun dilakukan secara acak pada tiga plot yang berdekatan sebagai ulangan, dengan asumsi bahwa pada satu stasiun kondisi faktor fisika kimia dan biologi ekosistem perairan tersebut relatif homogen (Elliott, 1971). Masing-masing lokasi yang telah ditetapkan tersebut dilakukan pengambilan sampel air dan makroinvertebrata bentos berdasarkan pedoman *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water* (Clesceri dkk., 1998)

3.4 Teknik Pengambilan Sampel Air dan Penentuan Kualitas Fisiko-Kimia Air

Masing-masing plot (substasiun) pengamatan yang sudah ditentukan dilakukan pengambilan sampel air sebanyak 500 ml (secukupnya). Sampel air diambil pada wilayah yang berdekatan dengan dasar sungai. Sampel air yang didapatkan dimasukkan dalam jerigen plastik, dan ditempatkan dalam kotak sampel yang telah diberi balok es dengan tujuan untuk menjaga kualitas air. Pengukuran parameter lapangan dilakukan di plot-plot yang sudah ditentukan. Sampel air selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisa. Parameter fisiko-kimia air yang diukur dan metoda pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 3 (Clesceri dkk., 1998).

Tabel 3. Parameter fisiko-kimia air yang diukur dalam penelitian dan metode pengukurannya

No.	Parameter	Satuan	Alat/Metode
Analisa di Lapangan			
1.	pH		pHmeter
2.	Oksigen terlarut	mg.L ⁻¹	DOMeter
3.	Konduktivitas	μS.cm ⁻¹	Konduktivimeter
4.	Suhu	(°C)	Termometer digital
5.	Lebar saluran	Cm	Rollmeter
6.	Kedalaman	Cm	Rollmeter dan tongkat
7.	Kecerahan	Cm	<i>Secchi disk</i>
8.	Kecepatan arus	m.detik ⁻¹	Pelampung & <i>stopwatch</i>
Analisa di Laboratorium			
9.	<i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	mg.L ⁻¹	Gravimetri
10.	<i>Total Dissolved Solids (TDS)</i>	mg.L ⁻¹	Gravimetri
11.	Nitrat	mg.L ⁻¹	Brusin
12.	Fosfat terlarut	mg.L ⁻¹	<i>Stannous Chloride</i>
13.	<i>Total Organic Matter (TOM)</i>	mg.L ⁻¹	Titrimetri
14.	Turbiditas	NTU	Turbidimeter
15.	Alkalinitas (CaCO ₃)	meq.L ⁻¹	Titrimetri

3.4.1 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) memiliki kisaran nilai antara 1-14, dan nilai 7 sebagai pH netral. Nilai pH <7 maka perairan dikategorikan pH asam, dan nilai pH >7 dikategorikan pH basa. Alat yang digunakan untuk mengukur adalah pHmeter. Prosedur penggunaan alat dengan cara menyalakan tombol *On* pada pHmeter. Sensor pHmeter dicelupkan dalam sampel air, dan nilai pH muncul pada monitor pHmeter. Nilai pH dapat ditentukan jika angka pada monitor sudah stabil. Pengukuran pH dilakukan secara *duplo* untuk memperoleh nilai yang akurat. Alat dapat dibersihkan dengan akuades sebelum dan setelah pengukuran.

3.4.2 Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) diukur dalam satuan mg.L⁻¹, dengan menggunakan alat DOMeter. Prosedur alat DOMeter yaitu dengan cara menyalakan tombol *On* pada DOMeter. Sensor DOMeter dicelupkan dalam sampel air, sehingga akan muncul nilai DO pada monitor DOMeter. Jika angka yang muncul pada monitor terdapat tulisan “*ready*”, maka angka tersebut dinyatakan sebagai nilai DO. Pengukuran DO dapat dilakukan secara *duplo* untuk memperoleh

nilai yang akurat. Sebelum dan sesudah pengukuran alat dibersihkan dengan akuades.

3.4.3 Konduktivitas

Pengukuran konduktivitas (Daya Hantar Listrik) ini dapat menggunakan Konduktivimeter. Prosedur kerja Konduktivimeter ditekan *power*, kemudian bagian sensor dicelupkan dalam sampel air, sehingga pada monitor akan keluar nilai konduktivitas dalam satuan $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Pengukuran dapat dilakukan secara *duplo* untuk memperoleh data yang akurat. Sebelum dan sesudah pengukuran alat dibersihkan dengan akuades.

3.4.4 Suhu

Pengukuran suhu menggunakan alat Termometer Digital. Prosedur kerja alat tersebut dinyalakan tombol *On*. Bagian sensor dicelupkan kedalam sampel air sehingga pada monitor akan muncul nilai suhu dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pengukuran dapat dilakukan secara *duplo* untuk memperoleh data yang akurat. Sebelum dan sesudah pengukuran alat dibersihkan dengan akuades.

3.4.5 Lebar saluran

Lebar saluran suatu ekosistem berkaitan dengan ruang gerak dalam mendukung kehidupan biota perairan. Pengukuran lebar saluran dapat menggunakan rollmeter. Satuan yang digunakan dalam lebar saluran adalah sentimeter (cm). Pengukuran dilakukan secara *duplo* untuk memperoleh data yang akurat. Sebelum dan sesudah pengukuran alat dibersihkan dengan akuades.

3.4.6 Kedalaman

Kedalaman saluran berhubungan erat dengan intensitas cahaya dan proses fotosintesis. Kedalaman diukur dengan meletakkan tongkat sampai dasar saluran pada titik kanan dan kiri dari tepi saluran dan titik tengah. Tongkat yang terkena air merupakan tinggi kedalaman pada saluran tersebut, kemudian diukur dengan rollmeter dalam satuan sentimeter (cm).

3.4.7 Kecerahan

Kecerahan diukur dalam satuan sentimeter (cm), dengan menggunakan *Secchi Disk*. Prosedur kerja alat tersebut dengan cara alat dimasukkan kedalam saluran sampai warna hitam putih tidak

kelihatan pada pandangan mata pertama kali. Tali *Secchi Disk* sampai batas permukaan dipegang dengan tangan dan diangkat. Nilai kecerahan dapat dinyatakan dengan panjangnya tali *Secchi Disk* yang menyentuh perairan. Namun jika kecerahan sampai dasar saluran, maka nilai kecerahan sama dengan nilai kedalaman.

3.4.8 Kecepatan arus

Kecepatan arus berkaitan dengan kecepatan aliran perairan di saluran. Kecepatan arus dapat dinyatakan dengan meletakkan pelampung (misal: styrofoam). Pelampung diletakkan dan akan mengalir sesuai jarak yang ditentukan dalam meter (m), kemudian diukur waktu yang diperlukan pelampung untuk menempuh jarak tertentu dalam detik. Pengukuran jarak dengan menggunakan rollmeter, dan penghitungan waktu menggunakan *stopwatch*. Kecepatan arus diukur dalam satuan meter/detik ($m \cdot \text{detik}^{-1}$).

3.4.9 Total Suspended Solids (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah padatan/partikel air yang tersaring dalam kertas saring *Whatman* 0,45 μm . Metode pengukuran TSS adalah Gravimetri. Prosedur kerjanya dengan cara menimbang kertas saring *Whatman* 0,45 μm untuk memperoleh berat awal (g). Sebanyak 150 ml sampel disaring dengan kertas *Whatman* tersebut, kemudian kertas dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C. Kertas saring dimasukkan dalam desikator selama 15 menit, dan setelah itu ditimbang untuk memperoleh berat akhir (g). Hasil analisa TSS diperoleh dari berat akhir dikurangi berat awal. Satuan yang digunakan adalah $mg \cdot L^{-1}$.

Penghitungan TSS:

$$\text{TSS (mg} \cdot \text{L}^{-1}\text{)} = ((\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}) \times (1000 / \text{Vol. Sampel})) \times 1000$$

3.4.10 Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) adalah padatan yang dapat menembus kertas saring *Whatman* 0,45 μm . Metode pengukuran TDS menggunakan metode Gravimetri. Prosedur kerjanya dengan cara disiapkan porselin sesuai jumlah sampel. Porselin diberi akuades 50 ml, dan diuapkan pada oven dengan suhu 180 °C selama ± 90 menit. Setelah akuades habis, dipindahkan porselin tersebut pada desikator selama 15 menit. Porselin ditimbang untuk memperoleh

berat awal (g). Masing- masing porselin di masukkan kembali ke dalam oven dan diberi sampel sebanyak 100 ml. Porselin yang berisi sampel air diuapkan pada suhu 180 °C selama ± 120 menit. Setelah sampel air habis porselin dimasukkan dalam desikator selama 15 menit. Porselin ditimbang untuk memperoleh berat akhir (g). Hasil analisa TDS diperoleh dari selisih berat akhir dikurangi berat awal pada porselin. Satuan yang digunakan adalah mg.L^{-1} .

Penghitungan TDS:

$$\text{TDS (mg.L}^{-1}\text{)} = ((\text{Berat akhir}-\text{Berat awal}) \times (1000/\text{Vol. Sampel})) \times 1000$$

3.4.11 Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Nitrat diukur dalam satuan mg.L^{-1} dan diukur dengan metode Brusin. Prosedur kerja metode tersebut dengan cara menambahkan 5 ml sampel hasil saringan (filtrat) dengan 0,5 ml larutan brusin, kemudian divortek. Setelah homogen ditambahkan 5 ml H_2SO_4 dan divortek. Sampel didinginkan sebelum dilakukan pembacaan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm. Penentuan konsentrasi nitrat dalam mg.L^{-1} berdasarkan kurva standar yang telah dibuat.

Reagen-reagen dalam pembuatan Larutan Brusin dan Standar Nitrat yaitu: (1) Larutan Brusin: 500 mg brusin sulfat dan 50 mg asam sulfanilat dilarutkan dalam 35 ml akuades yang telah dipanaskan, ditambahkan 2,4 ml asam klorida pekat lalu diaduk hingga larut, larutan dibiarkan sampai dingin lalu diencerkan dengan akuades hingga volume 50 ml; (2) Larutan Standar Nitrat ($5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ NaNO}_3\text{-N}$), dibuat dengan menimbang 0,607 g NaNO_3 yang dikeringkan dengan oven pada suhu 105 °C selama 24 jam dan disimpan dalam desikator, kemudian dilarutkan dengan akuades hingga tepat 1000 ml dalam labu ukur ($100 \text{ mg.L}^{-1} \text{ NaNO}_3\text{-N}$), larutan yang diperoleh diambil 5 ml dan dilarutkan dengan akuades hingga tepat 100 ml dalam labu ukur.

3.4.12 Fosfat terlarut (PO_4^{3-})

Fosfat terlarut dianalisa dengan metode *Stannous Chloride* (SnCl_2), dalam satuan mg.L^{-1} . Prosedur kerjanya dengan menambah 10 ml sampel hasil saringan dengan 0,4 ml ammonium molibdat dan divorteks. Ditambahkan dua tetes *stannous chloride*, dan divortek kembali. Ditunggu ± 10 menit, dan dilakukan pembacaan dengan spektrofotometer menggunakan panjang gelombang 690 nm.

Penentuan konsentrasi fosfat terlarut dalam mg.L^{-1} berdasarkan kurva standar yang telah dibuat.

Pembuatan reagen ammonium molibdat dan *stannous chloride* yaitu: 1) larutan ammonium molibdat dibuat dengan melarutkan 2,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dalam 17,5 ml akuades. 28 ml H_2SO_4 pekat ditambahkan ke dalam 40 ml akuades dan dibiarkan dingin. Setelah itu kedua larutan dicampur dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan akuades hingga tanda batas; 2) larutan *stannous chloride*, dengan cara melarutkan 2,5 g $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 ml gliserol lalu dipanaskan sambil diaduk hingga mendidih dan homogen.

3.4.13 Total Organic Matter (TOM)

Total Organic Matter (TOM) dianalisa dengan metode Titrimetri, dalam satuan mg.L^{-1} . Prosedur analisa dengan cara 100 ml sampel air, ditambahkan 10 ml 0,1 N potassium permanganat (KMnO_4) dan 10 ml H_2SO_4 pekat. Sampel dalam erlenmeyer tersebut dipanaskan sampai mendidih (dibiarkan 10 menit mendidih), dan ditunggu suhunya hingga 40-60 °C. Dititrasi 0,1 N Asam Oksalat sampai jernih. Setelah itu dititrasi 0,1 N KMnO_4 sampai warna merah muda.

Penghitungan :

$$\text{KMnO}_4 (\text{mg.L}^{-1}) = \{[(10 + \text{ml titrasi KMnO}_4) \times 0,1] - [\text{ml titrasi As. Oxalat} \times 0,1]\} \times 10$$

$$\text{TOM} (\text{mg.L}^{-1}) = 0,7 \times 158 \times \text{nilai KMnO}_4$$

3.4.14 Turbiditas

Turbiditas diukur dengan alat Turbidimeter, dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) (Farrell-Poe, 2005). Prosedur kerjanya dengan cara alat diverifikasi terlebih dahulu dengan larutan standar 10 NTU, 20 NTU, 100 NTU dan 800 NTU (sebelum diverifikasi, larutan dikocok terlebih dahulu). Sampel air yang akan diukur dihomogenasi dan dituangkan dalam botol sesuai ukuran. Bagian luar botol sampel dibersihkan sampai kering kemudian dilakukan pengukuran. Sampel dimasukkan dalam Turbidimeter dan ditutup, ditekan *power* kemudian ditekan “*read*” maka akan keluar nilai turbiditas.

3.4.15 Alkalinitas (CaCO₃)

Alkalinitas adalah parameter kimia yang mengindikasikan kemampuan air dalam menetralkan keasaman. Prinsip pengukuran alkalinitas adalah menggunakan indikator *fenolftalein* (PP) untuk mengindikasikan adanya kandungan karbonat yang ditandai sampel air berubah warna menjadi biru. Sedangkan indikator *metil orange* (MO) untuk mengindikasikan adanya kandungan bikarbonat yang ditandai sampel air berubah warna menjadi merah. Dan jika indikator PP ditambah dengan indikator MO untuk mengindikasikan adanya kandungan hidroksida dalam sampel air (Dunnivant, 2004). Adapun prosedur kerja untuk mengukur nilai alkalinitas pada sampel air yaitu disiapkan sampel air sebanyak 100 ml. Sampel ditambahkan empat tetes PP. Jika warna berubah menjadi merah mudah dititrasi dengan H₂SO₄ 0,02 N sebagai nilai A. Dan jika tidak berubah warna ditambahkan dua tetes MO, dan dititrasi dengan H₂SO₄ 0,02 N sampai warna berubah menjadi merah muda sebagai nilai B (Dunnivant, 2004).

