

Struktur dan Variasi Spasial Komunitas Larva Trichoptera sebagai Dasar Biomonitoring di Sungai Bone, Gorontalo

(Spatial Variation and Community Structure of Trichoptera Larvae as a Basis for Biomonitoring in the Bone River, Gorontalo)

Miftahul Khair Kadim^{1*}, Nuralim Pasingi¹, Abdul Hafidz Olii¹

¹ Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

*E-mail: miftahulhairkadim@ung.ac.id

Abstrak: Struktur komunitas Trichoptera di Sungai Bone (Indonesia) dikaji untuk mengevaluasi komposisi tingkat famili, pola dominansi, dan variasi spasial komunitas pada lima stasiun pengamatan (St.1-St.5). Sampel larva Trichoptera dikoleksi menggunakan metode standar, diidentifikasi hingga tingkat famili, dan dianalisis menggunakan metrik keanekaragaman, meliputi indeks Shannon, Simpson, Evenness, Margalef. Perbandingan kekayaan taksa antarstasiun dilakukan dengan analisis rarefaction, sedangkan pola struktur komunitas dianalisis menggunakan pendekatan multivariat berbasis disimilaritas Bray-Curtis, ordinasi non-metrik (NMDS), dan klusterisasi hierarkis. Sebanyak 754 individu yang mewakili delapan famili berhasil diidentifikasi. Komunitas didominasi secara kuat oleh famili Hydropsychidae, dengan kontribusi lebih dari 70% terhadap total individu. Analisis indeks diversitas menunjukkan adanya variasi keseimbangan komunitas antar stasiun, di mana Stasiun 5 memiliki nilai diversitas dan evenness tertinggi yang mencerminkan struktur komunitas relatif lebih seimbang. Analisis rarefaction menunjukkan bahwa perbedaan kekayaan taksa tidak semata-mata dipengaruhi oleh variasi jumlah individu yang terkoleksi. Pendekatan multivariat berbasis disimilaritas Bray-Curtis, klusterisasi hierarkis, dan ordinasi NMDS memperlihatkan adanya diferensiasi komposisi komunitas secara spasial sepanjang gradien sungai yang berkaitan dengan variasi tingkat dominansi famili. Parameter kualitas air (suhu, pH, dan oksigen terlarut) berada dalam kisaran baku mutu nasional dan secara umum mendukung kehidupan organisme akuatik. Oleh karena itu, variasi struktur komunitas yang teramati lebih mencerminkan dinamika habitat lokal dibandingkan tekanan fisika-kimia yang bersifat umum. Studi ini menyediakan data dasar mengenai komunitas Trichoptera di Sungai Bone serta menegaskan pentingnya Hydropsychidae dalam membentuk struktur komunitas, sekaligus mendukung potensi pemanfaatan Trichoptera sebagai indikator biomonitoring ekosistem sungai.

Kata Kunci: Trichoptera, Sungai, Struktur Komunitas, Variasi Spasial, Biomonitoring

Abstract: This study aimed to examine the community structure of Trichoptera larvae in the Bone River, Gorontalo (Indonesia), by evaluating family-level composition, dominance patterns, and spatial variation across five sampling stations (St.1-St.5). Trichoptera larvae were collected using standardized sampling methods, identified to the family level, and analyzed using multiple diversity metrics, including the Shannon, Simpson, Evenness, and Margalef indices. Differences in taxon richness among stations

were assessed using rarefaction analysis, while community structure patterns were further explored using multivariate approaches based on Bray–Curtis dissimilarity, non-metric multidimensional scaling (NMDS), and hierarchical cluster analysis. A total of 754 individuals representing eight families were identified. Hydropsychidae strongly dominated the community, accounting for more than 70% of the total individuals. Diversity indices revealed spatial variation in community balance, with Station 5 exhibiting the highest diversity and evenness values, indicating a relatively more balanced community structure. Rarefaction analysis suggested that differences in richness were not solely driven by sampling effort. Multivariate analyses based on Bray-Curtis dissimilarity, hierarchical clustering, and NMDS demonstrated spatial differentiation in community composition along the river gradient, largely associated with variations in family dominance. Water quality parameters (temperature, pH, and dissolved oxygen) were within national quality standards, indicating conditions generally supportive of aquatic life. The observed variation in community structure therefore likely reflects local habitat dynamics rather than broad physicochemical stress. This study provides baseline data on Trichoptera communities in the Bone River and highlights the ecological importance of Hydropsychidae in shaping community structure, supporting the potential application of Trichoptera as biomonitoring indicators in riverine ecosystems.

Keywords: Trichoptera, River, Community Structure, Spatial Variation, Biomonitoring

PENDAHULUAN

Trichoptera (*caddisflies*) merupakan kelompok makroinvertebrata akuatik yang berperan penting dalam jaringan trofik sungai dan sering digunakan sebagai indikator kondisi ekologis perairan karena sensitivitasnya terhadap perubahan kualitas habitat (Sudarso, 2009). Dalam ekosistem perairan, Trichoptera berfungsi sebagai sumber pakan bagi organisme pada tingkat trofik lebih tinggi, seperti ikan dan serangga akuatik predator lainnya (Yoga *et al.*, 2014). Oleh karena itu, gangguan terhadap diversitas, kelimpahan, atau produktivitas Trichoptera berpotensi memengaruhi ketersediaan pakan dan kestabilan rantai makanan di perairan sungai.