Penghitungan Alkalinitas (CaCO₃):

$$\text{Alkalinitas (mg.L}^{-1}\text{)} = (((A+B) \times 0,02)/100) \times 1000 \times 50,4$$

$$\text{Alkalinitas (meq.L}^{-1}\text{)} = (1/61,016) \times \text{Alkalinitas (mg.L}^{-1}\text{)}$$

3.5 Teknik Pengambilan Sampel Makroinvertebrata Bentos

Pengambilan sampel makroinvertebrata bentos diambil pada setiap plot (substasiun) yang sama dengan tempat pengambilan sampel air. Makroinvertebrata bentos diambil dengan menggunakan Jaring Surber atau saringan yang mempunyai lobang sama dengan Jaring Surber sampai diketemukan 100 individu. Makroinvertebrata bentos diambil pada bagian substrat perairan, vegetasi riparian di tepi-tepi saluran dan sampah-sampah organik yang berada di perairan. Sampel disortir dalam piring plastik, kemudian dipindahkan kedalam botol film dan diberi alkohol 70 % yang berfungsi untuk mengawetkan sampel.

Makroinvertebrata bentos diidentifikasi dengan Mikroskop Stereo. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan kunci identifikasi menurut Edmondson (1959); Quigley (1977); Jutting & Benthem (1953 & 1956); Bouchard (2004); Merritt & Cummins

(1996); Hartmann (2006); Nesemann dkk. (2011) dan Marwoto dkk. (2011).

3.6. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

3.6.1 Profil kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi

Data parameter fisiko-kimia air di masing-masing substasiun dimasukkan dalam Program *Microsoft Excel*. Profil sifat fisiko-kimia air saluran irigasi diketahui dengan menghitung nilai rata-rata dan kesalahan baku (*standard error*) pada masing-masing parameter dan tiap stasiun untuk seluruh lokasi penelitian. Perbedaan kualitas air antar stasiun diketahui dengan melakukan uji ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Tukey-HSD α 0,05 atau uji Brown Forsythe dilanjutkan dengan uji Games Howel, pada tiap-tiap parameter yang diamati menggunakan Program *SPSS for Windows release 16.00*.

Pengelompokan atas dasar kesamaan habitat antar lokasi dicari menggunakan Indeks Kesamaan Bray-Curtis atau Morisita. Selanjutnya berdasarkan nilai indeks kesamaan, untuk melihat adanya pengelompokan habitat dibuat dendrogram melalui analisis Cluster. Untuk mengetahui parameter fisiko-kimia air yang mencirikan masing-masing stasiun dilakukan analisis Biplot. Kedua analisis tersebut menggunakan Program PAST.

3.6.2 Profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos air saluran irigasi

Hasil identifikasi dan perhitungan makroinvertebrata bentos dimasukkan dalam Program *Microsoft Excel*. Masing-masing stasiun dicari nilai rata-rata kelimpahan (K) individu/stasiun, dan frekuensi (F). Nilai K dan F dilakukan analisis lanjut untuk mencari kelimpahan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), indeks nilai penting (INP) dan indeks diversitas *Shannon Wiener* (Hi). Nilai KR, INP dan Hi digunakan untuk mengetahui profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos.

Rumus KR:

$$\text{KR (\%)} = (\text{rata-rata kelimpahan per taksa} / \text{total rata-rata kelimpahan}) \times 100\%$$

Rumus FR:

$$\text{FR (\%)} = (\text{frekuensi per taksa} / \text{total rata-rata frekuensi}) \times 100\%$$

Rumus INP:

$$\text{INP (\%)} = (\text{KR} + \text{FR})$$

Rumus Hi:

$$H_i = - \sum_{i=1}^n (K/K_{\text{total}}) \times (\text{Log}(K/K_{\text{total}})) / \text{Log}(2)$$

Selain dapat melihat keanekaragaman spesies pada suatu tempat, indeks diversitas juga dapat digunakan untuk menentukan adanya perubahan kualitas air akibat adanya pencemaran lingkungan (Kalyoncu & Zeybek, 2011).

Kisaran nilai H :

<1,0 = perairan tersebut tercemar berat

1,0–1,5 = perairan tersebut tercemar sedang

1,6–2,0 = perairan tersebut tercemar ringan

>2,0 = perairan tersebut tidak tercemar

Kesamaan struktur komunitas makroinvertebrata bentos antar stasiun dapat diketahui dari nilai indeks kesamaan Morisita. Menurut Keane dkk. (2011) nilai indeks Morisita tertinggi adalah 1. Jika kesamaan indeks antar habitat pada setiap parameter mendekati 1 maka nilai indeks kesamaannya tinggi. Sedangkan jika mendekati 0 maka indeks kesamaannya rendah. Berdasarkan nilai tersebut, untuk melihat adanya pengelompokan komunitas makroinvertebrata bentos maka dibuat dendogram melalui analisis Cluster menggunakan Program PAST. Untuk mengetahui taksa yang mencirikan masing-masing stasiun dilakukan analisis Biplot dengan menggunakan Program PAST.

Profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos berdasarkan tingkat pencemaran bahan organik dianalisis dengan *Family Biotic Index* (FBI) dan *Hilsenhoff Biotic Index* (HBI) menurut Mandaville (2002). FBI digunakan untuk menyatakan tingkat pencemaran perairan berdasarkan struktur komunitas makroinvertebrata bentos pada tingkat famili, sedangkan HBI menyatakan tingkat pencemaran perairan berdasarkan struktur komunitas makroinvertebrata bentos pada tingkat spesies.

Rumus FBI:

$$FBI = \frac{\sum x_i t_i}{n}$$

Rumus HBI:

$$HBI = \frac{\sum x_i t_i}{n}$$

Keterangan,

x_i : kelimpahan taksa (individu/stasiun)

t_i : nilai toleransi

n: total kelimpahan taksa (minimal 100 idv./sta.)

3.6.3 Interaksi kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentos

Interaksi kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentos didapatkan dari hasil analisis Model Regresi Berganda, dengan Program SPSS *for Windows release 16.00*. Persamaan Model Regresi Berganda yaitu:

$$\text{Log } Y_{MB} = \beta_0 + \beta_1 \text{Log } X_1 + \beta_2 \text{Log } X_2 + \dots + \beta_n \text{Log } X_n + e$$

- Y_{MB} = Kelimpahan spesies makroinvertebrata bentos (variabel terikat)
 $X_{1...n}$ = Parameter-parameter kualitas fisiko-kimia air yang diamati (variabel bebas)
 β_0 = Intersep
 $\beta_{1...n}$ = Koefisien regresi parsial parameter ke-1 sampai ke-n
 e = Kesalahan (error)

Nilai F hasil perhitungan Regresi Berganda merupakan hasil uji ANOVA yang digunakan untuk menguji kepastian dari persamaan regresi secara total. Hipotesa yang diajukan adalah:

H_0 : tidak ada interaksi antara kelimpahan makroinvertebrata bentos yang ditemukan dengan faktor fisiko-kimia air saluran irigasi sistem pertanian padi organik dan anorganik.

H_1 : ada interaksi antara kelimpahan makroinvertebrata bentos yang ditemukan dengan faktor fisiko-kimia air saluran irigasi sistem pertanian padi organik dan anorganik

Apabila nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima dan sebaliknya apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Untuk melihat prosentase dari pengaruh sumbu X terhadap sumbu Y dapat dilihat dari koefisien determinasi (R^2) yang mempunyai harga 0-1. Apabila harga $R^2 > 0,6$ (60 %) atau mendekati 1 maka kontribusi atau peranan dari harga X terhadap Y adalah tinggi. Sedangkan apabila nilai R^2 adalah 1 maka hampir 100 % dari variasi total nilai kelimpahan jenis ditentukan atau dihitung dari nilai parameter peubah lingkungan tersebut. Pengaruh masing-masing faktor fisiko-kimia air saluran irigasi terhadap kelimpahan jenis makroinvertebrata bentos dapat dilihat dari nilai koefisien regresi (β) masing-masing peubah tersebut yang mengukur kenaikan atau penurunan dari variabel terikat (kelimpahan jenis makroinvertebrata bentos) sebagai akibat dari kenaikan dari variabel bebas (faktor

fisiko-kimia air). Untuk melihat apakah pengaruh dari masing-masing faktor peubah tersebut adalah nyata terhadap kelimpahan jenis, maka dilakukan uji t untuk masing-masing koefisien regresi tersebut. Adapun hipotesa yang diajukan adalah:

$H_0 : \beta_i = 0$ atau kemiringan dari garis regresi adalah 0 yang artinya tidak ada hubungan linier antara variabel bebas (parameter fisiko-kimia air) dengan variabel terikat (kelimpahan jenis makroinvertebrata bentos).

$H_1 : \beta_i \neq 0$ atau kemiringan dari garis regresi adalah tidak 0 yang artinya ada hubungan linier antara variabel bebas (parameter fisiko-kimia air) dengan variabel terikat (kelimpahan jenis makroinvertebrata bentos).

Apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, dan sebaliknya apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak (Retnaningdyah, 1997).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Kualitas Fisiko-Kimia Air Saluran Irigasi yang Melewati Pertanian Organik dan Anorganik di Desa Sumber Ngepoh Lawang

Pemantauan kualitas fisiko-kimia air dilakukan pada saluran irigasi pertanian organik (berasal dari mata air Towo hulu dan hilir, dan gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan), dan anorganik (berasal dari mata air Damino hulu dan hilir, dan mata air Waras hulu dan hilir). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa karakteristik habitat di saluran irigasi pertanian organik memiliki rata-rata kedalaman 2,3-22,3 cm; kecerahan 2,3-22,3 cm; lebar 24-132 cm; substrat dominan berbatu, berkerikil dan berpasir, serta ada yang berlumpur. Pada saat pengambilan sampel di lahan pertanian organik sedang ditanam padi berumur 15 hari dan ditemukan aktivitas masyarakat di kolam pemandian dan budidaya perikanan (terutama di stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan). Karakteristik habitat di saluran irigasi pertanian anorganik memiliki rata-rata kedalaman 1,3-15,3 cm; kecerahan 1,3-15,3 cm; lebar 30-88 cm; substrat dominan berlumpur serta beberapa ada yang berkerikil, berbatu dan berpasir. Lahan pertanian padi anorganik sedang ditanami padi berumur 60 hari dengan sumber pencemar utama berasal dari limbah Pabrik Tahu dan Agar-Agar (Stasiun mata air Damino) serta limbah pemukiman dan peternakan (Stasiun mata air Waras). Berikut adalah profil kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik di Desa Sumber Ngepoh Lawang.

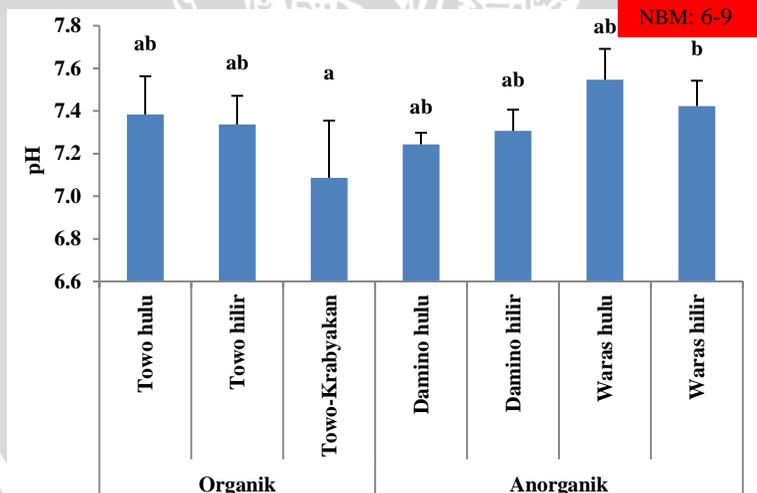
4.1.1 Derajat Keasaman (pH)

Rata-rata nilai pH air pada seluruh stasiun yang diamati berkisar antara 7,1-7,5 (Gambar 2). Nilai pH pada air saluran irigasi pertanian organik lebih baik dibandingkan pertanian anorganik. Namun nilai pH yang nyata paling rendah (7,08) terdapat pada stasiun dari gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan, stasiun mata air Waras bagian hilir mempunyai nilai pH yang nyata paling tinggi (7,42) dan stasiun yang lain mempunyai nilai diantara 7,24-7,54. Kisaran nilai pH tersebut masih memenuhi nilai baku mutu kualitas

air berdasarkan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air golongan II sampai IV. Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh sumber limbah yang mencemari stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan yang melewati air saluran irigasi pertanian organik. Begitu juga pencemaran limbah di stasiun mata air Waras hilir diduga dapat meningkatkan nilai pH air saluran irigasi. Menurut Provin & Pitt (2002) nilai pH dapat dipengaruhi oleh kandungan karbonat, bikarbonat, hidroksida, fosfat, silika dan boron. Ion-ion tersebut umumnya berasal dari pipa-pipa saluran air maupun deterjen. Tabel 4 berikut menjelaskan tentang kisaran pH untuk mengetahui asam-basa perairan.

Tabel 4. Kisaran pH untuk mengetahui asam-basa perairan (Provin & Pitt, 2002)

Kategori	pH Range
High Acidity	<6,5
Moderate Acidity	6,5–7,0
Moderate Alkalinity	7,0–8,5
High Alkalinity	>8,5

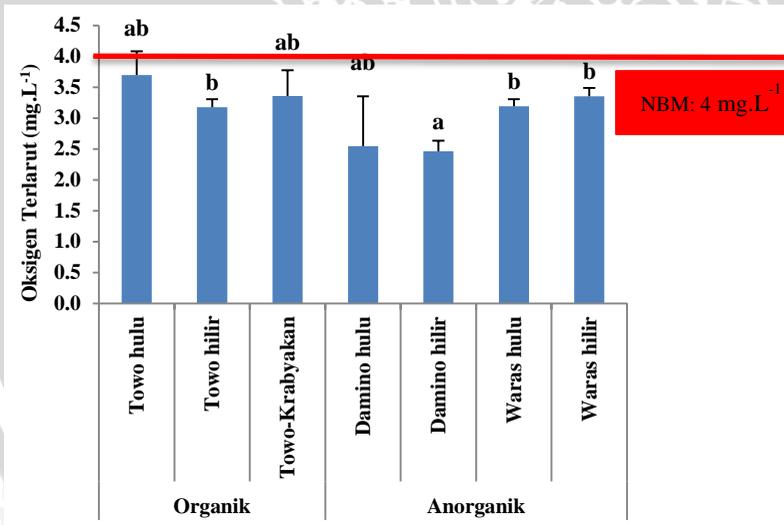


Gambar 2. Rata-rata nilai pH air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey HSD α 0,05

4.1.2 Oksigen Terlarut (DO)

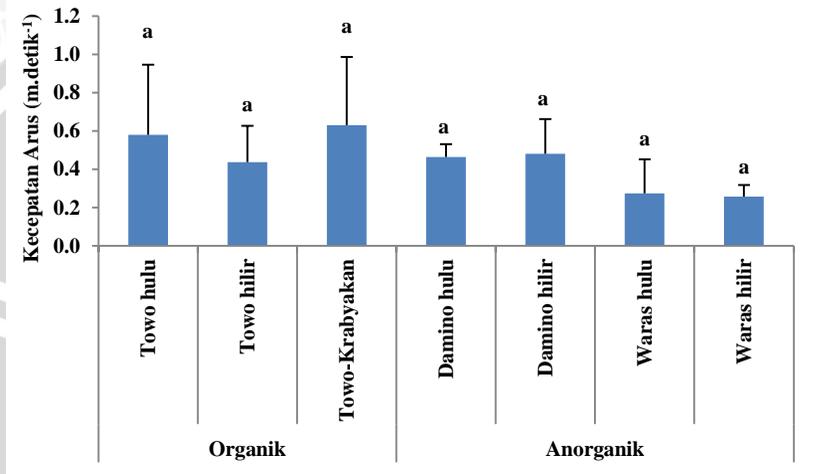
Hasil pemantauan Oksigen Terlarut (DO) air saluran irigasi yang diamati pada tujuh stasiun berkisar antara 2,5-3,7 mg.L⁻¹ (Gambar 3). Kandungan DO air saluran irigasi pertanian organik lebih baik dibandingkan pertanian anorganik. Kadar DO yang paling rendah terdapat pada stasiun mata air Damino bagian hilir (2,46 mg.L⁻¹), dan stasiun yang lain memiliki nilai antara 3,17-3,69 mg.L⁻¹. Kadar tersebut masih memenuhi nilai baku mutu kualitas air berdasarkan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air golongan II sampai IV. Tinggi rendahnya kadar DO air saluran irigasi dipengaruhi oleh pencemaran limbah perairan terutama di stasiun yang melewati pertanian anorganik yang menyebabkan air semakin keruh, akibatnya cahaya sulit menembus di perairan. Sehingga proses fotosintesis di perairan terhambat yang berdampak terhadap penurunan kadar oksigen. Penurunan nilai DO di perairan tersebut dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan.



Gambar 3. Rata-rata kadar Oksigen Terlarut air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

Dampak lain adanya pencemaran limbah tersebut yaitu kecepatan arus terhambat, yang juga berpengaruh terhadap penurunan kadar oksigen di perairan. Berdasarkan hasil pemantauan kecepatan arus pada masing-masing stasiun (Gambar 4), kecepatan arus di air irigasi pertanian organik lebih tinggi (0,44-0,63 m.detik⁻¹) dibandingkan air irigasi di pertanian anorganik (0,26-0,48 m.detik⁻¹).



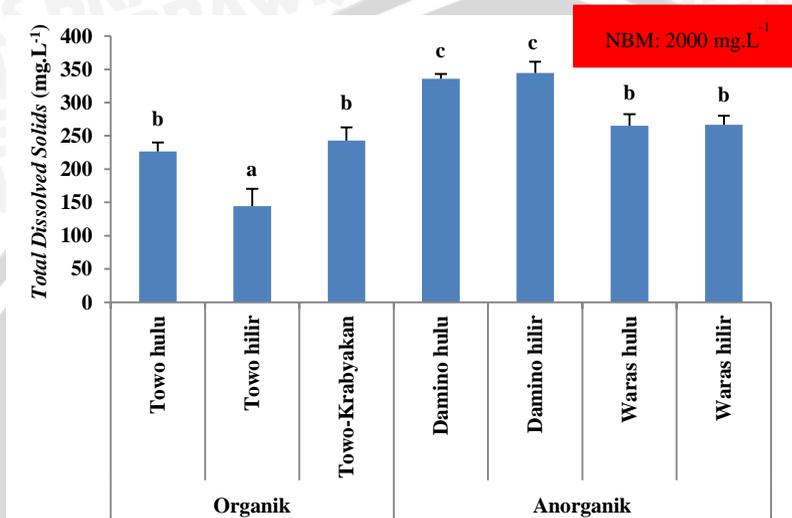
Gambar 4. Rata-rata Kecepatan Arus air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang
Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

Faktor suhu dan ketinggian juga berpengaruh terhadap nilai DO air. Wilayah pada suhu rendah dan dataran yang tinggi memiliki kadar oksigen lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah pada suhu tinggi dan dataran yang rendah (Farrell-Poe, 2005).

4.1.3 Total Dissolved Solids (TDS)

Kadar *Total Dissolved Solids* (TDS) air saluran irigasi pada tujuh stasiun yang diamati memiliki kandungan berbeda-beda. Kadar TDS nyata paling rendah terdapat di stasiun mata air Towo bagian hilir (144 mg.L⁻¹), sedangkan kadar TDS nyata paling tinggi terdapat di stasiun mata air Damino hulu dan hilir (336-344 mg. L⁻¹), dan stasiun yang lain memiliki kadar TDS antara 226-266 mg. L⁻¹ (Gambar 5). Kadar tersebut masih memenuhi nilai baku mutu kualitas air berdasarkan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang

Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air golongan II sampai IV.



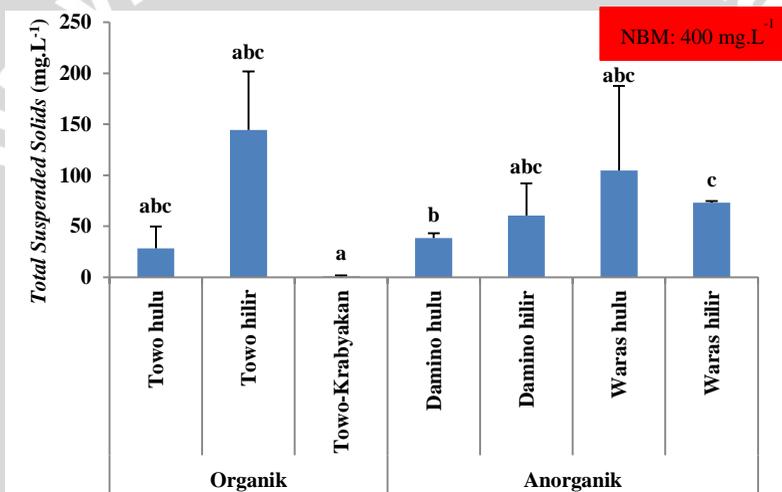
Gambar 5. Rata-rata kadar *Total Dissolved Solids* (TDS) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey HSD α 0,05

Kadar TDS ini dapat mengindikasikan ketersediaan ion-ion dalam air irigasi yang diperuntukkan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Ion-ion yang terkandung dalam TDS yaitu potassium (K), sodium (Na), klorin (Cl), karbonat (CO_3^{2-}), sulfat (SO_4), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Air irigasi yang berasal dari air tanah (misal: air sumber) memiliki kadar TDS lebih tinggi dibandingkan yang berasal dari air permukaan (misal: air hujan dan air sungai), karena material dalam tanah dapat meningkatkan kandungan ion-ion dalam air (Farrell-Poe, 2005). Tinggi rendahnya TDS dalam perairan dapat dipengaruhi oleh pencemaran limbah terutama yang berasal dari mata air Damino. Dampak yang ditimbulkan yaitu dapat meracuni organisme perairan, sehingga menurunkan kelimpahan organisme perairan khususnya organisme yang sensitif. Selain itu juga dapat mengakibatkan abnormalitas selama fase embrio (Weber-Scannell & Duffy, 2007).

4.1.4 Total Suspended Solids (TSS)

Pemantauan *Total Suspended Solids* (TSS) pada masing-masing stasiun menunjukkan hasil yang bervariasi (Gambar 6). Kandungan TSS yang nyata paling rendah ($1,0 \text{ mg.L}^{-1}$) ditemukan di stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan, sedangkan TSS yang nyata paling tinggi ($73,1 \text{ mg.L}^{-1}$) terdapat di stasiun mata air Waras dari hilir, dan stasiun yang lain memiliki kisaran kadar antara $28,3\text{-}144,3 \text{ mg.L}^{-1}$. Berdasarkan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kadar tersebut masih memenuhi baku mutu kualitas air golongan II sampai IV.



Gambar 6. Rata-rata kadar *Total Suspended Solids* (TSS) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

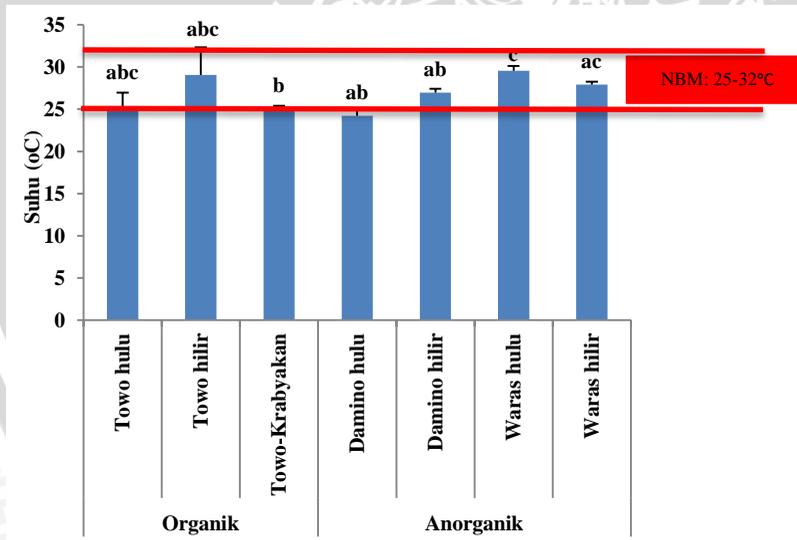
Kadar TSS mencerminkan kandungan partikel-partikel dalam perairan yang dapat tersaring pada kertas *Whatman* $0,45 \mu\text{m}$. Menurut Farrell-Poe (2005) TSS adalah partikel-partikel pasir, lumpur, tanah liat dan material organik yang ikut terbawa aliran air sepanjang saluran. Kadar TSS yang tinggi dalam perairan berdampak terhadap kelangsungan hidup organisme perairan, baik padatan yang terbawa oleh aliran air maupun yang tidak. Tingginya kandungan

TSS dapat menghambat proses pernafasan makroinvertebrata bentos, dan pada ikan dapat mengurangi jarak pandang ikan dalam mencari mangsa.

4.1.5 Suhu

Tujuh stasiun yang diamati pada air saluran irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik menunjukkan nilai suhu yang berbeda-beda. Nilai suhu di air saluran irigasi pertanian organik lebih tinggi dibandingkan di pertanian anorganik, dengan kisaran nilai antara 24,2-29,5 °C (Gambar 7). Kisaran suhu di perairan tropis berkisar antara 25-32 °C (Mulyanto, 1992 dalam Tarigan & Edward, 2003). Sehingga air irigasi di pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh masih memenuhi baku mutu air di daerah tropis.

Kanopi vegetasi riparian di sekitar saluran diduga dapat mengurangi masuknya cahaya dalam perairan yang akan berpengaruh terhadap nilai suhu. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap nilai suhu yaitu luas permukaan air, kanopi tumbuhan di sekitar dan volume air (Farrell-Poe, 2005).

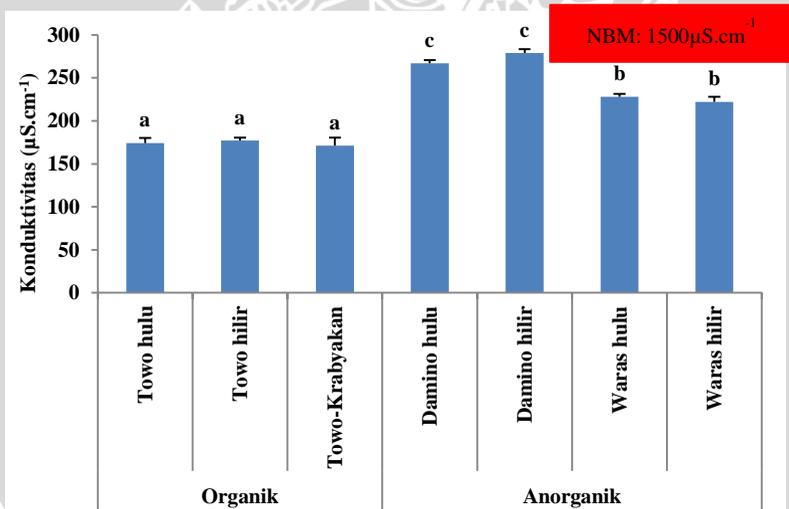


Gambar 7. Rata-rata nilai Suhu air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

4.1.6 Konduktivitas (Daya Hantar Listrik)

Kadar rata-rata konduktivitas air saluran irigasi pada masing-masing stasiun yang diamati berkisar antara 171-279 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ atau 0,171-0,279 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Gambar 8). Nilai konduktivitas air saluran irigasi pertanian organik lebih baik dibandingkan pertanian anorganik. Kadar tersebut masih memenuhi nilai baku mutu air irigasi. Menurut World Wildlife Federation (2007) nilai baku mutu air irigasi untuk konduktivitas sebesar 1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ atau 1,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Berdasarkan hasil pada Gambar 8 tersebut dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas yang berasal dari mata air yang sama tidak ditemukan perbedaan antara daerah hulu dengan hilir. Perbedaan nilai konduktivitas terlihat dari asal mata air irigasi yang melewati kedua sistem pertanian tersebut. Kadar konduktivitas paling tinggi (267-279 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) terdapat pada air saluran irigasi yang berasal dari mata air Damino (anorganik). Tingginya nilai konduktivitas air tersebut dipengaruhi oleh pencemaran limbah di stasiun tersebut.