Selain perannya dalam jaringan trofik, variasi komposisi tingkat famili Trichoptera sering kali mencerminkan gradien fisika-kimia perairan serta karakteristik substrat dasar sungai. Dengan demikian, analisis struktur komunitas Trichoptera dapat mengungkapkan informasi ekologis yang relevan bagi upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya perairan (Holzenthall, 2009). Di wilayah tropis seperti Indonesia, kajian mengenai komunitas Trichoptera masih relatif terbatas dibandingkan dengan wilayah beriklim sedang, padahal respons komunitas terhadap gangguan antropogenik dan perubahan hidrologi dapat menunjukkan variasi spasial yang signifikan (Kefford *et al.*, 2020). Kondisi ini menjadikan studi komunitas Trichoptera penting untuk dikembangkan, mengingat peran ekologisnya yang vital dalam ekosistem perairan.

Sungai Bone merupakan sungai terpanjang di Provinsi Gorontalo dengan panjang mencapai 119.13 km, melintasi Kabupaten Bone Bolango dan Kota Gorontalo, serta bermuara di Teluk Tomini (Kadim dkk., 2024; Olli *et al.*, 2025). Sungai ini dimanfaatkan secara luas untuk berbagai aktivitas, antara lain sebagai sumber irigasi, kawasan wisata, dan kebutuhan masyarakat lainnya. Namun demikian, berbagai aktivitas di sepanjang

daerah aliran sungai, baik secara langsung maupun tidak langsung, berpotensi memengaruhi kualitas perairan Sungai Bone (Kadim & Pasingi, 2024).

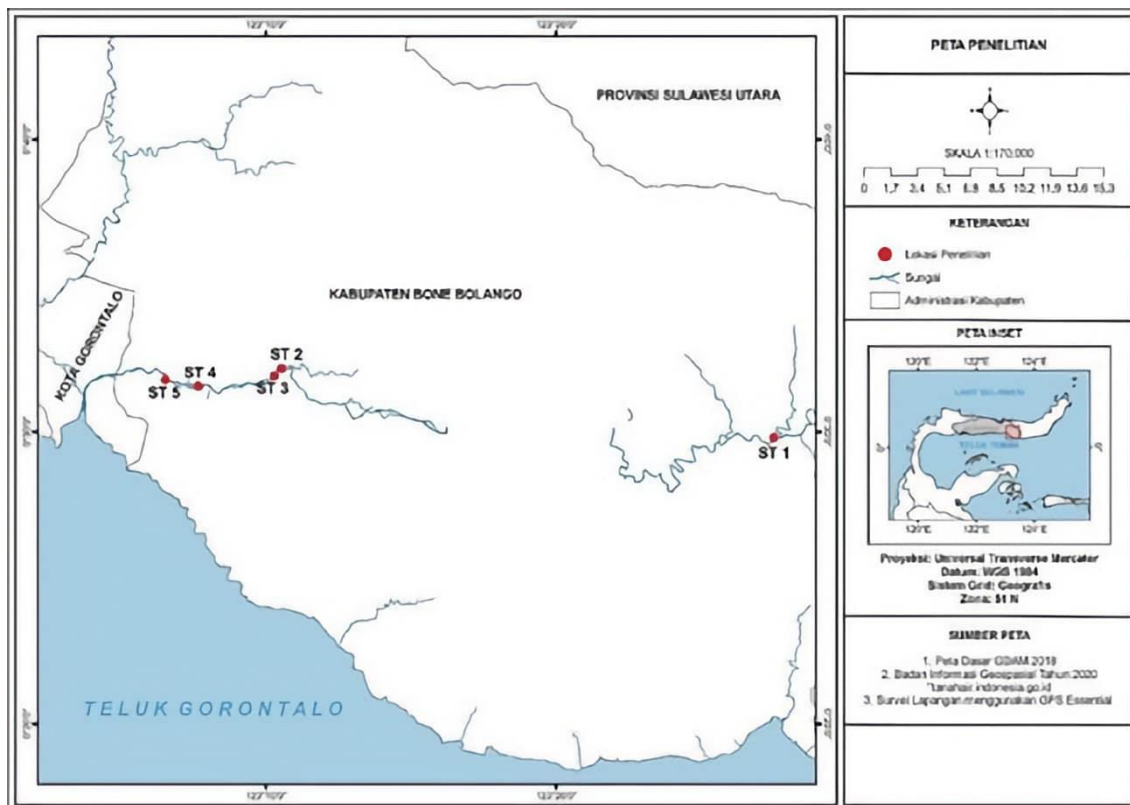
Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengelolaan ekosistem sungai di wilayah ini adalah keterbatasan data dasar (*baseline*) yang terperinci mengenai komposisi tingkat famili dan pola dominansi Trichoptera pada sungai berukuran kecil hingga menengah di Pulau Sulawesi, termasuk Sungai Bone. Ketiadaan data tersebut membatasi kemampuan untuk mendeteksi perubahan ekologis secara dini serta merancang program biomonitoring yang sensitif dan sesuai dengan konteks lokal (Kefford *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut melalui penyajian analisis terintegrasi yang mencakup metrik diversitas, kurva rarefaction, serta analisis komunitas multivariat (Bray-Curtis, NMDS, dan klusterisasi) pada lima stasiun longitudinal di Sungai Bone. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan data dasar yang komprehensif mengenai komunitas Trichoptera di Sungai Bone serta penerapan pendekatan analitis terpadu yang masih jarang digunakan secara bersamaan dalam studi regional. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkaya pemahaman ilmiah, tetapi juga menyediakan indikator praktis bagi pemantauan berkelanjutan dan perumusan rekomendasi pengelolaan perairan sungai secara lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif komparatif untuk menggambarkan struktur komunitas larva Trichoptera serta mengevaluasi pola dominansi antar lokasi pengamatan. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2023. Pengambilan sampel dilakukan pada lima stasiun longitudinal (selanjutnya disebut St.1–St.5, lihat Gambar 1) yang mewakili variasi kondisi habitat dari hulu hingga hilir Sungai Bone. Pengambilan sampel larva Trichoptera dilakukan pada area *riffle* pada kondisi tanpa hujan guna meminimalkan pengaruh fluktuasi debit terhadap distribusi organisme bentik. Secara teknis di lapangan, pemilihan lokasi pengambilan sampel di sungai juga dengan mengutamakan komposisi substrat berupa *pebble*, *cobble* dan *gravel* sehingga memungkinkan kehadiran larva Trichoptera. Deskripsi masing-masing stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel.