Gambar 8. Rata-rata kadar Konduktivitas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang
Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey HSD α 0,05

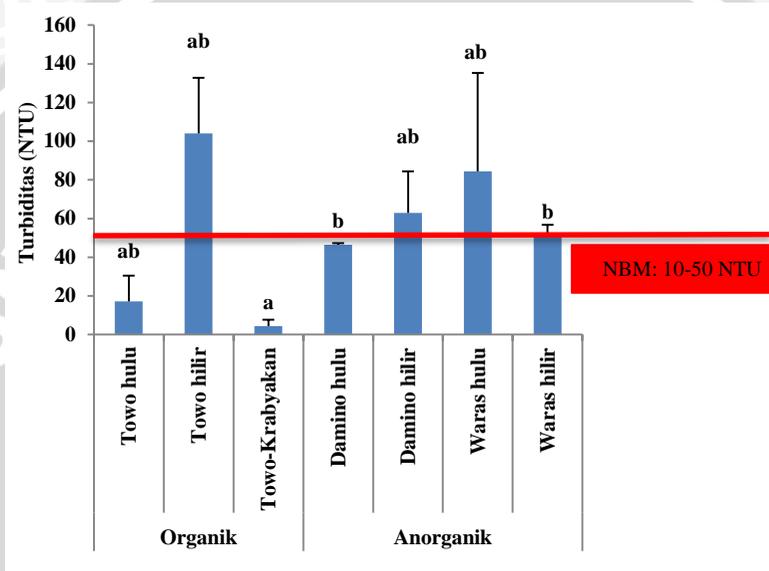
Konduktivitas adalah parameter yang mengindikasikan kadar garam (ion-ion) dalam air. Kadar garam secara alami berasal dari kerak bumi, kandungan bahan organik dan pupuk, serta melalui pelapukan batu-batuan kecil yang larut dalam air yang dapat berpengaruh terhadap nilai konduktivitas. Tinggi rendahnya kadar konduktivitas air berhubungan erat dengan kadar TDS (Provin & Pitt, 2002). Kadar konduktivitas yang tinggi di perairan irigasi berdampak pada pertumbuhan tanaman, karena tanaman tidak mampu berkompetisi dengan ion-ion tanah sebagai media tumbuh. Tekstur tanah akan berubah akibat ketidakseimbangan ion-ion tanah seperti sodium (Bauder dkk., 2011).

4.1.7 Turbiditas (Kekeruhan)

Hasil pemantauan nilai turbiditas pada tujuh stasiun menunjukkan nilai yang bervariasi (Gambar 9). Nilai turbiditas yang nyata paling rendah (4,2 NTU) ditemukan pada stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan, sedangkan nilai turbiditas yang nyata paling tinggi (51,06 NTU) terdapat pada stasiun mata air Waras hilir, dan stasiun yang lain memiliki kisaran nilai 17,1-103,9 NTU. Beberapa stasiun memiliki nilai di atas baku mutu air terutama pada stasiun-stasiun yang melewati saluran air irigasi pertanian anorganik. Apabila dilihat dari hasil pengukuran TSS pada tujuh stasiun (Gambar 6), kadar TSS paling rendah ($1,0 \text{ mg.L}^{-1}$) terdapat pada stasiun yang berasal dari gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan (organik), sedangkan kadar TSS paling tinggi ($144,3 \text{ mg.L}^{-1}$) terdapat pada stasiun mata air Towo hilir (organik), begitu juga nilai turbiditas pada tujuh stasiun tersebut. Sehingga nilai turbiditas berhubungan erat dengan kadar TSS, semakin tinggi TSS maka nilai turbiditas semakin tinggi. Selain dipengaruhi kadar TSS, tingginya turbiditas juga dipengaruhi oleh nilai suhu. Rata-rata suhu paling tinggi di antara tujuh stasiun tersebut ditemukan pada air saluran irigasi yang berasal dari mata air Towo hilir (organik) dan mata air Waras hulu (anorganik), begitu juga dengan nilai turbiditas. Menurut Singleton (2001) nilai baku mutu air untuk turbiditas berkisar antara 10-50 NTU.

Perairan dengan nilai turbiditas tinggi akan mengakibatkan perubahan warna sampai menjadi keruh. Tingginya turbiditas dapat menyebabkan kenaikan suhu air karena partikel-partikel tersuspensi menyerap panas lebih banyak dan dapat juga menurunkan jumlah

penetrasi cahaya dalam air. Nilai turbiditas yang tinggi juga dapat mengganggu mobilitas organisme perairan terutama organisme yang bergerak aktif atau mobilitasnya tinggi. Nilai turbiditas berhubungan erat dengan kadar TSS. Semakin tinggi TSS maka nilai turbiditas semakin tinggi (Farrell-Poe, 2005).



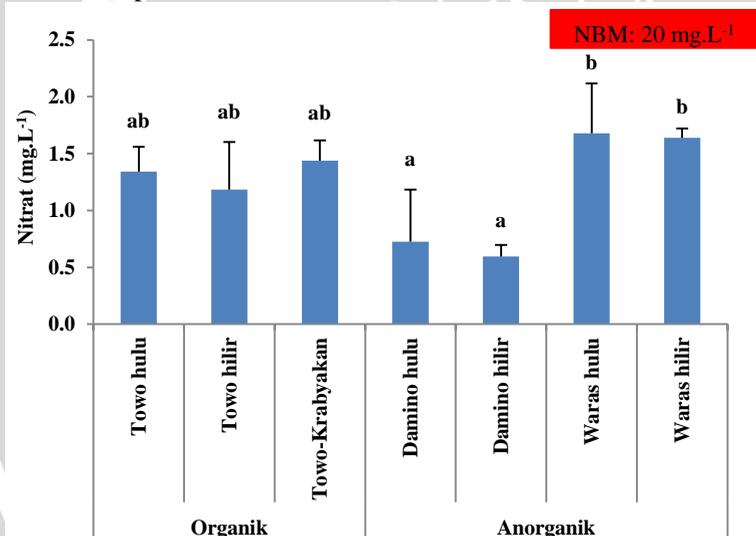
Gambar 9. Rata-rata nilai Turbiditas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang
Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

4.1.8 Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Pemantauan konsentrasi nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) pada masing-masing stasiun menunjukkan hasil bahwa secara umum kandungan nitrat di air saluran irigasi pertanian organik lebih tinggi dibandingkan di pertanian anorganik, dengan rata-rata konsentrasi berkisar antara 0,6-1,7 mg.L^{-1} (Gambar 10). Konsentrasi tersebut masih memenuhi nilai baku mutu kualitas air berdasarkan ketetapan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air golongan II sampai IV. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh umur padi yang berbeda yang berkaitan dengan periode pemupukan. Sampel air irigasi pertanian organik diambil

ketika padi berumur 15 hari (masih dalam periode pemupukan), sedangkan sampel air irigasi pertanian padi anorganik diambil ketika padi berumur 60 hari (tidak termasuk periode pemupukan). Sehingga konsentrasi nitrat lebih tinggi pada air saluran irigasi pertanian organik. Pupuk organik sebagai sumber nitrat lebih mudah diserap air maupun tanah, dibandingkan dengan pupuk kimia sintetis yang sulit diserap oleh air maupun tanah.

Sumber nitrat dalam air berasal dari pembusukan bahan organik, kotoran, pupuk dan nitrat dalam tanah. Air dengan konsentrasi nitrat tinggi dapat menyebabkan penyakit sindrom *blue-baby* (methemoglobinemia) dan tidak dapat digunakan oleh wanita yang sedang hamil maupun menyusui. Selain itu juga dapat mengakibatkan *blooming* alga yang akan mengalami perubahan warna maupun bau (Provin & Pitt, 2002).



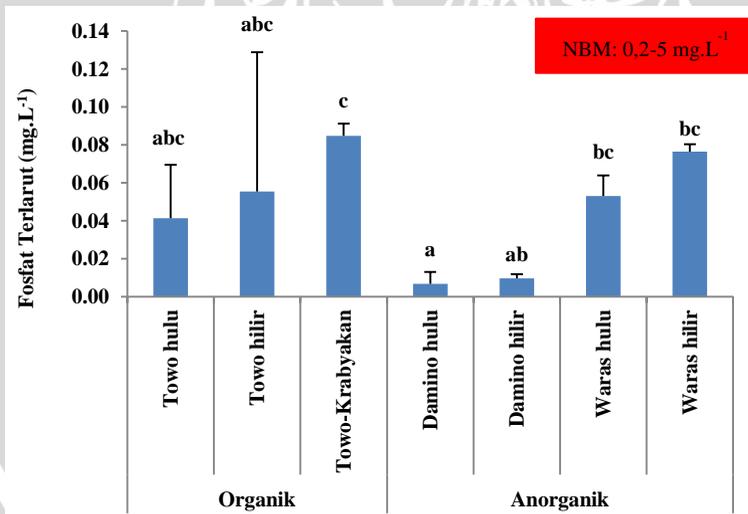
Gambar 10. Rata-rata konsentrasi Nitrat air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang
Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey HSD α 0,05

4.1.9 Fosfat terlarut (PO_4^{-3})

Konsentrasi fosfat terlarut di air saluran irigasi pertanian organik lebih tinggi ($0,041-0,085$ mg.L⁻¹) dibandingkan pertanian anorganik ($0,007-0,076$ mg.L⁻¹) seperti terlihat pada Gambar 11.

Berdasarkan PP. RI. No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, nilai tersebut masih memenuhi baku mutu kualitas air golongan II sampai IV. Sama seperti konsentrasi nitrat, rata-rata saluran air irigasi yang melewati pertanian organik lebih tinggi dibandingkan yang melewati pertanian anorganik. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh umur padi yang berbeda yang berkaitan dengan waktu pemupukan. Berdasarkan umur padi tersebut dapat terlihat kandungan fosfat terlarut di air saluran irigasi pertanian organik lebih tinggi dibandingkan pertanian anorganik. Tingginya konsentrasi fosfat terlarut di pertanian organik terutama di stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan, diduga dipengaruhi oleh pencemaran limbah di stasiun tersebut yang dapat meningkatkan bahan organik.

Pupuk organik sebagai sumber fosfor lebih mudah diserap air maupun tanah, dibandingkan dengan pupuk kimia sintetis yang sulit diserap oleh air maupun tanah. Menurut Provin & Pitt (2002) tingginya konsentrasi fosfat pada permukaan air dapat mengakibatkan *blooming* alga dan dapat menurunkan kadar DO. Sehingga berdampak pada kehidupan organisme perairan.



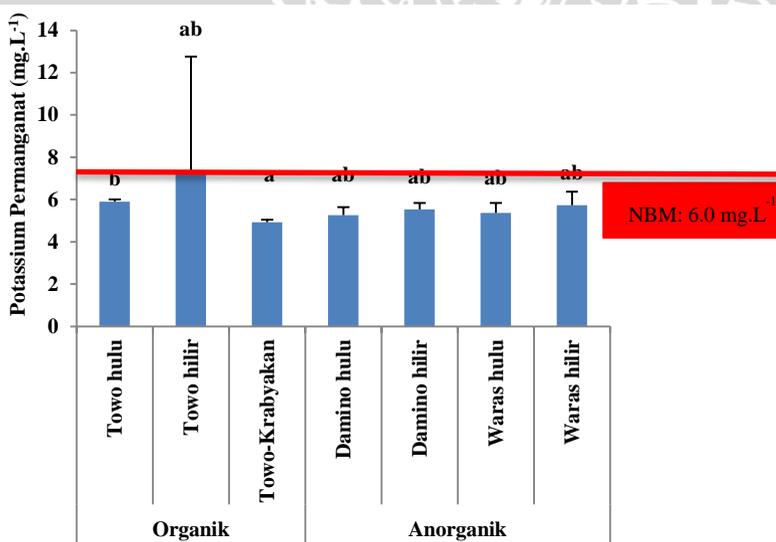
Gambar 11. Rata-rata konsentrasi Fosfat Terlarut air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

4.1.10 Kadar Potassium Permanganat (KMnO₄) dan Total Organic Matter (TOM)

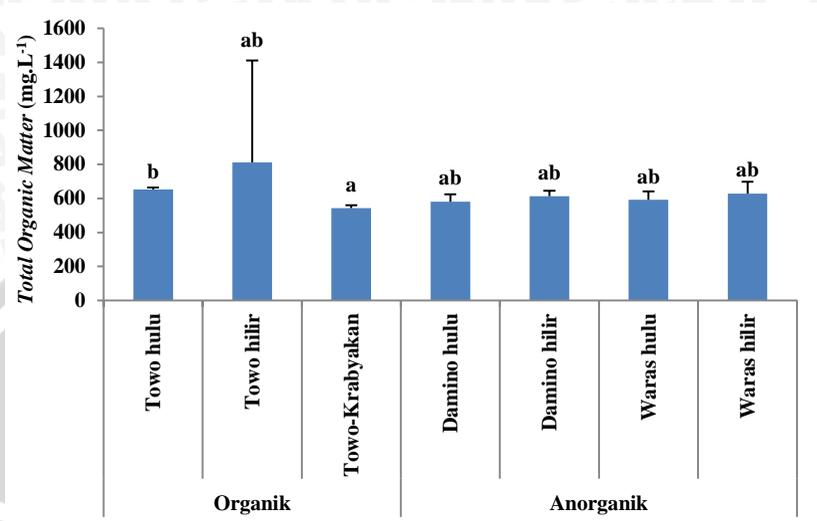
Hasil pemantauan kadar potassium permanganat (KMnO₄) menunjukkan kadar yang bervariasi pada masing-masing stasiun. Rata-rata kadar KMnO₄ yang diperoleh berkisar antara 4,9-7,3 mg.L⁻¹ (Gambar 12). Menurut Ratanajaruraks (2009) nilai baku mutu kandungan KMnO₄ di air irigasi sebesar 6,0 mg.L⁻¹. Dari tujuh stasiun yang diamati hanya stasiun mata air Towo hilir (organik) memiliki kadar KMnO₄ paling tinggi (7,3 mg.L⁻¹), dan melebihi baku mutu air. Namun kadar tersebut tidak berbeda nyata dengan semua stasiun yang melewati pertanian anorganik.

Kadar KMnO₄ yang tinggi pada stasiun mata air Towo hilir menggambarkan bahwa di stasiun tersebut terdapat kandungan bahan organik paling tinggi, sedangkan di stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan memiliki kandungan bahan organik nyata paling rendah. Semakin tinggi kadar KMnO₄ maka kadar TOM semakin meningkat (Gambar 13).



Gambar 12. Rata-rata kadar Potassium Permanganat (KMnO₄) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan $\alpha, 0,05$



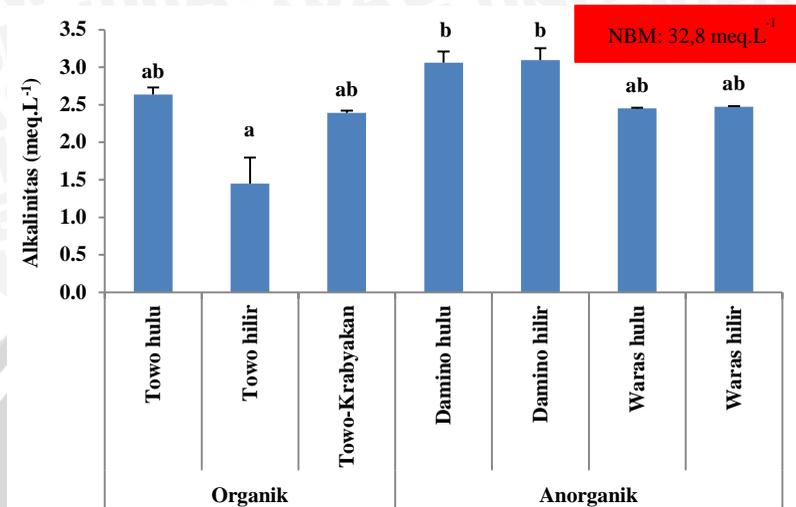
Gambar 13. Rata-rata kadar *Total Organic Matter* (TOM) air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

4.1.11 Alkalinitas (CaCO_3)

Hasil pemantauan terhadap kadar alkalinitas (Gambar 14) menunjukkan bahwa pada perairan di saluran irigasi pertanian organik mempunyai kadar lebih rendah ($1,4-2,6 \text{ meq.L}^{-1}$) dibandingkan pertanian anorganik ($2,5-3,1 \text{ meq.L}^{-1}$), dan kadar tersebut masih memenuhi baku mutu air irigasi menurut dkk., 2012 ($32,8 \text{ meq.L}^{-1}$). Kadar alkalinitas berhubungan erat dengan nilai pH. Nilai pH pada stasiun air saluran irigasi (Gambar 2) yang melewati pertanian organik lebih rendah ($7,08-7,38$) dibandingkan yang melewati pertanian anorganik ($7,24-7,54$), begitu juga dengan kadar alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH maka kadar alkalinitas semakin tinggi.

Menurut Provin & Pitt (2002) tingginya kadar alkalinitas dalam air disebabkan oleh kandungan karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Dan tinggi rendahnya nilai karbonat dan bikarbonat dipengaruhi oleh kandungan ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).



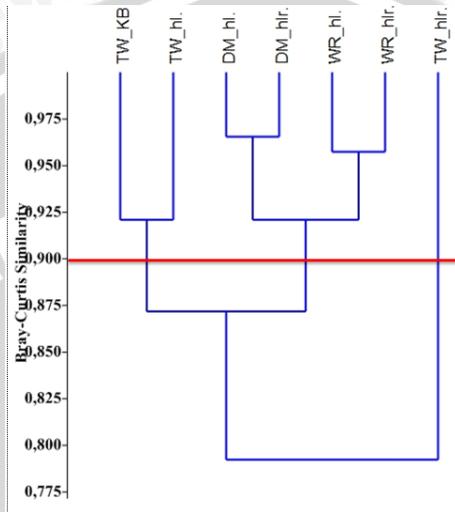
Gambar 14. Rata-rata kadar Alkalinitas air saluran irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang
 Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Brown Forsythe dilanjutkan Games Howell dengan α 0,05

4.1.12 Kesamaan habitat antara saluran irigasi yang melewati pertanian organik dan anorganik

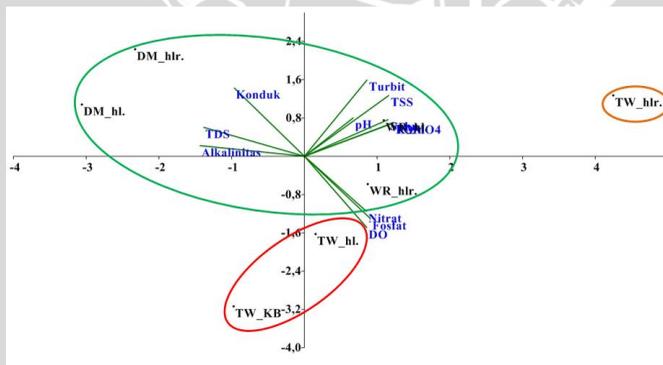
Selain dapat dilihat dari tiap-tiap parameter fisiko-kimia air irigasi, profil kualitas fisiko-kimia air irigasi juga dapat dilihat secara keseluruhan berdasarkan hasil analisis Cluster menggunakan Indeks kesamaan Bray-Curtis (IBC) yang hasilnya seperti terlihat pada Gambar 15. Selain itu dapat dilihat dari hasil analisis Biplot, yang dapat mencirikan parameter tertentu dimasing-masing stasiun.

Berdasarkan analisis Cluster dengan tingkat kesamaan habitat (IBC) 90 % dan juga analisis Biplot, wilayah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga (Gambar 15 dan 16). Kelompok I adalah stasiun mata air Towo hilir yang dicirikan oleh tingginya nilai turbiditas, TSS, pH, KMnO_4 dan TOM. Tingkat kesamaan wilayah ini dengan yang lain adalah kurang dari 80 %. Kelompok II meliputi stasiun mata air Towo hulu dan stasiun gabungan mata air Towo dengan mata air Krabyakan yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi nitrat, fosfat terlarut dan DO. Kelompok III adalah semua stasiun yang melewati pertanian anorganik dengan nilai semua parameter

fisiko-kimia air yang relatif tinggi. Tingkat kesamaan kelompok III ini dengan kelompok II adalah kurang dari 87,5 %.



Gambar 15. Profil kesamaan habitat kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi berdasarkan Indeks kesamaan Bray-Curtis (IBC)
 Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr= Waras hilir



Gambar 16. Profil pengelompokan habitat kualitas fisiko-kimia air saluran irigasi berdasarkan analisis Biplot
 Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr= Waras hilir

4.2 Profil Struktur Komunitas Makroinvertebrata Bentos di Air Saluran Irigasi yang Melewati Pertanian Organik dan Anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

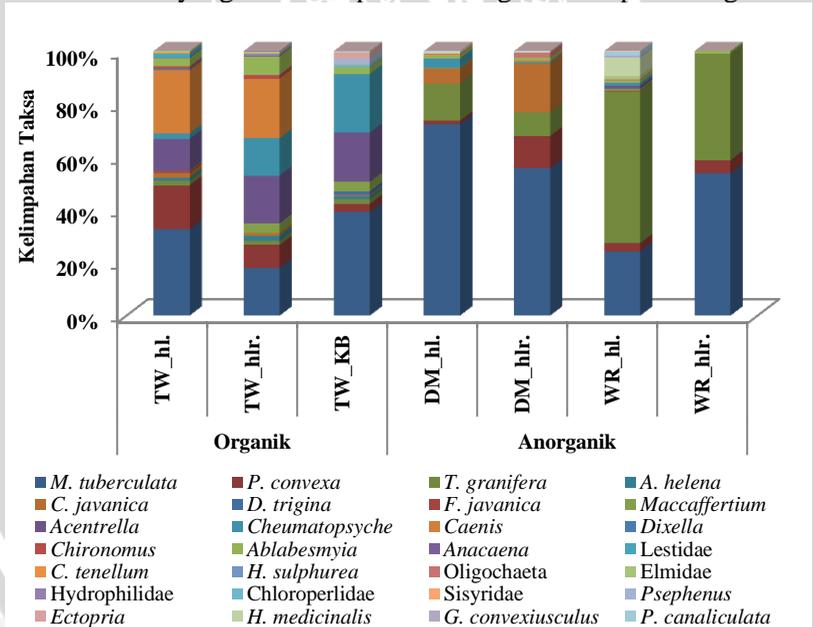
Profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos dari hasil pengamatan pada tujuh stasiun dapat diketahui dari nilai kelimpahan taksa (%), Indeks Nilai Penting (INP) dalam %, indeks diversitas *Shannon Wiener* (Hi), *Family Biotic Index* (FBI), *Hilsenhoff Biotic Index* (HBI), Indeks Kesamaan Morisita dan analisis Biplot. Keragaman jenis dan jumlah individu masing-masing jenis makroinvertebrata bentos antar stasiun bervariasi. Kelompok taksa yang ditemukan pada tujuh stasiun tersebut merupakan anggota dari ordo Bivalvia, Coleoptera, Crustaceae, Diptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Hirudinea, Odonata, Oligochaeta, Plecoptera, Trichoptera, Turbellaria dan Neuroptera (Tabel 5).

Tabel 5. Makroinvertebrata bentos yang ditemukan di tujuh stasiun

No.	Kelas/Ordo	Family/Genera/Spesies
1	Bivalvia	Corbiculidae/ <i>Corbicula javanica</i>
2	Coleoptera	Elmidae
		Hydrophilidae/ <i>Anacaena</i> sp.
		Hydrophilidae/ <i>Berosus</i> sp.
		Hydrophilidae
		Psephenidae/ <i>Ectopria</i> sp.
	Psephenidae/ <i>Psephenus</i> sp.	
3	Crustaceae	Decapoda/ <i>Parathelphusa convexa</i>
4	Diptera	Blood-Red Chironomidae/ <i>Chironomus</i> sp.
		Chironomidae/ <i>Ablabesmyia</i> sp.
		Dixidae/ <i>Dixella</i> sp.
5	Ephemeroptera	Baetidae/ <i>Acentrella</i> sp.
		Caenidae/ <i>Caenis</i> sp.
		Heptagenidae/ <i>Heptagenia sulphurea</i>
		Heptagenidae/ <i>Maccaffertium</i> sp.
6	Gastropoda	Ampullariidae/ <i>Pomacea canaliculata</i>
		Bithyniidae/ <i>Wattebledia insularum</i>
		Buccinidae/ <i>Anentome helena</i>
		Planorbidae/ <i>Gyraulus convexusculus</i>
		Thiaridae/ <i>Melanoides tuberculata</i>
		Thiaridae/ <i>Tarebia granifera</i>
		Thiaridae/ <i>Thiara scabra</i>
Viviparidae/ <i>Filopaludina javanica</i>		
7	Hirudinea	Hirudidae/ <i>Hirudo medicinalis</i>

8	Neuroptera	Sisyridae
9	Odonata	Coenagrionidae/ <i>Ceriagrion tenellum</i>
		Lestidae
10	Oligochaeta	
11	Plecoptera	Chloroperlidae
12	Trichoptera	Hidropsychidae/ <i>Cheumatopsyche</i> sp.
13	Turbellaria	Planariidae/ <i>Dugesia trigina</i>

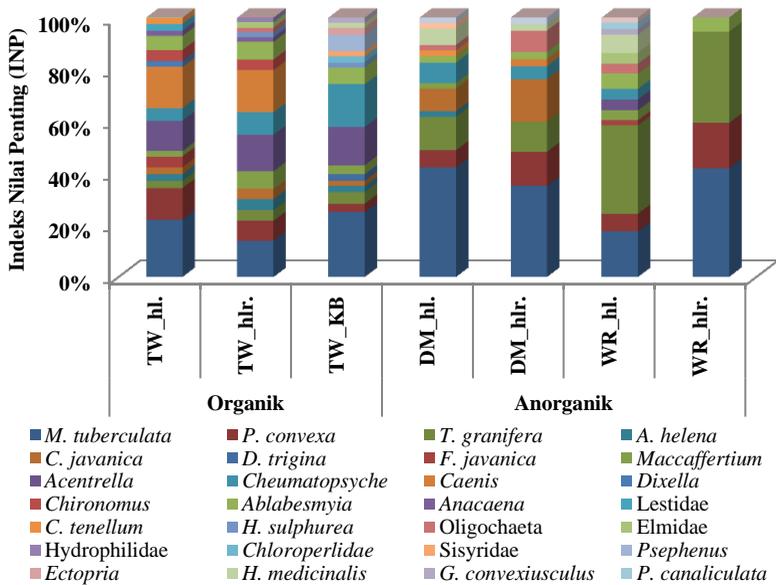
Profil struktur komunitas makroinvertebrata bentos berdasarkan komposisi dan kelimpahan taksa (%) pada Gambar 17 menunjukkan bahwa komposisi dan kelimpahan di stasiun yang melewati pertanian organik lebih tinggi dibandingkan di pertanian anorganik. Sebanyak 27 jenis makroinvertebrata bentos ditemukan di saluran irigasi yang melewati pertanian organik, sedangkan pada saluran irigasi yang melewati pertanian anorganik ditemukan 20 taksa makroinvertebrata bentos. Adanya perbedaan kelimpahan taksa tersebut berpengaruh terhadap INP (Gambar 18) dan Hi (Gambar 19) baik di stasiun yang melewati pertanian organik maupun anorganik.



Gambar 17. Kelimpahan taksa struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi

Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr= Waras hilir

Taksa-taksa yang mendominasi di air saluran irigasi yang melewati pertanian organik meliputi *Melanoides tuberculata* (Thiaridae), *Parathelpusa convexa* (Decapoda), *Acentrella* sp. (Baetidae), *Caenis* sp. (Caenidae) dan *Cheumatopsyche* sp. (Hydropsychidae). Saluran air irigasi yang melewati pertanian anorganik didominasi oleh *Melanoides tuberculata* (Thiaridae), *Tarebia granifera* (Thiaridae), *Parathelpusa convexa* (Decapoda) dan *Corbicula javanica* (Corbiculidae).