Lokasi Sampling	Kode	Koordinat	Tata Guna Lahan
Pinogu	St1	0°29'48.07"U 123°27'30.57"E	Hutan primer
Lombongo	St2	0°32'9.18"N 123°10'32.38"E	Pertanian dan permukiman
Alale	St3	0°32'0.99"N 123°10'20.59"E	Bendungan, pertanian, dan permukiman
Bubeya	St4	0°31'37.63"N 123° 7'38.89"E	Permukiman, pertanian, dan peternakan
Tanggilingo	St5	0°31'48.83"N 123° 6'33.66"E	Permukiman, pertanian, dan penambangan pasir



Gambar 1. Lokasi Penelitian. Titik Merah (●) Menunjukkan Lokasi Pengambilan Sampel.

Prosedur Pengambilan Sampel

Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh larva Trichoptera yang terdapat pada segmen Sungai Bone yang diamati selama periode pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive stratified sampling* pada setiap stasiun pengamatan sepanjang total 10 m di daerah *riffle* menggunakan teknik *kicking* selama 10 menit.

Larva Trichoptera dikoleksi menggunakan jala tangan, metode ini mengacu pada Kadim et al. (2025). Jala tangan yang digunakan memiliki lebar 200-400 mm, tinggi 2-3 m, dengan bahu (penguat) 100-200 mm, dan ukuran mata jala 500 μ m. Metode ini digunakan untuk pengambilan sampel secara kualitatif, sehingga tidak diperlukan satuan unit pengambilan sampel (Kadim & Pasingi, 2024).

Sampel yang diperoleh kemudian dipisahkan dari partikel lain, misalnya sampah organik dan lumpur. Selanjutnya, sampel disimpan dalam botol-botol kecil dan diawetkan menggunakan alkohol 95% untuk keperluan identifikasi. Seluruh sampel yang kemudian dibawa ke laboratorium untuk proses sortasi, yaitu pemisahan sampel makroinvertebrata dari sedimen dan fragmen bahan organik, sebelum dilakukan identifikasi. Identifikasi tahap awal dilakukan untuk untuk memisahkan memisahkan larva Trichoptera dari organisme non-Trichoptera. Hanya larva *Trichoptera* yang digunakan dalam analisis selanjutnya, sedangkan organisme lainnya tidak diamati lebih lanjut. Setelah itu, identifikasi larva Trichoptera dilakukan hingga tingkat famili dengan menggunakan kunci taksonomi Merritt & Cummins (2008) serta Quigley (1977) dan *website* identifikasi khusus makroinvertebrata sungai yaitu *macroinvertebrates.org* serta *mdfrc.org.au*.

Parameter kualitas perairan yang meliputi suhu, derajat keasaman (pH), dan Oksigen terlarut (DO) diukur secara *in-situ* menggunakan *portable water quality checker*. Data hasil pengukuran parameter kualitas perairan tersebut digunakan sebagai pendukung dalam analisis data.

Data kuantitatif berupa kelimpahan individu digunakan untuk analisis komposisi dan struktur komunitas. Metrik diversitas yang dihitung meliputi indeks Shannon (H'), indeks Simpson (1-D), Evenness (Pielou J'), dan indeks Margalef untuk setiap stasiun pengamatan. Seluruh perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak PAST versi 4 (Hammer *et al.*, 2001). Untuk mengontrol perbedaan upaya sampling antar stasiun, estimasi kekayaan taksa dilakukan menggunakan analisis rarefaction. Perbedaan komposisi komunitas antar stasiun dianalisis menggunakan ukuran disimilaritas Bray–Curtis. Visualisasi struktur komunitas dilakukan melalui *Non-metric Multidimensional Scaling* (NMDS) berdasarkan matriks Bray–Curtis, sedangkan klusterisasi hierarkis dengan metode *average linkage* digunakan untuk mengidentifikasi pengelompokan stasiun yang memiliki kemiripan komunitas. Analisis multivariat dilakukan menggunakan perangkat lunak R (paket *vegan* dan *labdsv*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi larva Trichoptera di Sungai Bone

Berdasarkan hasil analisis seluruh sampel, tercatat sebanyak 754 individu larva Trichoptera yang teridentifikasi dan tergolong ke dalam delapan famili. Kelimpahan total menunjukkan adanya variasi spasial antar stasiun pengamatan. Stasiun 1 (St.1) merupakan lokasi dengan kelimpahan tertinggi, yaitu 290 individu, sedangkan kelimpahan terendah ditemukan di Stasiun 4 (St.4) dengan 64 individu. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi kondisi habitat yang memengaruhi distribusi dan kelimpahan larva Trichoptera di sepanjang Sungai Bone.