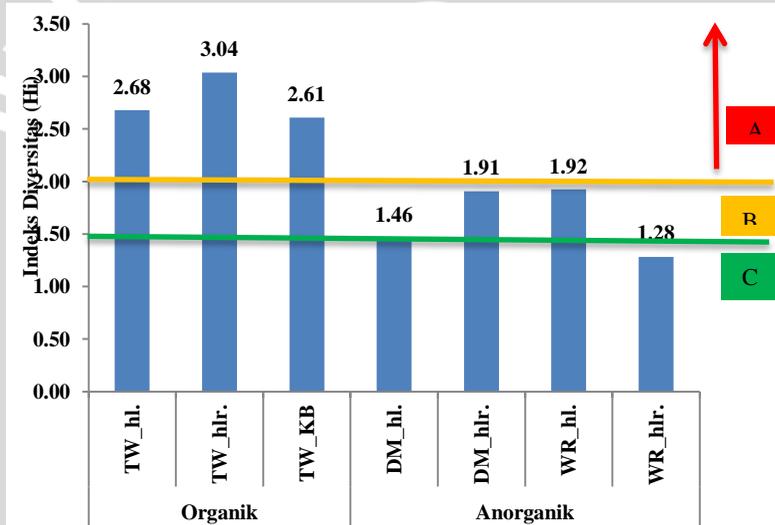


Gambar 18. Indeks Nilai Penting (INP) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi

Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr= Waras hilir

Ordo Ephemeroptera (misal: famili Baetidae, Caenidae dan Heptagenidae) adalah kelompok makroinvertebrata bentos yang sensitif terhadap kandungan garam yang tinggi (diindikasikan pada parameter konduktivitas). Sedangkan ordo Crustacea dan Gastropoda (misal: famili Thiaridae dan Lymnaeidae) toleran terhadap kandungan garam yang tinggi (Dunlop dkk., 2005). Umumnya ordo Ephemeroptera banyak dijumpai di perairan yang bersih, atau hanya mampu hidup di perairan dengan kualitas air yang baik. Ordo

Odonata hanya mampu hidup di perairan yang memiliki vegetasi riparian. Ordo Coleoptera sensitif terhadap perairan dengan kecepatan arus yang tinggi (Badawy dkk., 2013). Kehadiran ordo Gastropoda dan Bivalvia dalam ekosistem tersebut mengindikasikan perairan tersebut mempunyai pH basa, atau perairan tercemar. Organisme ini pada umumnya hidup pada kedalaman ± 3 m disemua tipe substrat perairan (Kumar & Vyas, 2012). Ordo Plecoptera, Trichoptera dan Ephemeroptera di ekosistem perairan juga mengindikasikan perairan tersebut tidak tercemar. Sedangkan adanya ordo Diptera (misal: Chironomidae) mengindikasikan perairan tersebut tercemar ringan sampai sedang (Jae Bae dkk., 2005).

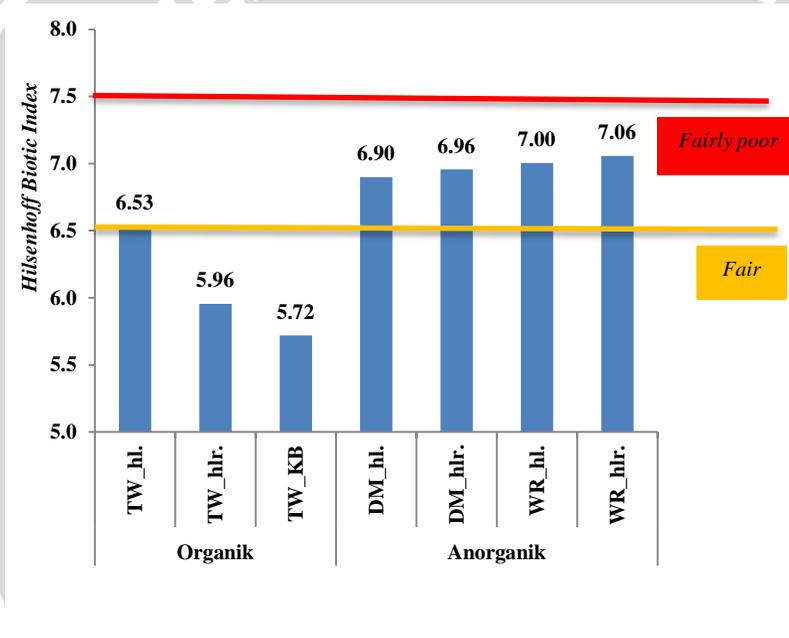


Gambar 19. Nilai Indeks Diversitas (Hi) *Shannon Wiener* dari struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi

Keterangan: (A) $>2,0$ = perairan tidak tercemar (B) $1,6-2,0$ = perairan tercemar ringan (C) $1,0-1,5$ = perairan tercemar sedang (Kalyoncu & Zeybek, 2011); TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr.= Waras hilir

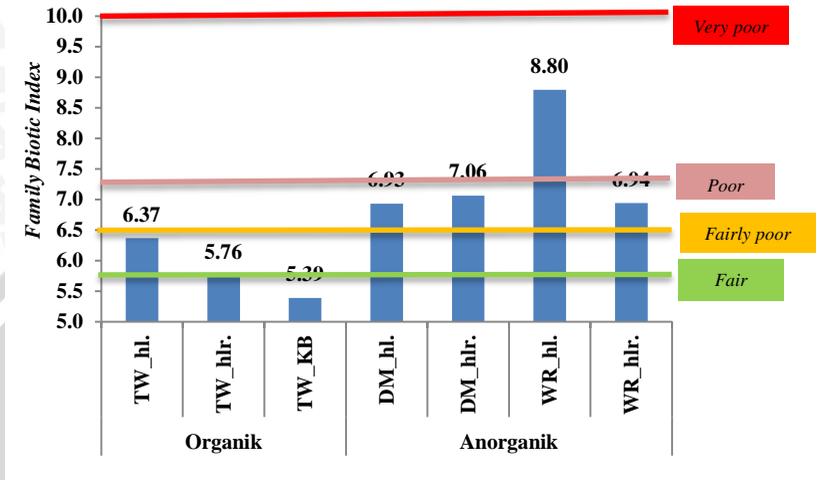
Profil pencemaran air irigasi berdasarkan nilai HBI (Gambar 20) menunjukkan bahwa tingkat pencemaran bahan organik di air saluran irigasi yang melewati pertanian organik adalah lebih rendah (*fair*)

dibandingkan yang melewati pertanian anorganik (*fairly poor*). Sedangkan berdasarkan nilai FBI (Gambar 21) diketahui bahwa air saluran irigasi yang melewati pertanian organik terdapat pencemaran bahan organik tingkat ringan (*fair* dan *fairly poor*), dan yang melewati pertanian anorganik mempunyai tingkat pencemaran sedang (*poor*) sampai berat (*Very poor*). Begitu juga berdasarkan pada nilai Hi (Gambar 19), air saluran irigasi yang melewati pertanian organik masuk dalam kategori perairan tidak tercemar, sedangkan yang melewati pertanian anorganik masuk kategori perairan tercemar ringan sampai sedang.



Gambar 20. Nilai *Hilsenhoff Biotic Index* (HBI) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi

Keterangan: *fairly poor* (6,51-7,50)= pencemaran bahan organik tingkat ringan; dan *fair* (5,51-6,50)= terdapat pencemaran bahan organik (Mandaville, 2002); TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr.= Waras hilir

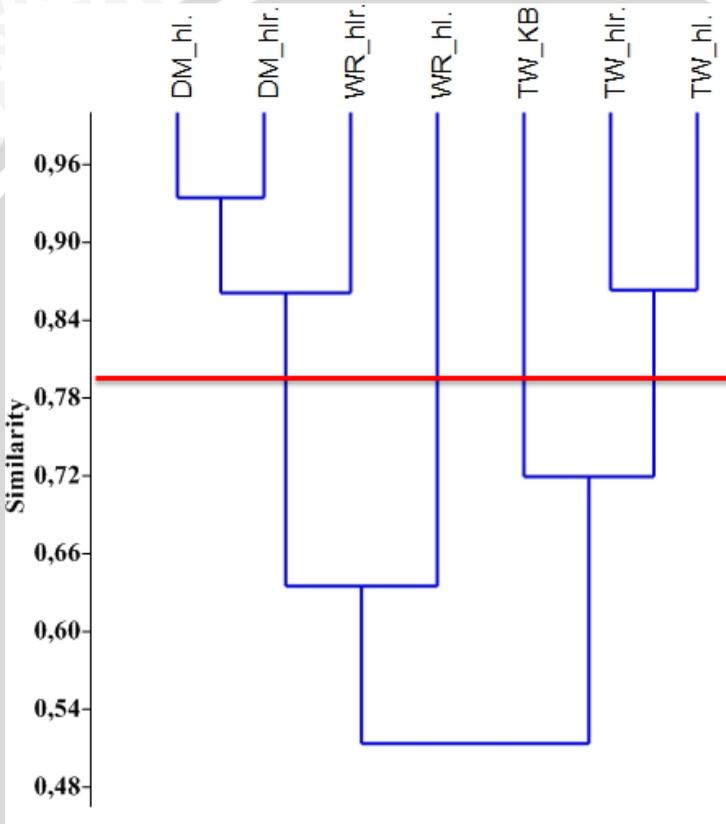


Gambar 21. Nilai *Family Biotic Index* (FBI) struktur komunitas makroinvertebrata bentos di saluran irigasi

Keterangan: *Very poor* (7,26-10,00)= pencemaran bahan organik sangat tinggi; *poor* (6,51-7,25)= pencemaran bahan organik tingkat sedang; *fairly poor* (5,76-6,50)= pencemaran bahan organik tingkat ringan; dan *fair* (5,01-5,75)= terdapat pencemaran bahan organik (Mandaville, 2002); TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr.= Waras hilir

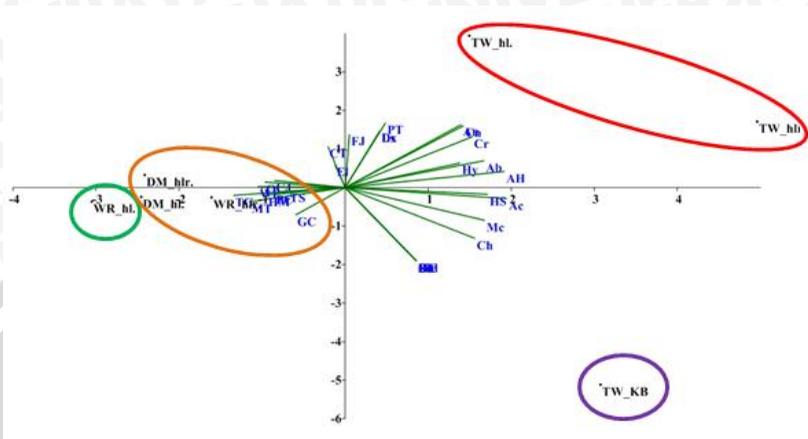
Struktur komunitas makroinvertebrata bentos yang ditemukan di saluran irigasi yang melewati lahan pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh dapat dikelompokkan menjadi empat berdasarkan Indeks Kesamaan Morisita pada tingkat kesamaan 80 % dan analisis Biplot. Perairan di saluran irigasi pertanian organik dicirikan oleh tingginya kelimpahan taksa *Heptagenia sulphurea*, *Acentrella* sp., *Maccaffertium* sp. dan *Cheumatopsyche* sp. (mata air gabungan Towo dengan mata air Krabyakan), serta tingginya taksa *Filopaludina javanica*, *Parathelphusa convexa*, *Dixella* sp., Hydrophilidae, *Ablabesmyia* sp., *Anentome helena* dan *Chironomus* sp. (mata air Towo hulu & hilir). Sedangkan di stasiun air saluran irigasi pertanian anorganik dicirikan oleh tingginya kelimpahan taksa *Ceriagrion tenellum*, Elmidae, *Gyraulus convexiusculus*, *Melanoides tuberculata*, *Tarebia granifera*, *Thiara scabra*, *Hirudo medicinalis* dan *Corbicula javanica* (mata air Damino hulu & hilir dan mata air Waras hilir), serta tingginya taksa *Gyraulus convexiusculus*,

Melanoides tuberculata, *Tarebia granifera*, *Thiara scabra*, *Hirudo medicinalis* dan *Corbicula javanica* (mata air Waras hulu). Tingkat kesamaan antara struktur komunitas saluran irigasi organik dan anorganik adalah kurang dari 54 %.



Gambar 22. Profil kesamaan komunitas makroinvertebrata bentos air saluran irigasi menggunakan Indeks Morisita

Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr= Waras hilir



Gambar 23. Profil pengelompokan habitat makroinvertebrata bentos menggunakan analisis Biplot

Keterangan: TW_hl.= Towo hulu; TW_hlr.= Towo hilir; TW_KB= Towo Krabyakan; DM_hl.= Damino hulu; DM_hlr.= Damino hilir; WR_hl.= Waras hulu; WR_hlr.= Waras hilir; MT= *Melanoides tuberculata*; PT= *Parathelpusa convexa*; TG= *Tarebia granifera*; AH= *Anentome helena*; CJ= *Corbicula javanica*; DT= *Dugesia trigina*; FJ= *Filopaludina javanica*; Mc= *Maccaffertium* sp.; Ac= *Acentrella* sp.; Ch= *Cheumatopsyche* sp.; Cn= *Caenis* sp.; Dx= *Dixella* sp.; Cr= *Chironomus* sp.; Ab= *Ablabesmyia* sp.; An= *Anacaena* sp.; Ls= *Lestidae*; CT= *Ceriagrion tenellum*; HS= *Heptagenia sulphurea*; Ol= *Oligochaeta*; El= *Elmidae*; Hy= *Hydrophilidae*; Chl= *Chloroperlidae*; Sis= *Sisyridae*; Pse= *Psephenus* sp.; Ec= *Ectopria* sp.; HM= *Hirudo medicinalis*; GC= *Gyraulus convexiusculus*; PC= *Pomacea canaliculata*; TS= *Thiara scabra*; WI= *Wattebledia insularum*; Br= *Berosus* sp

4.3 Interaksi Kualitas Fisiko-Kimia Air dengan Struktur Komunitas Makroinvertebrata Bentos di Saluran Irigasi Desa Sumber Ngepoh

Kelimpahan dari beberapa jenis makroinvertebrata bentos yang mendominasi di masing-masing stasiun seperti family Baetidae, Caenidae, Corbiculidae, Hydropsychidae dan Thiaridae dapat dipengaruhi oleh kualitas fisiko-kimia air. Hasil Analisis Model Regresi Berganda (Tabel 6) antara kualitas fisiko-kimia air dengan kelimpahan jenis makroinvertebrata bentos menunjukkan bahwa masing-masing taksa dipengaruhi oleh parameter fisiko-kimia air yang berbeda. Kelimpahan *Acentrella* sp. secara nyata berbanding terbalik dengan TDS (-0,168) dan suhu (-2,574) dengan kontribusi

sebesar 0,531 %. Kelimpahan *Caenis* sp. secara nyata berbanding lurus oleh parameter TDS (0,236) dan berbanding terbalik dengan fosfat terlarut (-271,530) dengan kontribusi sebesar 0,558 %. Kelimpahan *Cheumatopsyche* sp. secara tidak nyata berbanding lurus oleh parameter turbiditas (0,211), dan berbanding terbalik dengan TSS (-0,187) dan TOM (-0,016) dengan kontribusi sebesar 0,102 %. Kelimpahan *C. javanica* secara nyata berbanding terbalik dengan nitrat (-9,999) dan berbanding lurus dengan konduktivitas (0,093) dengan kontribusi yang tinggi sebesar 0,707 %. Kelimpahan *M.tuberculata* secara nyata berbanding lurus dengan alkalinitas (53,082) dengan kontribusi sebesar 0,348 %. Kelimpahan *T. granifera* secara nyata berbanding lurus dengan suhu (6,846) dengan kontribusi sebesar 0,207 %.