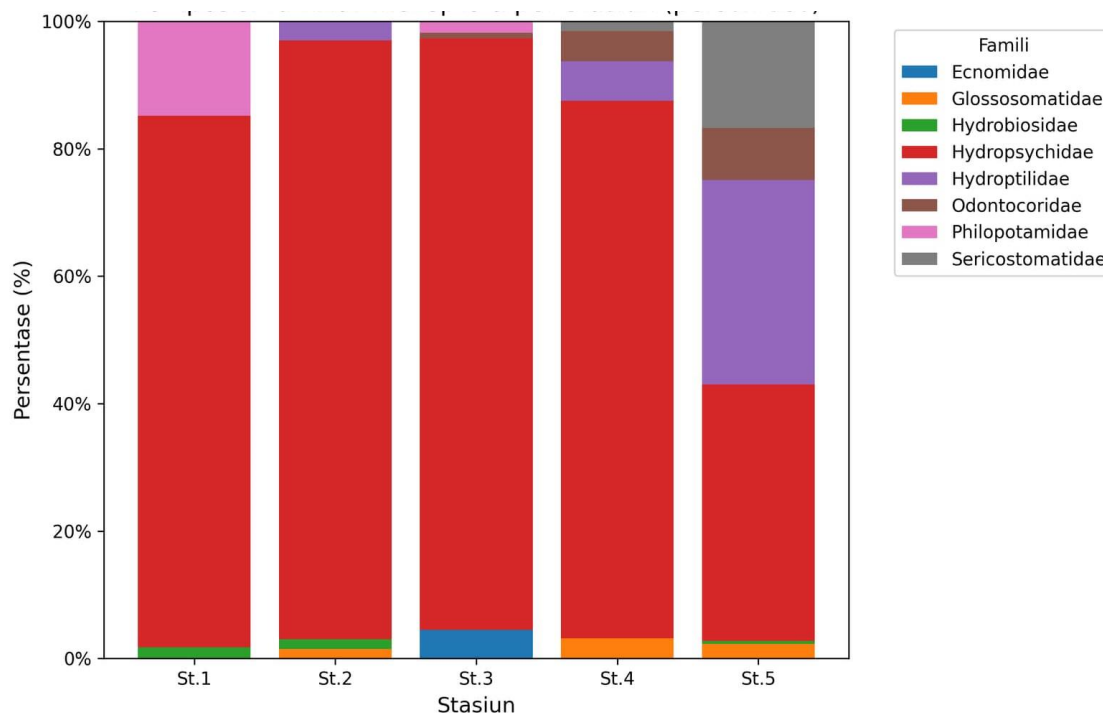
Secara keseluruhan, komunitas Trichoptera didominasi oleh famili Hydropsychidae, dengan total 552 individu atau sekitar 73.3% dari seluruh individu yang teramati. Famili lainnya ditemukan dalam jumlah yang relatif rendah dan tersebar tidak merata antar stasiun. Distribusi jumlah individu per famili dan per stasiun disajikan secara rinci pada Tabel 2. Dominansi Hydropsychidae yang sangat kuat ini menunjukkan peran penting famili tersebut dalam struktur komunitas Trichoptera di Sungai Bone.

Tabel 2. Distribusi Jumlah Individu per Famili dan per Stasiun Sungai Bone.

Ordo	Famili	Stasiun				
		1	2	3	4	5
Trichoptera	Ecnomidae	-	-	5	-	-
	Glossosomatidae	-	1	-	2	5
	Hydrobiosidae	5	1	-	-	1
	Hydropsychidae	242	63	104	54	89
	Hydroptilidae	-	2	-	4	71
	Odontoceridae	-	-	1	3	18
	Philopotamidae	43	-	2	-	-
	Sericostomatidae	-	-	-	1	37

Komposisi tingkat famili pada masing-masing stasiun ditampilkan pada Gambar 2. Secara umum, pola yang terlihat adalah dominansi Hydropsychidae pada hampir seluruh

stasiun, dengan kontribusi relatif yang paling tinggi ditemukan di St.1 dan St.2. Sebaliknya, St.5 menunjukkan komposisi komunitas yang lebih berimbang, di mana beberapa famili dengan kelimpahan relatif rendah, seperti Hydroptilidae, Sericostomatidae, dan Glossosomatidae, tampak memberikan kontribusi relatif yang lebih besar dibandingkan stasiun lainnya.



Gambar 2. Grafik Komposisi Famili Per Stasiun.

Secara deskriptif, pola ini menunjukkan bahwa beberapa stasiun dicirikan oleh dominansi kuat satu famili, sementara stasiun lain memperlihatkan komposisi komunitas yang lebih heterogen. Variasi tersebut mengindikasikan adanya perbedaan kondisi lingkungan lokal antar stasiun yang berpotensi memengaruhi struktur komunitas Trichoptera di Sungai Bone.

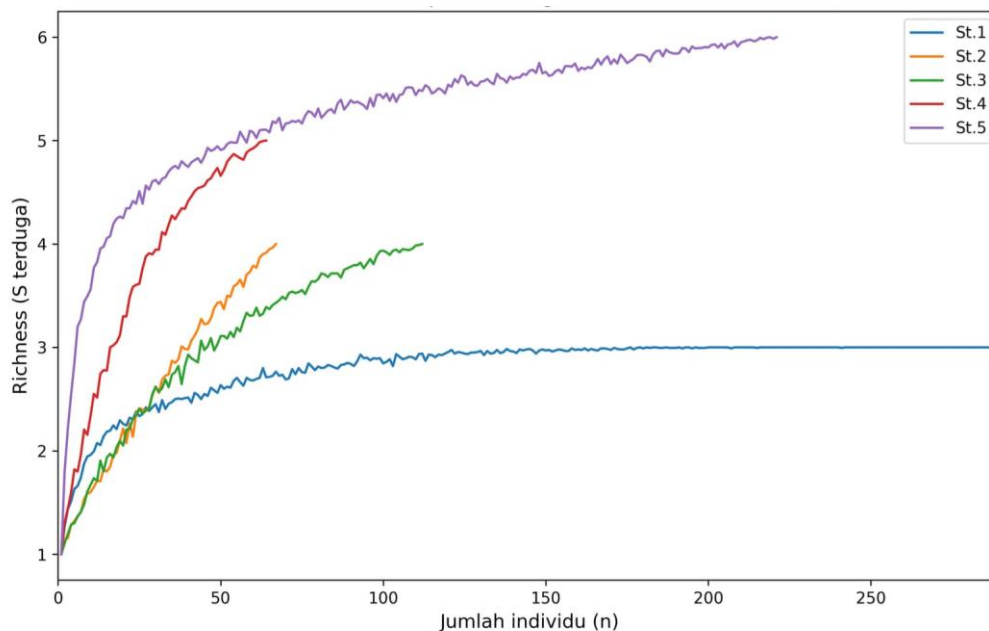
Indeks diversitas Trichoptera Sungai Bone

Nilai metrik diversitas dan kekayaan famili Trichoptera pada setiap stasiun pengamatan disajikan pada Tabel 3, yang meliputi jumlah individu (N), jumlah famili (S), indeks Shannon (H'), indeks Simpson (1-D), Evenness (Pielou J'), serta indeks Margalef.

Tabel 3. Nilai Metriks Keanekaragaman Famili Trichoptera Sungai Bone.

Stasiun	N	S	H'	1-D	Pielou J'	Margalef
St. 1	290	3	0.50	0.28	0.46	0.35
St. 2	67	4	0.29	0.11	0.21	0.71
St. 3	112	4	0.32	0.14	0.23	0.64
St. 4	64	5	0.63	0.28	0.39	0.96
St. 5	221	6	1.34	0.70	0.75	0.93

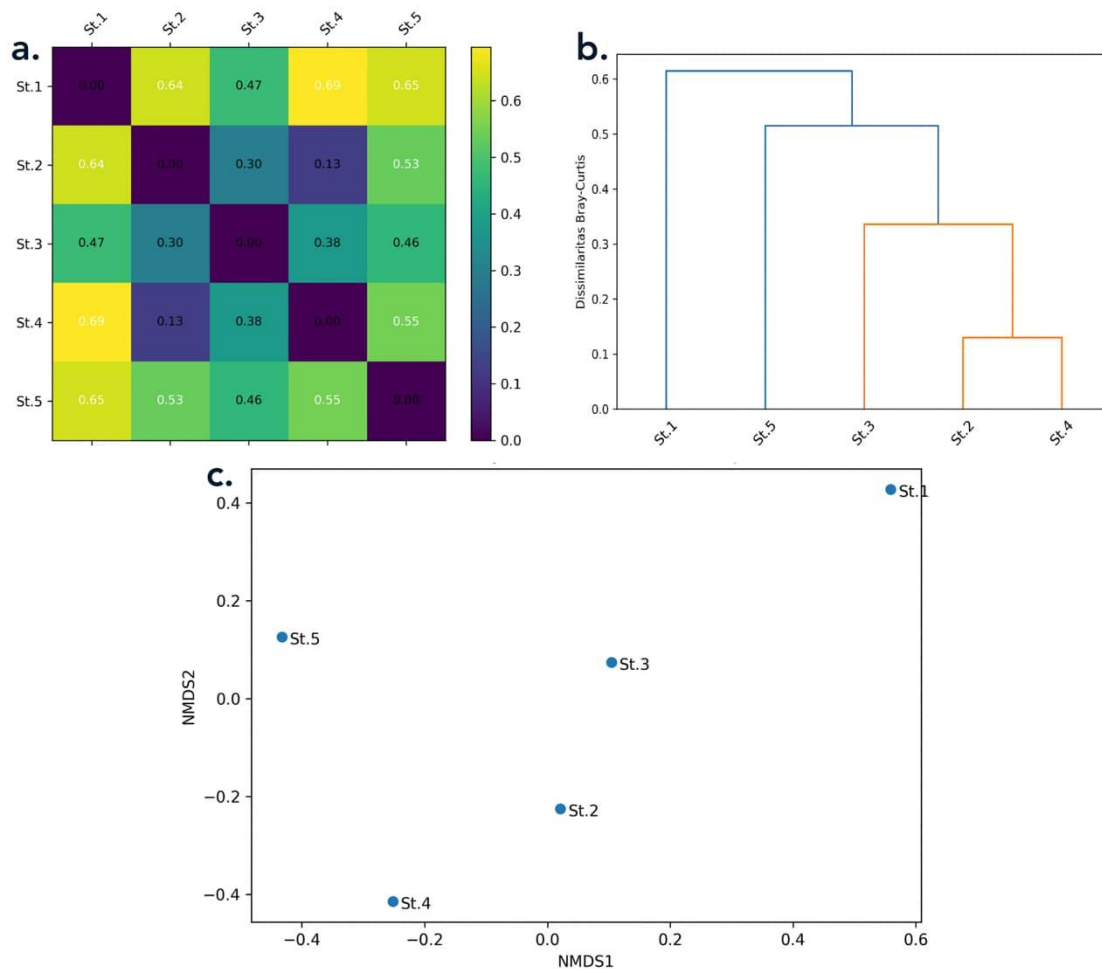
Stasiun 5 (St.5) menunjukkan nilai diversitas dan keseimbangan komunitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya, dengan nilai $H' = 1.34$; $1-D = 0.70$; dan $J' = 0.75$, serta kekayaan famili tertinggi ($S = 6$) pada jumlah individu yang juga relatif besar ($N = 221$). Sebaliknya, Stasiun 2 (St.2) dan Stasiun 3 (St.3) memperlihatkan nilai indeks Shannon dan evenness yang lebih rendah, meskipun memiliki jumlah famili yang relatif serupa. Pola ini berkaitan dengan dominansi numerik satu famili tertentu, terutama Hydropsychidae, yang menurunkan keseimbangan distribusi individu antar famili. Nilai-nilai tersebut memberikan gambaran kuantitatif mengenai pengaruh ketidakmerataan kelimpahan terhadap penurunan diversitas komunitas, meskipun kekayaan taksa antar stasiun tidak berbeda secara mencolok.