Tabel 6. Model Regresi Berganda antara kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentos

Taksa	Persamaan Model Regresi	Sig.	Nilai R ²
<i>Acentrella</i> sp. (Baetidae)	=122,128-(0,168xTDS**)- (2,574**Suhu)	0,001	0,531
<i>Caenis</i> sp. (Caenidae)	=82,641-(0,236xTDS**)- (271,530xFosfat Terlarut**)	0,001	0,558
<i>Cheumatopsyche</i> sp. (Hydropsychidae)	=18,916+(0,211xTurbiditas)- (0,187xTSS)-(0,016xTOM)	0,598	0,102
<i>C. javanica</i> (Corbiculidae)	=-2,291-(9,999xNitrat**) +(0,093xKonduktivitas**)	0,000	0,707
<i>M. tuberculata</i> (Thiaridae)	=-72,724+(53,082xAlkalinitas**)	0,005	0,348
<i>T. granifera</i> (Thiaridae)	=-157,694+(6,846xSuhu*)	0,038	0,207

Penggunaan lahan secara intensif dapat menyebabkan erosi sehingga dapat mengakibatkan perubahan geomorfologi sungai serta pencemaran bahan kimia dalam jumlah besar sehingga berdampak pada kekeruhan. Banyak penelitian mengungkapkan bahwa di daerah tropis Afrika pembukaan kawasan hutan dan transformasi dari hutan ke daerah budidaya menimbulkan peningkatan suhu, konduktivitas, TDS, TSS dan turbiditas (Kibichii dkk., 2007, Kasangaki dkk., 2008 dan Ndaruga dkk., 2004 dalam Maldonado, 2010). Adanya peternakan juga dapat meningkatkan amonia dan nitrit sungai

(Kibichii dkk., 2007 dalam Maldonado, 2010). Aktivitas di ekosistem perairan seperti mandi, mencuci juga berpengaruh terhadap habitat dan komposisi organisme perairan (Mathooko, 2001, Malmqvist & Rundle, 2002, dalam Maldonado, 2010).

Terdapat perbedaan struktur komunitas makroinvertebrata bentos antara hulu dengan hilir dikarenakan gradien longitudinal pada lingkungan fisik oleh perairan. Selain itu penggunaan lahan pertanian secara intensif dan vegetasi riparian di sekitar (Vannote dkk., 1980 dalam Maldonado, 2010). Kandungan garam, sodium, pH, alkalinitas, boron, sulfat dan nitrogen juga termasuk faktor abiotik yang berpengaruh terhadap kualitas air irigasi pertanian (Bauder dkk., 2011).



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kualitas air irigasi yang melewati pertanian organik lebih baik dibandingkan dengan yang melewati pertanian anorganik yang tercermin dari rendahnya kadar/nilai parameter pH, TDS, TSS, konduktivitas dan turbiditas. Berdasarkan kesamaan habitat menurut Indeks Kesamaan Bray Curtis dan analisis Biplot, air saluran irigasi yang melewati pertanian anorganik mempunyai tingkat kesamaan kurang dari 87,5 % dengan yang melewati pertanian organik
2. Jumlah taksa dari komunitas makroinvertebrata bentos pada air saluran irigasi yang melewati pertanian organik lebih tinggi (16-17 taksa) dibandingkan yang melewati pertanian anorganik (4-14 taksa). Taksa-taksa yang mendominasi di air saluran irigasi pertanian organik meliputi kelompok Gastropoda, Crustaceae, Ephemeroptera dan Tricoptera. Sedangkan air saluran irigasi pertanian anorganik didominasi kelompok Gastropoda, Crustaceae dan Bivalvia. Berdasarkan nilai FBI, HBI dan juga Hi sebagai tolak ukur tingkat pencemaran air dapat disimpulkan bahwa air saluran irigasi yang melewati pertanian anorganik lebih tercemar dibandingkan yang melewati pertanian organik. Tingkat kesamaan komunitas makroinvertebrata bentos antara saluran irigasi pertanian organik dan anorganik berdasarkan Indeks Morisita dan analisis Biplot adalah kurang dari 54 %.
3. Terdapat interaksi antara kualitas fisiko-kimia air dengan kelimpahan beberapa jenis makroinvertebrata bentos dominan yang ditemukan di saluran irigasi pertanian organik dan anorganik. Penurunan kadar TDS, suhu, fosfat terlarut, TSS dan TOM dapat meningkatkan kelimpahan taksa Baetidae, Caenidae dan Hydropsychidae. Tetapi meningkatnya kadar turbiditas dapat meningkatkan kelimpahan taksa Hydropsychidae. Sedangkan penurunan kelimpahan taksa Corbiculidae dan Thiaridae disebabkan oleh peningkatan kadar konduktivitas, alkalinitas dan suhu, namun dipengaruhi oleh penurunan kadar nitrat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian telah diketahui bahwa pencemaran limbah di air saluran irigasi pertanian organik maupun anorganik berdampak terhadap perubahan kualitas fisiko-kimia air maupun struktur komunitas makroinvertebrata bentos. Oleh karena itu, pihak pemerintah maupun masyarakat sekitar perlu melakukan upaya pengendalian terhadap masuknya limbah pencemar di saluran irigasi. Selain itu sistem pertanian yang kurang ramah lingkungan (pertanian anorganik) juga menjadi salah satu penyebab berubahnya kualitas air irigasi pertanian. Sehingga perlu adanya upaya untuk memperbaiki sistem pertanian anorganik menjadi sistem pertanian organik.

Buruknya kualitas air irigasi yang melewati lahan pertanian anorganik, diperlukan upaya lebih lanjut untuk melakukan remediasi limbah pencemar di air saluran irigasi tersebut melalui sebuah penelitian lanjutan. Selain itu juga disarankan untuk melakukan model penelitian yang sama dengan menyamakan umur padi di masing-masing stasiun.



DAFTAR PUSTAKA

- Asawa, G. L. 2006. Irrigation and Water Resources Engineering. New Age International. India
- Babalola, O. A. & Agbebi, F. O. 2013. Physico-Chemical Characteristics and Water Quality Assessment from Kuramo Lagoon, Lagos, Nigeria. *Society for Science and Nature (SFSN)*. 3(1): 98-102. Nigeria
- Badawy, R. M., El Hoseny, I. & Talal, M. 2013. Biodiversity and Seasonal Fluctuation of Aquatic and Semiaquatic Insects in Rashid Stream, Kafr El Zayat (Gharbyia governorate). *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci.* 6(1): 47-66. Egyptian
- Bauder, T. A., Waskom, R. M. & Davis, J. G. 2011. Irrigation Water Quality Criteria. 0.506. Colorado State University. Colorado
- Bouchard, R. W. Jr. 2004. Guide to Aquatic Macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 pp
- Carpenter, S. R., Stanley, E. H. & Zanden, M. J. V. 2011. State of the World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, and Biological Changes. Center for Limnology, University of Wisconsin. 36:75-99. Wisconsin
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. & Eaton, A. D. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20th Ed. Washington
- Delate, K. 2003. Fundamentals of Organic Agriculture. Leopold Center, IOWA State University
- Divya, J. & Belagali, S. L. 2012. Impact of Chemical Fertilizers on Water Quality in Selected Farming Areas of Mysore District, Karnataka, India. *International Journal of Environmental Sciences*. 2(3):1449-1458
- Dunlop, J., Gregor, Mc. G. & Horrigan, N. 2005. Potential Impacts of Salinity and Turbidity in Riverine Ecosystem. National Action Plan for Salinity and Water Quality. State of Queensland
- Dunnivant, M. F. 2004. Environmental Laboratory Exercises For Instrumental Analysis And Environmental Chemistry. Wiley, Interscience. Canada

- Edmondson, W. T. 1959. *Freshwater Biology*, Second Edition. John Wiley and Sons Inc. New York
- Elliot, J. M. 1971. *Some Methods for The Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates*. Scientific Publication No. 25. Freshwater Biological Association. London
- Farrell-Poe, K. 2005. *Water Quality & Monitoring*. Master Watershed Steward. Maricopa, United States
- Furaidah, Z., Sundari, A. S., Vidayanti, V. & Retnaningdyah, C. 2012. Pengembangan Teknologi Fitoremediasi Menggunakan Flora Lokal Indonesia untuk Mereduksi Pencemar Nitrat dan Fosfat Serta Pengendalian *Blooming Microcystis* di Perairan Tawar. Program Kreativitas Mahasiswa-DIKTI. Jakarta
- Galli, C. 2013. *Worldwide Mollusc Species Data Base*. <http://www.bagniliggia.it/WMSD/HtmFamily/PLANORBI DAE11.htm>. Diakses tanggal 25 Juli 2013
- Gardner, S. T. 2007. *Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Pollution in the Duwamish Estuary of Seattle Washington*. *Journal of Ecological Staff*, Settle University. Washington
- George, A. D. I., Abowei, J. F. N. & Daka, E. R. 2009. *Benthic Macro Invertebrate Fauna and Physico-chemical Parameters in Okpoka Creek Sediments, Niger Delta, Nigeria*. *International Journal of Animal and Veterinary Advances, Maxwell Scientific Organization*. 1(2): 59-65. Nigeria
- Hartmann, A. 2006. *Key to Odonata (Dragonflies & Damselflies). Development of an Assessment System to Evaluation the Ecological Status of Rivers in the Hindu Kush-Himalayan Region, Kathmandu University Dhulikhel*. Nepal
- Higgins, M. 2013. *Coleoptera, Hydrophilidae: Berosus sp.* Society For Freshwater Science. <http://www.freshwater-science.org/educationandoutreach/mediagalleries/invertebrates.aspx?imagepath=/education-and-outreach/mediagalleries/media/images/macro087-jpg>. Diakses tanggal 25 Juli 2013
- Jae Bae, Y., Kil, H. K. & Seok Bae, K. 2005. *Benthic Macroinvertebrates for Uses in Stream Biomonitoring and Restoration*. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 9(1): 55-63

- Jason, D. 2011. Water Insects and Zooplankton Identification Chart-Insects. Primary Industries And Resources SA. <http://informedfarmers.com/water-insects-and/>. Diakses Tanggal 25 Juli 2013)
- Jutting, W. S. S. & Benthem, V. 1953. Critical Revision of the Freshwater Bivalves of Java. *Treubia*. 22:19-73
- Jutting, W. S. S. & Benthem, V. 1956. Critical Revision of the Javanese Freshwater Gastropods. *Treubia*. 23:259-47
- Kalyoncu, H. & Zeybek, M. 2011. An application of different biotic and diversity indices for assessing water quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey). *African Journal of Farming Research*. 6(1): 19-27
- Keane, R. E., Holsinger, L. & Parsons, R. A. 2011. Evaluating Indices That Measure Departure of Current Landscape Composition from Historical Conditions. United States Department of Agriculture/Forest Service. USA
- Kumar, A. & Vyas, V. 2012. Diversity of Molluscan Communities in River Narmada, India. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2(3):1407-1412. India
- Kusriningrum, R. S. 2008. Perancangan Percobaan. Airlangga University Press. Surabaya
- Letourneau, D. K. & Bothwell, S. G. 2008. Comparison of Organic and Conventional Farm: Challenging Ecologists to Make Biodiversity Functional. *The Ecological Society of America*. 6(8): 430-438. USA
- Lopez, R. G., Pasian, C. & Mickelbart, M. V. 2010. Alkalinity in Soilless Substrates. JADE Systems. Carolina Utara
- Maldonado, V. G. M. 2010. Land Use Influence on the Benthic Macroinvertebrate Communities of Streams in Nyangores and Amala Tributaries of Mara River, Kenya. UNESCO-IHE Institute for Water Education. Netherlands. Thesis (ES 10.32)
- Mandaville, M. S. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Manitoba Water Stewardship and Manitoba Health. 2011. Turbidity in Manitoba Water Supplies. Manitoba

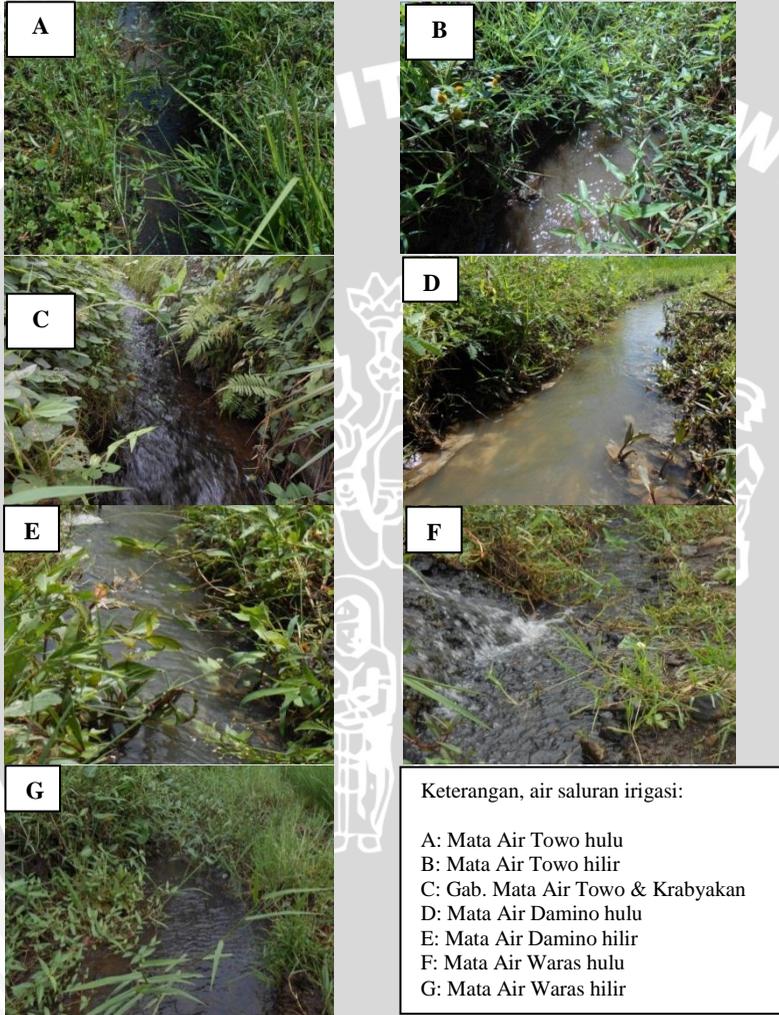
- Marwoto, R. M., Nur, R. I., Nova, M., Heryanto, Alfiah & Rien. 2011. Keong Air Tawar Pulau Jawa (Moluska, Gastropoda). Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Bogor
- Masyarakat Ilmuwan dan Teknologi Indonesia (MITI). 2013. 10 Bahan Pangan Indonesia Masih Impor. <http://beranda.miti.or.id/10-bahan-pangan-indonesiamasih-impor/>. Diakses tanggal 19 Juni 2013
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins. 1996. From an Introduction to Aquatic Insects of North America, Third Edition. Kendall/Hunt Publishing Company
- Mohindru, S. 2012. Impor Beras Turun Drastis. <http://indo.wsj.com/posts/2012/11/29/impor-beras-turun-drastis/>. Diakses tanggal 19 Mei 2013
- Muller, A. 2009. Benefits of Organic Agriculture as a Climate Change Adaptation and Mitigation Strategy for Developing Countries. Environment for Development (EFD). Washington, DC
- Murray, T. 2006. Identification, Images, & Information For Insects, Spiders & Their Kin For the United States & Canada. Iowa State University
- Nesemann, H., Tachamo Shah, R. D. & Narayan Shah, D. 2011. Key to the Larval Stages of Common Odonata of Hindu Kush Himalaya, with Short Notes on Habitats and Ecology. *Journal of Threatened Taxa*. 3(9): 2045–2060
- Ode, P. 2007. Standard Operating Procedures for Collecting Benthic Macroinvertebrate Samples and Associated Physical and Chemical Data for Ambient Bioassessments in California. Surface Water Ambient Monitoring Program (SWAMP), California Departement of Fish and Game. California
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP RI). 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta
- Provin, T. L. & Pitt, J. L. 2002. Description of Water Analysis Parameters. Texas A&M Agrilife Extension. Texas
- Putri, A. F. D. 2012. Evaluasi Kualitas Biodiversitas Pada Sawah Padi Intensif Semiorganik di Kecamatan Dampit, Kepanjen, dan Lawang, Kabupaten Malang. Program Studi Biologi Reproduksi Minat Biologi Konservasi, Universitas Brawijaya. Malang. Tesis