Gambar 3. Kurva Rarefaction Perbandingan Kelimpahan antar Stasiun.

Perbandingan kekayaan taksa antar stasiun selanjutnya dievaluasi menggunakan kurva rarefaction (Gambar 3). Hasilnya menunjukkan bahwa St.5 cenderung memiliki kekayaan famili yang lebih tinggi dibandingkan beberapa stasiun lainnya pada tingkat jumlah individu yang sebanding. Secara umum, pola ini mengindikasikan adanya kecenderungan perbedaan kekayaan taksa antar stasiun.

Struktur komunitas Trichoptera antar stasiun selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan multivariat deskriptif berbasis jarak Bray-Curtis, yang divisualisasikan melalui matriks disimilaritas (*heatmap*), klusterisasi hierarkis, dan ordinasi NMDS (Gambar 4a-c). Matriks Bray-Curtis memperlihatkan variasi tingkat kemiripan komposisi komunitas antar stasiun, dengan perbedaan yang relatif besar antara St.1 dan beberapa stasiun lain yang memiliki komposisi lebih seimbang. Sebaliknya, St.2 dan St.4 menunjukkan tingkat kemiripan komposisi yang relatif lebih tinggi satu sama lain.



Gambar 4. Grafik Hasil Analisis Komunitas Deskriptif Multivariat: a) Kemiripan Komunitas Berbasis Jarak Bray-Curtis; b) Klasterisasi (Dendrogram); dan c) NMDS.

Hasil klasterisasi hierarkis mengelompokkan stasiun berdasarkan tingkat kemiripan komunitas, di mana St.2 dan St.4 tergabung dalam satu klaster, sementara St.1 berada pada cabang terpisah, yang secara deskriptif berkaitan dengan dominansi kuat Hydropsychidae. Pola pengelompokan ini divisualisasikan kembali melalui ordinasinya NMDS, yang menunjukkan pemisahan posisi stasiun di ruang ordinasional sesuai dengan variasi struktur komunitasnya. Ordinasinya NMDS merepresentasikan hubungan kemiripan komposisi komunitas antar stasiun dalam ruang berdimensi rendah (nilai stres NMDS = 0.071), di mana jarak antar titik mencerminkan tingkat disimilaritas berbasis Bray-Curtis. Dalam konteks ini, posisi St.1 yang terletak relatif terpisah dari stasiun lainnya menunjukkan bahwa komposisi komunitas di lokasi tersebut berbeda secara komposisional, terutama akibat dominansi numerik Hydropsychidae. Sebaliknya, kedekatan posisi St.2 dan St.4 dalam ruang ordinasional mengindikasikan tingkat kemiripan struktur komunitas yang lebih tinggi, sejalan dengan nilai disimilaritas Bray-Curtis yang relatif rendah di antara kedua stasiun tersebut.

Pola pengelompokan stasiun dalam analisis NMDS dan klaster juga dapat ditafsirkan sebagai representasi variasi struktur komunitas sepanjang gradien longitudinal Sungai Bone. Meskipun parameter fisika-kimia tidak dianalisis secara langsung dalam

penelitian ini, pemisahan posisi stasiun dalam ruang komunitas mengisyaratkan adanya perbedaan kondisi habitat lokal yang berasosiasi dengan tingkat dominansi dan keseimbangan komunitas Trichoptera. Dengan demikian, NMDS dan Bray–Curtis tidak hanya menggambarkan perbedaan komposisi komunitas antar stasiun, tetapi juga menyediakan kerangka spasial untuk memahami variasi struktur komunitas sepanjang aliran sungai.

Dominansi Hydropsychidae yang kuat pada beberapa stasiun, khususnya St.1 dan St.2, tercermin secara konsisten pada berbagai metrik komunitas, yaitu kelimpahan absolut yang tinggi, nilai evenness (Pielou J') yang rendah, serta penurunan nilai indeks Shannon seiring meningkatnya proporsi famili tersebut. Secara ekologis, pola ini diduga berkaitan dengan karakteristik habitat lokal serta sifat ekologis larva Hydropsychidae sebagai *net-spinning caddisflies* yang mampu memanfaatkan aliran dan partikel tersuspensi secara efisien. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menunjukkan bahwa Hydropsychidae sering mendominasi komunitas bentik di sungai beraliran relatif cepat dan dapat berperan sebagai ecosystem engineers melalui pembentukan jala dan retreat yang memodifikasi mikrohabitat lokal (Bertagnolli *et al.*, 2023; Kadim *et al.*, 2022).

Secara konseptual, hasil penelitian ini mendukung pandangan bahwa dominansi taksonomi tertentu dapat membentuk struktur komunitas dan memengaruhi nilai metrik diversitas, khususnya indeks yang sensitif terhadap ketidakmerataan kelimpahan (Savić *et al.*, 2013; Yoga *et al.*, 2014). Dengan demikian, variasi kelimpahan Hydropsychidae berpotensi memainkan peran penting dalam menentukan struktur komunitas Trichoptera serta proses ekosistem bentik, seperti retensi materi partikel dan dinamika nutrien, pada skala lokal (Bertagnolli *et al.*, 2023; Tszydel *et al.*, 2015).

Parameter Kualitas Air Sungai Bone

Hasil pengukuran parameter kualitas air Sungai Bone pada masing-masing stasiun pengamatan disajikan pada Tabel 4, yang meliputi suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut (Dissolved Oxygen, DO).

Tabel 4. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Sungai Bone

Stasiun	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)
1	24	6.67	7.84
2	29	6.64	7.74
3	30	6.64	7.58
4	29	6.66	7.67
5	29	6.67	7.65

Berdasarkan hasil pengukuran, suhu perairan di seluruh stasiun berkisar antara 24–30°C. Rentang suhu tersebut masih berada dalam kisaran suhu normal bagi perairan tropis, yaitu sekitar 20–30°C, sebagaimana dikemukakan oleh Effendi (2003). Suhu tertinggi tercatat pada Stasiun 3 (Desa Alale), yaitu 30°C. Kondisi ini diduga berkaitan dengan intensitas penyinaran matahari yang tinggi pada lokasi pengambilan sampel, yang sebagian besar berada pada area terbuka sehingga terpapar langsung oleh radiasi matahari (Rotvit & Jacobsen, 2013).

Nilai pH yang terukur pada seluruh stasiun relatif stabil, yaitu berada pada kisaran 6.64-6.67. Rentang tersebut masih memenuhi baku mutu kualitas air sungai berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yang menetapkan kisaran pH perairan sungai antara 6-9 sebagai standar kualitas air yang layak.

Parameter DO menunjukkan nilai antara 7.58–7.84 mg/L pada seluruh stasiun pengamatan. Nilai ini berada di atas batas minimum 6 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021 untuk seluruh kelas mutu air. Secara ekologis, kadar DO di atas 5 mg/L umumnya menunjukkan kondisi perairan yang baik dengan tingkat pencemaran yang relatif rendah (Mahyudin dkk., 2015). Dengan demikian, secara umum parameter fisika-kimia yang diukur menunjukkan bahwa kondisi kualitas air Sungai Bone pada saat penelitian masih berada dalam kisaran yang mendukung kehidupan organisme akuatik.

Meskipun variasi suhu, pH, dan DO antar stasiun relatif kecil, parameter-parameter tersebut memberikan konteks penting dalam menafsirkan pola struktur komunitas Trichoptera yang telah diuraikan sebelumnya. Kondisi kualitas air yang masih berada dalam kisaran baku mutu menunjukkan bahwa perbedaan struktur komunitas, termasuk dominansi kuat Hydropsychidae pada beberapa stasiun, kemungkinan tidak berkaitan dengan tekanan parameter fisika-kimia yang ekstrem. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan faktor habitat lokal seperti karakter substrat yang pada penelitian ini menspesifikkan *sampling* pada substrat berupa *pebble*, *cobble* dan *gravel*. Selain itu diduga faktor kecepatan arus, dan ketersediaan materi tersuspensi ikut memengaruhi meskipun parameter tersebut tidak diukur secara langsung dalam penelitian ini.

Temuan ini sejalan dengan hasil analisis Bray-Curtis dan NMDS yang memperlihatkan pemisahan komposisi komunitas antar stasiun meskipun parameter kualitas air utama relatif seragam. Dengan demikian, parameter kualitas air yang terukur dalam penelitian ini berfungsi sebagai dasar untuk menegaskan bahwa Sungai Bone pada saat pengamatan masih berada dalam kondisi yang mendukung kehidupan biota akuatik, sementara variasi struktur komunitas Trichoptera lebih merefleksikan dinamika ekologi lokal dibandingkan tekanan kualitas air yang bersifat umum.