- Quigley, M. 1977. Invertebrates of Streams and Rivers. A Key to Identification. Edward Arnold Publ. Ltd. London
- Ratanajaruraks, R. 2009. Water Quality Management: On-Farm Water Management Project At Three Different Location in Myanmar. Hydrobiology and Water Management, Royal Irrigation Departement. Thailand
- Retnaningdyah, C. 1997. Kepekaan Makroinvertebrata Bentos Terhadap Tingkat Pencemaran Detergen di Kali Mas Surabaya. Program Pascasarjana-Program Studi Ilmu Lingkungan-Universitas Indonesia. Jakarta. Tesis
- Retnaningdyah, C., Suharjo, Soegianto, A. & Irawan, B. 2010^b. Blooming Stimulation of *Microcystis* in Sutami Reservoir Using Nutrients Nitrate and Phosphate in Different ratio. *Journal Tropical Life Science* 1 (1): 42-47
- Savci, S. 2012. An Farming Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*. 3:1
- Segura, M. O., Valento-Neto, F. & Fonseca-Gessner, A. A. 2011. Family Level Key to Aquatic Coleoptera (Insecta) of Sao Paulo State. *Biota Neotrop.* 11(1)
- Silfiana, A. R. 2009. Penentuan Tingkat Kesehatan Sungai Berdasarkan Struktur Komunitas Makroinvertebrata di Sungai Cihideung, Kabupaten Bogor. Departemen Managemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor. Skripsi
- Singleton, H. 2001. Ambient Water Quality Guidelines (Criteria) for Turbidity, Suspended and Benthic Sediments. Environmental Protection Division, Ministry of Environment. Columbia
- Slavevska, V., Stamen kovic, S. S., Dana, P., Momir, P., Ana, A. & Biljana, R. 2010. Structural Characteristic of Benthic Macroinvertebrate in the Mantovo Reservoir (South-East Part of the R. Macedonia). *BALWOIS*. No: 25. Republic of Macedonia
- Sovell, L. A., Vondracek, B. Frost, J. A. & Mumford, K. G. 2000. Impacts of Rotational Grazing and Riparian Buffers on Physicochemical and Biological Characteristics of Southeastern Minnesota, USA, Streams. Springer-Verlag New York Inc. New York

- Tarigan, M. S. & Edward. 2003. Kondisi Hidrologi Perairan Teluk Kao, Pulau Halmahera Maluku Utara. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI. Jakarta
- Thompson, J., Hieb, K., Gourty, K. Mc., Cosentino-Manning, N., Cruz, S. W. D. L., Elliot, M. & Allen, S. 2007. Habitat Type and Associated Biological Assemblages-Soft Bottom Substrate. Subtidal Habitats and Associated Biological Taxa in San Francisco Bay. San Francisco
- Verma, O.P., Khanan, B. & Shukla, S. 2012. Determination of Physico-Chemical Characteristics of Four Canals of Allahabad Region and its Suitability for Irrigation. *Advances in Applied Science Research*. 3(3): 1531-1537
- Verweij, W., J. Van Der Wiele, J., Van Moorselaar, I. & Van Der Grinten, E. 2010. Impact of Climate Change on Water Quality in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment. Netherlands
- Water and Rivers Commission-Government of Western Australia. 2001. Water Quality and Macroinvertebrates-Water Facts Second Edition. Government of Western Australia. Western Australia
- Weber-Scannell, P. K & Duffy, K. L. 2007. Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Oeoganisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. *American Journal of Environmental Sciences*. 3(1): 1-6
- World Wildlife Fund (WWF). 2007. National Surface Water Classification Criteria & Irrigation Water Quality Guidelines for Pakistan. Freshwater & Toxics Programme, WWF. Pakistan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kondisi Tujuh Stasiun Saluran Air Irigasi Pertanian Organik dan Anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang



Gambar 24. Kondisi stasiun saluran air irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Lampiran 2. Hasil Uji Model Regresi Berganda Antara Kualitas Fisiko-Kimia Air dengan Beberapa Makroinvertebrata Bentuk yang Dominan

Tabel 7. Hasil uji Model Regresi Berganda kualitas fisiko-kimia air dengan struktur komunitas makroinvertebrata bentuk

Acentrella sp. (Baetidae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.625 ^a	.390	.358	11.97793
2	.729 ^b	.531	.479	10.79472

a. Predictors: (Constant), tds

b. Predictors: (Constant), tds, suhu

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1744.055	1	1744.055	12.156	.002 ^a
	Residual	2725.945	19	143.471		
	Total	4470.000	20			
2	Regression	2372.533	2	1186.266	10.180	.001^b
	Residual	2097.467	18	116.526		
	Total	4470.000	20			

a. Predictors: (Constant), tds

b. Predictors: (Constant), tds, suhu

c. Dependent Variable: *Acentrella*_sp

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	45.848	10.887		4.211	.000
	tds	-.141	.041	-.625	-3.487	.002
2	(Constant)	122.128	34.280		3.563	.002
	tds	-.168	.038	-.743	-4.389	.000

suhu	-2.574	1.108	-0.393	-2.322	.032
------	---------------	-------	--------	--------	------

a. Dependent Variable: Acentrella_sp

Caenis sp. (Caenidae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.565 ^a	.319	.283	15.38687
2	.747 ^b	.558	.508	12.74385

a. Predictors: (Constant), tds

b. Predictors: (Constant), tds, fosfat

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2108.309	1	2108.309	8.905	.008 ^a
	Residual	4498.358	19	236.756		
	Total	6606.667	20			
2	Regression	3683.363	2	1841.682	11.340	.001^b
	Residual	2923.303	18	162.406		
	Total	6606.667	20			

a. Predictors: (Constant), tds

b. Predictors: (Constant), tds, fosfat

c. Dependent Variable: Caenis_sp

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	48.847	13.986		3.493	.002
	tds	-.155	.052	-.565	-2.984	.008
2	(Constant)	82.641	15.872		5.207	.000
	tds	-.236	.050	-.859	-4.693	.000
	fosfat	-271.530	87.191	-.570	-3.114	.006

a. Dependent Variable: Caenis_sp

Cheumatopsyche sp. (Hydropsychidae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.319 ^a	.102	-.057	17.96556

a. Predictors: (Constant), tom, turbiditas, tss

ANOVA^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	622.864	3	207.621	.643	.598^a
Residual	5486.946	17	322.762		
Total	6109.810	20			

a. Predictors: (Constant), tom, turbiditas, tss

b. Dependent Variable: Cheumatopsyche_sp

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	18.916	14.793		1.279	.218
	turbiditas	.211	.388	.470	.544	.594
	tss	-.187	.268	-.613	-.699	.494
	tom	-.016	.020	-.186	-.764	.455

a. Dependent Variable: Cheumatopsyche_sp

C. javanica (Corbiculidae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.758 ^a	.574	.552	6.12615
2	.841 ^b	.707	.674	5.22497

a. Predictors: (Constant), nitrat

b. Predictors: (Constant), nitrat, konduk

ANOVA^c

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	962.174	1	962.174	25.638	.000 ^a
Residual	713.064	19	37.530		
Total	1675.238	20			
2 Regression	1183.832	2	591.916	21.682	.000 ^b
Residual	491.406	18	27.300		
Total	1675.238	20			

a. Predictors: (Constant), nitrat

b. Predictors: (Constant), nitrat, konduk

c. Dependent Variable: C_javanica

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	23.317	3.760		6.202	.000
nitrat	-14.478	2.859	-.758	-5.063	.000
2 (Constant)	-2.291	9.542		-.240	.813
nitrat	-9.999	2.902	-.523	-3.446	.003
konduk	.093	.033	.433	2.849	.011

a. Dependent Variable: C_javanica

M. tuberculosis (Thiaridae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.590 ^a	.348	.314	40.09857

a. Predictors: (Constant), alkalinitas

ANOVA^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	16294.936	1	16294.936	10.134	.005 ^a
Residual	30550.017	19	1607.896		

Total	46844.952	20		
-------	-----------	----	--	--

a. Predictors: (Constant), alkalinitas

b. Dependent Variable: M_tuberculata

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-72.724	42.717		-1.702	.105
alkalinitas	53.082	16.674	.590	3.183	.005

a. Dependent Variable: M_tuberculata

T. granifera (Thiaridae)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.455 ^a	.207	.165	31.42007

a. Predictors: (Constant), suhu

ANOVA^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	4891.943	1	4891.943	4.955	.038^a
Residual	18757.200	19	987.221		
Total	23649.143	20			

a. Predictors: (Constant), suhu

b. Dependent Variable: T_granifera

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-157.694	83.061		-1.899	.073
suhu	6.846	3.076	.455	2.226	.038

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-157.694	83.061		-1.899	.073
suhu	6.846	3.076	.455	2.226	.038

a. Dependent Variable: T_granifera



Lampiran 3. Gambar Makroinvertebrata Bentos yang Ditemukan di Tujuh Stasiun Saluran Air Irigasi Pertanian Organik dan Anorganik Desa Sumber Ngepoh Lawang

Coleoptera



Elmidae (Segura dkk., 2011)



Anacaena sp. (Segura dkk., 2011)



Berosus sp. (Higgins, 2013)

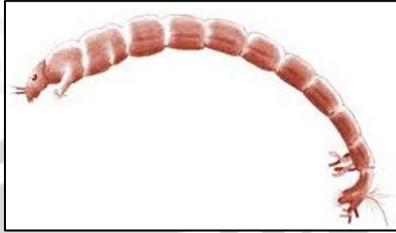


Ectopria sp. (Segura dkk., 2011)



Psephenus sp. (Segura dkk., 2011)

Diptera



Chironomus sp. (Jason, 2011)

Ephemeroptera



Maccaffertium sp. (Murray, 2006)

Gastropoda



Gyraulus convexiusculus (Galli, 2013)

Gambar 25. Beberapa contoh makroinvertebrata bentos yang ditemukan di saluran air irigasi pertanian organik dan anorganik Desa Sumber Ngepoh

**Lampiran 4. Nilai Toleransi Makroinvertebrata Bentos Untuk
Hilsenhoff Biotic Index (HBI) dan Family Biotic
Index (FBI)**

Tabel 8. Nilai Toleransi (ti) makroinvertebrata bentos untuk
Hilsenhoff Biotic Index (HBI) dan *Family Biotic Index*
(FBI) (Mandaville, 2002)

Taksa	Nilai Toleransi (ti)	
	HBI	FBI
<i>Melanoides tuberculata</i> (Thiaridae)	7	7
<i>Parathelpusa</i> sp. (Decapoda/Crustaceae)	8	6
<i>Tarebia granifera</i> (Thiaridae)	7	7
<i>Anentome helena</i> (Buccinidae)	7	7
<i>Corbicula javanica</i> (Bivalvia)	6	8
<i>Dugesia trigina</i> (Dugesiidae/Turbellaria)	6	4
<i>Filopaludina javanica</i> (Viviparidae)	6	6
<i>Maccaffertium</i> sp. (Heptagenidae)	3	4
<i>Acentrella</i> sp. (Baetidae)	4	4
<i>Cheumatopsyche</i> sp. (Hidropsychidae)	5	4
<i>Caenis</i> sp. (Caenidae)	6	7
<i>Dixella</i> sp. (Dixidae)	1	1
<i>Chironomus</i> sp. (Blood-Red Chironomidae)	10	8
<i>Ablabesmyia</i> sp. (Chironomidae)	8	6
<i>Anacaena</i> sp. (Hydrophilidae/Coleoptera)	5	5
Lestidae (Odonata)	9	9
<i>Ceriagrion tenellum</i> (Coenagrionidae)	8	9
<i>Heptagenia sulphurea</i> (Heptagenidae)	4	7
Oligochaeta	8	8
Elmidae (Coleoptera)	5	4
Hydrophilidae (Coleoptera)	5	5
Chloroperlidae(Plecoptera)	1	1
Sisyridae (Neuroptera)	5	5
<i>Psephenus</i> sp. (Psephenidae/Coleoptera)	4	4

<i>Ectopria</i> sp. (Psephenidae/Coleoptera)	5	4
<i>Hirudo medicinalis</i> (Hirudidae)	8	8
<i>Gyraulus convexiusculus</i> (Planorbidae)	8	7
<i>Pomacea canaliculata</i> (Ampullariidae)	7	7
<i>Thiara scabra</i> (Thiaridae)	7	7
<i>Wattebledia insularum</i> (Bithyniidae)	8	8
<i>Berosus</i> sp. (Hydrophilidae/Coleoptera)	5	5

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