KESIMPULAN

Struktur komunitas larva Trichoptera di Sungai Bone terdiri atas delapan famili dengan dominansi kuat Hydropsychidae pada beberapa stasiun pengamatan. Variasi nilai indeks diversitas dan evenness menunjukkan perbedaan tingkat keseimbangan komunitas antar stasiun, di mana Stasiun 5 memiliki struktur komunitas yang relatif lebih beragam dan seimbang dibandingkan stasiun lainnya. Analisis Bray-Curtis, klasterisasi, dan NMDS memperlihatkan adanya perbedaan komposisi komunitas secara spasial sepanjang gradien sungai, yang terutama dipengaruhi oleh tingkat dominansi famili tertentu. Parameter kualitas air yang terukur masih berada dalam kisaran baku mutu, sehingga variasi struktur komunitas yang teramati mengindikasikan kemungkinan keterkaitan dengan dinamika habitat lokal daripada tekanan kualitas air yang bersifat umum. Secara keseluruhan, penelitian ini menyediakan *baseline* yang komprehensif mengenai struktur komunitas Trichoptera di Sungai Bone. Dominansi Hydropsychidae serta variasi indeks diversitas dan pola multivariat menunjukkan potensi kelompok ini sebagai komponen penting dalam biomonitoring ekosistem sungai. Penelitian lanjutan yang

mengintegrasikan parameter habitat secara kuantitatif diperlukan untuk memperkuat pemanfaatannya sebagai indikator ekologis di wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertagnolli, A. D., Maritan, A. J., Tumolo, B. B., Fritz, S. F., Oakland, H. C., Mohr, E. J., Poole, G. C., Albertson, L. K., & Stewart, F. J. (2023). Net-Spinning Caddisflies Create Denitrifier-Enriched Niches in the Stream Microbiome. *ISME Communications*, 3(1): 111. <https://doi.org/10.1038/s43705-023-00315-8>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 1–9.
- Holzenthal, R. W. (2009). Trichoptera (Caddisflies). In *Encyclopedia of Inland Waters*. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00189-7>
- Kadim, M. K., Herawati, E. Y., Arfiati, D., & Hertika, A. M. S. (2022). Macrozoobenthic Diversity and Heavy Metals (Pb and Hg) Accumulation in Bone River Gorontalo Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118(1): 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012052>
- Kadim, M. K., & Pasingi, N. (2024). Physical Habitat Conditions and Macroinvertebrate Diversity as Indicators of Pollution in the Bone River, Gorontalo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(3): 301–310. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.3.301-310>
- Kadim, M. K., Pasingi, N., Mursalim, P., & Arbi, I. R. (2024). Macrozoobenthic Community as a Bioindicator for the Water Quality of the Bone River, Gorontalo. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 11(3): 278–284. <https://doi.org/10.29103/aa.v11i3.16439>
- Kadim, M. K., Pasingi, N., Olii, A. H., Hertika, A. M. S., Arfiati, D., Herawati, E. Y., Baderan, D. W. K. B., & Suciyono. (2025). Benthic Macroinvertebrate Variability as an Indicator of Aquatic Health in the Bone River, Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*, 26(3): 1247–1256. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260324>
- Kadim, M. K., Pasingi, N., Polamolo, A. I., & Maharani, S. A. (2025). Keberadaan Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) Sebagai Bioindikator Pencemaran di Sungai Bone Gorontalo. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 9(2): 153–164. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2025.Vol.9.No.2.445>
- Kefford, B. J., Botwe, P. K., Brooks, A. J., Kunz, S., Marchant, R., Maxwell, S., Metzeling, L., Schäfer, R. B., & Thompson, R. M. (2020). An Integrated Database of Stream Macroinvertebrate Traits for Australia: Concept and Application. *Ecological Indicators*, 114: 106280. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106280>
- Mahyudin, M., Soemarno, S., & Prayogo, T. B. (2015). Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 6(2): 105–114.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North*

- America*. Kendall Hunt.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. (2021). *Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Quigley, M. (1977). *Invertebrates of streams and rivers: A key to identification*. Edward Arnold.
- Rotvit, L., & Jacobsen, D. (2013). Temperature Increase and Respiratory Performance of Macroinvertebrates with Different Tolerances to Organic Pollution. *Limnologica*, 43(6): 510–515. <https://doi.org/10.1016/J.LIMNO.2013.04.003>
- Savić, A., Randelović, V., Đorđević, M., Karadžić, B., Đokić, M., & Krpo-Ćetković, J. (2013). The Influence of Environmental Factors on the Structure of Caddisfly (Trichoptera) Assemblage in the Nišava River (Central Balkan Peninsula). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 409: 03. <https://doi.org/10.1051/kmae/2013051>
- Sudarso, Y. (2009). Potensi Larva Trichoptera Sebagai Bioindikator Akuatik. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 35(2): 201–215.
- Tszydel, M., Markowski, M., Majecki, J., Błońska, D., & Zieliński, M. (2015). Assessment of Water Quality in Urban Streams Based On Larvae of Hydropsyche angustipennis (Insecta, Trichoptera). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(19): 14687–14701. <https://doi.org/10.1007/S11356-015-4638-9>
- Yoga, G. P., Lumbanbatu, D. T., Riani, E., & Wardiatno, Y. (2014). Secondary Production of the Net-Spinning Caddisfly, *Cheumatopsyche* spp. (Trichoptera: Hydropsychidae) in Mercuric Contaminated River. *Journal of Tropical Biology and Conservation*, 11: 1–12. <https://doi.org/10.51200/jtbc.v11i.257>.